

Optimiziranje prometnog povezivanja stare jezgre grada Čapljine s magistralnim putem M17

Dragičević, Bruno

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:119:579955>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-22**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

BRUNO DRAGIĆEVIĆ

OPTIMIZIRANJE PROMETNOG POVEZIVANJA STARE JEZGRE GRADA
ČAPLJINE S MAGISTRALNIM PUTOM M17

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

OPTIMIZIRANJE PROMETNOG POVEZIVANJA STARE JEZGRE GRADA
ČAPLJINE S MAGISTRALNIM PUTOM M17

TRAFFIC CONNECTION OPTIMISATION BETWEEN ČAPLJINA'S OLD
TOWN AND M17 STATE ROAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan

Student: Bruno Dragičević

JMBAG:0135241408

Zagreb, rujan 2020.

Zagreb, 1. travnja 2020.

Zavod: Zavod za cestovni promet
Predmet: Cestovne prometnice II

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5962

Pristupnik: Bruno Dragičević (0135241408)
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: Optimiziranje prometnog povezivanja stare jezgre grada Čapljine s
 magistralnim putem M17

Opis zadatka:

U diplomskom radu treba analizirati postojeće stanje prometnica sa stajališta sigurnosti i protočnosti prometa, te na kritičnim dijelovima mreže predložiti idejna rješenja optimizacije. Varijantna rješenja treba vrednovati sa stajališta razine usluge i sigurnosti prometa, a odabrano rješenje provjeriti korištenjem mjerodavnih simulacijskih alata.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Izv. prof. dr. sc. Dubravka Hožjan

OPTIMIZIRANJE PROMETNOG POVEZIVANJA STARE JEZGRE GRADA ČAPLJINE S MAGISTRALNIM PUTOM M17

SAŽETAK:

U diplomskom radu napravljena je optimizacija prometnog povezivanja grada Čapljine s magistralnim putom M17 zbog uočenih problema, na raskrižju Ulica Braće Radić, Zrinsko Frankopanske i Gojka Šuška te raskrižju Stolačke ceste i magistralnog puta M17, vezanih za sigurnost i protočnost prometa. Obavljena je detaljna analiza oblikovnih i tehničkih elemenata, opreme raskrižja, strukture prometa i određeno vršno prometno opterećenje, te na temelju toga predloženo je nekoliko varijantnih rješenja za analizirana raskrižja kako bi se povećala prvenstveno sigurnost ali i protočnost prometa. U radu je grafički prikazano postojeće stanje uz predložena varijantna rješenja uporabom programskih alata AutoCad i Sidra Intersection, te su provedene simulacije prometnih tokova u programskom alatu PTV Vissim. Vrednovanje predloženih varijantnih rješenja je odrađeno pomoću višekriterijske analize AHP metodom. Cilj i svrha diplomskog rada je doprinijeti smanjenju broja i težine posljedica prometnih nesreća uz optimizaciju prometa s prijedlogom idejnog rješenja na analiziranom području.

KLJUČNE RIJEČI

optimizacija, sigurnost prometa, protočnost prometa, idejno rješenje

TRAFFIC CONNECTION OPTIMISATION BETWEEN ČAPLJINA'S OLD TOWN AND M17 STATE ROAD

SUMMARY

In this graduate thesis, optimisation of traffic connection between the town of Čapljina and M17 state road, was optimized due to the observed problems, at the intersection of Braće Radić, Zrinsko Frankopanska and Gojka Šuška streets and intersection from Stolačka cesta and M17 state road, related to traffic safety and flow. A detailed analysis of design technical elements, intersection equipment, traffic structure and a certain peak traffic load was performed and based on that several variant solutions for the analysed intersection were proposed in order

to increase primarily safety but also traffic flow. This graduate thesis graphically present the current situation with proposed variant solutions using the software tools AutoCad and Sidra Intersection, and simulations of traffic flows in the software tool PTV Vissim. The evaluation of the proposed variant solutions was performed using multicriteria analysis by the AHP method. The goal and purpose of thesis is to contribute to reducing the number and severity of the consequences of traffic accidents with traffic optimization and proposal for a conceptual solution in the analysed area.

KEY WORDS

optimization, traffic safety, traffic flow, conceptual solution

Sadržaj:

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | UVOD | 1 |
| 2. | ANALIZA PROMETNO-TEHNIČKIH ZNAČAJKI PROMARNIH PROMETNICA U PODRUČJU OBUHVATA..... | 4 |
| 2.1. | Područje obuhvata | 4 |
| 2.2. | Struktura prometa | 7 |
| 2.3. | Metode brojanja prometa..... | 8 |
| 2.4. | Vrijeme brojanja i uređaji za brojanje | 9 |
| 2.5. | Pa-jedinice | 10 |
| 2.6. | Prometno opterećenje promatrane zone | 10 |
| 2.6.1. | Analiza raskrižja Ulice Braće Radić s Ulicom Zrinsko Frankopanskom i Ulicom Gojka Šuška (raskrižje 1) | 11 |
| 2.6.2. | Analiza raskrižja Stolačke ceste i magistralnog puta M17 (raskrižje 2) | 14 |
| 3. | POSTOJEĆE STANJE I BUDUĆI ZAHTJEVI PROMETA | 19 |
| 3.1. | Ciljevi i svrha prostornog planiranja | 19 |
| 3.2. | Prostorno-prometno planiranje | 20 |
| 3.3. | Razina usluge..... | 20 |
| 3.4. | Postojeće stanje zone obuhvata | 22 |
| 3.4.1. | Analiza postojećeg stanja Ulice Braće Radić, Ulice Zrinsko Frankopanske i Ulice Gojka Šuška..... | 22 |
| 3.4.2. | Analiza postojećeg stanja raskrižja Stolačke ceste i magistralnog puta M17 | 24 |
| 4. | PRIJEDLOZI OPTIMIZACIJE PROMETNIH TOKOVA U PODRUČJU OBUHVATA | 26 |
| 4.1. | Raskrižje s kružnim tokom prometa na sjecištu Ulice Braće Radić, Ulice Zrinsko Frankopanske i Ulice Gojka Šuška (raskrižje 1)..... | 26 |
| 4.2. | Semaforizirano raskrižje na sjecištu Stolačke ceste i magistralnog puta M17 (raskrižje 2) | 27 |
| 4.3. | Raskrižje s kružnim tokom prometa na sjecištu Stolačke ceste i magistralnog puta M17 (raskrižje 2.2)..... | 29 |
| 5. | VREDNOVANJE PREDLOŽENIH VARIJANTNIH RJEŠENJA..... | 31 |
| 5.1. | Višekriterijska analiza (višeatributno odlučivanje) | 31 |
| 5.1.1. | Metode višekriterijske analize..... | 32 |
| 5.1.2. | AHP metoda | 33 |
| 5.1.3. | AHP analiza osjetljivosti | 35 |
| 5.2. | Expert Choice | 35 |
| 6. | PROVJERA ODABRANOG RJEŠENJA KORIŠTENJEM MJERODAVNIH SIMULACIJSKIH ALATA | 38 |

| | | |
|--------|--|----|
| 6.1. | Provjera odabranog rješenja korištenjem simulacijskih alata za raskrižje 1 | 39 |
| 6.2. | Provjera odabranog rješenja korištenjem simulacijskih alata za raskrižje 2 | 40 |
| 6.2.1. | Varijantno rješenje 2.1-semaforizirano raskrižje | 41 |
| 6.2.2. | Varijantno rješenje 2.2-raskrižje s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje) ... | 45 |
| 7. | ZAKLJUČAK | 47 |
| | LITERATURA..... | 49 |
| | POPIS SLIKA | 50 |
| | POPIS TABLICA..... | 51 |
| | POPIS GRAFIKONA | 52 |
| | POPIS PRILOGA..... | 53 |

1. UVOD

Grad Čapljina smješten je na samom jugu Bosne i Hercegovine, u dolini rijeke Neretve. Kroz Čapljinu prolaze važni magistralni putovi i željeznički put koji spaja Jadransko more s Hercegovinom i dalje prema Europi. Grad, na četiri rijeke, zahvaljujući svom zemljopisnom položaju nalazi se na važnom raskrižju putova. U Čapljini se križaju dva regionalna, dva magistralna puta, željeznica te autocesta na Paneuropskom koridoru Vc izgrađena na dionici do Čapljine, koja se u budućnosti treba povezati s Budimpeštom preko Sarajeva i Hrvatske.

Kvaliteta prometne infrastrukture grada Čapljine je značajna zbog velikog prometa koji prolazi kroz sam grad pravicima sjever-jug i istok-zapad. Željezničkom prugom Ploče-Sarajevo se odvija prijevoz putnika i tereta. Ona omogućava prijevoz sirovina kako iz Bosne i Hercegovine tako i iz sjeverne i srednje Europe prema Jadranu te morskim putovima dalje u svijet i obratno. [1]

Sigurnost, optimizacija i kvaliteta cestovne infrastrukture u Čapljini je bitna zbog stalnog porasta prometa, a posebno za vrijeme turističke sezone, budući da predstavlja turističku postaju na putu prema Jadranskom moru. U blizini se nalaze i mnoge turističke atrakcije kao što su: Mostar, Blagaj, Počitelj; Park prirode Hutovo blato, rimska utvrda Villa Rustica, vodopad Kravice, pećina Vjetrenica i najposjećenije odredište vjerskog turizma Međugorje. Blizina aerodroma u Mostaru, Dubrovniku, Splitu i Sarajevu uvelike povećava tranzitni promet kroz Čapljinu. Analizirana, kritična raskrižja je potrebno rekonstruirati da u budućnosti zbog povećanja prometa ne dolazi do smanjenja razine usluge, te da bi se promet u tranzitu mogao nesmetano i sigurno odvijati.

Razvoj i održavanje cestovne infrastrukture je značajno za razvoj grada i budućih turističkih potencijala, ali i zbog mogućnosti izgradnje Jadransko-jonske autoceste koja bi se povezivala s ogrankom Paneuropskog koridora Vc u Počitelju. Izgradnjom autoceste u blizini grada značajno je povećan promet kroz samo središte, te je potrebno poduzeti odgovarajuće mjere kako bi se povećala protočnost i sigurnost odvijanja prometnih tokova. Diplomskim radom će se predložiti rješenja optimiziranja i povećanja sigurnosti na kritičnim raskrižjima u zoni obuhvata. Uočeni problemi sigurnosti prometa u području stare jezgre grada Čapljine, te potkapacitiranost postojeće poveznice na prometnicu M17 zahtijevaju odgovarajuća rješenja.

Svrha istraživanja je analizirati postojeće stanje prometnica sa stajališta sigurnosti i protočnosti prometa, te na kritičnim dijelovima mreže predložiti idejna rješenja optimizacije. Cilj istraživanja je odabrati idejno rješenje koje najbolje udovoljava zahtjevima prometne potražnje i odgovarajuće kvalitete odvijanja prometa. Glavni problem kritičnih raskrižja je smanjena sigurnost prometovanja zbog nepotpune i neispravne horizontalne i vertikalne signalizacije. S tehničke strane izvedba raskrižja je jako loša, gdje polumjeri skretanja nisu izvedeni u skladu sa zakonskim regulativama. U radu će se predložiti varijantna rješenja na razmatranom području koja će se preispitati sa stajališta razine usluge i sigurnosti prometa. U konačnici će se predložiti rješenje koje najbolje odgovara zahtjevima prometa.

Prostornim planom grada Čapljine predviđa se širenje grada prema jugu, što u budućnosti donosi izgradnju stambenih zgrada i prometnica koje ih povezuju na cestovnu mrežu. Sve navedeno automatski uzrokuje i povećanje broja automobila i opterećenje postojećih prometnica, a posebno Mosta dr. Franje Tuđmana koji se nalazi u južnom dijelu grada. Optimizacija analizirane zone obuhvata uvelike bi pridonijela rasterećenju prometa preko Mosta dr. Franje Tuđmana i povećanju razine usluge na cijeloj cestovnoj mreži grada.

