Idejno rješenje nove regulacije prometnih tokova na raskrižjima u Voltinom naselju u Zagrebu

Šaponja, Darko

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:853448

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Darko Šaponja

IDEJNO RJEŠENJE NOVE REGULACIJE PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJIMA U VOLTINOM NASELJU U ZAGREBU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 5. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Teorija prometnih tokova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6101

Pristupnik: **Darko Šaponja (2411035878)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Idejno rješenje nove regulacije prometnih tokova na raskrižjima u Voltinom naselju u Zagrebu**

Opis zadatka:

U diplomskom radu napravit će se analiza postojećeg stanja u naselju Voltino mjesni odbor Dr. Ante Starčević u Zagrebu. Analizom postojećeg stanja obuhvatit će se mikro i makro lokacija promatranoga područja, te identificirati opasna križanja prometnih tokova i njihovi nedostatci. Izvršit će se brojanje prometa kako bi se utvrdila struktura prometa koji se odvija na promatranom području. Temeljem dobivenih rezultata stanja i prognoze prometa bit će moguće predložiti novu regulaciju prometnih tokova te
izraditi idejna prometna rješenja kako bi se povećala propusna moć i sigurnost svih sudionika u prometu na području. U završnom dijelu rada predložena rješenja će se evaluirati radi donošenja zaključaka o cjelovitom rješenju prometnog problema.

Mentor:

prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

IDEJNO RJEŠENJE NOVE REGULACIJE PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJIMA U VOLTINOM NASELJU U ZAGREBU

CONCEPTUAL SOLUTION OF NEW REGULATION AND ORGANIZATION OF TRAFFIC FLOWS IN THE INTERSECTIONS OF VOLTINO SETTLEMENT IN ZAGREB

Mentor:
prof.dr.sc. Grgo Luburić

Student:
Darko Šaponja, univ. bacc. ing. traff.
JMBAG: 2411035878

Zagreb, rujan 2021.

SAŽETAK

Cestovna raskrižja su točke u cestovnoj mreži na kojima se povezivanjem dvije ili više cesta križaju, spajaju ili razdvajaju prometni tokovi. Ovaj rad analizira dva nesemaforizirana cestovna raskrižja, Tomislavova ulica – Ulica Dragutina Golika i Ulica Dragutina Golika – Klanječka ulica. Radi se o trokrakim („T“) raskrižjima koja su upravljana horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Na predmetnim raskrižjima uočeni su neki od sljedećih problema: sigurnost sudionika zbog loše preglednosti, velike brzine, mogućnost naleta vozila na vozilo koje se kreće unutar raskrižja, neodržavanje zelenog raslinja, teško skretanje lijevih skretača te uključivanje vozila sa sporednih smjerova. Na tragu ovih osnovnih zapažanja, u radu je napravljena detaljna analiza postojećeg stanja na predmetnim raskrižjima. Na temelju dobivenih rezultata, predložena su nova projektna rješenja. Također, izrađena je i evaluacija raskrižja u programskom alatu Sidra Intersection koji pokazuje promjene na raskrižju u odnosu na prethodno stanje.

Ključne riječi: cestovna raskrižja, nesemaforizirano raskrižje, prometni znakovi, preglednost, brzina, analiza postojećeg stanja

SUMMARY

Road intersections are points in the road network where by connecting two or more roads, traffic flows intersect, connect or separate. This paper analyzes two non-traffic light road intersections, Tomislavova Street - Dragutina Golika Street and Dragutina Golika Street - Klanječka Street. These are three-way ("T") intersections that are controlled by horizontal and vertical signalization. At the intersections in question, some of the following problems were noticed: safety of participants due to poor visibility, high speed, the possibility of a vehicle crashing into a vehicle moving inside the intersection, failure to maintain green vegetation, difficult left turns and turning vehicles from side directions. Following these basic observations, a detailed analysis of the current situation at the intersections in question was made in this paper. Based on the obtained results, new project solutions were proposed. Also, an evaluation of the intersection was made in the software tool Sidra Intersection, which shows the changes at the intersection compared to the previous situation.

Key words: traffic intersections, unsignalized intersection, traffic signs, visibility, speed, analysis of the existing state

SADRŽAJ:

1. UVOD 5
1.1. Problem i predmet rada 5
1.2. Svrha, cilj i doprinos 5
1.3. Metodologija rada 5
1.4. Ocjena dosadašnjih istraživanja 5
1.5. Struktura rada 5
2. ODREĐIVANJE ZONE OBUHVATA 7
2.1. Određivanje makro zone obuhvata 8
2.2. Određivanje mikrozone obuhvata 10
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA PROMETA I INFRASTRUKTURE 11
3.1. Analiza prometne infrastrukture 11
3.1.1. Raskrižje Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika 11
3.1.2. Raskrižje Ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica 14
3.2. Analiza prometnog opterećenja na prometnim tokovima 17
3.2.1. Raskrižje Tomislavova ulica – ul. Dragutina Golika 18
3.2.2. Raskrižje ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica 21
4. SUSTAVNI PRISTUP PROBLEMATICI ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA 25
4.1. Raskrižje Tomislavova ulica – ul. Dragutina Golika 25
4.2. Raskrižje ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica 26
5. IDEJNA RJEŠENJA NOVE REGULACIJE PROMETNIH TOKOVA 30
5.1. Raskrižje Tomislavova ulica – ul. Dragutina Golika 30
5.2. Raskrižje ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica 39
6. EVALUACIJA PREDLOŽENIH RJEŠENJA 41
6.1. Proračun propusne moći i razine usluge nesemaforiziranih raskrižja 41
6.1.1. Prioriteti prometnih tokova 42
6.1.2. Konfliktni tokovi 42
6.1.3. Kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja 43
6.1.4. Potencijalni kapacitet 44
6.1.5. Realni kapacitet 44
6.1.6. Kapacitet zajedničkih trakova 46
6.1.7. Duljina repa čekanja 46
6.1.8. Prosječno vrijeme kašnjenja 47
6.1.6. Razina usluge nesemaforiziranog raskrižja 48

6.2. Proračun propusne moći i razine usluge raskrižja s kružnim tokom 48
6.2.1. Intenzitet pojedinog manevra 49
6.2.2. Konfliktni tokovi 49
6.2.3. Propusna moć ulaznog dijela privoza 50
6.2.4. Intenzitet ulaza u vozilima po satu 51
6.2.5. Stvarni (realni) kapacitet ulaza 51
6.2.6. Stupanj zasićenja 51
6.2.7. Vrijeme kašnjenja 52
6.2.8. Prosječno vrijeme kašnjenja raskrižja s kružnim tokom prometa 52
6.2.9. Duljina repa čekanja 52
6.3. Prikaz evaluacijskih parametara 53
7. ZAKLJUČAK 57
LITERATURA 58
POPIS SLIKA 59
POPIS TABLICA 60
POPIS PRILOGA 60

1. UVOD

1.1. Problem i predmet rada

U ovom diplomskom radu analizirat će se dva raskrižja u naselju Voltino, raskrižje Tomislavova ulica – Ulica Dragutina Golika i Klanječka ulica – Ulica Dragutina Golika. Radi se o nesemaforiziranim raskrižjima, odnosno o raskrižjima koja su upravljana vertikalnom i horizontalnom signalizacijom.

Na predmetnim raskrižjima uočeni su neki od sljedećih problema: sigurnost sudionika zbog loše preglednosti, velike brzine, mogućnost naleta vozila na vozilo koje se kreće unutar raskrižja, neodržavanje zelenog raslinja, teško skretanje lijevih skretača te uključivanje vozila sa sporednih smjerova.

1.2. Svrha, cilj i doprinos

Cilj rada je odrediti optimalna rješenja predmetnih raskrižja na temelju analize postojećeg stanja prometa i infrastrukture. Predložena rješenja moraju povećati sigurnost odvijanja prometa i povećati protok vozila u zoni predmetnih raskrižja te unaprijediti kvalitetu odvijanja prometa na predmetnim raskrižjima.

1.3. Metodologija rada

Kako bi se predložila optimalna prometna rješenja, napravljena je detaljna analiza postojećeg stanja. Dakle, korištena je metoda brojanja prometa na predmetnim raskrižjima u jutarnjim i poslijepodnevnim vršnim satima. Obavljeni su razgovori s lokalnim stanovništvom koji su iznijeli problematiku s kojom se vozači na predmetnom raskrižju svakodnevno susreću.

1.4. Ocjena dosadašnjih istraživanja

Provjerom dostupnih podataka, utvrđeno je kako do sada o predmetnim raskrižjima Tomislavova ulica – Ulica Dragutina Golika i Klanječka ulica – Ulica Dragutina Golika nije bilo istraživanja.

1.5. Struktura rada

Diplomski rad podijeljen je na sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Određivanje zone obuhvata
3. Analiza postojećeg stanja prometa i infrastrukture
4. Sustavni pristup problematici odvijanja prometnih tokova

5. Idejna rješenja nove regulacije prometnih tokova
6. Evaluacija predloženih rješenja
7. Zaključak

Prvo poglavlje uvod je u temu diplomskog rada. U drugom poglavlju prikazane su makro i mikro zone raskrižja, odnosno položaji predmetnih raskrižja. U trećem poglavlju napravljena je analiza postojećeg stanja prometa i infrastrukture dok je u četvrtom poglavlju opisana problematika na predmetnim raskrižjima.

U petom poglavlju, na temelju analize postojećeg stanja prometa i infrastrukture, a u svrhu poboljšanja odvijanja prometnih tokova predložena su nova rješenja za rekonstrukciju raskrižja. U šestom poglavlju napravljena je evaluacija predloženih rješenja. Evaluacija se radi u programskom alatu Sidra Intersection te pokazuje promjene na raskrižju u odnosu na prethodno stanje. Zadnje poglavlje sadrži osvrt autora na cjelokupni rad.

2. ODREĐIVANJE ZONE OBUHVATA

Gradska četvrt Trešnjevka - sjever proteže se zapadnim dijelom grada Zagreba. Na jugu graniči s Ljubljanskom Avenijom, na zapadu sa Zagrebačkom cestom, na istoku sa Savskom cestom te na sjeveru sa željezničkom prugom Zagreb – Ljubljana. [1]

Okružena je gradskim četvrtima Donji grad, Trnje, Trešnjevka – jug, Črnomerec i Stenjevec.

Trešnjevka – sjever pripada krugu ravničarskih zagrebačkih četvrti. Rasprostire se na površini 641,32 km^2 . Iako je jedna od najmanjih četvrti u Zagrebu, Trešnjevka - sjever broji oko 55 000 stanovnika. [1] Na slici 1, prikazan je položaj gradske četvrti Trešnjevka – sjever.

Slika 1. Položaj gradske četvrti Trešnjevka – sjever [1]

1. Donji grad
2. Donji grad – Medveščak
3. Trnje
4. Maksimir
5. Pešćenica – Žitnjak
6. Novi Zagreb – istok
7. Novi Zagreb – zapad
8. ***Trešnjevka – sjever***
9. Trešnjevka – jug
10. Črnomerec
11. Gornja Dubrava
12. Donja Dubrava
13. Stenjevec
14. Podsused – Vrapče
15. Podsljeme
16. Sesvete
17. Brezovica

2.1. Određivanje makro zone obuhvata

U ovom diplomskom radu, analizirat će se dva raskrižja, vidljiva na slici 2. Oba raskrižja nalaze se u zagrebačkom gradskom naselju Voltino. Voltino je gradsko naselje koje je omeđeno na zapadu potokom Kustošakom i Zagrebačkom ulicom, na sjeveru željezničkom prugom, na istoku potokom Črnomercem te na jugu Baštijanovom ulicom. [2]

Naselje Voltino s izgradnjom započinje 30-ih godina izgradnjom pogona elektroindustrije Siemens d.d (kasnije poduzeće Rade Končar, danas Končar d.d) uz potok Črnomerec. Dvadesetak godina kasnije počinje izgradnja manjih zgrada i obiteljskih kuća uz današnju Golikovu ulicu. Golikova je ulica jedna od najvažnijih i najprometnijih ulica koja predmetno naselje povezuje s ostalim dijelovima Trešnjevke. [2]

Slika 2. Makroskopski prikaz predmetnih raskrižja, [3]

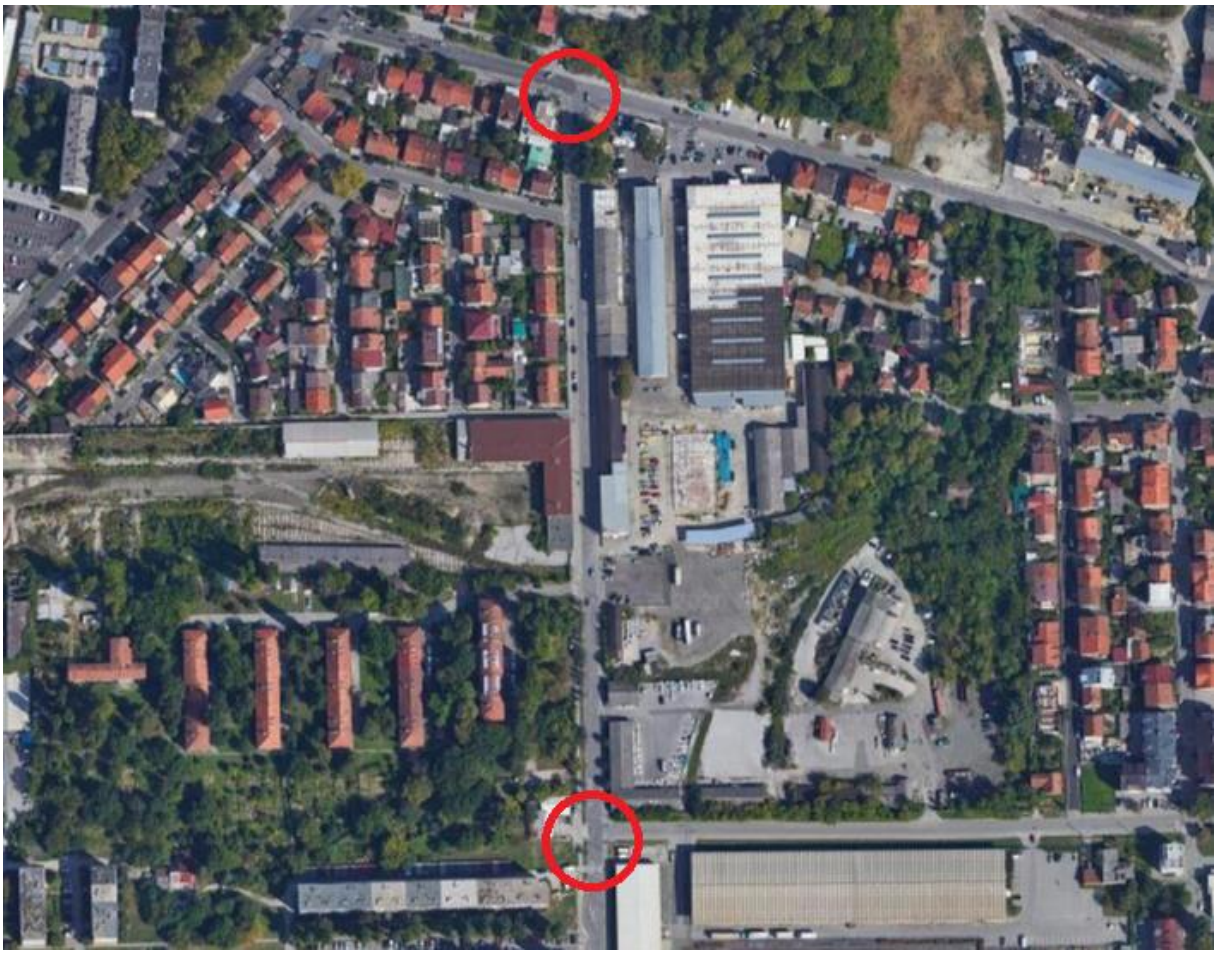
Ulica Dragutina Golika je prometnica koja povezuje Tomislavovu ulicu sa Zagrebačkom Avenijom. Položaj navedenih ulica, vidljivi su na slici 3.

Slika 3. Prikaz povezanosti Ilice, Zagrebačke Avenije i predmetnih raskrižja, [3]

2.2. Određivanje mikrozone obuhvata

U ovom radu analizirana su dva raskrižja koji se nalaze jedan pored drugog na udaljenosti 350 m. Predmetna raskrižja smještena su na sjevernom dijelu naselja Voltino.

U blizini raskrižja nalaze se atraktori Institut za elektrotehniku 'Končar', škola, knjižnica 'Voltino', Hrvatska pošta, prodavaonica pirotehnike 'Mirnovec', Privredna banka Zagreb, Gama Elektronik i Tehničko veleučilište u Zagrebu, željeznička stanica 'Kustošija' i dr. Nabrojani atraktori predstavljaju objekte s znatnim brojem korisnika. Na slici 4, vidljiv je mikroskopski prikaz predmetnih raskrižja.



Slika 4. Mikroskopski prikaz predmetnih raskrižja, [4]

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA PROMETA I INFRASTRUKTURE

Analiza postojećeg stanja je analiza svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa na širem području obuhvata studije. Analiza postojeće situacije bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno trenutno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se samo korekcija postojećeg sustava ili se planiraju neki veći investicijski zahvati. [5]

3.1. Analiza prometne infrastrukture

U ovom poglavlju detaljno su opisana i prikazana trenutna stanja na raskrižjima koja su predmet ovog rada.