Rad je prikazan u 7 poglavlja, a to su:

1. Uvod
2. Analiza prometno-tehničkih značajki primarnih prometnica u području obuhvata
3. Postojeće stanje i budući zahtjevi prometa
4. Prijedlozi optimizacije prometnih tokova u području obuhvata
5. Vrednovanje predloženih varijantnih rješenja
6. Provjera odabranog rješenja korištenjem mjerodavnih simulacijskih alata
7. Zaključak

Nakon uvodnog dijela u drugom poglavlju analizirano je područje obuhvata te prometno-tehničke značajke primarnih prometnica u zoni obuhvata. Analizirani su podatci o brojanju prometa i prometnim nesrećama te su navedene i opisane konfliktne točke unutar raskrižja. Opisan je prometni položaj navedenog raskrižja te su analizirani infrastrukturni elementi. Detaljno su opisane metode brojanja prometa, te su iskazani podatci o količini prometa u putničkim auto jedinicama (Pa). Grafički su prikazana opterećenja svakog pojedinog privoza na kritičnim raskrižjima.

U trećem poglavlju navedeni su osnovni tipovi raskrižja u razini i njihove značajke te je analizirano postojeće stanje promatranih raskrižja. Opisani su elementi sigurnosti koji moraju biti zadovoljeni kako bi se promet odvijao sigurno i učinkovito na raskrižjima te su navedeni oblikovni elementi raskrižja u razini. Detaljno je analizirano postojeće stanje infrastrukture i budući zahtjevi prometa, te je opisana razina usluge od najbolje ka najlošijoj.

Četvrtim poglavljem su predstavljene prijedlozi poboljšanja prometnih tokova odnosno promatranih raskrižja sa stajališta sigurnosti i povećanja propusne moći. Sva varijantna rješenja izrađena u programskom alatu AutoCad-u su prikazana sa svim oblikovnim elementima, vertikalnom i horizontalnom signalizacijom, te odgovarajućim veličinama. Vrednovanje predloženih varijantnih rješenja izneseno je u petom poglavlju na temelju kriterija: sigurnost (konfliktne točke i težina nastalih prometnih nesreća), ekonomski (trošak izgradnje i održavanja), ekološki (razina buke i emisija štetnih plinova) i prometno-tehnički (prosječno vrijeme putovanja, prosječna brzina kretanja i duljina repa čekanja). Opisane su metode višekriterijske analize vrednovanja projekata, a detaljno je opisana AHP metoda.

U šestom poglavlju prikazana je provjera odabranog rješenja korištenjem mjerodavnih simulacijskih alata kao što su: SIDRA INTERSECTION, VISSIM, EXPERT CHOICE. Svako pojedino varijantno rješenje donosi određena poboljšanja, koja su i komentirana u samom poglavlju.

2. ANALIZA PROMETNO-TEHNIČKIH ZNAČAJKI PROMARNIH PROMETNICA U PODRUČJU OBUHVATA

Raskrižja su točke u cestovnoj mreži kojima se povezuju dvije ili više cesta, a prometni tokovi se spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću. U području samog raskrižja prometni postupci i događanja znatno su složeniji od sličnih na otvorenim dijelovima trase, a zbog izrazitih promjena smjera kretanja vozila smanjuje se sigurnost prometa i propusna moć. Načini kretanja u području raskrižja određeni su prometno- oblikovnim parametrima: vrsti i tip raskrižja, način upravljanja prometom, oblik trasiranja i presjek prometnice, smjer i jačina prometnih tokova, brzina vozila u raskrižju, veličina preglednosti.

Uobičajena opća podjela raskrižja je podjela po razinama razdjeljivanja tokova, te kao takva dijele se na:

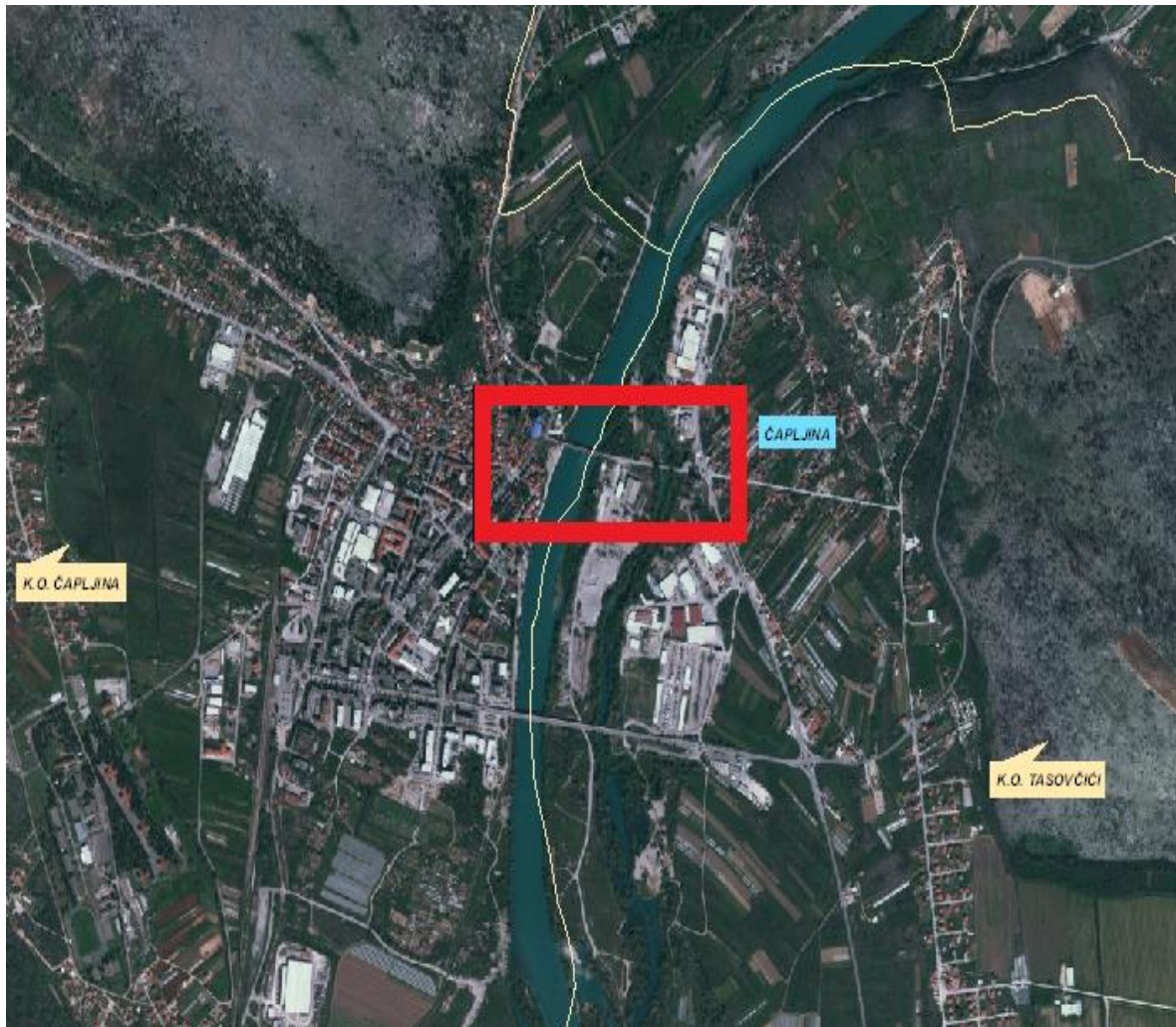
- raskrižja u razini (RUR),
- raskrižja izvan razine (RIR)
- kombinirana i posebna raskrižja. [2]

Analizirana su dva raskrižja u razini u području obuhvata, gdje je raskrižje 1 sjecište dviju lokalnih cesta, koje je mostom povezano s raskrižjem 2, ujedno sjecištem lokalne i državne ceste. Most koji povezuje promatrana raskrižja je dvosmjernan s mogućnošću prometovanja samo u jednom smjeru u određenom trenutku, gdje dolazi do izmjeničnog prometovanja različitih smjerova kretanja vozila.

2.1. Područje obuhvata

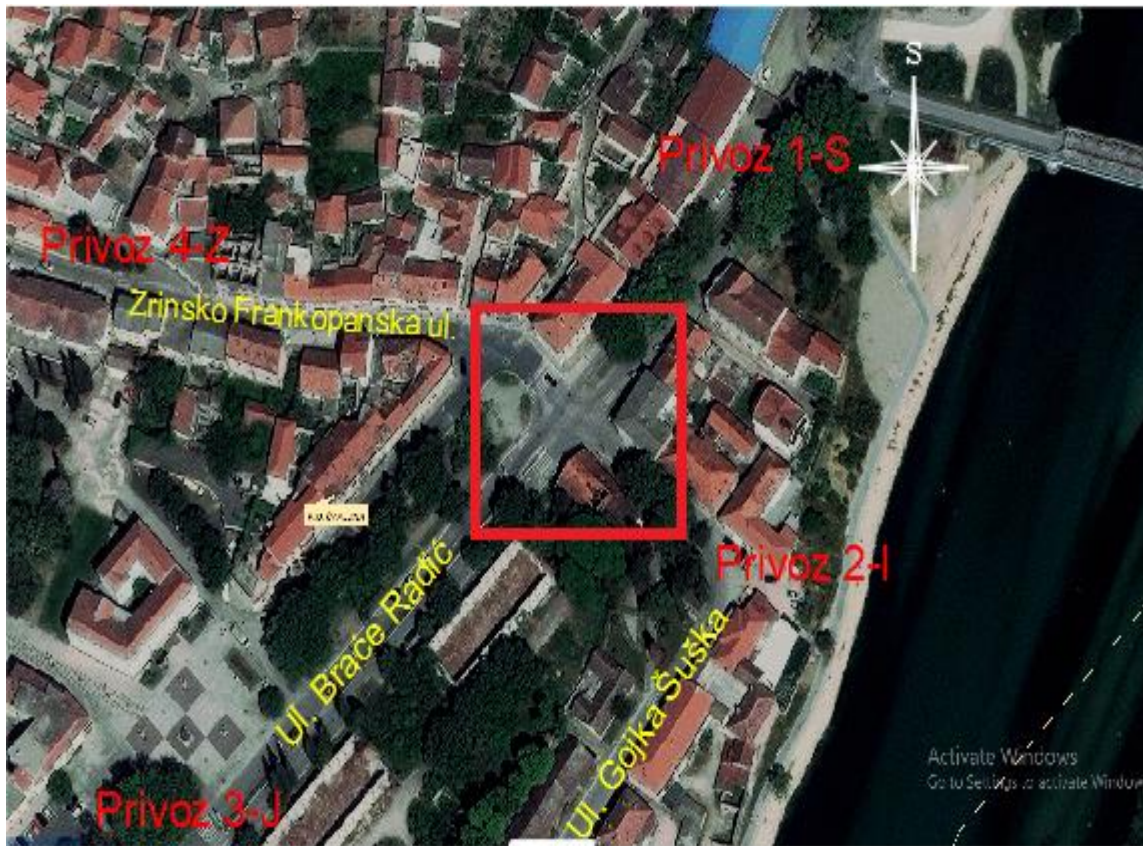
Raskrižja se nalaze u sjevernom djelu grada Čapljine, te je njihovim položajem i utjecajem određeno područje obuhvata vidljivo na slici 1. Grad ima odličan geografski položaj jer se nalazi na križanju mnogih bitnih prometnih putova, kako željezničkih tako i cestovnih. Nalazi se u blizini autoceste A1 i planiranog koridora Vc koji je ujedno i ogranak Paneuropskog koridora. Kroz Čapljinu je planirana izgradnja autoceste koja bi bila nastavak Jadransko-jonske autoceste prema Crnoj Gori ali i ogranka Vc prema Sarajevu, kroz Hrvatsku i dalje prema Budimpešti. Osim značajnih cestovnih prometnica kroz Čapljinu prolazi i željeznica koja

povezuje sjevernu i srednju Europu preko Hrvatske i Sarajeva s Jadranskim morem, a samim tim i s bitnim lučkim središtima diljem svijeta.