3.1.1. Raskrižje Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika

Predmetno raskrižje nalazi se na sjeverozapadnom dijelu grada Zagreba. Radi se o trokrakom („T“) nesemaforiziranom raskrižju, a sjecište je Tomislavove ulice i Ulice Dragutina Golika. Tomislavova ulica proteže se u smjeru jugoistok – sjeverozapad i spaja dvije vrlo prometne ulice, Selska ulica i Zagrebačka cesta. Ulica Dragutina Golika proteže se u smjeru jug – sjever. Golikova ulica spaja Zagrebačku aveniju sa Selskom ulicom/Zagrebačkom cestom koje vode prema Ilici. Obzirom da je Zagrebačka cesta prometnica s vrlo visokim intenzitetom prometa, Golikovu ulicu vozila ponekad koriste kao izbjegavanje zastoja na Zagrebačkoj cesti. U neposrednoj blizini raskrižja (sjeverna strana) nalazi se i Vuhredska ulica čiji promet nije značajan. Na slici 5, vidljivo je predmetno raskrižje.

Slika 5. Raskrižje Tomislavova ulica – Ulica Dragutina Golika, [4]

Predmetno raskrižje upravljano je vertikalnom prometnom signalizacijom. Glavni smjer je sjeverozapadni privoz – Tomislavova ulica i jugoistočni privoz – Tomislavova ulica. Od horizontalne signalizacije postojeća je razdjelna crta te pješački prijelaz na južnom privozu. U zoni zahvata izgrađena je javna rasvjeta.

Sjeverozapadni privoz (Tomislavova ulica) – jedan prometni trak za ravno (Tomislavova ulica) i desno (Ulica Dragutina Golika). Širine prometnih trakova su 2x3,50 m, a ukupna širina kolnika 7,00 m. Kolnik je omeđen cestovnim rubnjacima. S desne strane kolnika, gledano u smjeru vožnje, nalazi se nogostup. S lijeve strane kolnika, gledano u smjeru vožnje, smještena je pješačka staza, a između kolnika i pješačke staze izveden je zeleni pojas. Od horizontalne signalizacije, postojeća je puna i isprekidana razdjelna crta, bijele boje. Opisani sjeverozapadni privoz, vidljiv je na slici 6.

Slika 6. Fotodokumentacija postojećeg stanja - sjeverozapadni privoz (Tomislavova ulica)
Izvor: izradio autor

Jugoistočni privoz (Tomislavova ulica) - jedan prometni trak za ravno (Tomislavova ulica) i lijevo (Ulica Dragutina Golika). Širine prometnih trakova su 2x3,50 m, a ukupna širina kolnika 7,00 m. Lijeva strana kolnika, gledano u smjeru vožnje, omeđena je cestovnim rubnjacima. Na sjeverom dijelu raskrižja nalazi se šljunčana površina, koju vozila često koriste kao parking. S lijeve strane kolnika, gledano u smjeru vožnje, nalazi se nogostup. Od horizontalne signalizacije

postojeća je puna i isprekidana razdjelna crta, bijele boje. Opisani jugoistočni privoz, vidljiv je na slici 7.

Slika 7. Fotodokumentacija postojećeg stanja - jugoistočni privoz (Tomislavova ulica)

Izvor: izradio autor

Južni privoz (Ulica Dragutina Golika) - dvije prometne trake na prilazu raskrižju. Jedna prometna traka za lijevo (Tomislavova ulica – sjeverozapadni privoz) i desno (Tomislavova ulica – jugoistočni privoz). Širine prometnih trakova su 2x3,50 m, a ukupna širina kolnika 7,00 m. Kolnik je omeđen cestovnim rubnjacima. Neposredno ispred raskrižja, na desnoj prometnoj traci nalazi se autobusno stajalište. Na nogostupu uz stajalište nalazi se i nadstrešnica za putnike. Također, s lijeve strane kolnika, nalazi se autobusno ugibalište. S obje strane kolnika nalazi se nogostup, promjenjive širine. Od horizontalne signalizacije izvedena je puna i isprekidana crta, bijele i žute boje. Također, na južnom privozu izveden je i pješački prijelaz te zaustavna crta. Opisani južni privoz, vidljiv je na slici 8.

Slika 8. Fotodokumentacija postojećeg stanja - južni privoz (Ulica Dragutina Golika)

Izvor: izradio autor

3.1.2. Raskrižje Ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica

Predmetno raskrižje nalazi se na sjeverozapadnom dijelu grada Zagreba. Radi se o trokrakom („T“) nesemaforiziranom raskrižju, a sjecište je ulice Dragutina Golika i Klanječke ulice. Ulica Dragutina Golika proteže se u smjeru jug – sjever i povezuje Tomislavovu ulicu sa Zagrebačkom Avenijom. Klanječka ulica proteže se u smjeru istok – zapad i spaja ostale ulice u naselju Voltino s Ulicom Dragutina Golika. Na slici 9, vidljivo je predmetno raskrižje.

Slika 9. Raskrižje ul. Dragutina Golika i Klanječka ulica, [4]

Raskrižje je regulirano vertikalnom prometnom signalizacijom. Glavni smjer je sjeverni privoz – Ulica Dragutina Golika i južni privoz – Ulica Dragutina Golika. Od horizontalne signalizacije postojeća je razdjelna crta, zaustavne crte te pješački prijelazi.

Sjeverni privoz (Ulica Dragutina Golika) – jedan prometni trak za ravno (Ulica Dragutina Golika) i lijevo (Klanječka ulica). Širine prometnih trakova su 2x3,50 m, a ukupna širina kolnika 7,00 m. Kolnik je omeđen cestovnim rubnjacima. S lijeve strane kolnika, gledano u smjeru vožnje, nalazi se nogostup. S desne strane kolnika, gledano u smjeru vožnje, smještena je pješačka staza, a između kolnika i pješačke staze izveden je zeleni pojas. Od horizontalne signalizacije postojeća je razdjelna crta, bijele boje te natpis 'ŠKOLA'. Opisani sjeverni privoz, vidljiv je na slici 10.

Slika 10. Fotodokumentacija postojećeg stanja - sjeverni privoz (Ulica Dragutina Golika)

Izvor: izradio autor

<u>Južni privoz (Ulica Dragutina Golika)</u> - jedan prometni trak za ravno (Ulica Dragutina Golika) i desno (Klanječka ulica). Širine prometnih trakova su 2x3,50 m, a ukupna širina kolnika 7,00 m. Kolnik je omeđen cestovnim rubnjacima. S desne strane kolnika, gledano u smjeru vožnje, nalazi se nogostup. S lijeve strane kolnika, gledano u smjeru vožnje, nalazi se pješačka staza, a između kolnika i pješačke staze izveden je zeleni pojas. S lijeve strane kolnika, nalazi se autobusno ugibalište. Od horizontalne signalizacije izvedena je puna i isprekidana crta, bijele i žute boje, pješački prijelaz te zaustavna crta. Opisani južni privoz, vidljiv je na slici 11.

Slika 11. Fotodokumentacija postojećeg stanja - južni privoz (Ulica Dragutina Golika)

Izvor: izradio autor

Istočni privoz (Klanječka ulica) - jedan prometni trak za lijevo (Ulica Dragutina Golika – južni privoz) i desno (Ulica Dragutina Golika – sjeverni privoz). Širine prometnih trakova su 2x3,50 m, a ukupna širina kolnika 7,00 m. Lijeva strana kolnika, gledano u smjeru vožnje, omeđena je cestovnim rubnjacima. Također, s lijeve strane kolnika nalazi se nogostup. Od horizontalne signalizacije izvedena je razdjelna crta, zaustavna crta i pješački prijelaz. Opisani istočni privoz, vidljiv je na slici 12.

Slika 12. Fotodokumentacija postojećeg stanja - istočni privoz (Klanječka ulica)

Izvor: izradio autor

3.2. Analiza prometnog opterećenja na prometnim tokovima

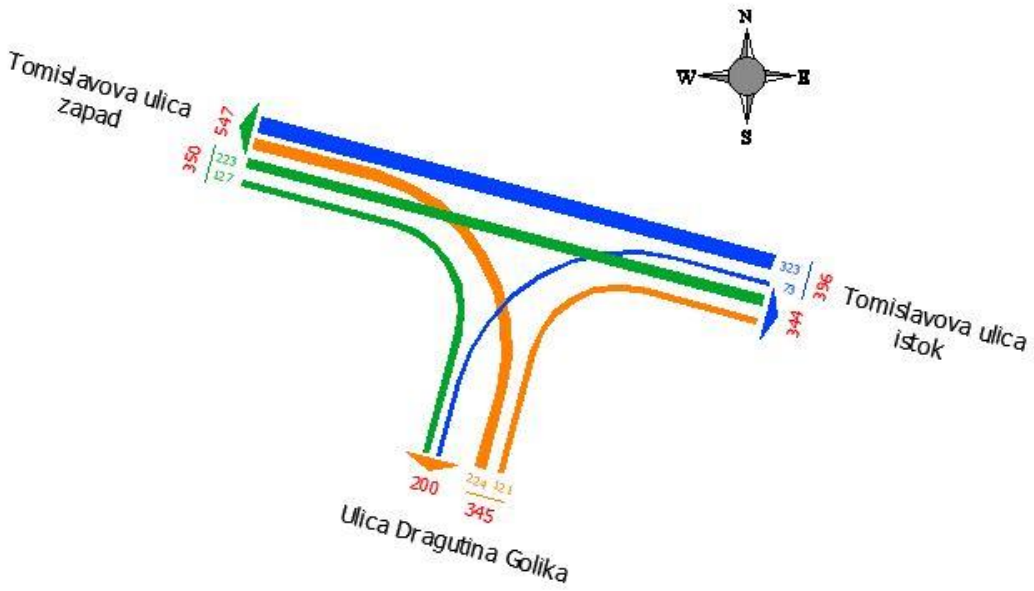
Brojanje je metodološki postupak znanstvenog otkrića jer se brojanjem može doći do važnih informacija koje su potrebne za koncipiranje teorijske postavke. [6] Podacima koji su dobiveni brojanjem prometa dobiva se uvid u trenutno stanje prometa. Na temelju dobivenih podataka bit će predložena rješenja. Brojanje prometa potrebno je napraviti radi: [7]

- Prometnog i urbanističkog planiranja
- Planiranje perspektivne prometne mreže nekog većeg područja ili oblikovanja nekog prometnog čvora
- Eventualne rekonstrukcije postojeće prometne mreže i izgradnje novih pravaca

Brojanje prometa na predmetnim raskrižjima provedeno je ručno. Brojanje se provodilo 21. svibnja 2020. u jutarnjim vršnim satima od 7:00 do 9:00 i poslijepodnevnim vršnim satima od 15:00 do 17:00.

3.2.1. Raskrižje Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika

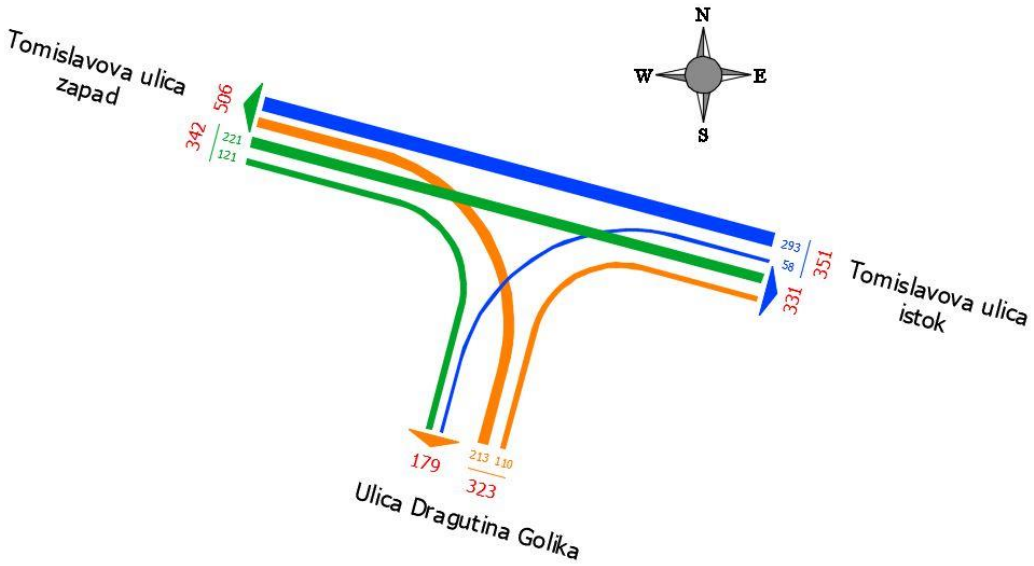
Na slici 13, prikazano je prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica i Ul. Dragutina Golika u periodu od 7:00 do 8:00 sati. Iz slike je vidljivo kako je najopterećeniji jugoistočni privoz (Tomislavova ulica) s ukupno 396 voz/h. Sjeverozapadni privoz (Tomislavova ulica) slabiji je u odnosu na jugoistočni privoz. Na sjeverozapadnom privozu, broj vozila je 350 voz/h dok je južni privoz najmanje opterećen, odnosno broji 345 voz/h.



Slika 13. Prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica - Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 7:00 do 8:00 sati

Izvor: izradio autor

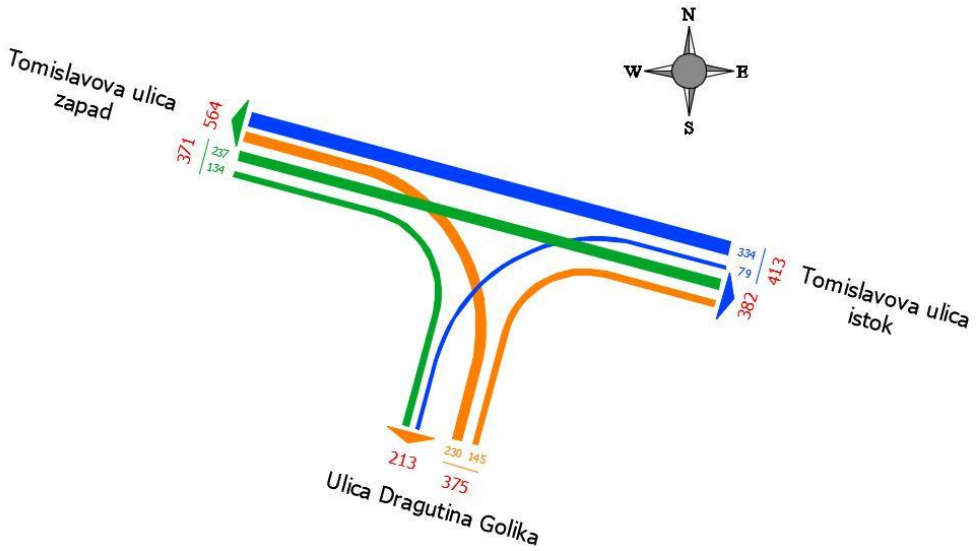
Opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 8:00 do 9:00 je za oko 7% manje, što je vidljivo iz slike 14.



Slika 14. Prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica - Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 8:00 do 9:00 sati

Izvor: izradio autor

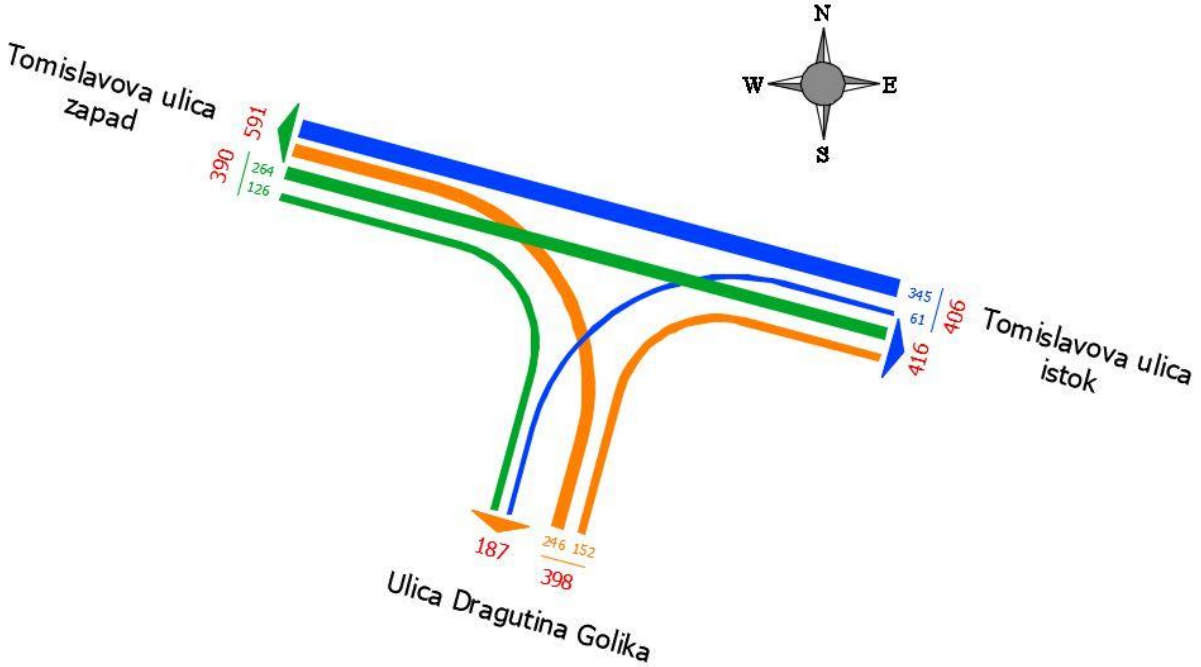
Na slici 15, prikazano je prometno opterećenje u periodu od 15:00 do 16:00 sati. Vidljivo je kako je prometno opterećenje u poslijepodnevnim vršnim satima od 15:00 do 16:00 sati za oko 6% veće u odnosu na prometno opterećenje u jutarnjim vršnim satima u periodu od 7:00 do 8:00.



Slika 15. Prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica - Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 15:00 do 16:00 sati

Izvor: izradio autor

Iz slike 16, vidljivo je kako je i dalje najopterećeniji jugoistočni privoz (Tomislavova ulica) s ukupno 406 voz/h. Nešto manje opterećenje je na južnom privozu dok je prometno opterećenje na sjeverozapadnom privozu najmanje.