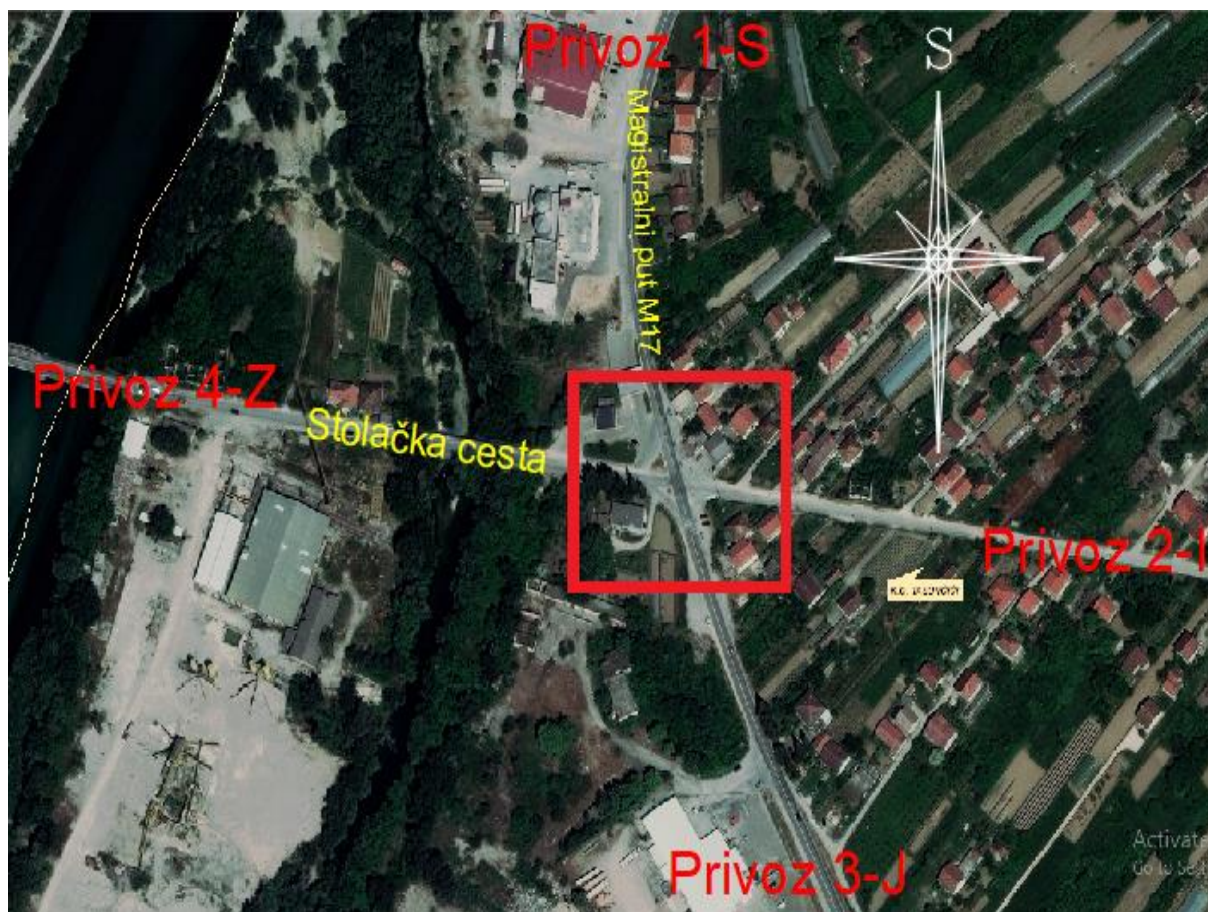
Slika 1. Prikaz makrolokacije

Postojeće stanje raskrižja 1 prikazano je na slici 2. Na sjeverni privoz raskrižja (privoz 1) se nadovezuje most koji vodi promet prema važnoj magistralnoj cesti M17 koja se proteže sjeverno u smjeru Sarajeva i južno prema Metkoviću. Južni privoz (privoz 3) čini Ulica braće Radić koja se proteže duž cijelog grada u smjeru sjever-jug i predstavlja žilu kucavicu samoga grada. Zapadni privoz (privoz 4) čini Ulica Zrinsko Frankopanska koja je jednosmjerna i povezuje promatrano raskrižje s centrom grada Čapljine. Istočni privoz (privoz 2) je Ulica Gojka Šuška koja se spaja s drugim mostom (Most dr. Franje Tuđmana) koji je također spojen na magistralni put M17 i predstavlja glavni ulaz u grad Čapljinu.



Slika 2. Prikaz mikrolokacije raskrižja 1

Raskrižje 2 prikazano je na slici 3, a predstavlja sjecište Stolačke ceste, koja se proteže od Starog mosta i magistralnog puta M17. Sjeverni privoz (privoz 1), dio magistralnog puta prema Mostaru i južni privoz (privoz 3), dio magistralnog puta ka Metkoviću čine glavni tranzitni put u gradu Čapljini, te omogućavaju prijevoz robe i putnika u znatnim količinama. Zapadni privoz (privoz 4) je ujedno i poveznica s raskrižjem 1, odnosno centrom grada Čapljine. Njegova povezanost s magistralnim putom je bitna zbog velikog broja dnevnih migracija upućenih prema Mostaru i Metkoviću kako zbog poslovnih, studentskih, školskih tako i gospodarskih obveza. Istočni privoz (privoz 2) je najmanje prometan jer povezuje okolna sela s gradom.



Slika 3. Prikaz mikrolokacije raskrižja 2

2.2. Struktura prometa

Brojanje prometa osnovica je za planiranje prometnica i reguliranje prometnih tokova. Njime se dobiva uvid u trenutno stanje prometa te podaci koji upućuju na potrebne rekonstrukcije, izgradnju novih prometnih pravaca ili na ostale mjere poboljšanja postojećeg i budućeg prometa. Pri ponovljenom brojanju u određenim vremenskim razmacima, koji se protežu na određeno dulje razdoblje, mogu se dobiti određene zavisnosti razvoja prometa. Vozila koja prometuju na raskrižju Ulica: Braće Radić, Zrinsko Frankopanske i Gojka Šuška su u najvećem postotku osobna vozila, dok je neznan broj motocikla i lakih teretnih vozila. Na raskrižju Stolačke ceste i magistralnog puta M17 prometuje 3% teških teretnih vozila, ostatak čine u najvećem broju osobna vozila, te mali broj lakih teretnih vozila i motocikla.

Brojanje prometa, odnosno prikupljanje podataka o prometu potrebno je radi:

- prometnog i urbanističkog planiranja
- planiranja perspektivne prometne mreže nekog većeg područja ili oblikovanja nekog prometnog čvora
- eventualne rekonstrukcije postojeće mreže i izgradnje prometnih pravaca. [3]

2.3. Metode brojanja prometa

U praksi se razlikuju dvije vrste brojenja:

- statičko brojanje, tj. brojanje u nekom presjeku
- dinamičko brojanje, tj. brojanje prometnog toka

Statičko brojanje

Pri statičkom brojenju broje se vozila koja u određenom vremenskom intervalu prođu kroz određeni presjek ceste. Statičko brojenje daje podatke o opterećenju ceste, a koristi se za dimenzioniranje prometnica i križanja. Prednost je statičkog brojenja u tomu što ne ometa promet.

Dinamičko brojanje

Tim se brojenjem utvrđuju jačina, smjer, i put prometnog strujanja. Glavna je zadaća dinamičkog brojenja utvrđivanje «izvora» i «cilja» pojedinih prometnih tokova.

Više je metoda brojenja:

- metoda običnog mjerenja na čvornim točkama
- metoda bilježenja registarskih oznaka vozila
- metoda obilježavanja listićima
- metoda ispitivanja
- metoda brojačkih značaka
- anketiranje kućanstva
- elektromehanička metoda po Pradelu

Metoda običnog mjerenja na čvornim točkama – služi za određivanje prometnih tokova bez obzira na udaljenost izvora i cilja tih tokova

Metoda obilježavanja listićima – vozač pri ulasku u grad naljepi listić na svoje vozilo. Listići su različitih boja s brojevima; tako se na primjer za prolazak bez zadržavanja dobiva crveni listić s bijelim brojem i sl. [3]

Anketiranje kućanstva – anketni list mora sadržavati ove podatke: zanimanje, dob, spol, broj vožnji, mjesto početka i završetka vožnje, prometno sredstvo, vrijeme početka i završetka vožnje, broj osoba u vozilu i sl.

Elektromehanička metoda po Pradelu – sastoji se u tomu da se prikupljeni podaci brojenja automatski prenose na shemu ulične mreže ili križanja. [3]

2.4. Vrijeme brojanja i uređaji za brojanje

Vrijeme brojanja ovisi o svrsi brojanja. Ako je osnovnim brojanjem određeno vrijeme vršnog opterećenja, može i kratkotrajno brojanje od pola do dva sata dati potrebne rezultate. Za dobivanje podataka o dnevnom opterećenju obično se uzima 16-satno vrijeme brojenja u dvije smjene, i to od 6:00 do 14:00 i od 14:00 do 22:00 sata. Da bi se dobio odnos između dnevnog i noćnog prometa, potrebno je provesti pojedinačna 24-satna brojanja. [5]

Ručno brojanje prometa ili putnika može se provesti s tri tipa različite opreme: - brojački listići, sat i štoperica - mehanički listić, zbirni listić, sat i štoperica - elektronički brojač.

Automatsko brojanje prometa i putnika od ručnog brojanja putnika razlikuje se prvenstveno u načinu izvođenja i uređajima koji se koriste za samo brojanje. Automatsko brojanje putnika ili APC zasniva se na elektroničkom sustavu u vozilu koji broji putnike prilikom ulaska ili izlaska. Takav sustav iziskuje ugradnju posebnih tehnologija kao što su senzori, specijalizirani električni brojači, brojila, kamere u vozilima javnog gradskog prijevoza JGP. Kod automatiziranog sustava broj putnika koji se ukrcavaju ili vrijeme brojanja ne utječe na pouzdanost. Štoviše, ručno brojanje putnika zahtijeva dodani unos i obradu podataka preko računala, dok automatizirano brojanje putnika kroz podatkovne datoteke i automatizirani proces dolazi u analizu softvera.

Prikupljeni i analizirani podaci na automatizirani način povećavaju razinu usluge i mogu se brže i preciznije obraditi u informacijskom sustavu. [4]

2.5. Pa-jedinice

U prometu sudjeluju i vozila koja u kretanju ili mirovanju zauzimaju različite prometne površine. Da bi se dobili jedinstveni podaci pri određivanju strukture prometa, uvedeni su koeficijenti kojima se množi svaka vrsta vozila, što je vidljivo u tablici 1. To su tzv. Pa – jedinice (jedinice putničkih automobila). Kao jedinica uzeto je osobno vozilo s koeficijentom 1. [5]

Tablica 1 Pa-jedinice

| Vrsta vozila | Pa-jedinice |
|------------------------------------|-------------|
| Bicikl | 0,3 |
| Moped | 0,3 |
| Motocikl | 0,5 |
| Osobni automobil | 1 |
| Teretno vozilo | 2 |
| Teretno vozilo s prikolicom | 3,0-4,0 |
| Tramvaj s jednom prikolicom | 2,5-3,0 |
| Autobus, trolejbus | 2 |
| Zaprežno vozilo | 2 |

Izvor: Luburić G. Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I., Radni materijali za predavanje: Fakultet prometnih znanosti; Zagreb, 2018.

2.6. Prometno opterećenje promatrane zone

Prikupljanje podataka je bitna stavka prometnog i urbanističkog planiranja, zbog planiranja buduće prometne mreže ili oblikovanja nekog čvorišta, zbog eventualne rekonstrukcije postojeće prometne mreže i izgradnje novih prometnih pravaca.[6]

2.6.1. Analiza raskrižja Ulice Braće Radić s Ulicom Zrinsko Frankopanskom i Ulicom Gojka Šuška (raskrižje 1)

Brojanjem prometa u vršnim satima na promatranom raskrižju zaključeno je da najveći broj vozila dolazi sa zapadnog provoza koji je ujedno i spoj triju jednosmjernih ulica. Zbog takve organizacije prometa i same izgradnje infrastrukture na promatranom području se nalazi „raskrižje u raskrižju“, što uvelike smanjuje sigurnost i propusnu moć. Tablicom 2 prikazani su rezultati brojanja prometa u jutarnjem i poslijepodnevnom vršnom satu na raskrižju 1, dana 27. svibnja 2020.g.

Tablica 2 Rezultati brojanja raskrižja 1

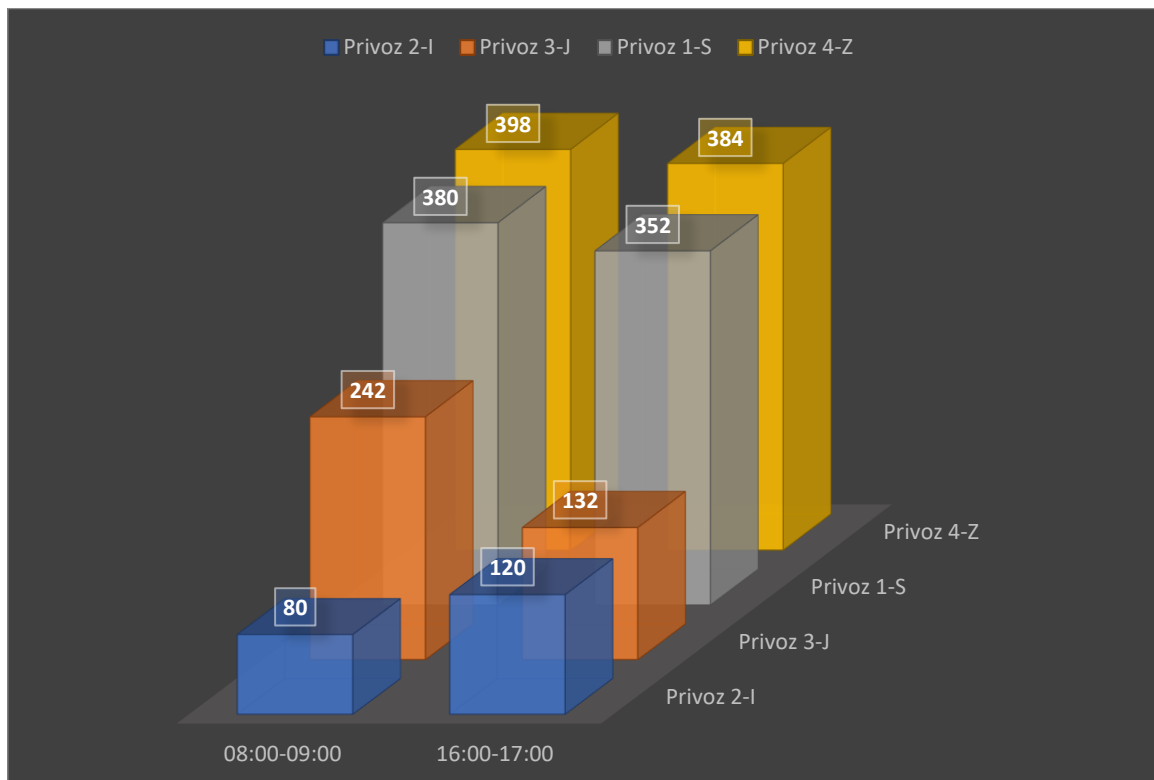
| SATNI INTERVAL | PRIVOZ 1 SJEVER | PRIVOZ 2 ISTOK | PRIVOZ 3 JUG | PRIVOZ 4 ZAPAD | UKUPNO |
|----------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|--------|
| 08:00-09:00 | 352 | 120 | 132 | 384 | 988 |
| 16:00-17:00 | 380 | 80 | 242 | 398 | 1100 |
| PROSIJEK | | | | | 1044 |



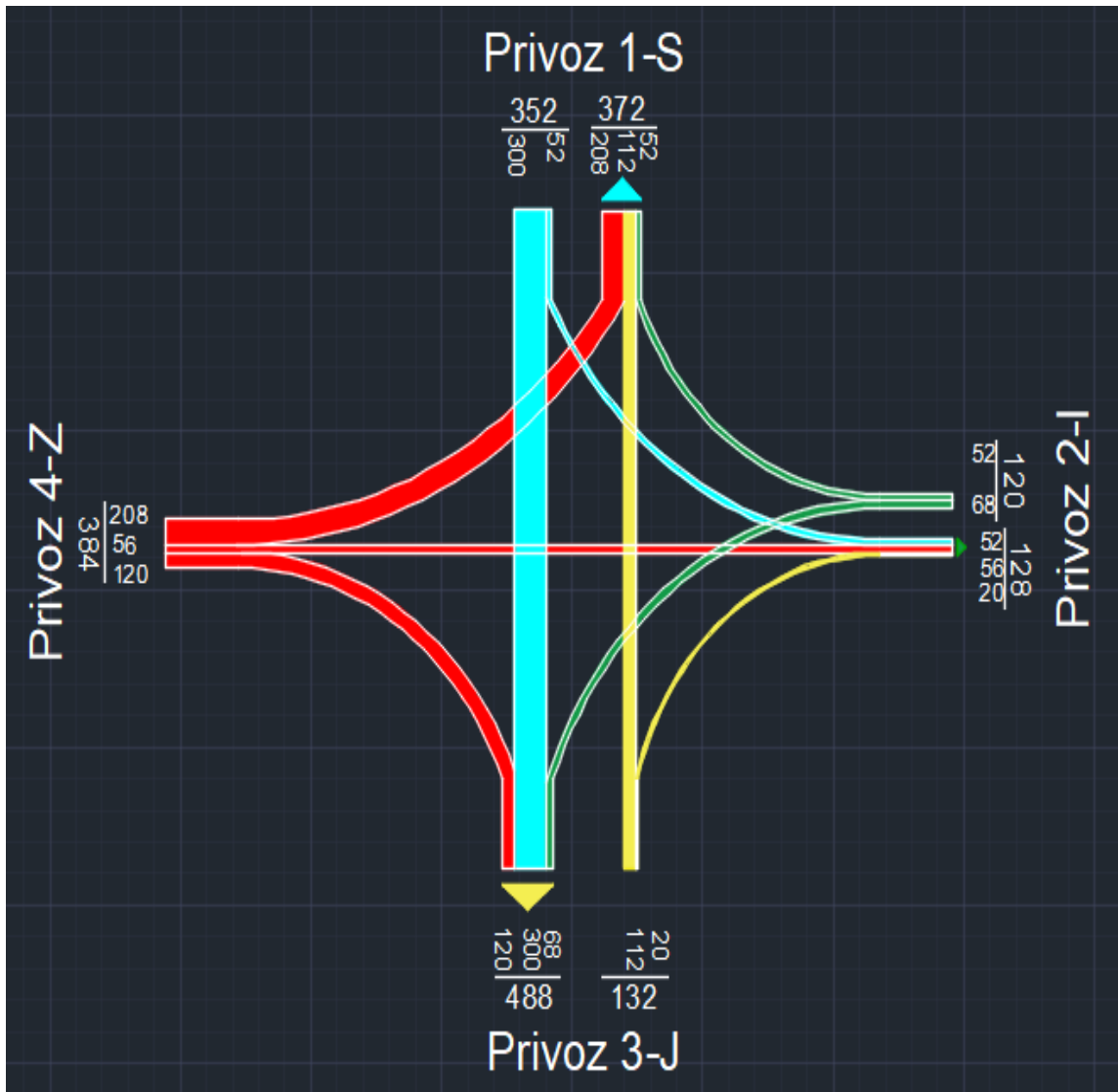
Slika 4. Prikaz raskrižja 1

U vršnim satima 70% vozila sa zapadnog privoza skreće desno te dolaze u konflikt s velikim brojem vozila sa sjevernog privoza koja idu ravno. Problem su i lijevi skretači sa zapadnog privoza koji te radnje vrše nepropisno zbog nedostatka horizontalne signalizacije i smanjene preglednosti.

Prema analizi sigurnosti može se primijetiti nedostatak horizontalne te vertikalne signalizacije kako na samom raskrižju tako i na priključnim ulicama što se može vidjeti na slici 4. Do učestalih prometnih nesreća dolazi zbog smanjene preglednosti koju uzrokuje nekoliko parkiranih mjesta duž samog kolnika. Velik broj nesreća promatranog raskrižja nastaje zbog velikog broja vozila sa zapadnog privoza koja obavljaju radnju skretanja desno te dolaze u konflikt s vozilima sa sjevernog privoza koja idu ravno. Zbog velikog polumjera skretanja omogućena je velika brzina vozila prilikom obavljanja navedenih radnji. Lijeви skretači sa zapadnog privoza zbog kuta većeg od 90° prilikom skretanja i smanjene preglednosti svoje radnje ne obavljaju propisno te dolaze u konflikt s vozačima koji idu ravno s istog privoza i vozačima koji idu ravno sa sjevernog i južnog privoza. Najveći problem promatranog raskrižja je ogroman broj konfliktnih točaka, smanjena preglednost i nedostatak prometne signalizacije na svakom privozu. Broj vozila sa svakog privoza u vršnim satima prikazan je na grafikonu 1.

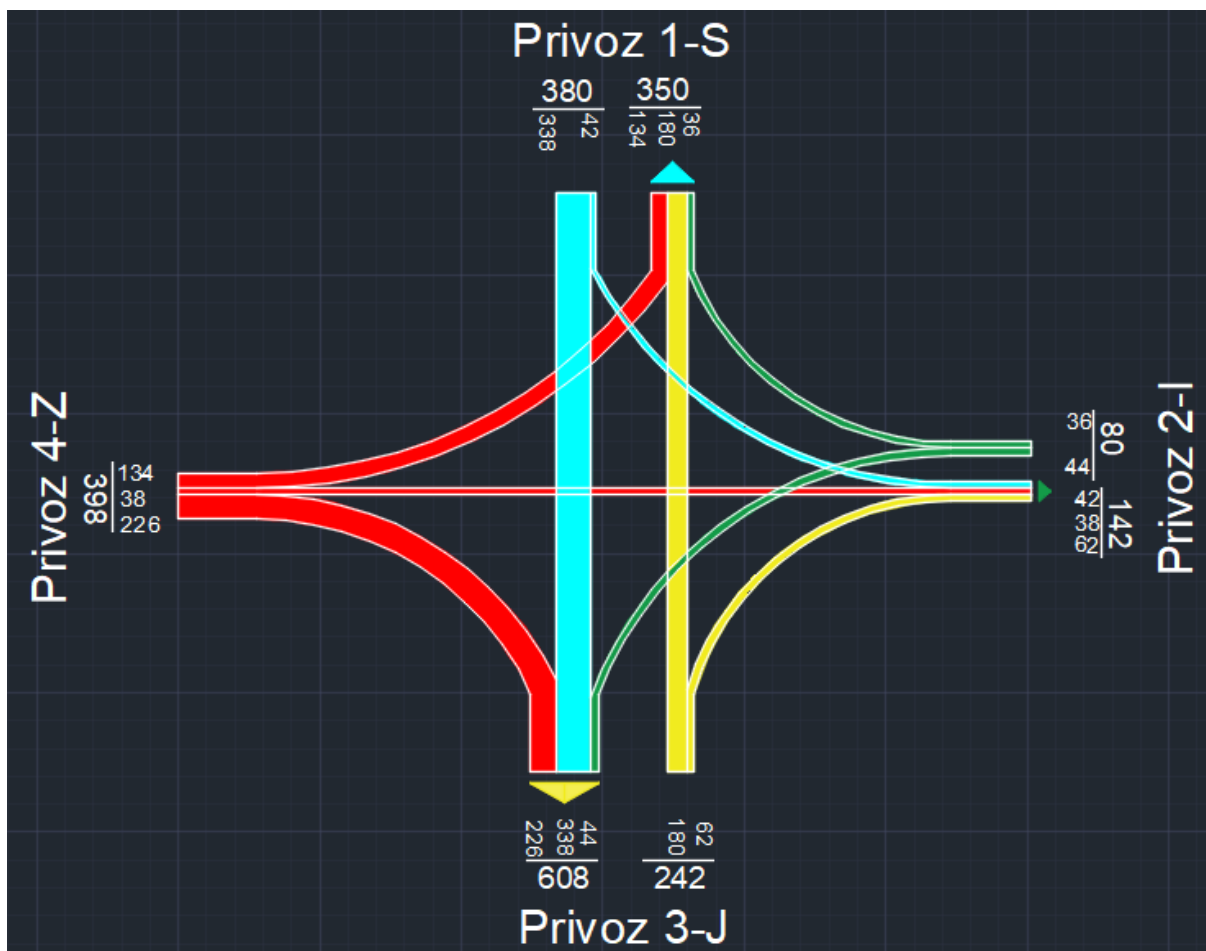


Grafikon 1 Prikaz rezultata brojanja prometa raskrižja 1 grafikonom



Slika 5. Opterećenje u jutarnjem vršnom satu

Na slikama 5. i 6. mogu se uočiti razlike u broju vozila ovisno o smjerovima kretanja u jutarnjem i poslijepodnevnom vršnom satu.



Slika 6. Opterećenje u poslijepodnevnom vršnom satu

2.6.2. Analiza raskrižja Stolačke ceste i magistralnog puta M17 (raskrižje 2)

Kao i na prethodnom tako i na raskrižju 2 brojanjem prometa uočeno je da su sjeverni, južni i zapadni privozi znatno intenzivniji u odnosu na istočne privoze. Raskrižjem 2 prolazi znatno veći postotak automobila, jer se radi o križanju magistralnog puta i lokalne ceste. Tablicom 3 prikazani su rezultati brojanja prometa u jutarnjem i poslijepodnevnom vršnom satu na raskrižju 2, dana 28. svibnja 2020.g.