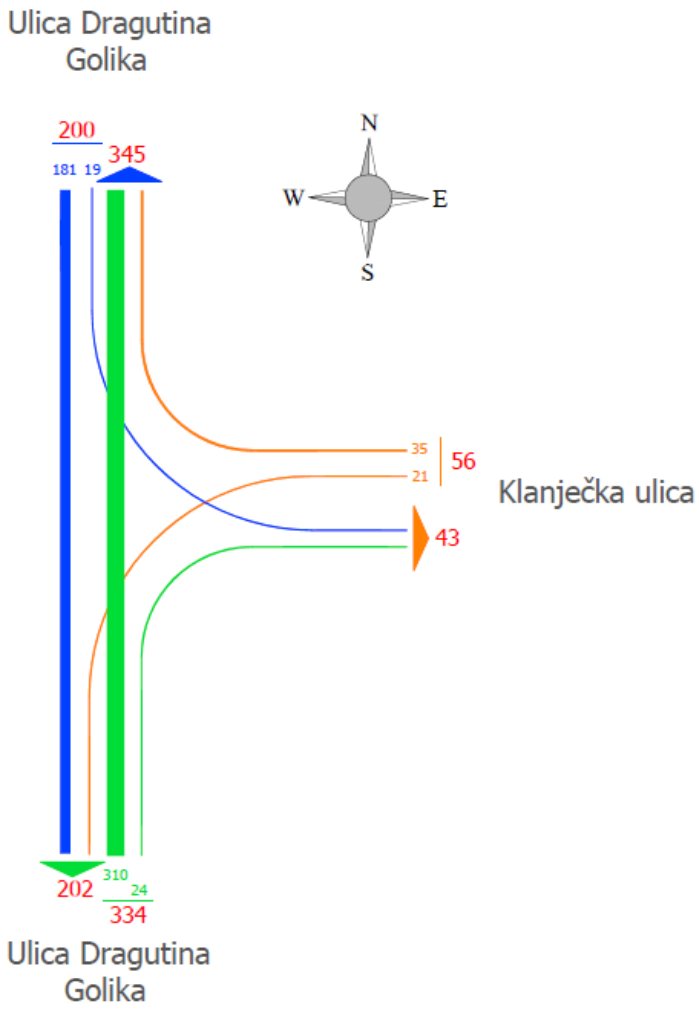


Slika 16. Prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica - Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 16:00 do 17:00 sati

Izvor: izradio autor

3.2.2. Raskrižje Ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica

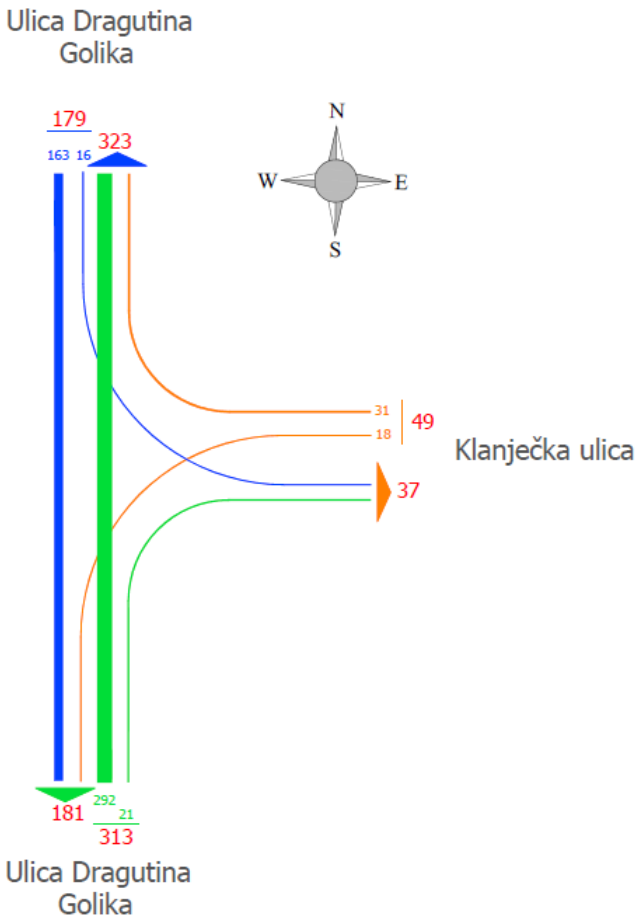
Na slici 17 prikazano je prometno opterećenje na raskrižju ul. Dragutina Golika i Klanječka ulica u periodu od 7:00 do 8:00 sati. Iz slike je vidljivo kako je najopterećeniji južni privoz (ul. Dragutina Golika) s ukupno 334 voz/h. Sjeverni privoz (ul. Dragutina Golika) slabiji je u odnosu na južni privoz. Na sjevernom privozu, broj vozila je 200 voz/h dok je istočni privoz najmanje opterećen, odnosno broji 56 voz/h.



Slika 17. Prometno opterećenje na raskrižju Ul. Dragutina Golika - Klanječka ulica u vremenskom periodu od 7:00 do 8:00 sati

Izvor: izradio autor

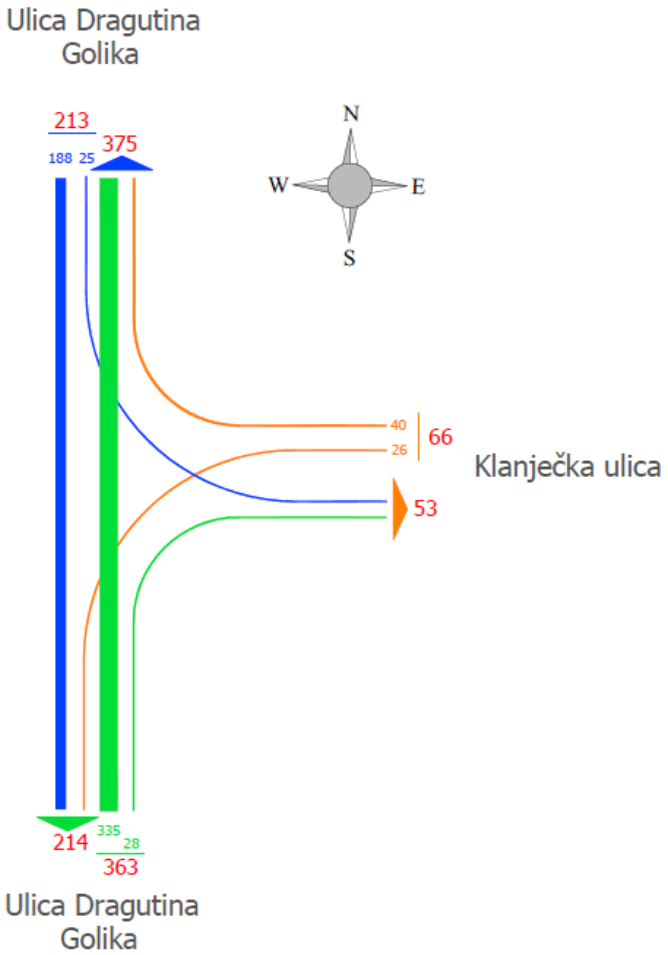
Opterećenje na raskrižju ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica u vremenskom periodu od 8:00 do 9:00 je za oko 8% manje, što je vidljivo iz slike 18.



Slika 18. Prometno opterećenje na raskrižju Ul. Dragutina Golika - Klanječka ulica u vremenskom periodu od 8:00 do 9:00 sati

Izvor: izradio autor

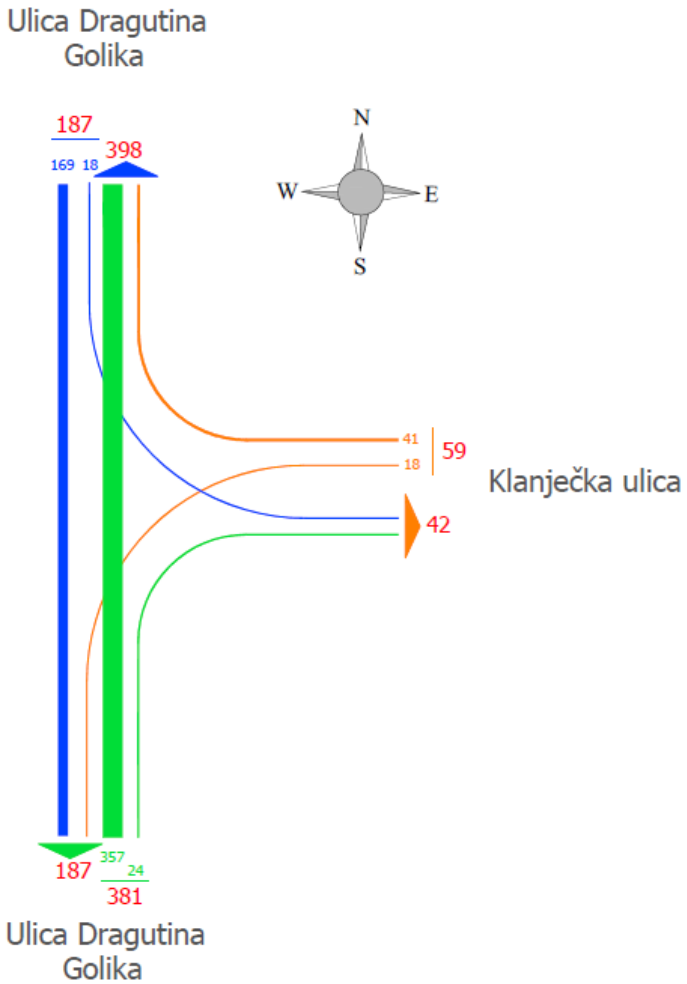
Na slici 19 prikazano je prometno opterećenje u periodu od 15:00 do 16:00 sati. Vidljivo je kako je prometno opterećenje u poslijepodnevnim vršnim satima od 15:00 do 16:00 sati za oko 8% veće u odnosu na prometno opterećenje u jutarnjim vršnim satima u periodu od 7:00 do 8:00.



Slika 19. Prometno opterećenje na raskrižju Ul. Dragutina Golika - Klanječka ulica u vremenskom periodu od 15:00 do 16:00 sati

Izvor: izradio autor

Iz slike 20 vidljivo je kako je i dalje najopterećeniji južni privoz (Ul. Dragutina Golika) s ukupno 381 voz/h. Nešto manje opterećenje je na sjevernom privozu dok je prometno opterećenje na istočnom privozu najmanje.



Slika 20. Prometno opterećenje na raskrižju Ul. Dragutina Golika - Klanječka ulica u vremenskom periodu od 16:00 do 17:00 sati

Izvor: izradio autor

4. SUSTAVNI PRISTUP PROBLEMATICI ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA

4.1. Raskrižje Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika

Uvidom stanja na terenu utvrđeno je kako je sigurnost sudionika na predmetnom raskrižju upitna. Nesemaforizirana raskrižja često znaju biti vrlo opasna za vozače. Prilikom posjeta predmetnom raskrižju, prikupljene su informacije od stanara koji žive u blizini. Naime, prilikom razgovora saznalo se kako je na predmetnom raskrižju bilo prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama i materijalnom štetom. Sukladno tome, može se zaključiti da je predmetno raskrižje potencijalno opasno mjesto za nastanak prometnih nesreća. Nepostojanje svjetlosne signalizacije znatno povećava stupanj opasnosti za pješake i bicikliste koji koriste predmetno raskrižje.

Prilikom posjeta predmetnom raskrižju uočeno je kako je broj nepropisnih prelazaka preko Tomislavove ulice znatno veći nego broj propisnih prelazaka preko pješačkog prijelaza na Ulici Dragutina Golika.

Vozači koji dolaze iz južnog privoza, Ulice Dragutina Golika, imaju lošu preglednost zbog ne održavanja zelenog raslinja uz prometnicu. Naime, zeleno raslinje prekriva vertikalnu signalizaciju te zaklanja vidljivost pješaka, vidljivo na slici 21. Sukladno tome, postoji potencijalna opasnost od naleta vozila na pješaka koji prelazi preko južnog privoza.

Slika 21. Preglednost na južnom privozu, Ulica Dragutina Golika

Izvor: izradio autor

Osim loše vidljivosti vertikalne signalizacije, na slici 22 vidljivo je kako horizontalna signalizacija nije dovoljno primjetna, odnosno bijela boja je vrlo istrošena. Uz to na slici 22, vidljive su i same deformacije na kolniku koje obično nastaju na mjestima ubrzavanja, usporenja i skretanja vozila.

Slika 22. Deformacije na kolniku

Izvor: izradio autor

4.2. Raskrižje Ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica

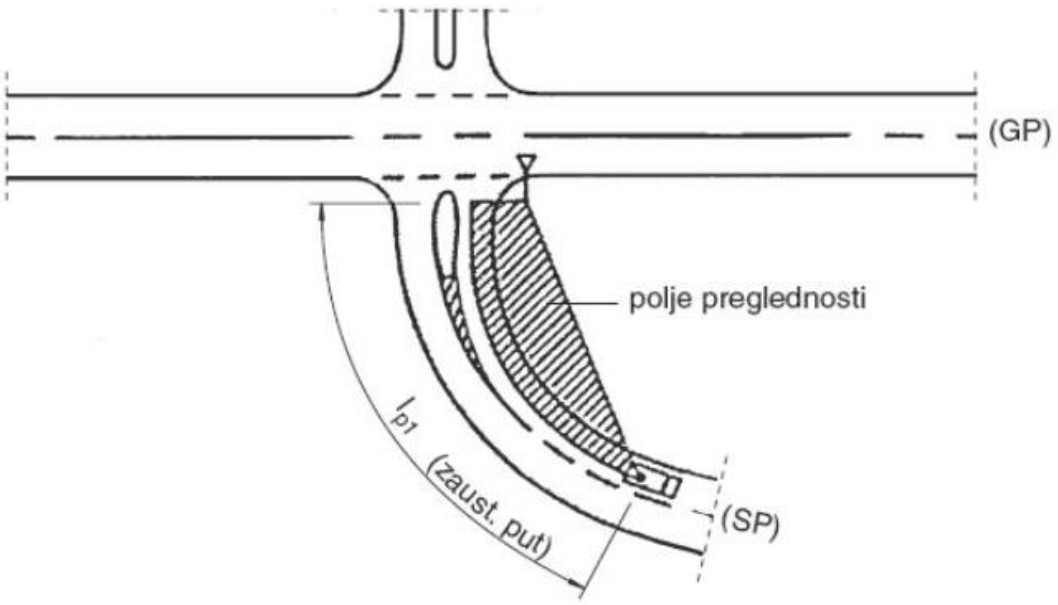
Uvidom stanja na terenu utvrđeno je kako je preglednost na raskrižju vrlo loša. Naime, vozači koji se uključuju iz Klanječke ulice u Ulicu Dragutina Golika imaju vrlo lošu preglednost zbog objekata s obje strane ulice. Povećanom stupnju opasnosti doprinosi neodržavano zeleno raslinje. Također, zeleno raslinje ugrožava i vidljivost postojećeg prometnog znaka „STOP“, što se vidi na slici 23.

Slika 23. Prikaz preglednosti na istočnom privozu (Klanječka ulica)

Izvor: izradio autor

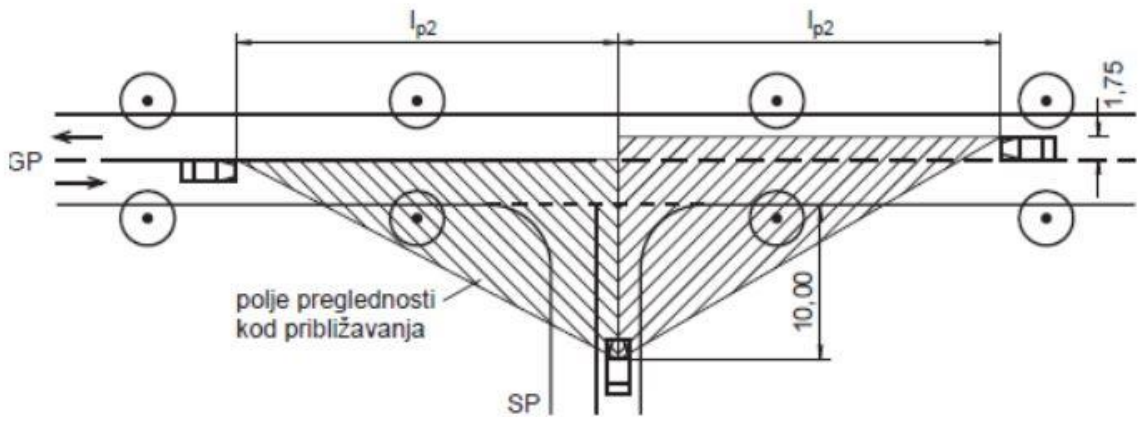
Kako bi se promet u raskrižju mogao sigurno odvijati, prilikom projektiranja, potrebno je provjeriti pojedine vrste doglednosti kao i polja preglednosti.