Tablica 3 Prikaz rezultata brojanja prometa raskrižja 2

| SATNI INTERVAL | PRIVOZ 1 SJEVER | PRIVOZ 2 ISTOK | PRIVOZ 3 JUG | PRIVOZ 4 ZAPAD | UKUPNO |
|----------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|--------|
| 08:00-09:00 | 512 | 120 | 424 | 344 | 1400 |
| 16:00-17:00 | 566 | 62 | 472 | 258 | 1358 |
| PROSIJEK | | | | | 1379 |

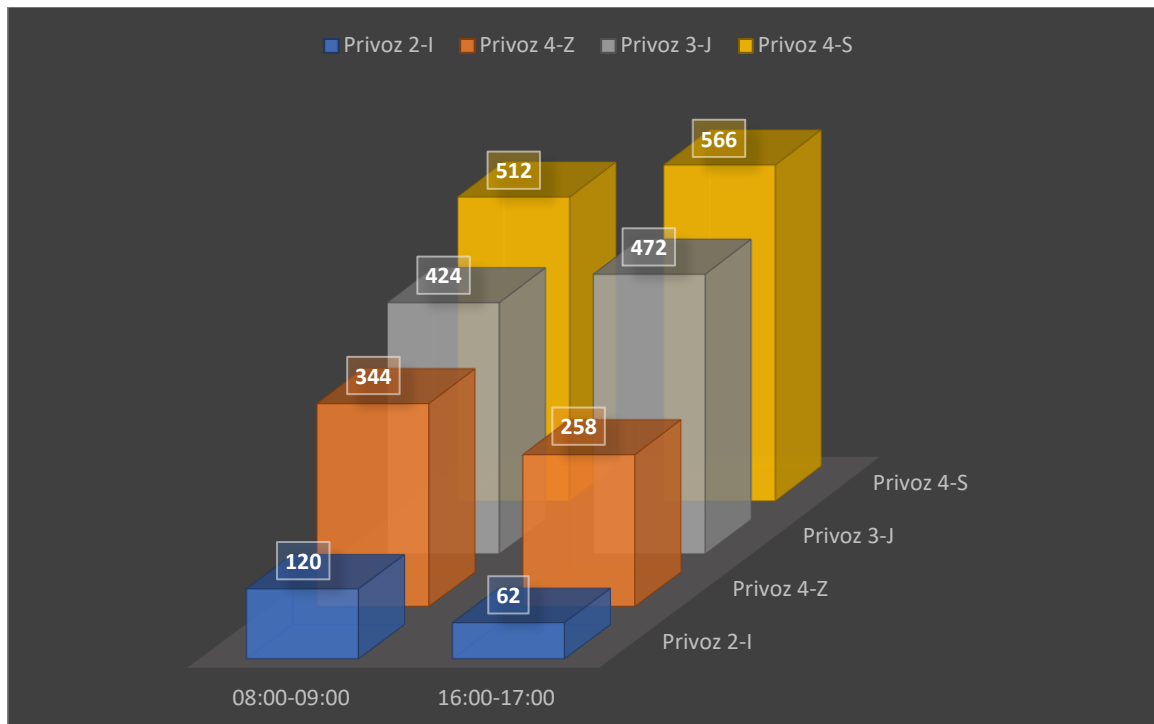


Slika 7. Prikaz raskrižja

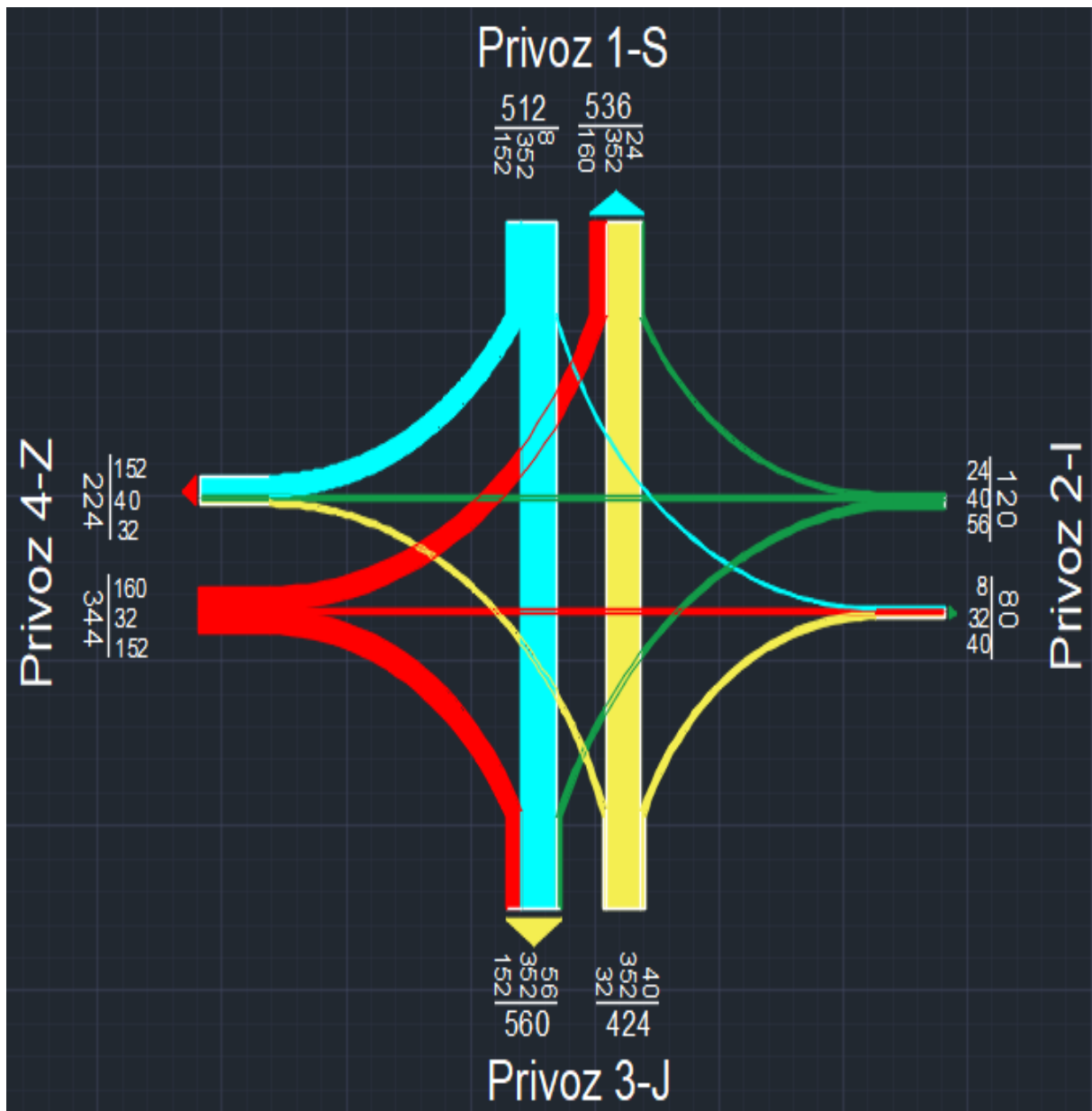
Primijećene su oscilacije u jutarnjim i poslijepodnevnim satima. U jutarnjem vršnom satu veći broj vozila dolazi sa zapadnog privoza nego u poslijepodnevnom vršnom satu i obavljaju radnju skretanja u lijevo prema sjevernom privozu, dok je obrnuta situacija na sjevernom privozu kad se promatraju desni skretači prema zapadnom privozu. Razlog takvim oscilacijama su dnevne migracije prema Mostaru, kako zbog poslovnih, školskih, administrativnih tako i zbog gospodarskih obveza.

Prema analizi sigurnosti može se primijetiti nedostatak horizontalne te vertikalne signalizacije kako na samom raskrižju tako i na priključnim ulicama što se može vidjeti na slici 7. Broj konfliktnih točaka je jako velik, točnije prema mjerodavnom alatu Vissimu promatrano raskrižje ima ih 75. Mogućnost razvijanja velikih brzina, kako na magistralnom putu tako i na priključnim cestama, uvelike smanjuje sigurnost prometa ali i mogućnost uključivanja vozila sa sporedne ceste. Sigurnost pješaka je izrazito ugrožena, a razlog tomu je nepostojanje nogostupa za pješake i iscrtanih pješačkih prijelaza niti na jednom privozu. Horizontalna signalizacija je slabo vidljiva i iscrtane su samo rubne i središnja razdjelna linija na magistralnom putu i rubne na sporednim cestama. Prometni otoci su nepravilno postavljeni i uvelike smanjuju sigurnost prilikom obavljanja radnji skretanja. Najveći problem promatranog raskrižja je pojava

„raskrižja u raskrižju“ s oskudnom vertikalnom signalizacijom što naposljetku dovodi do velikog broja prometnih nesreća ali i stvaranja repova čekanja na sporednim cestama. Broj vozila sa svakog privoza u vršnim satima prikazan je na grafikonu 2.

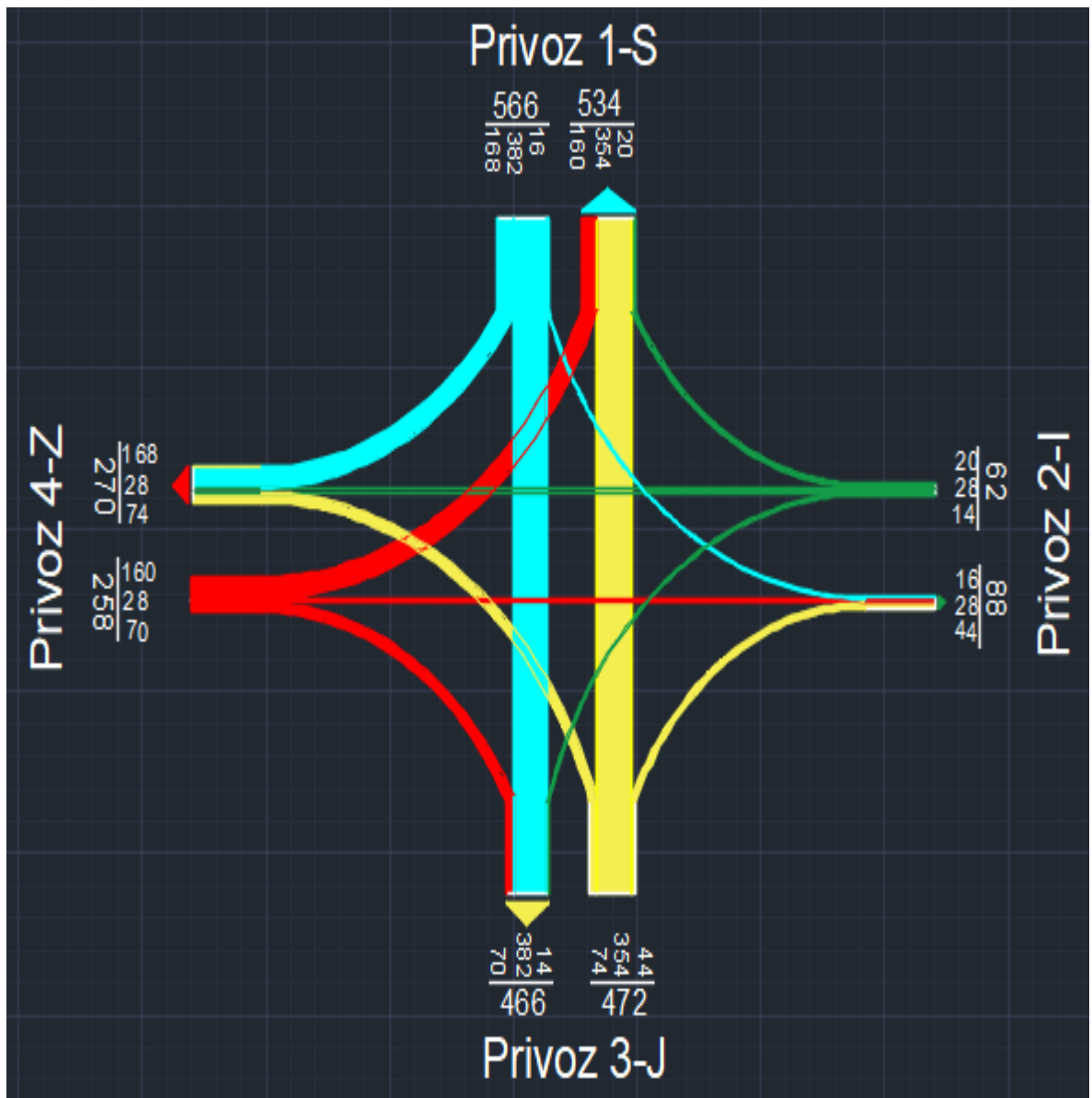


Grafikon 2 Prikaz rezultata brojanja prometa raskrižja 2 grafikonom



Slika 8. Opterećenje u jutarnjem vršnom satu

Prema slikama 8. i 9. vidljivo je da privoz 2 tj. istočni ima znatno manje opterećenje od ostalih. Razlika između jutarnjeg i poslijepodnevnog vršnog sata je što ujutro velik broj vozila dolazi s privoza 4 i obavlja radnju lijevog skretanja ka privozu 1, dok je u poslijepodnevnim satima situacija suprotna.