1. Zaustavna preglednost - podrazumijeva se doglednost koja je potrebna za pravovremeno prepoznavanje raskrižja pred kojim se treba zaustaviti. Duljine zaustavnog puta ovise o vrsti/kategoriji ceste, odnosno o dopuštenoj brzini prilaženja kao i uzdužnom nagibu sporedne ceste, vidljivo na slici 24. [8]



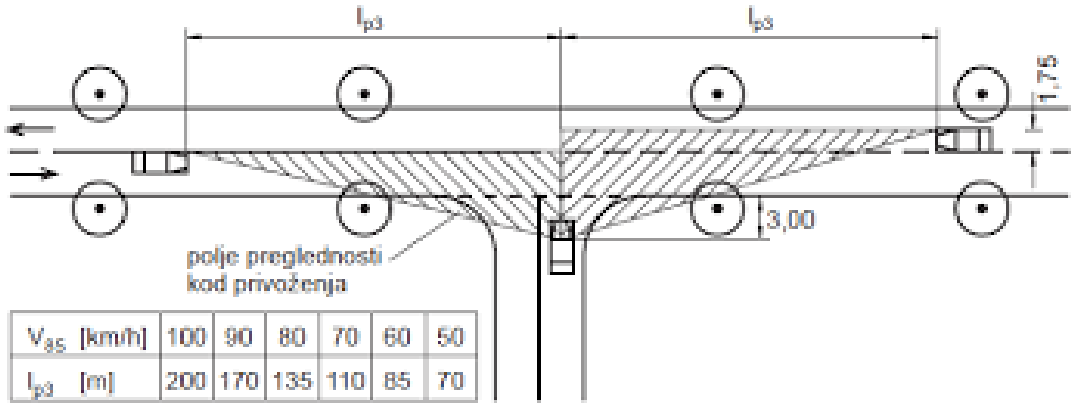
Slika 24. Zaustavna preglednost na sporednom privozu, [8]

2. Preglednost kod približavanja raskrižju i glavnoj cesti - podrazumijeva doglednost koja mora biti osigurana na određenoj udaljenosti od ruba glavne ceste za vozače koji prilaze iz sporedne ceste i to za slučaj kada na glavnu cestu treba ući bez zaustavljanja. U raskrižjima izvan rubnih zona mora biti zadržano vidno polje i doglednost lp2 s udaljenosti 10 m od ruba kolnika glavne ceste, vidljivo na slici 25. [8]



Slika 25. Polje preglednosti kod približavanja, [8]

3. Privozna preglednost označava doglednost koju mora imati vozač kada čeka na razmaku tri metra od ruba kolnika glavne ceste kako bi, unatoč prednosti i uz očekivano ometanje iz glavne ceste, mogao uvesti svoje vozilo. Navedeni uvjeti bit će omogućen ako su osigurana polja preglednosti, čiji su dosezi vidljivosti lp3 u glavnoj cesti. Za slučaj odmaknute biciklističke staze potrebno je da razmak vozila bude povećan na 4,0- 5,0 m, vidljivo na slici 26. [8]



Slika 26. Privozna preglednost, [8]

4. Preglednost za pješake i bicikliste – neophodno je provjeriti zbog njihovog nepredvidljivog pojavljivanja i zbog ranjivosti. [8]

Također, jedan od osnovnih problema ove lokacije je njezina loša i varljiva perspektiva za vozače koji prilaze toj lokaciji. Naime, Ulica Dragutina Golika proteže se u smjeru sjever – jug.

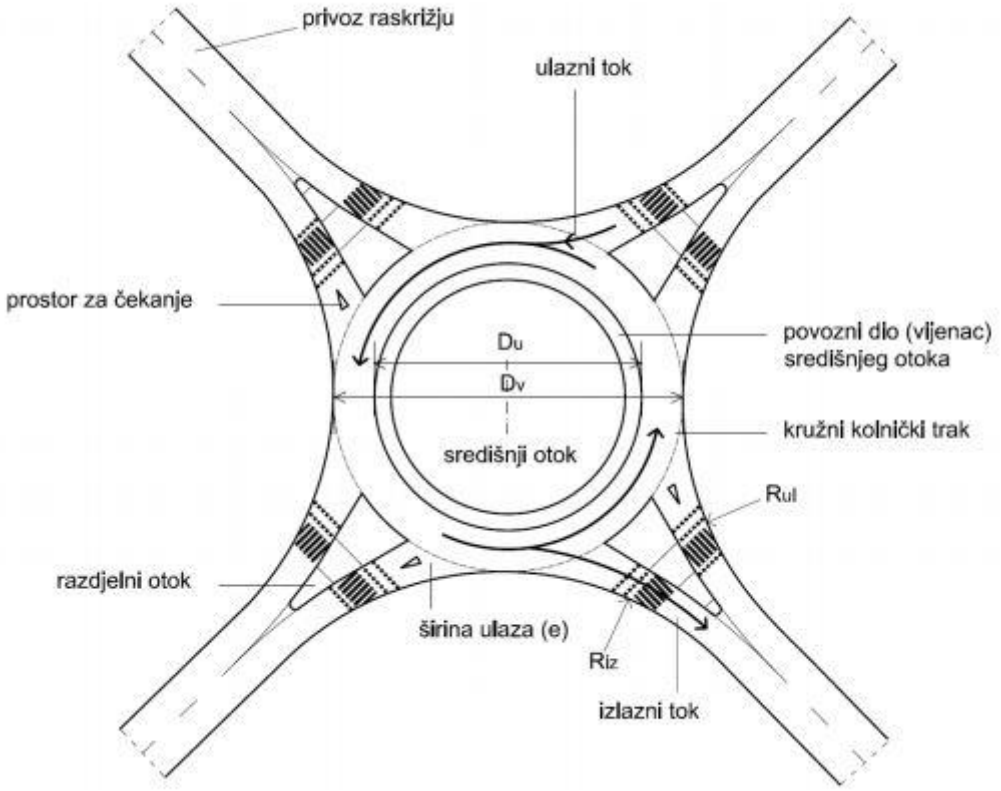
Cijela duljina ulice iznosi 1650 m, od toga 1200 m u pravcu, vidljivo na slici 27. Obzirom na to, vozači nerijetko koriste priliku da razviju brzinu koja je veća od dopuštene. Dakle, potrebno je predvidjeti određene mjere smirivanja prometa zbog loše preglednosti na raskrižju i činjenice da se u blizini nalazi škola.

Slika 27. Položaj Ulice Dragutina Golika, [3]

5. IDEJNA RJEŠENJA NOVE REGULACIJE PROMETNIH TOKOVA

5.1. Raskrižje Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika

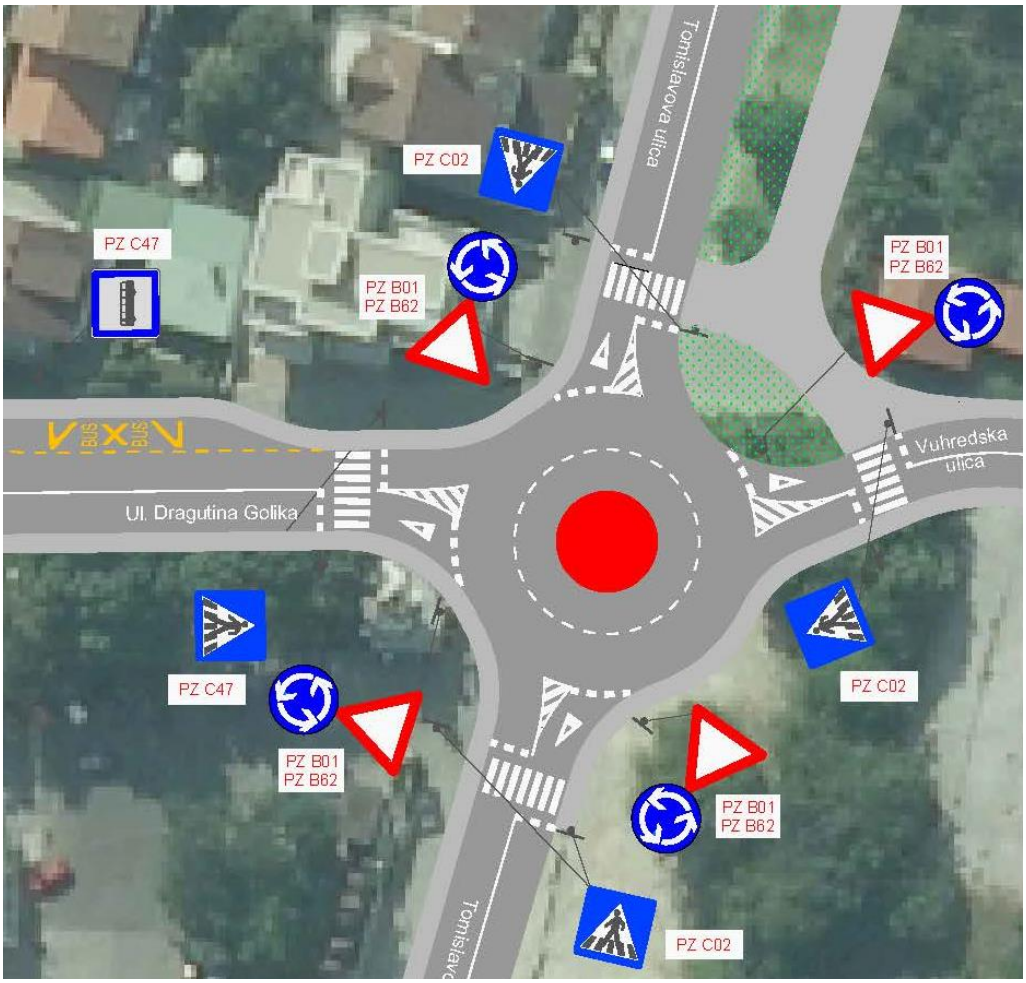
Na predmetnom raskrižju razmotrena je problematika raskrižja. Sukladno tome, kao idejno rješenje predlaže se rekonstrukcija raskrižja izgradnjom kružnog toka. Raskrižje s kružnim tokom prometa je prometna građevina kružnog oblika s nepovoznim, djelomično povoznim ili povoznim središnjim otokom i kružnim prometnim kolnikom na koji se vežu tri priključne ceste (privozi) ili više njih i u kojem se promet odvija u smjeru suprotno kretanju kazaljke na satu. [9] Osnovni elementi kružnog raskrižja, prikazani su na slici 28.



Slika 28. Osnovni elementi raskrižja s kružnim tokom, [10]

Iz analize postojećeg stanja utvrđeno je kako je predmetno raskrižje prikladno za izgradnju mini kružnog raskrižja. Na svim privozima, nema tangencijalnog vođenja privoza koje dovode do neprepoznavanja prednosti kretanja kroz kružno raskrižje između vozila koja ulaze u kružno raskrižje i onih koji se njime kreću. Također, izgradnjom kružnog toka, smirio bi se promet na

glavnom pravcu na ulazu u kružno raskrižje te bi se povećala protočnost vozila sa sporednog privoza. Predmetno raskrižje, opremljeno je prometnom signalizacijom i opremom prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Na slici 29 prikazan je izvadak iz Priloga 1, na kojem je prikazano idejno rješenje predmetnog raskrižja

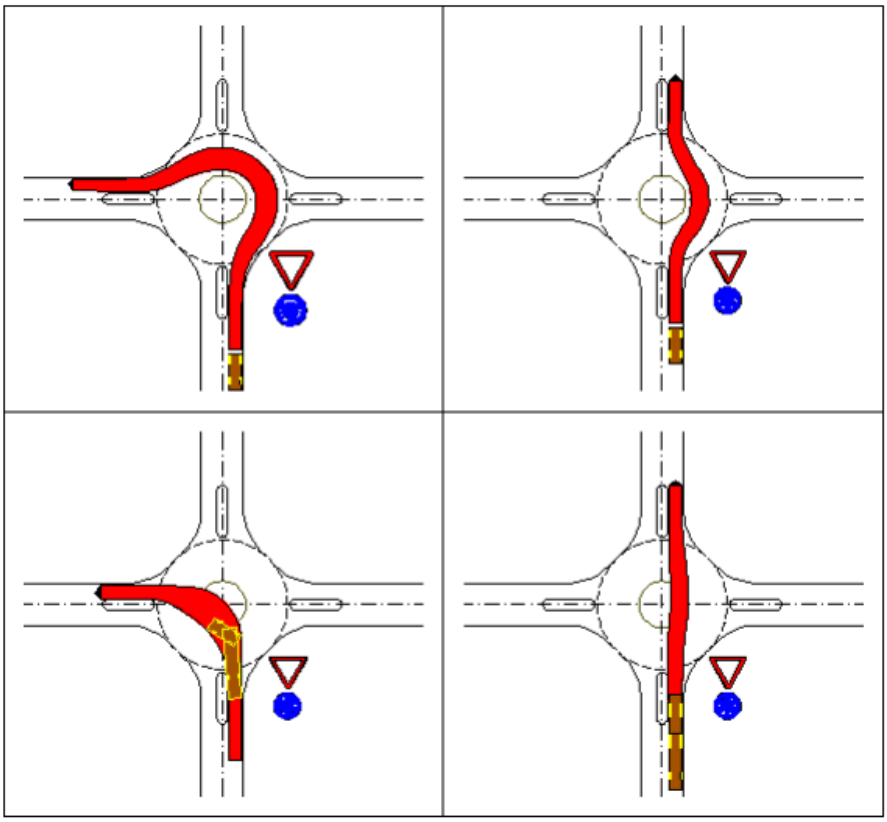


Slika 29. Idejno rješenje nove regulacije prometa na raskrižju Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika – izvadak

Izvor: izradio autor

Mini kružno raskrižje je jednotračno raskrižje s prevoznim središnjim otokom. Kod ovakvih raskrižja središnji otok izveden je tako da omogućava prevoznost većim, odnosno, dužim motornim vozilima, vidljivo na slici 30. Mini kružna raskrižja primjenjuju se u izgrađenoj urbanoj sredini s namjenom smirivanja prometa, poboljšanja protočnosti i/ili prometne sigurnosti. Izvođenje ovakvih raskrižja dopušteno je samo u naseljenim mjestima. Očekivana brzina motornih vozila kroz mini kružno raskrižje je do 25 km/h. U usporedbi s drugim

nesemaforiziranim raskrižjima, u pravilu, ima veću propusnu moć i znatno je veći stupanj prometne sigurnosti svih sudionika u prometu, a troškovi izvedbe su manji. [9]



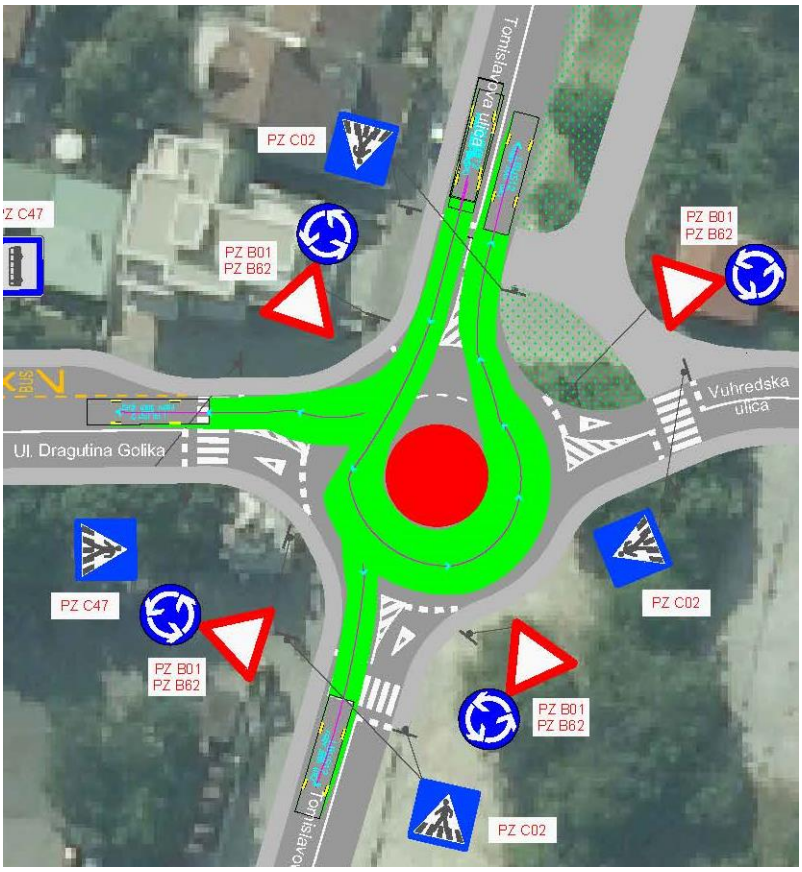
Slika 30. Skica prolaska osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje, [9]

Pravila vožnje jednaka su kao i kod ostalih tipova kružni raskrižja. Dakle, vozila prate kružnu putanju oko središnjeg otoka. Dulja vozila, koja zbog premalog radijusa ne mogu zaobići središnji otok, moraju preko njega dijelom ili u potpunosti proći. Prikaz vožnje duljih vozila u mini kružnim raskrižjima, prikazan je na slici 31. [9]

Slika 31. Vožnja u mini kružnim raskrižjima, [9]

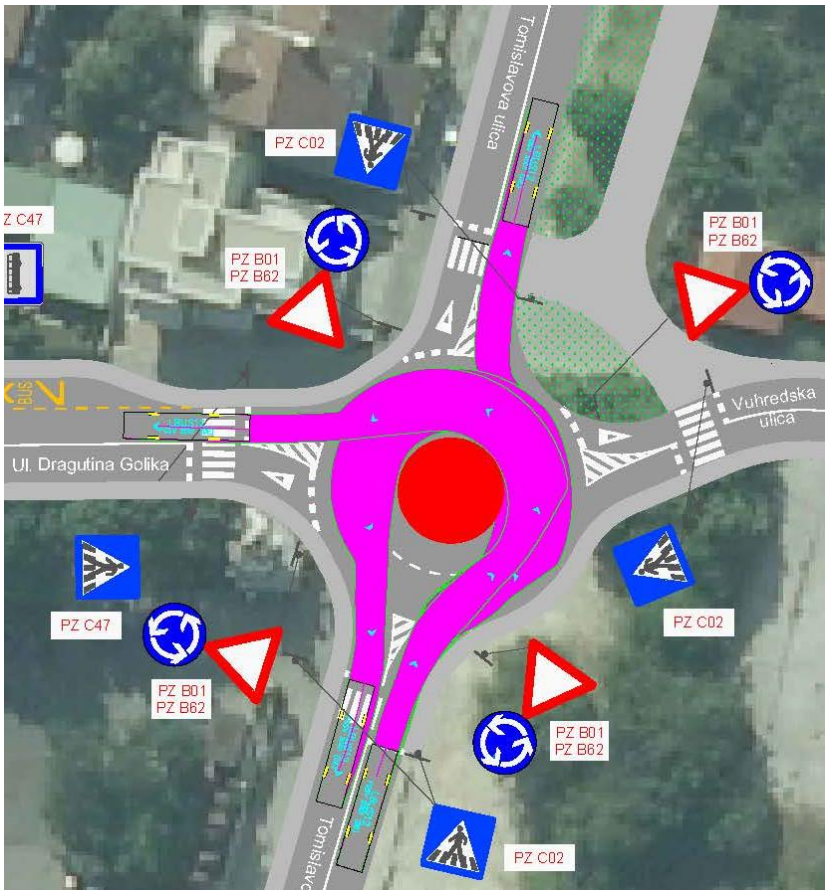
Na predmetnom raskrižju predviđena je izgradnja kružnog toka s unutarnjim radijusom 4,5 m te vanjskim radijusom od 12,5 m. Širina kolnika iznosi 8 m. Pješački prijelazi predviđeni su na svim privozima kao i nogostup, širine 1,6 m. Autobusno ugibalište koje se nalazilo na južnom privozu (Ul. Dragutina Golika), izmješteno je na istočni privoz (Tomislavova ulica), ispred trgovačkog centra 'Konzum', vidljivo u Prilogu 1. Obzirom da širina postojećeg nogostupa nije bila dovoljna za novo autobusno ugibalište i nogostup, cijeli istočni privoz izmaknut je prema sjeveru, odnosno prema postojećoj šljunčanoj površini. Na kružnom toku predviđen je provozni središnji otok, odnosno otok koji je u cijelosti uzdignut u odnosu na kružni vozni trak i preko kojega mogu prelaziti, u pravilu, veća vozila. Obzirom da se radi o mini kružnom urbanom raskrižju, predviđeni su trokutasti, a kapljasti – izduženi oblik površine za razdvajanje prometa. Američke Smjernice navode kako mini kružno raskrižje može preuzeti prometno opterećenje intenziteta oko 15000 voz/dan.

Nakon projektiranja raskrižja, potrebno je provjeriti provoznost kružnog kolnika prema mjerodavnom vozilu. Ispitivanje provoznosti provedeno je u računalnom programu AutoTURN. S obzirom da predmetnim raskrižjem prometuje autobus s dvije osovine, duljine 12 m, ono je odabrano kao mjerodavno vozilo. Na slikama 32, 33 i 34, prikazana je provoznost kružnog kolnika.



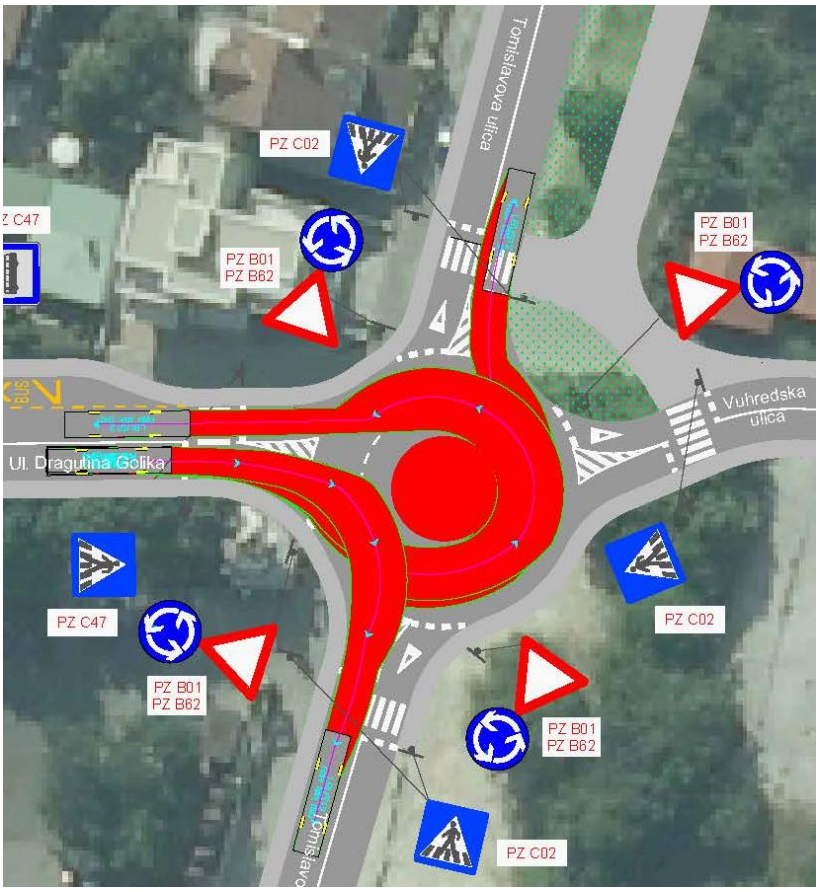
Slika 32. Ispitivanje i provjera trajektorija kretanja vozila – sjeverozapadni privoz

Izvor: izradio autor



Slika 33. Ispitivanje i provjera trajektorija kretanja vozila – jugoistočni privoz

Izvor: izradio autor



Slika 34. Ispitivanje i provjera trajektorija kretanja vozila – južni privoz

Izvor: izradio autor

Prilikom tlocrtnog oblikovanja mini kružnog raskrižja, u pravilu, moraju se zadovoljiti sljedeće dimenzije: [9]

- osovine priključnih cesta u mini kružnom raskrižju moraju biti postavljene na način da je (za svaki smjer vožnje) postignuta defleksija (zakrivljenost krivulje vožnje) barem R = 60 m
- veličina razdjelnih otoka i središnjeg otoka odredi se na osnovu iscrtanih krivulja vožnje (trajektorija) mjerodavnog vozila, za sve privoze
- vanjski polumjer mora iznositi od 6, do 12,5 m
- širina kružnog kolnika iznosi od 4,5 m do 5,0 m
- središnji otok mora biti polumjera od 3,5 m do 4,5 m
- središnji otok mora biti izveden uzdignuto i u obliku kupole, pri čemu je vanjski rub otoka uzdignut za 2 – 3 cm s obzirom na visinu kružnog kolnika, a na sredini je kupola visine 10 – 12 cm

- zbog bolje uočljivosti mini kružnog raskrižja, preporučljivo je da je središnji otok izveden od drugog materijala
- ukoliko je središnji otok izveden od asfalta, uzdignuti rub otoka mora biti izveden od kamenih ili betonskim kocaka ili rubnjaka

Posebnosti kružnih raskrižja [11]:

- raskrižja s kombinacijom prekinutog i neprekinutog prometnog toka
- pravo prvenstva prolaza imaju vozila koja se već nalaze u kružnom toku u odnosu na vozila koja se nalaze na prilaznim prometnicama
- u slučaju slobodnog kružnog toka, vozilo se ne zaustavlja nego smanjenom brzinom ulazi u kružni tok što rezultira nižom razinom ispušnih plinova i buke
- omogućavaju vožnju samo malim brzinama i s velikim skretnim kutom prednjih kotača
- zabranjena vožnja unatrag
- dugim vozilima dopušteno je koristiti povozni dio središnjeg otoka

Prednosti kružnih raskrižja [11]:

- znatno veća sigurnost prometa što podrazumijeva manji broj konfliktnih točaka, ne postoje konfliktne točke križanja i preplitanja, manje brzine i slično
- niža razina buke i emisija ispušnih plinova motornih vozila
- manje posljedice u slučaju prometnih nesreća
- mogućnost propuštanja prometnih tokova jakog intenziteta
- kraće čekanje na prilaznim prometnicama
- manje zauzimanje prostora
- dobro rješenje za raskrižja s približno jednakim prometnim opterećenjem na glavnom i sporednom prometnom smjeru
- dobro rješenje u raskrižjima s više privoza
- manji troškovi održavanja u odnosu na semaforizirana raskrižja
- dobro rješenje kao mjera smirivanja promet u urbanim sredinama
- mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor
- povoljniji utjecaj na okoliš u odnosu na semaforizirana raskrižja

Nedostatci kružnih raskrižja [11]:

- povećanjem broja voznih trakova u kružnom toku smanjuje prometnu sigurnost

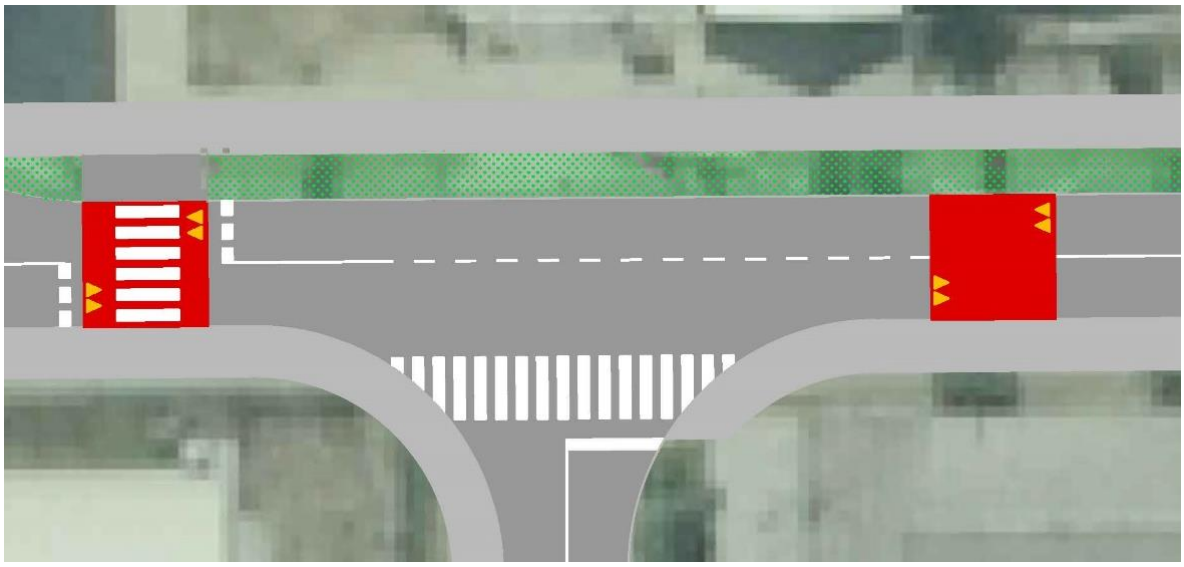
- veći broj kružnih raskrižja ne omogućava uvođenje koordininarog prolaza kroz isti („zeleni val“)
- poteškoće s izvedbom središnjeg otoka u već izgrađenim urbanim sredinama
- nisu najprikladnije rješenje pred institucijama za slijepe i slabovidne osobe, pred domovima za starije osobe, bolnicama, zdravstvenim ustanovama, vrtićima, školama i na svim onim mjestima gdje nemotorizirani sudionici u prometu zbog svojih privremenih ili trajnih fizičkih oštećenja ne mogu sigurno prelaziti raskrižja bez svjetlosnih signalnih uređaja
- problem pri velikom intenzitetu pješačkog/biciklističkog prometa koji presijeca jedan ili više krakova jednotračnog kružnog raskrižja
- lošije rješenje pri velikom intenzitetu lijevih skretanja
- naknadna semaforizacija ne utječe bitno na povećanje propusne moći
- produljenje putanja vozila i pješaka u odnosu na izravno kanalizirana raskrižja
- tokovi koji skreću ulijevo iz suprotnih smjerova nepotrebno se presijecaju, odnosno prepliću što nije slučaj kod izravno kanaliziranih raskrižja

Na slici 35, prikazane su konfliktne točke u raskrižju s kružnim tokom. Konfliktne točke su mjesta presijecanja prometnih tokova. Vidljivo je kako u kružnom raskrižju postoji 8 konfliktnih točaka što je četiri puta manje u odnosu na semaforizirana raskrižja koja imaju ukupno 32 konfliktne točke. Na desnoj strani slike 35, prikazani su najčešći tipovi prometnih nesreća.

Slika 35. Konfliktne točke i najčešći tipovi prometnih nesreća, [12]

5.2. Raskrižje Ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica

Obzirom na lošu preglednost na raskrižju i veliku brzinu vozača Ulicom Dragutina Golika, kao rješenje predlaže se smirivanje prometa u zoni raskrižja izgradnjom uzdignutih ploha. Lokacije uzdignutih ploha prikazane su na slici 36.



Slika 36. Lokacija uzdignutih ploha

Izvor: izradio autor

Uzdignute plohe, namijenjene su za prisilno smanjenje brzine vožnje vozila. Najčešće su predviđene u zoni škola, vrtića i po prometnijim pješačkim ulicama. Umjetne izbočine postavljaju se isključivo radi sigurnosti pješaka, naročito djece. Mjere za smirivanje prometa su različite te ih je moguće upotrijebiti samostalno ili u različitim kombinacijama vertikalne i horizontalne signalizacije, ovisno od zahtjeva i mogućnosti ugradnje. [13]

Spomenute mjere mogu se podijeliti u dvije skupine [13]:

- mjere koje izvodimo ispred područja gdje je brzina ograničena i njima želimo obavijestiti vozače da smanje brzinu do početka ograničenja na toliko koliko je dopušteno signalizacijom na području ograničenja;
- mjere s kojima vozača obavještavamo da je unutar područja ograničene brzine i da ne vozi brže ili pak prisilimo vozača da ne može voziti brže nego što je dopušteno signalizacijom.

Mjere za smirivanje prometa poduzimaju se onda kada se želi [14]:

- smanjiti brzinu prometovanja i promijeniti navike vozača,
- smanjiti broj i posljedice prometnih nezgoda u područjima stanovanja,
- osigurati prostor za pješake i bicikliste,
- smanjiti zagađenje okoliša,
- učiniti životnu okolinu ugodnom i sigurnom za stanovnike i sudionike u prometu.

Dakle, mjerama za smirivanje prometa želi se postići sigurnost svih sudionika i humanizacija njihove životne okoline u zonama stanovanja.

Prometno – tehničke mjere koje se primjenjuju treba izvesti tako da [13]:

- Mogu biti savladive kod brzine od 40 km/h
- Mogu biti savladive od strane vozila komunalne službe i vozila dostave

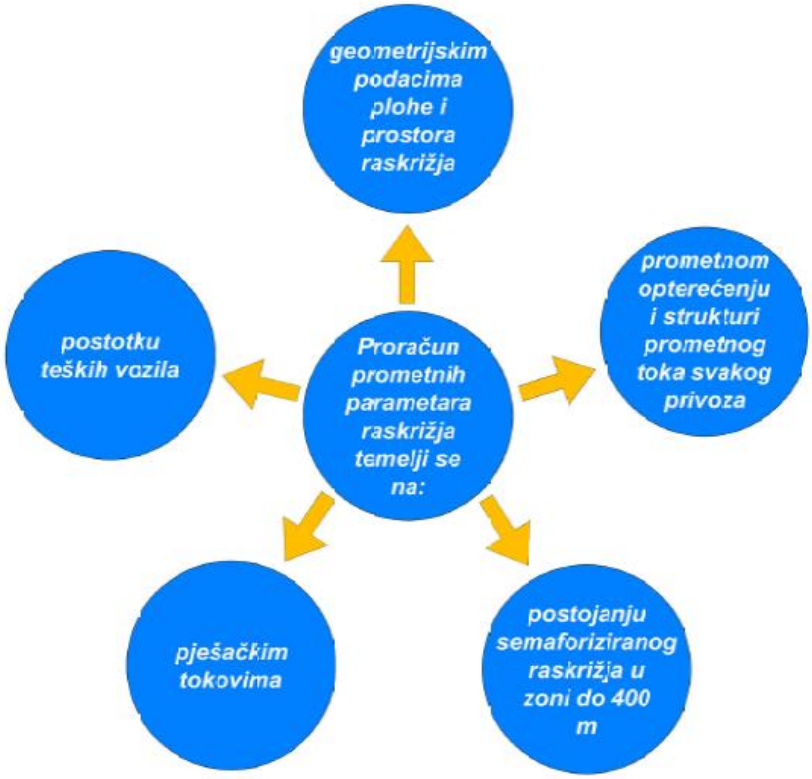
Prilikom izvedbe uzdignutih ploha, potrebno je pripaziti na to da pozicija novih uzdignutih ploha bude izvan kolnih ulaza. Uz uzdignute plohe, potrebno je predvidjeti i odgovarajuću prometnu signalizaciju i opremu. Prije uzdignute plohe, na udaljenost od 150 m predviđeno je postavljanje prometnih znakova PZ A21 (djeca na cesti), PZ A09 (uzdignuta ploha) i dopunsku ploču E02 koja daje informaciju da se uzdignute plohe nalaze u duljini od 200 m. Također, na udaljenost od 50 m ispred raskrižja predviđeno je postavljanje prometnog znaka ograničenja brzine PZ B40 i dopunsku ploču E19. Na lokacijama uzdignutih ploha, uz same plohe, obostrano, postavljaju se prometni znakovi PZ C08, PZ K12-2/3 te PZ C02 ako se neposredno uz plohu nalazi uzdignuta ploha. U Klanječkoj ulici potrebno je uz znak PZ B02 predvidjeti i PZ C02 te redovno održavati raslinje koje se nalazi u zoni predviđenog prometnog znaka. Situacija projektiranog stanja vidljiva je u Prilogu 2. Uz navedenu prometnu signalizaciju i opremu predviđa se i postavljanje vanjskog prometnog ogledala kako bi vozači iz Klanječke ulice vidjeli ima li vozila u Ulici Dragutina Golika. Daljnjom razradom idejnog rješenja, potrebno je izmjestiti postojeće autobusno ugibalište.