Slika 9. Opterećenje u poslijepodnevnom vršnom satu

3. POSTOJEĆE STANJE I BUDUĆI ZAHTJEVI PROMETA

Prostorno se planiranje razvilo iz urbanizma kad su urbanisti, početkom 20. stoljeća, uvidjeli da je nemoguće raditi generalni urbanistički plan većih gradova, a da se ne promotre problemi okolice grada, tj. regije koja ga okružuje. Do te spoznaje došlo se najprije u području demografskog rasta grada, a zatim i zbog fizičkih problema zauzimanja urbanih površina i prometa u širem pojasu oko grada, nakon sazrijevanja spoznaje da veći gradovi možda više utječu na fizionomiju i razvitak okolne regije nego ona na njih. Potreba planiranog uređivanja ukupnog prostora izazvana je njegovim intenzivnim korištenjem i spoznajom o tome. [7]

Prometno planiranje moguće je, osim podjele prema vremenskom obuhvatu planiranja (kratkoročno, srednjoročno i dugoročno), razlikovati prema razini planiranja, pa se u skladu s tim može govoriti o:

1) makroplaniranju prometa

a) sektorsko planiranje prometa, b) prostorno planiranje prometa

2) mikroplaniranju prometa

a) projektno planiranje prometa, b) planiranje prometa u privrednim organizacijama. [9]

3.1. Ciljevi i svrha prostornog planiranja

Prostorno planiranje nema svoje opće ciljeve, već su ciljevi društvene zajednice ujedno i njegovi opći i osnovni ciljevi. Poseban cilj prostornog planiranja je stvaranje funkcionalne, ekonomične, humane i estetske sredine, u kojoj će ljudi naći povoljne uvjete za rad i življenje. Osnovni zadatak prostornog planiranja je da omogući ostvarenje dugoročnih ciljeva koje jedno društvo sebi postavlja i da bude sredstvo za usmjeravanje razvoja tog društva. Sljedeći zadatak prostornog planiranja je usklađivanje suprotnosti i neujednačenosti razvoja da bi se lakše svladale i prevladale konfliktne situacije. Poremećaji u razvoju ne dešavaju se prema utvrđenim razmacima, već stalno nastaju, pa je zadatak prostornog planiranja da uspostavlja dinamičku ravnotežu i da ostvaruje funkcionalne interakcije elemenata i komponenata naselja i područja kao sustava u jednu cjelinu. Naselje i regija su nestabilni kao sustav jer se u njima ne može ostvariti optimalnost funkcioniranja samo po sebi, već se to ostvaruje pomoću prostornog planiranja i samo kada se stalno planira. [7]

3.2. Prostorno-prometno planiranje

Općenito se može reći kako bilo koja vrsta planiranja predstavlja donošenje odluka na temelju prikupljenih i analiziranih podataka. Tako se struktura bilo kojeg procesa društvenog planiranja, odnosno proces donošenja odluka može opisati s pet osnovnih koraka:

- definiranje ciljeva,
- utvrđivanje problema,
- izbor alternativnih rješenja,
- testiranje i vrednovanje alternativa te
- izbor optimalne varijante [8]

Prostorno-prometno planiranje obuhvaća planiranje prometnog sustava, a posebno prometne mreže unutar zadanog prostora i utvrđivanje interakcije između prijevozne potražnje i društveno-gospodarskih karakteristika zajednice. Planiranje se može vršiti za područja različite veličine i namjene, a općenito postupak prometnog planiranja obuhvaća faze analize i ocjene postojećeg stanja, određivanje ciljeva, projekcije potražnje za prijevozom, izrade mogućih rješenja te njihove procjene i izbora.

Razlika u primijenjenim postupcima je u načinu prikupljanja i obradi podataka, tehnikama predviđanja potražnje i načinu njezina podmirjenja. Od svih razvijenih modela prometnog planiranja, prostorno-prometno planiranje urbanih sredina predstavlja najstroženiji problem zbog gustoće življenja i mnogobrojnih gradskih aktivnosti. [8]

3.3. Razina usluge

Da bi se dobila odgovarajuća razina usluge potrebno je odrediti dopušteno prometno opterećenje koje je manje od propusne moći. Propusna moć ili kapacitet ceste je maksimalan broj vozila koji može proći u jedinici vremena kroz promatrani presjek cestovne prometnice. Poznavanjem propusne moći mogu se procijeniti nedostaci postojeće cestovne mreže i predložiti odgovarajuće izmjene. Služi kao osnovica za sve intervencije i zahvate na određenom dijelu ceste (proširenje kolnika, rekonstrukcija zavoja, reguliranje prometa na raskrižjima, promjena režima prometa i ostalo). Pri projektiranju novih cesta i raskrižja poznavanje propusne moći i prometnog opterećenja

nužan je preduvjet da se može pristupiti tehničkim analizama, uspoređivanju varijanti izboru najpovoljnijeg rješenja. [5]

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

Prema HCM-u postoje šest razina usluge:

- 1.) *razina usluge A(LOS A)*: uvjeti slobodnoga prometnog toka s velikim brzinama, malom gustoćom i punom slobodom manevriranja
- 2.) *razina usluge B(LOS B)*: uvjeti slobodnoga prometnog toka, s brzinama koje su samo djelomično ograničene gustoćom prometa.
- 3.) *razina usluge C(LOS C)*: stanje stabilnoga prometnog toka, s ograničenim brzinama i ograničenom mogućnošću manevriranja
- 4.) *razina usluge D(LOS D)*: stanje prometnoga toka koje se približava nestabilnom toku, velike gustoće s bitno ograničenim brzinama i malom mogućnošću manevriranja.
- 5.) *razina usluge E(LOS 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(LOS 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. [5]

Na slici 10. prikazano je vrijeme kašnjenja u sekundama za svaku razinu usluge na semaforiziranom i nesemaforiziranom raskrižju.

| LOS semaforiziranog raskrižja | Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz] |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| A | 0-10 |
| B | 10-20 |
| C | 20-35 |
| D | 35-55 |
| E | 55-80 |
| F | > 80 |
| LOS nesemaforiziranog raskrižja | Prosječno vrijeme kašnjenja [s/voz] |
| A | 0-10 |
| B | 10-15 |
| C | 15-25 |
| D | 25-35 |
| E | 35-50 |
| F | > 50 |

Slika 10. Razina usluge (LOS) za slučaj semaforiziranog i nesemaforiziranog raskrižja

Izvor: HCM

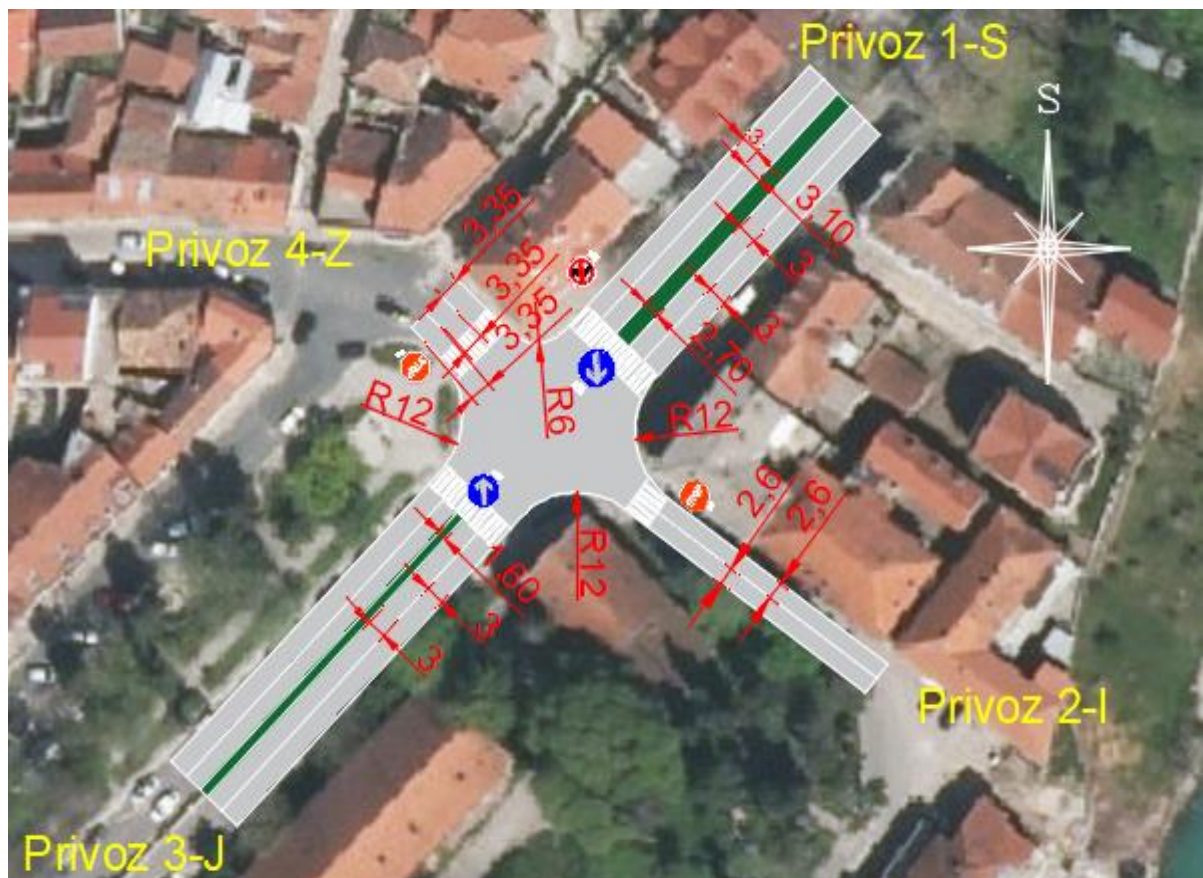
3.4. Postojeće stanje zone obuhvata

Za potrebe kreiranja optimalnog prometnog rješenja provedena je detaljna analiza postojećeg stanja. Analiza postojećeg stanja temeljena je na:

- analizi prometne infrastrukture
- analizi prometnih tokova (ručno brojenje prometa)
- analizi sigurnosti