6. EVALUACIJA PREDLOŽENIH RJEŠENJA

Evaluacija predloženih rješenja radi se na temelju proračuna evaluacijskih parametara koji ukazuju na uvjete odvijanja prometa na raskrižjima. Metodologija Proračun propusne moći raskrižja vrši se na temelju metodologije „Highway Capacity Manual“ (HCM). Ona predstavlja standard u projektiranju i planiranju cesta, autocesta i gradskih ulica. U nastavku će biti definirani parametri za proračun propusne moći razine usluge nesemaforiziranog raskrižja i raskrižja kružnog toka.

6.1. Proračun propusne moći i razine usluge nesemaforiziranih raskrižja

Prilikom izračuna propusne moći i razine usluge nesemaforiziranog raskrižja, od iznimne je važnosti ispitati lijeve skretače na glavnom pravcu te. Lijevi skretači često su uzroci zastoja u raskrižju, ako nisu regulirani prometnim svjetlima, posebnom fazom. Na slici 37, prikazano je na čemu se temelji proračun prometnih parametara raskrižja. [15]

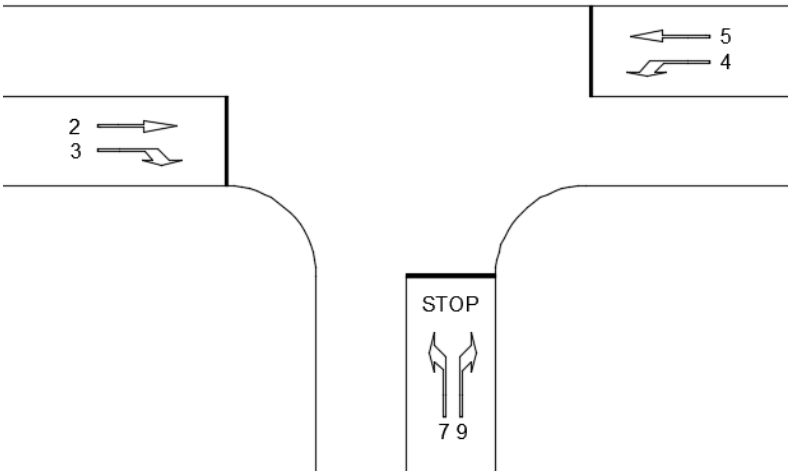


Slika 37. Parametri za proračun raskrižja

Izvor: [15]

6.1.1. Prioriteti prometnih tokova

Kako bi se provela kvalitetna analiza prometnih tokova, potrebno je odrediti prioritete prometnih tokova. Kod trokrakih raskrižja postoje tri prioriteta prometnih tokova. Naime, prioritet broj 1 predstavljaju prometni trakovi za ravno i desno na glavnom privozu (2,3,5). Prioritet broj 2 predstavljaju lijevi skretači s glavnog privoza te desni skretači sa sporednih privoza na glavni (4,9). Prioritet broj 3 predstavljaju prometni tokovi za lijevo skretanje sa sporednih privoza na glavni (7). Na slici 38, prikazani su prometni tokovi na trokrakom raskrižju. [15]



Slika 38. Prometni tokovi na trokrakom raskrižju

Izvor: [15]

6.1.2. Konfliktni tokovi

Konfliktni prometni tok (Vc,x) je zbroj prometnih opterećenja tokova koji su u konfliktu s manevrom x.

Lijevi skretači s glavnog privoza u konfliktu su s prolaznim trakovima i desnim skretačima glavnog privoza, suprotnog smjera.

Desni skretači s glavnog privoza indirektno utječu na odluku vozača da izvedu manevar desnog skretanja iz sporednog privoza u glavni. Obzirom na to, za proračun se uzima polovica prometnog opterećenja desnih skretača s glavnog privoza.

Lijevi skretači sa sporednog privoza u konfliktu su sa prolaznim trakovima glavnih privoza te lijevim skretačima sa glavnog privoza.

Desni skretači sa sporednog privoza u konfliktu su sa prolaznim trakom na glavnom privozu. [15]

6.1.3. Kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja

Kritična vremenska praznina (t_c) je minimalan vremenski interval u prometnom toku glavnog smjera koji omogućuje ulaz vozila sa sporednog privoza u raskrižje. Vozač će pokušat odbaciti svaku prazninu manju od kritične da uđe u raskrižje. [15]

Tablica 1. Bazne kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja u ovisnosti o manevru u raskrižju

Manevar	Bazni kritični tc,base(s)		Bazni tf,base(s)
	dvotračni glavni smjer (broj provoznih traka u glavnom smjeru)	Četverotračni glavni smjer	
Lijevo skretanje s glavnog privoza	4,1	4,1	2,2
Desno skretanje sa sporednog privoza	6,2	6,9	3,3
Ravno sa sporednog privoza	6,5	6,5	4
Lijevo skretanje sa sporednog privoza	7,1	7,5	3,5

Izvor: [15]

Prema [15] kritična vremenska praznina računa se za svaki manevar posebno prema sljedećoj formuli (1):

$$t_{C,x} = t_{C,base} + t_{c,HV}P_{HV} + t_{c,G}G - t_{c,T} - t_{3,LT}\ [s] \qquad (1)$$

$V_{c,x}$ – kritična vremenska praznina za manevar x (s)

$t_{c,base}$ – bazna kritična vremenska praznina (s)

$P_{c,HV}$ – korekcijski faktor za teška vozila (s)

P_{HV} – postotak teških vozila u toku/100

$t_{c,G}$ – korekcijski faktor utjecaja uzdužnog nagiba za svaki privoz

G – postotak uzdužnog nagiba privoza/100

$t_{c,T}$ – korekcijski faktor kod ulaza u raskrižje u dva koraka

$t_{3,LT}$ – korekcijski faktor geometrije raskrižja

Vrijeme slijeđenja je vrijeme koje prođe između napuštanja sporednog privoza od strane jednog vozila do napuštanja drugog vozila [15]. Prema [15] određuje se za svaki manevar prema sljedećoj formuli (2):

$$\boldsymbol{t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV}\, P_{HV}} \tag{2}$$

$t_{f,HV}$ – korekcijski faktor za teška vozila

6.1.4. Potencijalni kapacitet

Potencijalni kapacitet je kapacitet za specifični manevar kada promet iz susjednih raskrižja ne utječe na promatrano raskrižje te postoji posebni prometni trak za svaki manevar sa sporednog privoza [15]. Prema [15] računa se prema sljedećoj formuli (3):

$$\boldsymbol{C_{p,x} = V_{c,x} \frac{e^{-V_{c,x} t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-V_{c,x} t_{f,x}/3600}}} \tag{3}$$

$C_{p,x}$ – potencijalni kapacitet (voz/h)

$V_{c,x}$ – konfliktni prometni tok za manevar x (voz/h)

$t_{c,x}$ – kritična vremenska praznina za manevar x (s)

$t_{f,x}$ – vrijeme slijeđenja za manevar x (s)

6.1.5. Realni kapacitet

Realni kapacitet je kapacitet koji ovisi o stupnju zasićenja prometnog toka kao i rangu prometnog toka. Pretpostavlja se da glavni prometni tokovi ranga 1 nisu ometani od prometnih tokova sa sporednih privoza. Također, podrazumijeva se da se glavni tok ne usporava i ne kasni

prilikom prolaska kroz raskrižje. Prometni tokovi ranga 2 nemaju ometanja od strane tokova sa sporednih privoza pa je realni kapacitet ranga 2 jednak idealnom. Prometni tokovi ranga 3 moraju propustiti rang 1 te lijeve skretače s glavnog pravca ranga 2. Sukladno tome, rang 3 neće moći iskoristiti sve vremenske praznine kako bi se uključio u glavni tok. Razlog tome je to što će neke od tih praznina iskoristiti vozači koji s glavnog toka skreću lijevo. Veličina ovog ometanja ovisi o vjerojatnosti da će vozila koja skreću lijevo s glavnog privoza čekati istovremeno odgovarajuću prazninu kao i vozila ranga 3. [15]

Prema [15] vjerojatnost da nema repa čekanja računa se prema sljedećoj formuli (4):

$$\boldsymbol{p_{0,1} = 1 - \frac{V_1}{C_{m,1}}} \tag{4}$$

$j -$ lijevi skretači s glavnog privoza

$c_m -$ realni kapacitet lijevih skretača (rang 2) (s)

Prema [15] realni kapacitet za sve manevre ranga 3 računa se pomoću korekcijskog koeficijenta prema sljedećoj formuli (5):

$$\boldsymbol{f_k = \Pi_j \, p_{0,j}} \tag{5}$$

$p_{0,1} -$ vjerojatnost da prometni tok ranga 2 nema repa čekanja

k $-$ manevri ranga 3

Prema [15] realni kapacitet ranga 3 računa se prema sljedećoj formuli (6):

$$\boldsymbol{c_{m,k} = (c_{p,k}) \, f_k} \tag{6}$$

Vozila ranga 4, moraju propustiti sva vozila ranga 1, 2 i 3. Kapacitet za rang 4 ovisi o redu čekanja tri viša ranga: lijevih skretača s glavnog privoza, ravnog skretanja sa sporednog privoza te desnog skretanja sa sporednog privoza. Vjerojatnost viših rangova nisu neovisne jedna o drugoj. Vjerojatnost da nema reda čekanja u traku za lijevo skretanje s glavnog privoza utječe na vjerojatnost da nema reda čekanja u traku sa sporednog privoza. Sukladno tome, potrebno je odrediti faktor statističke zavisnosti vjerojatnosti za tokove ranga 2 i 3. [15]

$$\boldsymbol{p' = 0,65 \, * \, p'' - \frac{p''}{p''+3} + 0,65\sqrt{p''}}$$

(7)

$$\boldsymbol{p''} = \boldsymbol{f_k} * \boldsymbol{p_k}$$

(8)

$\mathrm{p}' -$ faktor statističke zavisnosti vjerojatnosti za struje 2. i 3. ranga

$\mathrm{p}'' - (f_k)(p_{0,k})$

$p_{0,k} -$ vjerojatnost da prometni tok ranga 3 nema reda čekanja

$$\boldsymbol{p_{0,k}} = \mathbf{1} - \frac{\mathbf{v_k}}{\mathbf{c_{m,k}}} \tag{9}$$

Prema [15] korekcijski faktor računa se prema sljedećoj formuli (10):

$$\boldsymbol{f_l} = (\mathbf{p}')\ (\mathbf{p_{0,j}}) \tag{10}$$

$\mathrm{l} -$ lijevi skretači sa sporednog privoza ($\mathrm{l} = 7{,}10$)

$\mathrm{j} -$ desni skretači sa sporednog privoza ($\mathrm{j} = 9{,}12$

Prema [15] realni kapacitet ranga 4, računa se prema sljedećoj formuli (11):

$$\boldsymbol{c_{m,l}} = (\boldsymbol{f_l})\ (\mathbf{c_{p,l}}) \tag{11}$$

6.1.6. Kapacitet zajedničkih trakova

Prema [15] kapacitet zajednički trakova na sporednom privozu, računa se prema sljedećoj formuli (12):

$$\mathbf{C_{SH}} = \frac{\sum_y \mathbf{v_y}}{\sum_y (\frac{\mathbf{v_y}}{\mathbf{c_{m,y}}})} \tag{12}$$

$c_{SH} -$ kapacitet zajedničkog traka (voz/h)

$v_y -$ protok vozila za pojedini manevar u zajedničkom traku (voz/h)

6.1.7. Duljina repa čekanja

Rep čekanje je funkcija kapaciteta i stvarnog protokola u promatranom vremenu. Duljina repa čekanja računa se za lijevo skretanje sa glavnog privoza i trakove sporednog privoza [15]. Prema [15] broj vozila u repu čekanja s 95% sigurnošću, računa se prema sljedećoj formuli (13):

$$\boldsymbol{Q_{95} \approx 900 * T \left[\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right) * \left(\frac{V_x}{C_{m,x}}\right)}{150 * T}} \right] * \frac{C_{m,x}}{3600} \; [voz]} \qquad (13)$$

$Q_{95} -$ 95% rep čekanja (vozila)

$v_x -$ protok za manevar x

$c_{m,x} -$ realni kapacitet manevra x

$T -$ promatrani period

6.1.8. Prosječno vrijeme kašnjenja

Prosječno vrijeme kašnjenja je vrijeme koje protekne od trenutka kada vozilo dođe na kraj repa čekanja do trenutka kada prođe kroz stop liniju. Konstanta vrijednost od 5 s/voz dodana je u formulu radi usporenja vozila iz brzine slobodnog toka do brzine vozila u redu čekanja te zbog ubrzanja vozila od zaustavne linije do brzine slobodnog toka. Prosječno vrijeme kašnjenja računa se za lijevo skretanje s glavnog smjera i trakove sporednog privoza. [15] Prema [15] računa se prema sljedećoj formuli (14):

$$\boldsymbol{d_x = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900 * T * \left[\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right) * \left(\frac{V_x}{C_{m,x}}\right)}{450 * T}} \right] + 5 \; [s/vozilu]} \qquad (14)$$

$d -$ prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz)

$v_x -$ protok za manevar x

$c_{m,x} -$ realni kapacitet manevra x

$T -$ promatrani period

6.1.6. Razina usluge nesemaforiziranog raskrižja

Razina usluge određuje se za svaki trak posebno, ali i za privoze raskrižja te za samo raskrižje na temelju Tablice 2. [15]

Tablica 2. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja

Razina usluge	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz)
A	0 - 10
B	> 10 - 15
C	> 15 - 25
D	> 25 - 35
E	> 35 - 50
F	> 50

Izvor: [15]

Prema [15] nakon što se odredi razina usluge za lijeve skretače s glavnog privoza i trakove sporednih privoza, određuje se prosječno vrijeme kašnjenja po privozima, prema sljedećoj formuli (15):

$$\mathbf{d_A} = \frac{\mathbf{d_r * v_r + d_t * v_t + d_l * v_l}}{\mathbf{v_r + v_t + v_l}} \qquad (15)$$

$d_A -$ vrijeme kašnjenja po privozu (s/voz)

d_r, d_t, d_l

$-$ proračunato vrijeme kašnjenja za desno skretanje, za ravno skretanje, za lijevo skretanje

v_r, v_t, v_l $-$ prometno opterećenje (voz/h); $prometni\ tok\ za\ ravno, desno\ i\ lijevo$

6.2. Proračun propusne moći i razine usluge raskrižja s kružnim tokom

Propusna moć ili kapacitet raskrižja s kružnim tokom prometa (C_k) predstavlja broj vozila koja prođu kroz njega u jedinici vremena, a dobije se zbrajanjem propusnosti ($q_{p,n}$) svih privoznih ulaza (n) u kružno raskrižje.

6.2.1. Intenzitet pojedinog manevra

Prema [15] intenzitet pojedinog manevra x određuje se prema formuli (16):

$$\mathbf{v_x} = \frac{\mathbf{V_x}}{\mathbf{PHF}} \tag{16}$$

v_x – intenzitet za manevar x [voz/h]

V_x – stvarni intenzitet pojedinog manevra x [voz/h]

PHF – faktor vršnog sata

Prema [15] kako bi svako vozilo imalo određeni koeficijent ekvivalentnih jedinica, protok vozila u satu za svako kretanje prometnog toka izražava se u ekvivalentnim jedinicama putničkih automobila po satu (PAJ/h). Način određivanja pretvorbe vrši se na sljedeći način (17):

$$\boldsymbol{V_{x,PAJ}} = \frac{\boldsymbol{v_x}}{\boldsymbol{f_{x,HV}}} \tag{17}$$

$$\boldsymbol{f_{x,HV}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}+\boldsymbol{P_{HV}}(\boldsymbol{Et}-\mathbf{1})} \tag{18}$$

$V_{x,PAJ}$ – intenzitet za manevar x [PAJ/h]

v_x – intenzitet za manevar x [voz/h]

P_{HV} – postotak teških vozila

$f_{x,HV}$ – faktor prilagodbe za teška vozila

E_T – koeficijent ekvivalentnih jedinica vozila

6.2.2. Konfliktni tokovi

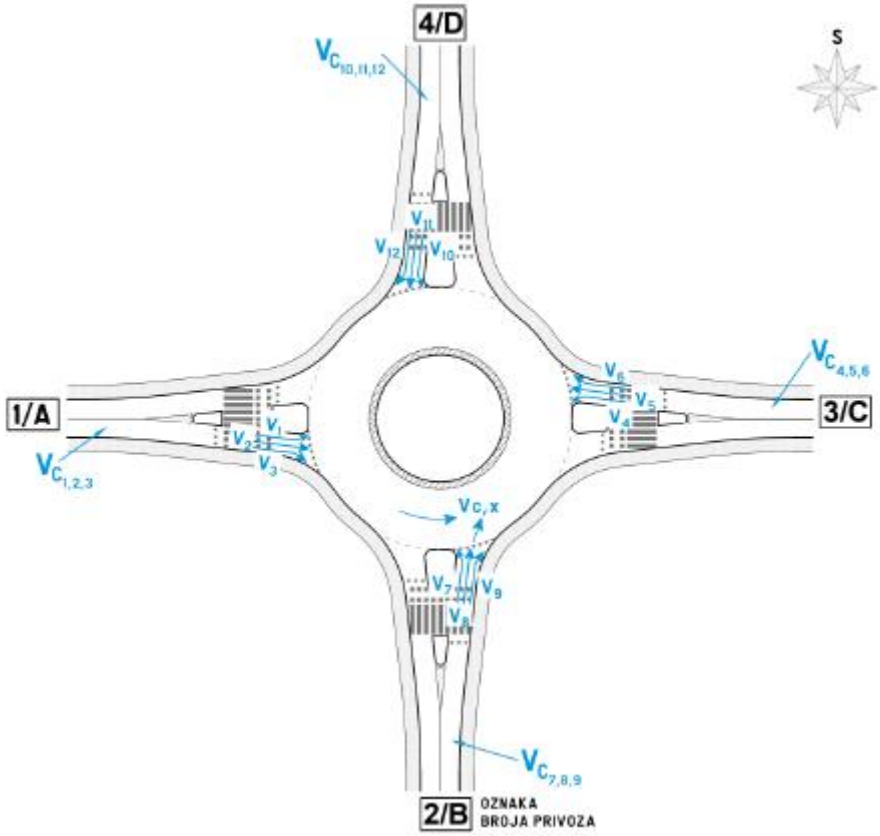
Konfliktni tok je zbroj prometnih opterećenja tokova koji su u međusobnom konfliktu [15]. Prema [15] Računaju se na sljedeći način (19):

$$\begin{aligned} V_{c,1,PAJ} &= V_{4,PAJ} + V_{10,PAJ} + V_{11,PAJ} \\ V_{c,2,PAJ} &= V_{1,PAJ} + V_{2,PAJ} + V_{10,PAJ} \\ V_{c,3,PAJ} &= V_{1,PAJ} + V_{7,PAJ} + V_{8,PAJ} \\ V_{c,4,PAJ} &= V_{4,PAJ} + V_{5,PAJ} + V_{7,PAJ} \end{aligned} \tag{19}$$

$V_{x,PAJ}$ – intenzitet za manevar x [PAJ/h]

$V_{c,PAJ}$ – konfliktni tok za pojedini manevar[PAJ/h]

Oznake privoza kao i pripadajuća raspodjela prometnih tokova prema HCM metodi, prikazana je na slici 39.



Slika 39. Oznake privoza i pripadajuća raspodjela prometnih tokova prema HCM metodi, [15]

6.2.3. Propusna moć ulaznog dijela privoza

Raskrižje kružnog toka, vozači često koriste kao priliku za polukružno okretanje. Sukladno tome, moguće polukružne tokove treba shvatiti kao konflikte. Prema [15] propusna moć svakog ulaznog dijela privoza ovisi o pripadajućem konfliktnom toku, a računa se na sljedeći način (20):

$$\mathbf{C_u = 1130 * e^{(-1*10^{-3})*V_{c,x}}} \tag{20}$$

C_u – propusna moć ulaza privoza [PAJ/h]

$V_{c,x}$ – konfliktni prometni tok za pojedini privoz [PAJ/h]

6.2.4. Intenzitet ulaza u vozilima po satu

Prema [15] intenzitet ulaza u vozilima po satu potrebno je pretvoriti u zavisnosti o faktoru prilagodbe za teška vozila. Računa se prema sljedećem izrazu (21):

$$\mathbf{V} = \boldsymbol{Q_{PAJ}} * \mathbf{f_{HVe}} \tag{21}$$

$V -$ stvarni intenzitet pojedinog manevra [voz/h]

f_{HVe} – faktor prilagodbe teških vozila za pojedini privoz

$Q_{PAJ} -$ intenzitet ulaza privoza [PAJ/h]

6.2.5. Stvarni (realni) kapacitet ulaza

Prema [15] stvarni (realni) kapacitet ulaza računa se prema sljedećem izrazu (22):

$$\mathbf{C_u} = \mathbf{C_{u,PAJ}} * \mathbf{f_{HVx}} * \mathbf{f_{pj}} \tag{22}$$

$C_u -$ kapacitet ulaza [voz/h]

$C_{u,PAJ} -$ kapacitet ulaza [PAJ/h]

$f_{HVx} -$ faktor prilagodbe teških vozila za pojedini privoz

$f_{pj} -$ faktor prilagodbe za kapacitet ulaza privoza (u radu uzeta vrijednost 1)

6.2.6. Stupanj zasićenja

Prema [15] stupanj zasićenja predstavlja usporedbu između potražnje i propusne moći ulaza. Prema HCM 2010, zadovoljavajući stupanj zasićena predstavljaju vrijednosti od 0,85 do 0,90.Vrijednosti iznad 0,9 predstavljaju zagušenje na privozima. Računa se prema sljedećem izrazu (23):

$$\boldsymbol{X} = \frac{\boldsymbol{v_x}[\boldsymbol{voz/h}]}{\boldsymbol{C_u}[\boldsymbol{voz/h}]} \tag{23}$$

$X -$ stupanj zasićenja pojedinih privoza

$C_u -$ kapacitet ulaza [voz/h]

$V_x -$ stvarni intenzitet pojedinog manevra x [voz/h]

6.2.7. Vrijeme kašnjenja

Prema [15] vrijeme kašnjenja je parametar koji se koristi za mjerenje učinkovitosti kružnih i klasičnih raskrižja. To je vrijeme koje vozač utroši na usporenje vozila do zaustavljanja iza posljednjeg vozila u repu čekanja, vrijeme provedeno u repu čekanja itd. Računa se prema sljedećem izrazu (24):

$$\mathbf{d_x = \frac{3600}{C_u} + 900 * T * \left[X - 1 + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_u}\right) * X}{450 * T}}\right] + (5 * X)\ [s/vozilu]} \qquad (24)$$

$d_x -$ prosječno vrijeme kašnjanja manevra [s/voz]

$x -$ stupanj zasićenja pojedinog privoza

$C_u -$ kapacitet ulaza [voz/h]

$T -$ vremenski period (za 15 min $T = 0{,}25$)

6.2.8. Prosječno vrijeme kašnjenja raskrižja s kružnim tokom prometa

Prema [15] kod ovog parametra potrebno je obratiti pozornost na intenzitete vozila koja ulaze u kružni tok. Stupanja zasićenja ne bi trebao prelaziti vrijednosti 1,0 jer vrijeme kašnjenja raste eksponencijalno u pogledu većih zakašnjenja. Računa se prema sljedećem izrazu (25):

$$\boldsymbol{d_{RKT} = \frac{d_A * V_A + d_B * V_B + d_C * V_C + d_D * V_D}{V_A + V_B + V_C + V_D}} \qquad (25)$$

$d_{RKT} -$ prosječno vrijeme kašnjanja raskrižja s kružnim tokom prometa [s/voz]

$d_{A_D} -$ prosječno vrijeme kašnjanja privoza [s/voz]

$V_{A_D} -$ volumen prometa promatranoga privoza [voz/h]

6.2.9. Duljina repa čekanja

Prema [15] duljina repa čekanja je parametar oblikovnosti raskrižja s kružnim tokom prometa u pogledu geometrijskih veličina privoza. Prilikom projektiranja, potrebno je pripaziti na to da se u 95% slučajeva ne prijeđe duljina nakupljanja vozila pred ulazom u kružni tok. Stupanj zasićenja ne smije biti iznad 1,0 te pri projektiranju treba osigurati potrebnu duljinu nakupljanja vozila. Jednadžba za 95%-tno nakupljanje, računa se prema sljedećem izrazu (26):

$$\boldsymbol{Q_{95} \approx 900 * T\left[X - 1 + \sqrt{(1-X)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_u}\right)*X}{150*T}}\right] * \frac{C_u}{3600}\ [voz]} \qquad (26)$$

$Q_{95} -$ 95% duljina repa čekanja [voz]

$X -$ *s*tupanj zasićenja pojedinog privoza

$C_u -$ *k*apacitet ulaza [voz/h]

$T -$ *v*remenski period (0,25)

6.3. Prikaz evaluacijskih parametara

<u>Tomislavova ulica - Ulica Dragutina Golika</u>

Detaljnom analizom postojećeg stanja, utvrđeno je kako je predmetno raskrižje prikladno za izgradnju raskrižja kružnog toka. Izgradnjom kružnog toka uvelike bi se smirio promet na glavnom pravcu na ulazu u kružno raskrižje. Smirivanjem prometa, odnosno smanjivanjem brzine znatno se povećava sigurnost sudionika u prometu. Osim toga, raskrižje kružnog toka ima manji broj konfliktnih točaka u odnosu na klasično raskrižje te bi se povećala protočnost vozila sa sporednog pravca. Također, razina usluge je kod raskrižja s kružnim tokom znatno poboljšan jer su sva tri privoza podjednako opterećeni.

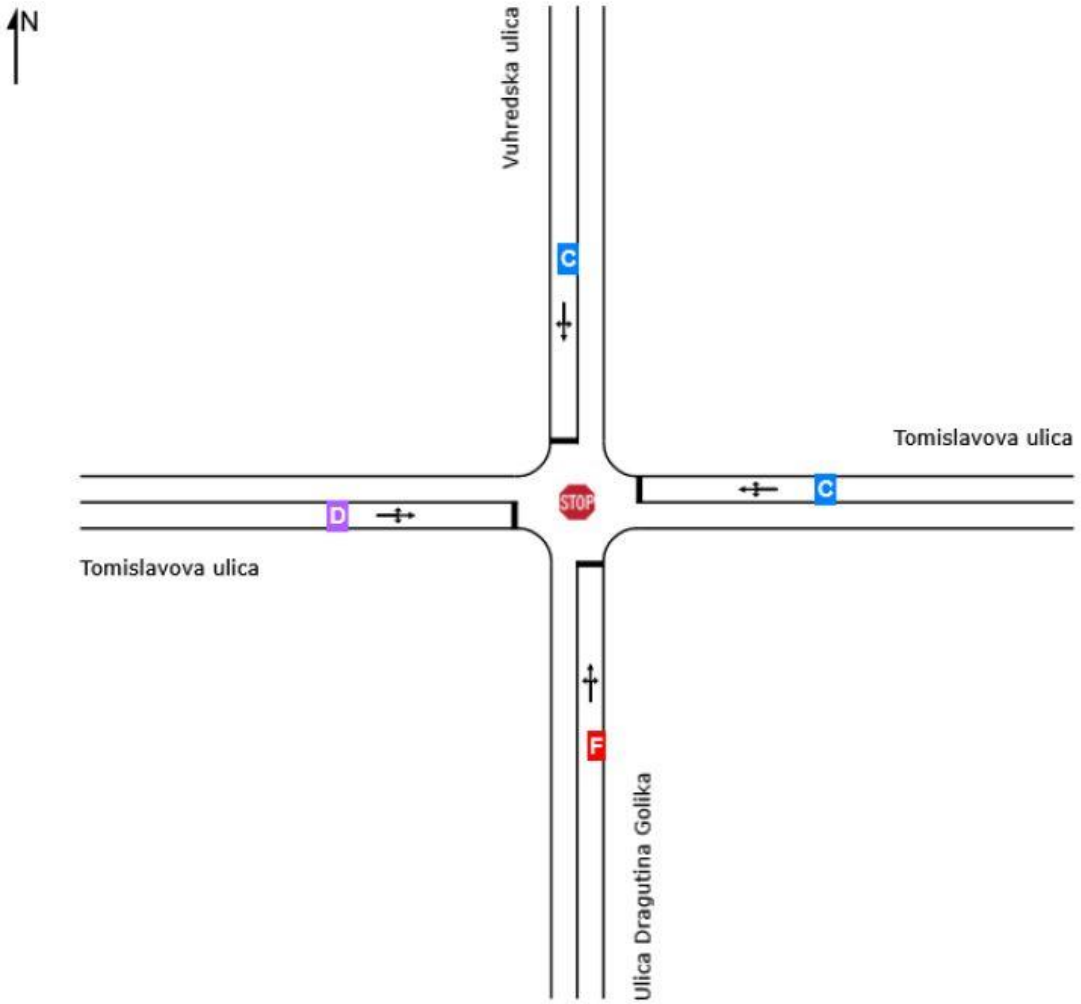
Razina usluge je kvalitativna mjera koja se sastoji od niza elemenata, kao što su: brzina vožnje, vrijeme putovanja, prekidi u prometu, sloboda manevriranja, sigurnost vožnje, udobnost vožnje i troškovi eksploatacije vozila.

Prema HCM-u postoji šest razina usluge [7]:

1. Razina usluge A – uvjeti slobodnog prometnog toka s velikim brzinama, malom gustoćom i punom slobodom manevriranja
2. Razina usluge B – uvjeti slobodnog prometnog toka, s brzinama koje su sam djelomično ograničene gustoćom prometa
3. Razina usluge C – stanje stabilnog prometnog toka s ograničenim brzinama i ograničenom mogućnošću manevriranja
4. Razina usluge D – stanje stabilnog prometnog toka koje se približuje nestabilnom toku, velike gustoće s bitno ograničenim brzinama i malom mogućnošću manevriranja

5. Razina usluge E – stanje nestabilnog toka s vožnjom u nizu gdje je gustoća bliska zagušenju, a protok jednak propusnoj moći, pa su mogući povremeni zastoji
6. Razina usluge F – usiljeni – prisilni prometni tok s brzinama koje su manje od kritičnih brzina. Gustoća je veća od kritične, a protok je u rasponu od nule do vrijednosti koja je manja od propusne moći.

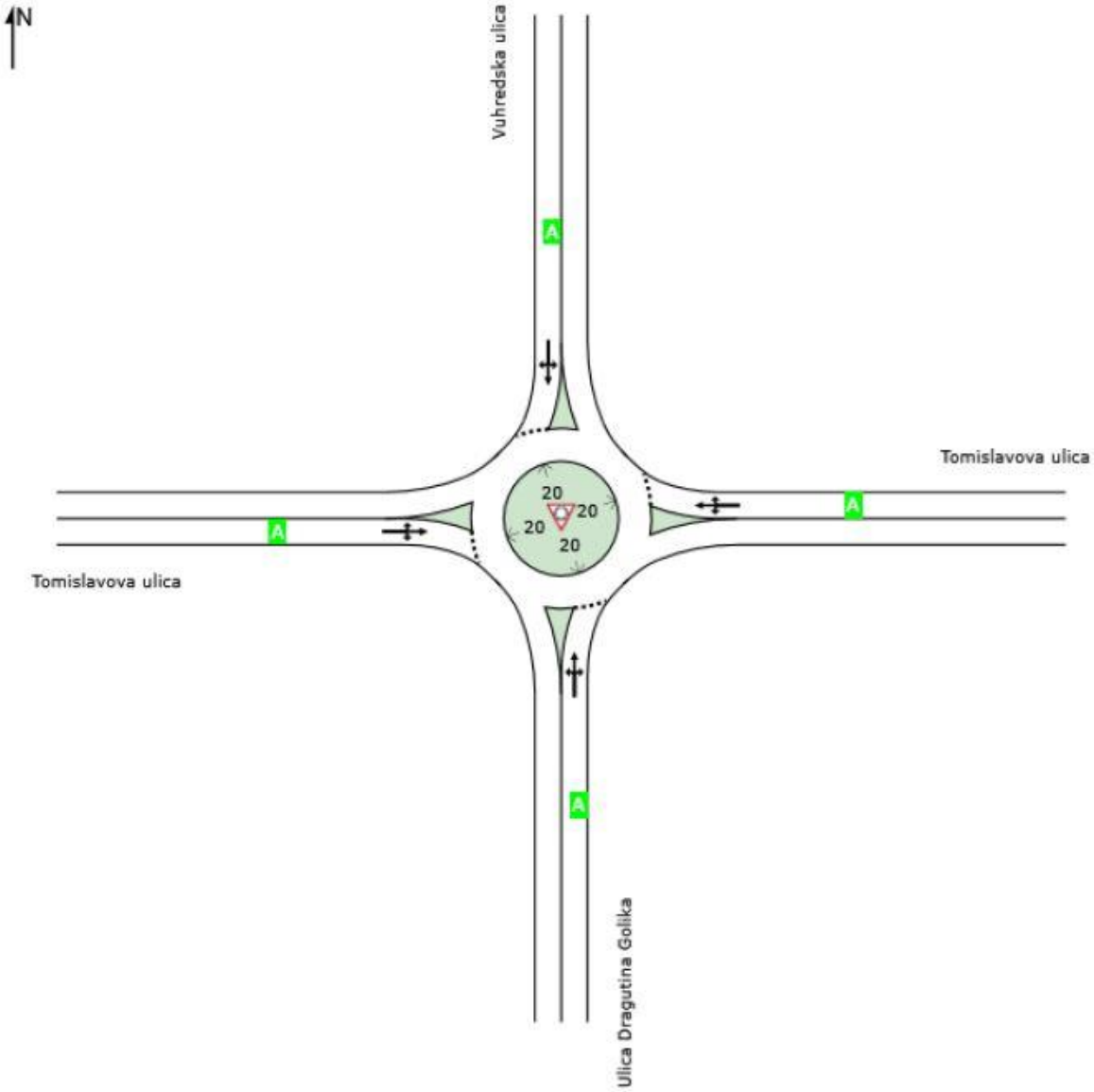
Analiza propusne moći raskrižja provedena je u programu „*Sidra Intercestion 8*“. Program se temelji na američkom priručniku Highway Capacity Manual. Za ulazne podatke korištene su vrijednosti iz jutarnjeg vršnog sata od 7:00 do 8:00 sati. Iz slike 40 vidljivo je kako je razina usluge na sjevernom i jugoistočnom raskrižju C dok je razina usluge na sjeverozapadnom privozu D. Kao što je već napisano, vozila sa južnog privoza se teško uključuju na glavni privoz. Navedenu tvrdnju potvrđuje i razina usluge F.



Slika 40. Prikaz razine usluge postojećeg stanja

Izvor: izradio autor

Na slici 41 prikazana je razina usluge na projektiranom raskrižju s kružnim tokom. Naime, razina usluge se znatno povećala na svim privozima. Takav rezultat je očekivan, obzirom da je prometno opterećenje na svim privozima podjednako.



Slika 41. Prikaz razine usluge projektiranog stanja

Izvor: izradio autor

Ulica Dragutina Golika – Klanječka ulica

Obzirom da se glavnina prometa odvija u smjeru sjever – jug te da na sporednim privozima promet nije intenzivan rješenje pomoću kružnog toka ili semaforizacije nije razmatrano. Dakle, sigurnost prometa povećat će se na maksimum pomoću horizontalne i vertikalne prometne signalizacije. Takvo rješenje je financijski puno isplativije od građevinskog oblikovanja.