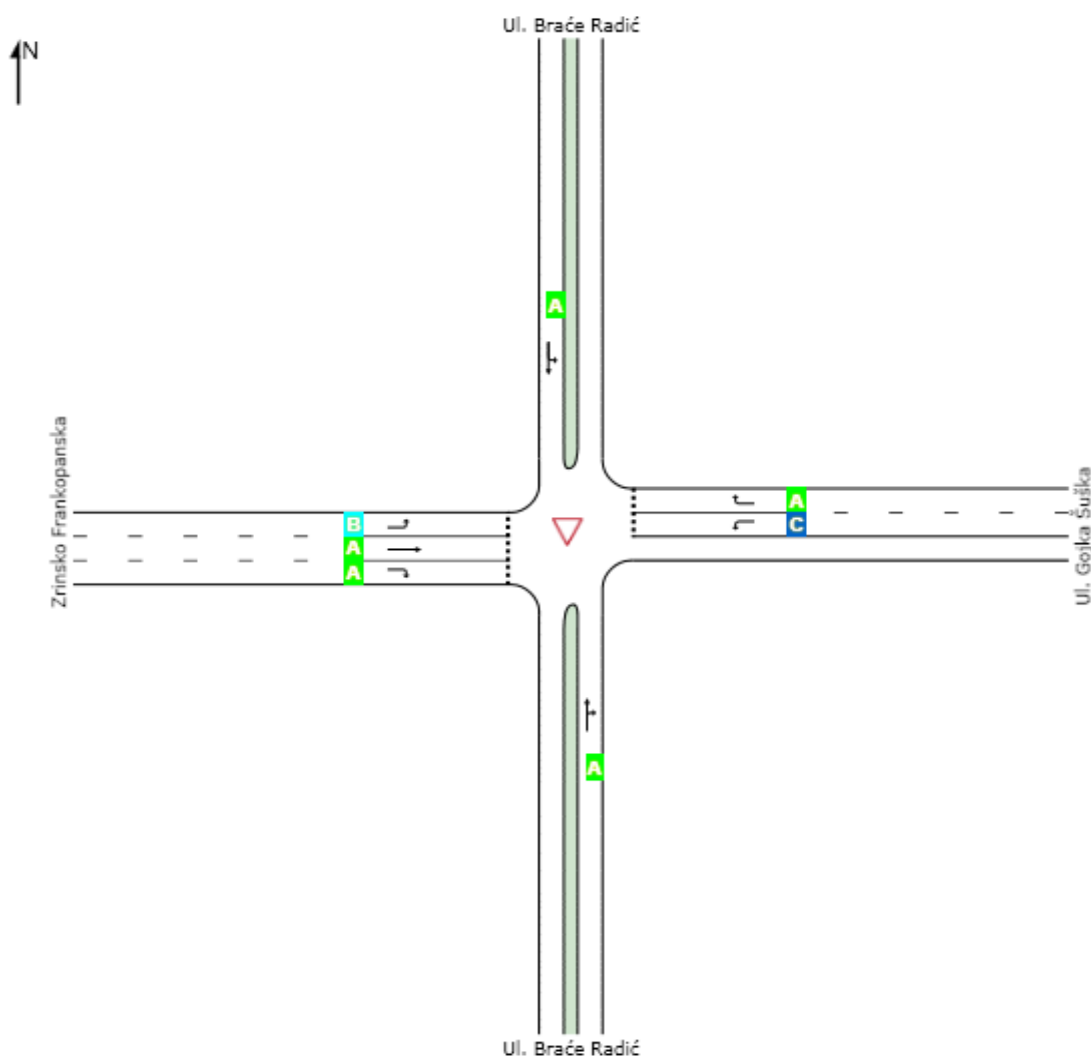
3.4.1. Analiza postojećeg stanja Ulice Braće Radić, Ulice Zrinsko Frankopanske i Ulice Gojka Šuška

Raskrižje je konstruirano kao pravokutno četverokrako raskrižje, s jednosmjernim zapadnim privozom (slika 11.). Glavna cesta se proteže u smjeru sjever-jug, gdje je prometovanje u suprotnom smjeru razdvojeno prometnim otocima. Neposredno pred raskrižjem na zapadnom privozu se nalazi još jedno raskrižje u obliku „T“ raskrižja, a kojem je svaki privoz jednosmjernan.



Slika 11. Postojeće stanje raskrižja Ulice Braće Radić, Ulice Zrinsko Frankopanske i Ulice Gojka Šuška

| | South | East | North | West | Intersection |
|-----|-------|------|-------|------|--------------|
| LOS | NA | A | NA | A | NA |



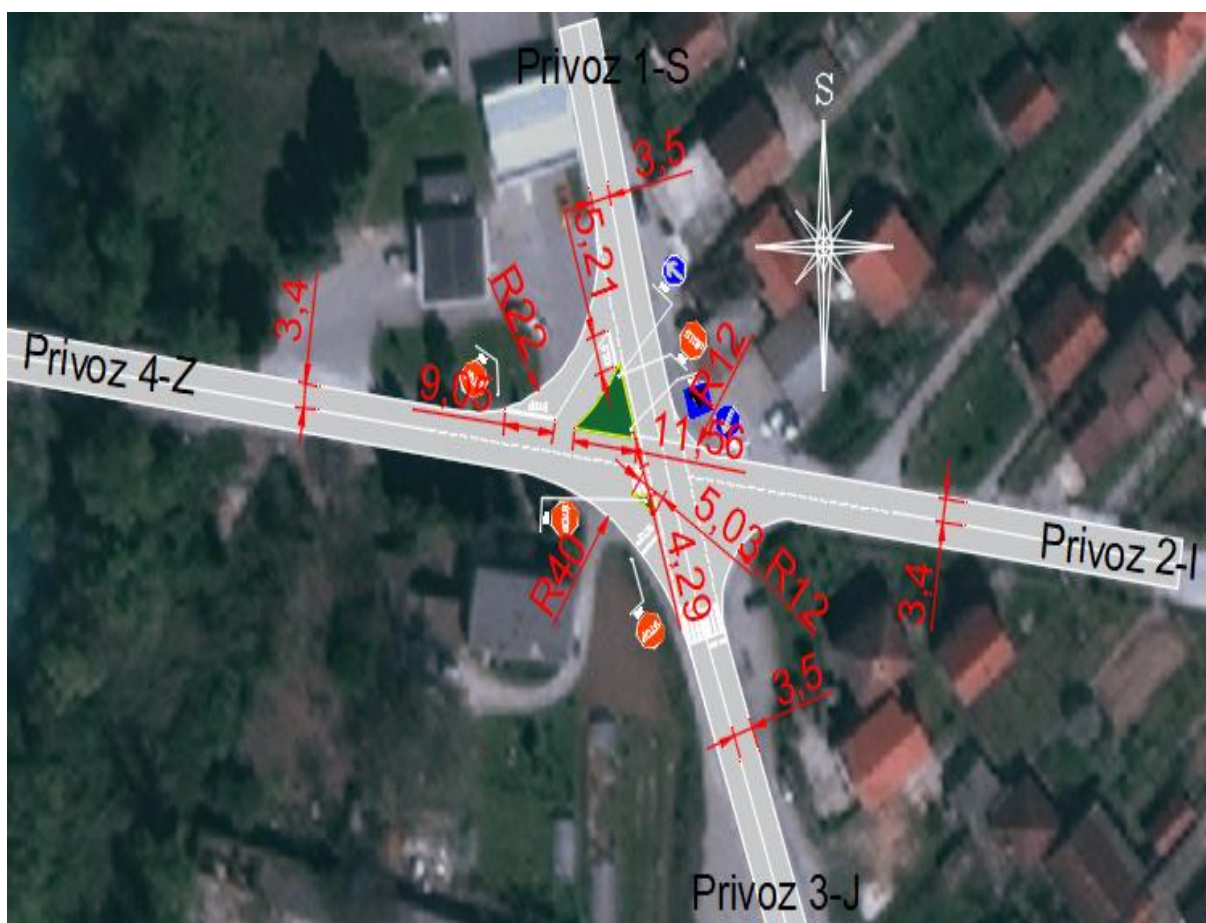
Slika 12 Analiza prometnih tokova uporabom simulacijskog alata SIDRA

Nepostojanje potrebnih prometnih znakova, horizontalne signalizacije, smanjena preglednost i loše prometno-tehničke značajke analiziranog raskrižja predstavljaju veliki problem glede sigurnosti cestovnog ali i pješačkog prometa.

Iako je razina usluge dosta zadovoljavajuća, glavni problem analiziranog raskrižja je smanjena sigurnost prometa. Nepreglednost prilikom izvođenja radnji lijevog skretanja s glavne ceste i uključivanja na glavnu cestu sa sporednih znatno povećava repove čekanja u stvarnosti.

3.4.2. Analiza postojećeg stanja raskrižja Stolačke ceste i magistralnog puta M17

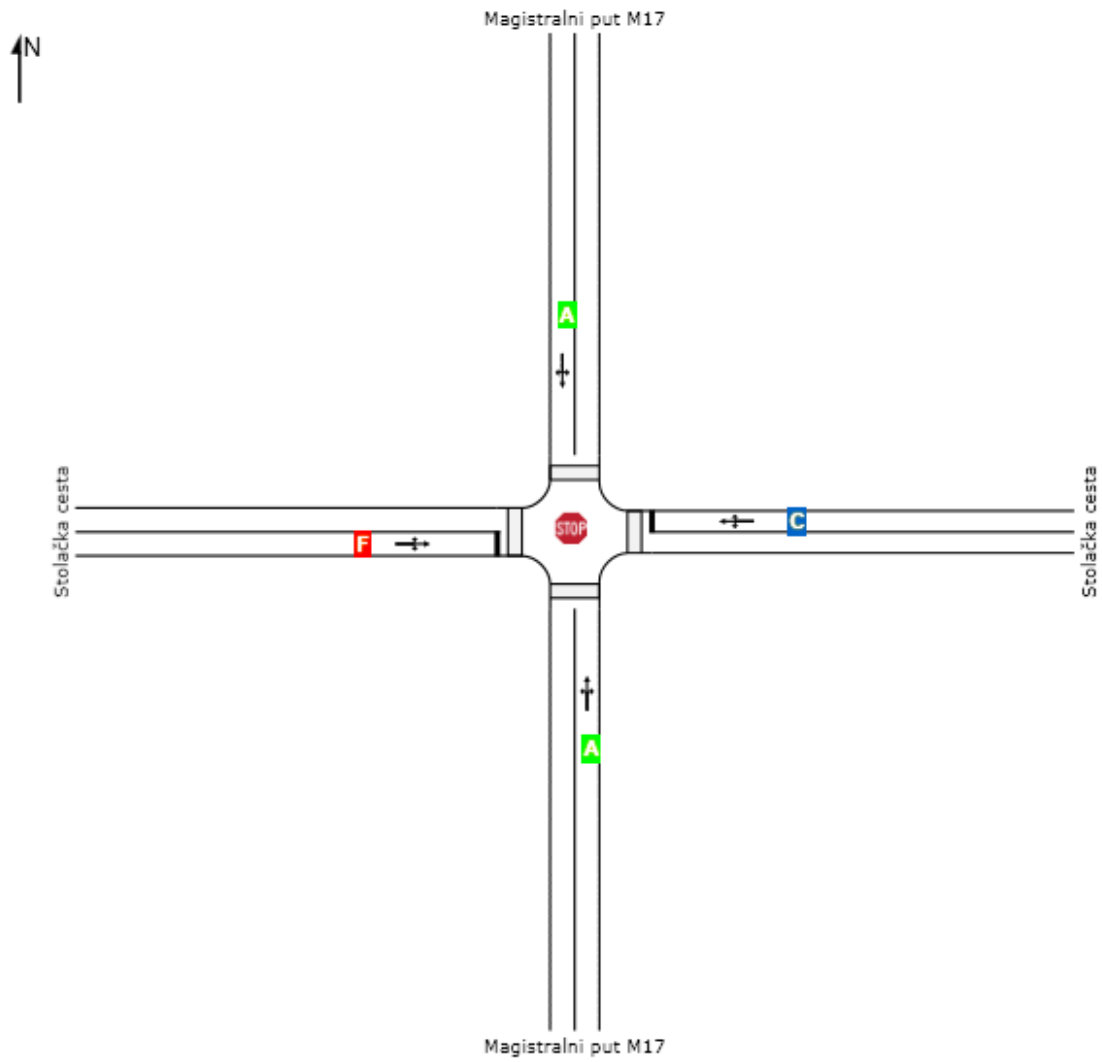
Analizirano raskrižje je konstruirano kao četverokrako raskrižje, gdje se glavni pravac kretanja proteže u smjeru sjever-jug. Istočni privoz ima najslabiji intenzitet prometa. Dok zapadnim privozom u jutarnjim satima prolazi velik broj vozila, posebno prema sjevernom privozu, a u poslijepodnevnim satima velik broj vozila ide ka zapadnom privozu koji je ujedno i spona s centrom grada Čapljine.