Loša preglednost na sporednom privozu zbog postojećih objekata uvelike ugrožava sigurnost vozača. Postavljanjem vanjskog prometnog ogledala, vozačima će osigurati preglednost vozila s kojim su u konfliktu.

Postavljanjem uzdignutih ploha, vozila će biti primorana usporiti u zoni raskrižja što će uvelike olakšati uključivanje vozila sa sporednog privoza na glavni te povećati sigurnost pješaka koji se kreću u zoni raskrižja.

S obzirom na to da se u neposrednoj blizini raskrižja nalazi škola smješteno je autobusno ugibalište/stajalište. Sigurnost djece koja prelaze kolnik nakon ulaska/izlaska u/iz autobusa povećana je na najviši nivo izvođenjem pješačkog prijelaza na uzdignutoj plohi.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirana su dva susjedna raskrižja koja s nalaze u gradskoj četvrti Trešnjevka – sjever u naselju Voltino. Radi se o dva trokraka raskrižja gdje se promet regulira horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Kako bi se dobili kvalitetni podaci o predmetnim raskrižjima provedena je detaljna analiza postojećeg stanja prometa i infrastrukture.

Metodologija koja je korištena za prikupljanje podataka o prometnim tokovima na raskrižju je metoda brojanja prometa. Provodila se u jutarnjim i poslijepodnevnim vršnim satima. Nakon provedene analize utvrđeno je kako je na raskrižju Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika glavni pravac vrlo opterećen no, niti sporedni privoz nije puno manje opterećen. Na raskrižju Ul. Dragutina Golika – Klanječka ulica najviše je opterećen glavni pravac dok je na sporednom privozu značajno manji intenzitet prometa.

Prilikom obilaska raskrižja te razgovora s lokalnim stanovništvom na predmetnim raskrižjima utvrđeni su sljedeći nedostatci: upitna sigurnost sudionika u prometu, prometne nesreće s ozlijeđenim i materijalnom štetom, nepropisni prelasci pješaka i biciklista, loša preglednost zbog neodržavanja raslinja i postojećih objekata, razvijanje velikih brzina zbog ceste u pravcu, neodržavanje prometnica i sl.

S obzirom na uočenu problematiku, na raskrižju Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika predlaže se izgradnja mini kružnog raskrižja s prevoznim središnjim otokom. Takva rješenja često se primjenjuju u izgrađenim urbanim sredinama. Prednosti takvih raskrižja su smanjenje brzina, odnosno smirivanje prometa, veća protočnost vozila sa sporednog privoza, povećanje sigurnosti sudionika u prometu te manji troškovi izvedbe u odnosu na druga raskrižja s kružnim tokom. Na raskrižju Ul. Dragutina Golika – Tomislavova ulica predlaže se uvođenje određenih mjera za smirivanje prometa. Jedna od bitnijih mjera je izvedba uzdignutih ploha u blizini predmetnog raskrižja. Na jednoj od ploha, predviđena je izvedba pješačkog prijelaza. Na prilasku raskrižju, predviđena je izvedba horizontalne i vertikalne prometne signalizacije. Osim toga, predviđeno je i postavljanje prometnih ogledala. Navedene mjere, dovest će do prisilnog smanjenja brzina koje se često razvijaju na predmetnom raskrižju zbog toga što se cesta nalazi u pravcu. Time će se povećati sigurnost sudionika u prometu kao i djece iz škole koja pješački prijelaz u zoni raskrižja često koriste kako bi došli do autobusnog ugibališta/stajališta. Manje brzine smanjit će i broj prometnih nesreća kao i posljedice, ako se nesreća dogodi. Prometna ogledala, olakšat će uključivanje vozila sa sporednih privoza.

Evaluacija predloženih rješenja pokazala je kako su predložena rješenja znatno poboljšala odvijanje prometa na predmetnim raskrižjima te eliminirala određene nedostatke.

LITERATURA

1. https://www.zagreb.hr/en/osnovni-podaci/13906, pristupljeno 22. kolovoza 2020.
2. https://mapiranjetresnjevke.com/kvartovi/voltino/, pristupljeno 23. kolovoza 2020.
3. http://het.hr/gis-karta/, pristupljeno 29. kolovoza 2020.
4. https://www.google.com/maps, pristupljeno 29. kolovoza 2020.
5. Šoštarić, M., Nastavni materijali iz kolegija Prometno tehnološko projektiranje, akademska godina 2017/2018.
6. Zelenika, R.: Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela, 2000. Sigurnost cestovnog I gradskog prometa, Luburić
7. Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1- radni materijal za predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2010.
8. Legac, I.: Cestovne prometnice I – javne ceste, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2006.
9. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2014.
10. Legac, I., Pilko, H., Banović, I.: Neka iskustva s uvođenjem kružnih raskrižja u Hrvatskoj/Požegi, Zavod za znanstveni i umjetnički rad u Požegi, 2012.
11. Omazić, I., Dimter, S., Barišić I.: Kružna raskrižja – suvremeni način rješavanja prometa u gradovima, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2010.
12. http://www.ss-tehnicka-prometna-st.skole.hr/upload/ss-tehnicka-prometna-st/images/static3/1495/File/signalizacija_i_ oprema_za_smirivanje_prometa.pdf, pristupljeno 24. listopada 2020.
13. https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-ceste/smirivanje-prometa/, pristupljeno 24. listopada 2020.
14. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, NN 92/2019
15. Hozjan, D., Novačko, L.: Cestovne prometnice 2 (interna skripta za izradu seminarskog rada), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.

POPIS SLIKA

Slika 1. Položaj gradske četvrti Trešnjevka – sjever 7
Slika 2. Makroskopski prikaz predmetnih raskrižja 8
Slika 3. Prikaz povezanosti Ilice, Zagrebačke Avenije i predmetnih raskrižja 9
Slika 4. Mikroskopski prikaz predmetnih raskrižja 10
Slika 5. Raskrižje Tomislavova ulica – Ulica Dragutina Golika 11
Slika 6. Fotodokumentacija postojećeg stanja - sjeverozapadni privoz (Tomislavova ulica).. 12
Slika 7. Fotodokumentacija postojećeg stanja - jugoistočni privoz (Tomislavova ulica)..... 13
Slika 8. Fotodokumentacija postojećeg stanja - južni privoz (Ulica Dragutina Golika)..... 14
Slika 9. Raskrižje ul. Dragutina Golika i Klanječka ulica 15
Slika 10. Fotodokumentacija postojećeg stanja - sjeverni privoz (Ulica Dragutina Golika)... 16
Slika 11. Fotodokumentacija postojećeg stanja - južni privoz (Ulica Dragutina Golika)..... 16
Slika 12. Fotodokumentacija postojećeg stanja - istočni privoz (Klanječka ulica)..... 17
Slika 13. Prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica - Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 7:00 do 8:00 sati 18
Slika 14. Prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica - Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 8:00 do 9:00 sati 19
Slika 15. Prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica - Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 15:00 do 16:00 sati 19
Slika 16. Prometno opterećenje na raskrižju Tomislavova ulica - Ul. Dragutina Golika u vremenskom periodu od 16:00 do 17:00 sati 20
Slika 17. Prometno opterećenje na raskrižju Ul. Dragutina Golika - Klanječka ulica u vremenskom periodu od 7:00 do 8:00 sati 21
Slika 18. Prometno opterećenje na raskrižju Ul. Dragutina Golika - Klanječka ulica u vremenskom periodu od 8:00 do 9:00 sati 22
Slika 19. Prometno opterećenje na raskrižju Ul. Dragutina Golika - Klanječka ulica u vremenskom periodu od 15:00 do 16:00 sati 23
Slika 20. Prometno opterećenje na raskrižju Ul. Dragutina Golika - Klanječka ulica u vremenskom periodu od 16:00 do 17:00 sati 24
Slika 21. Preglednost na južnom privozu, Ulica Dragutina Golika 25
Slika 22. Deformacije na kolniku 26
Slika 23. Prikaz preglednosti na istočnom privozu (Klanječka ulica) 26
Slika 24. Zaustavna preglednost na sporednom privozu 27
Slika 25. Polje preglednosti kod približavanja 28
Slika 26. Privozna preglednost 28
Slika 27. Položaj Ulice Dragutina Golika 29
Slika 28. Osnovni elementi raskrižja s kružnim tokom 30
Slika 29. Idejno rješenje nove regulacije prometa na raskrižju Tomislavova ulica – Ul. Dragutina Golika – izvadak 31
Slika 30. Skica prolaska osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje .. 32
Slika 31. Vožnja u mini kružnim raskrižjima 33
Slika 32. Ispitivanje i provjera trajektorija kretanja vozila – sjeverozapadni privoz 34
Slika 33. Ispitivanje i provjera trajektorija kretanja vozila – jugoistočni privoz 35
Slika 34. Ispitivanje i provjera trajektorija kretanja vozila – južni privoz 36
Slika 35. Konfliktne točke i najčešći tipovi prometnih nesreća 38

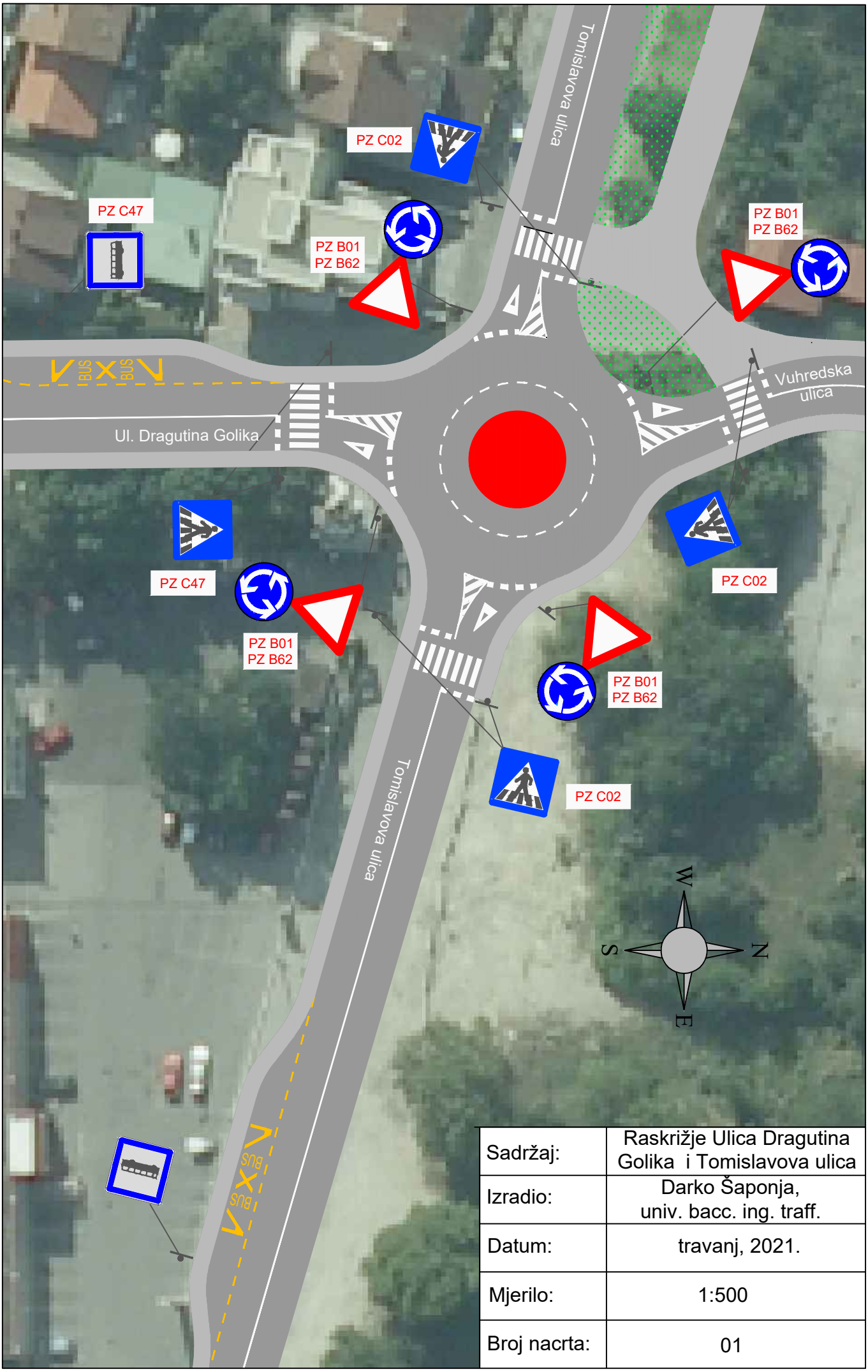
Slika 36. Lokacija uzdignutih ploha 39
Slika 37. Parametri za proračun raskrižja 41
Slika 38. Prometni tokovi na trokrakom raskrižju 42
Slika 39. Oznake privoza i pripadajuća raspodjela prometnih tokova prema HCM metodi 50
Slika 40. Prikaz razine usluge postojećeg stanja 54
Slika 41. Prikaz razine usluge projektiranog stanja 55

POPIS TABLICA

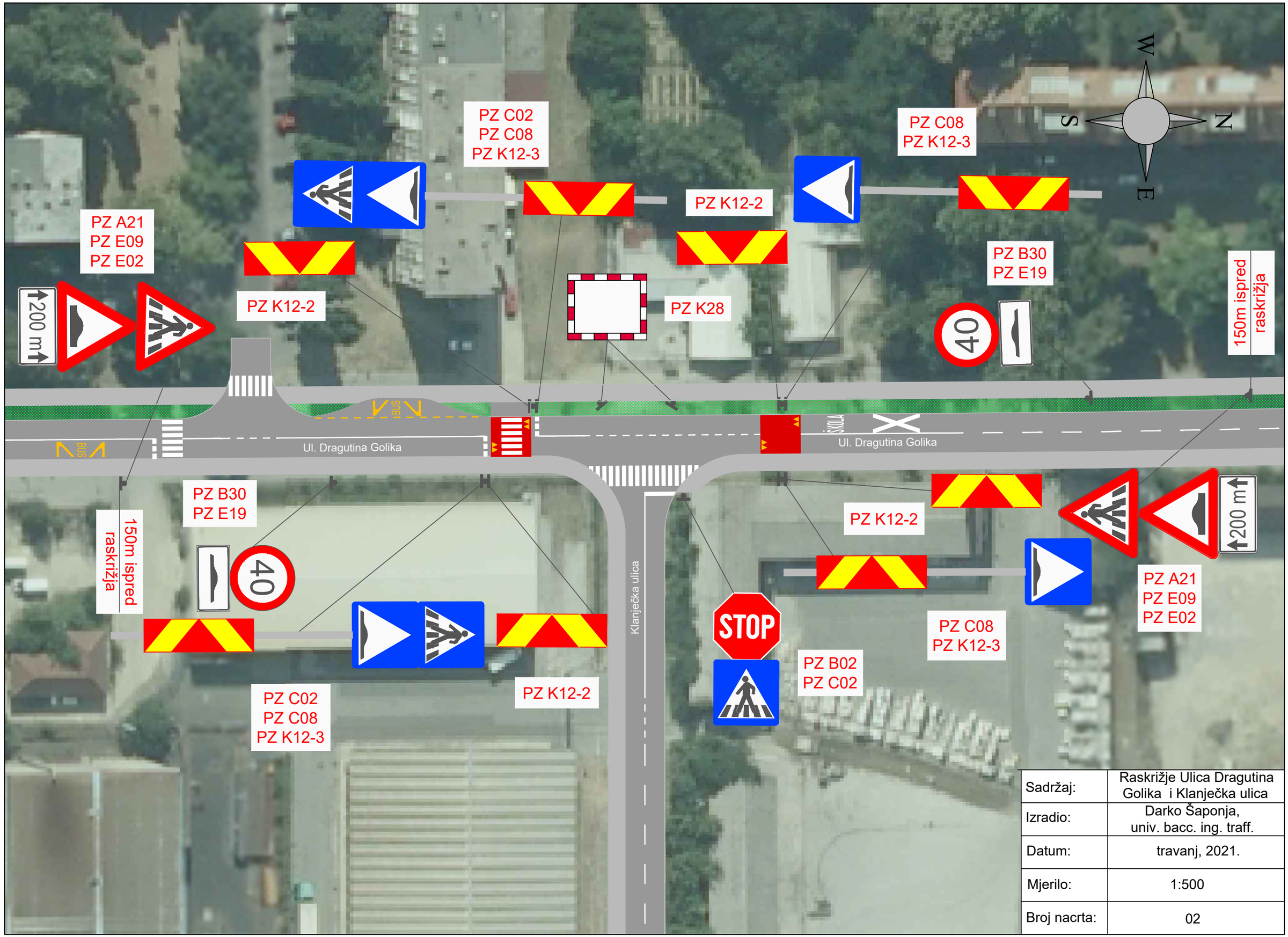
Tablica 1. Bazne kritične vremenske praznine i vrijeme slijeđenja u ovisnosti o manevru u raskrižju 43
Tablica 2. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja 48

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Raskrižje Ul. Dragutina Golika i Tomislavova ulica……..……..01
Prilog 2. Raskrižje Ul. Dragutina Golika i Klanječka ulica…….….02



Sadržaj:	Raskrižje Ulica Dragutina Golika i Tomislavova ulica
Izradio:	Darko Šaponja, univ. bacc. ing. traff.
Datum:	travanj, 2021.
Mjerilo:	1:500
Broj nacrta:	01



Sadržaj:	Raskrižje Ulica Dragutina Golika i Klanječka ulica
Izradio:	Darko Šaponja, univ. bacc. ing. traff.
Datum:	travanj, 2021.
Mjerilo:	1:500
Broj nacrta:	02

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **IDEJNO RJEŠENJE NOVE REGULACIJE PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJIMA U VOLTINOM NASELJU U ZAGREBU.** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 6.9.2021

Student/ica:

(potpis)