Slika 13. Postojeće stanje raskrižja Stolačke ceste i magistralnog puta M17

Tehnička izvedba analiziranog raskrižja predstavlja najveći problem. Smanjena sigurnost zbog velikog broja konfliktnih točki, neiscrtane horizontalne signalizacije, te nepravilnog vođenja lijevih skretača sa zapadnog privoza neposredno pred raskrižjem. To predstavlja pojavu „raskrižja u raskrižju“ što znatno smanjuje sigurnost ali i razinu usluge, koja je na zapadnom privozu F (slika 14.).

| | South | East | North | West | Intersection |
|-----|-------|------|-------|------|--------------|
| LOS | NA | C | NA | F | NA |



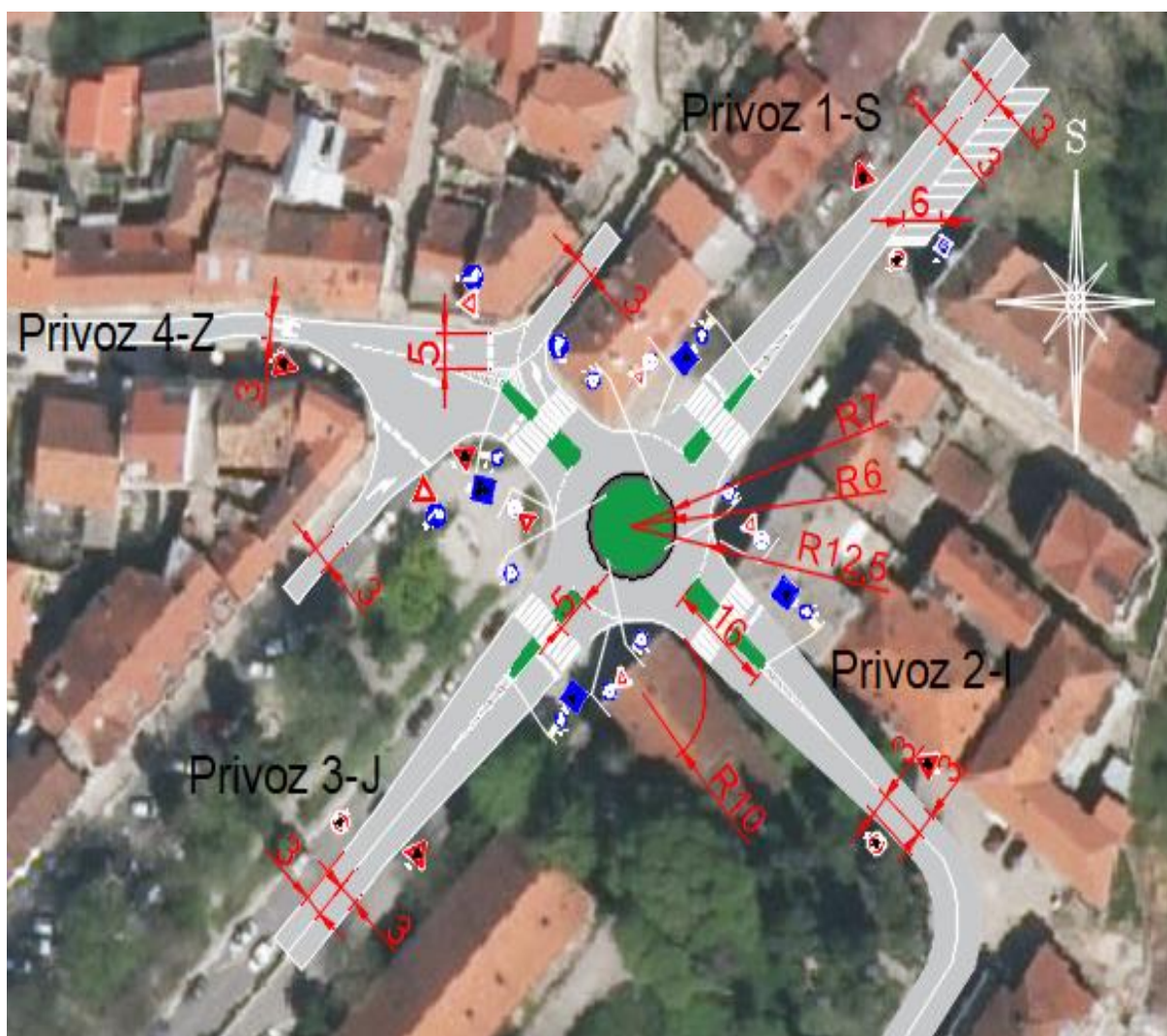
Slika 14. Analiza prometnih tokova uporabom simulacijskog alata SIDRA

4. PRIJEDLOZI OPTIMIZACIJE PROMETNIH TOKOVA U PODRUČJU OBUHVATA

Cilj i svrha diplomskog rada je povećati razinu usluge i sigurnost odvijanja kako cestovnog tako i pješačkog prometa na kritičnim raskrižjima. Predložene varijante uvelike povećavaju razinu usluge i smanjuju broj konfliktnih točaka.

4.1. Raskrižje s kružnim tokom prometa na sjecištu Ulice Braće Radić, Ulice Zrinsko Frankopanske i Ulice Gojka Šuška (raskrižje 1)

Prijedlog rješenja je potpuna rekonstrukcija postojećeg pravokutnog četverokrakog raskrižja te izgradnja mini raskrižja s kružnim tokom prometa s jednom trakom. Iscrtavanje nove horizontalne signalizacije, i fizičko odvajanje lijevih skretača neposredno prije raskrižja na zapadnom privozu.

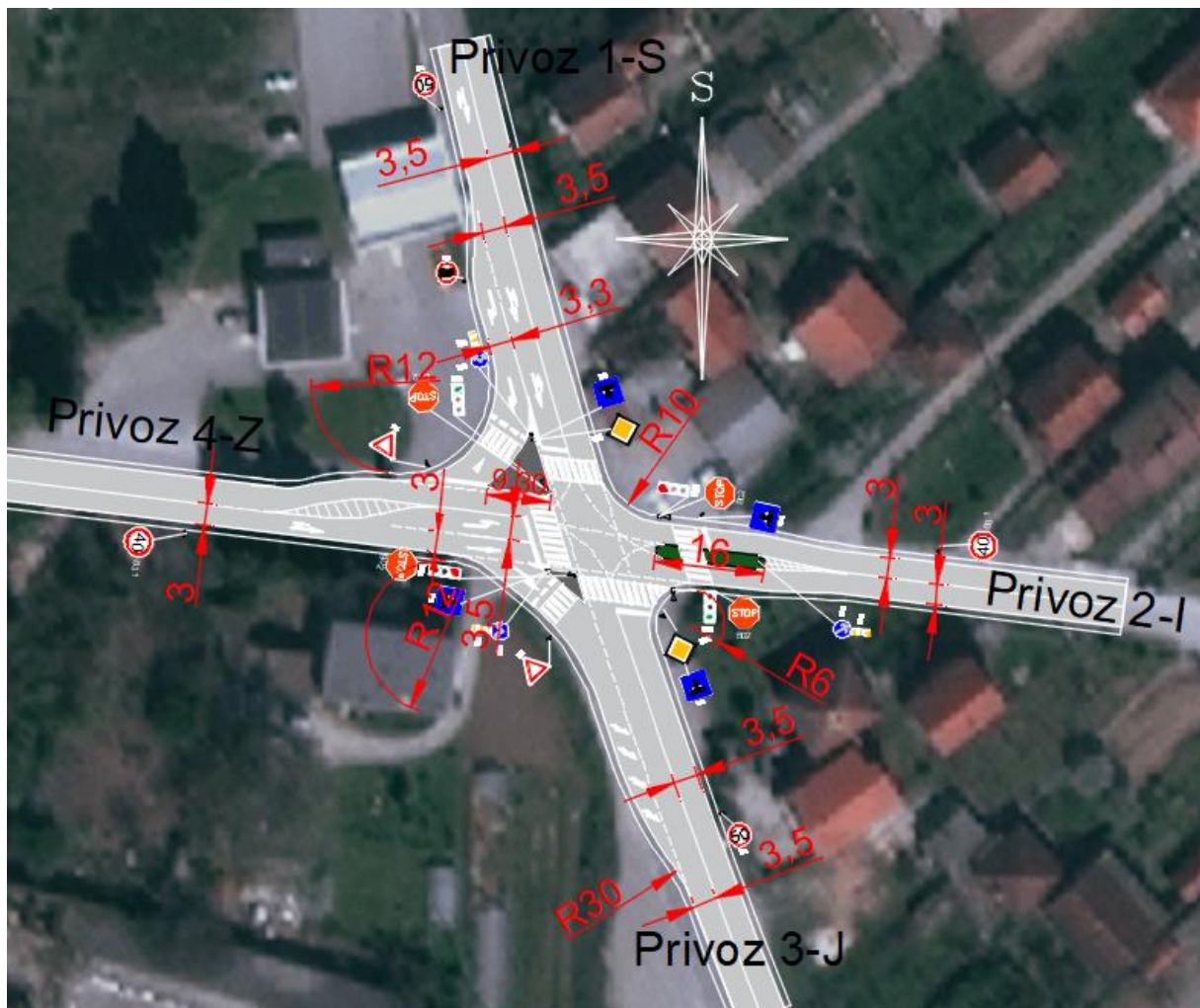


Slika 15. Prijedlog rješenja raskrižja 1

Nova vertikalna signalizacija u vidu prometnih znakova bi trebala biti postavljena na odgovarajućim udaljenostima od samog raskrižja s minimalno drugom razinom retroreflektirajućeg materijala - High Intensity Grade. Predlaže se postavljanje nove rasvjete s dvostranim centralnim rasporedom na odgovarajućoj visini s primjerenom razinom sjajnosti. Predlaže se ograničavanje brzine na 40 km/h. Na svakom privozu se predlaže izgradnja razdjelnih otoka kako bi se fizički razdvojili suprotni smjerovi kretanja vozila, ali samim tim bi se značajno povećala sigurnost pješaka. Iscrtavanjem pješačkih prijelaza na odgovarajućim udaljenostima (6 m od vanjskog polumjera) znatno se povećava sigurnost odvijanja cestovnog ali i pješačkog prometa.

4.2. Semaforizirano raskrižje na sjecištu Stolačke ceste i magistralnog puta M17 (raskrižje 2)

Na analiziranom raskrižju 2 predložena su dva varijantna rješenja u vidu: semaforiziranog četverokrakog raskrižja (raskrižje 2.1) i četverokrakog raskrižja s kružnim tokom prometa (raskrižje 2.2).



Slika 16. Prijedlog rješenja raskrižja 2.1-semaforizirano raskrižje

Prvim varijantnim rješenjem dat je prijedlog izgradnje semaforiziranog raskrižja s posebnim trakom za desne skretače na sjevernom privozu. Na zapadnom privozu predloženo je dodavanje posebnog traka za lijeve skretače, zbog velikog broja lijevih skretača na tom privozu. Ova dva prijedloga bitna su zbog optimizacije prometnih tokova i znatnog povećanja razine usluge. Postavljanjem predložene vertikalne i horizontalne signalizacije, te ograničavanjem brzine na 50 km/h na magistralnom putu i 40 km/h na sporednim privozima sigurnost prometa bi se značajno povećala. Predlaže se produljene i proširenje traka za uključivanje desnih skretača sa zapadnog privoza na južni, a na istočnom privozu izgradnja razdjelnog otoka. Takvim fizičkim razdvajanjem povećala bi se sigurnost ne samo zbog fizičkog razdvajanja suprotnih smjerova, nego i zbog automatskog okomiziranja tog privoza. Izgradnjom nogostupa za pješake na svakom privozu omogućilo bi se znatno sigurnije kretanje pješaka uz kolnik ali i prilikom prelaska kolnika.

4.3. Raskrižje s kružnim tokom prometa na sjecištu Stolačke ceste i magistralnog puta M17 (raskrižje 2.2)

Drugim varijantnim rješenjem predlaže se izgradnja srednjeg četverokrakog raskrižja s kružnim tokom prometa s posebnim trakom za desne skretače sa sjevernog privoza što je bitno za optimizaciju prometnih tokova i povećanje razine usluge.



Slika 17. Prijedlog rješenja raskrižja 2.2- raskrižje s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje)

Predlaže se okomizacija sporednih privoza bez fizičkog odvajanja razdjelnim otocima suprotnih smjerova. Izgradnjom raskrižja s kružnim tokom prometa znatno bi se smanjio broj konfliktnih točki, ali i mogućnost razvijanja većih brzina prometovanja čime se povećava sigurnost u prometu. Predloženom izgradnjom razdjelnih otoka na sjevernom i južnom privozu

i nogostupa na svim privozima znatno bi se povećala sigurnost odvijanja pješačkog prometa. Na sjevernom privozu je predloženo postavljanje prometnog znaka zabrane obavljanja radnje desnog skretanja za teška motorna vozila iz razloga nailaska na most preko kojeg nije dozvoljeno prometovanje teških teretnih vozila.

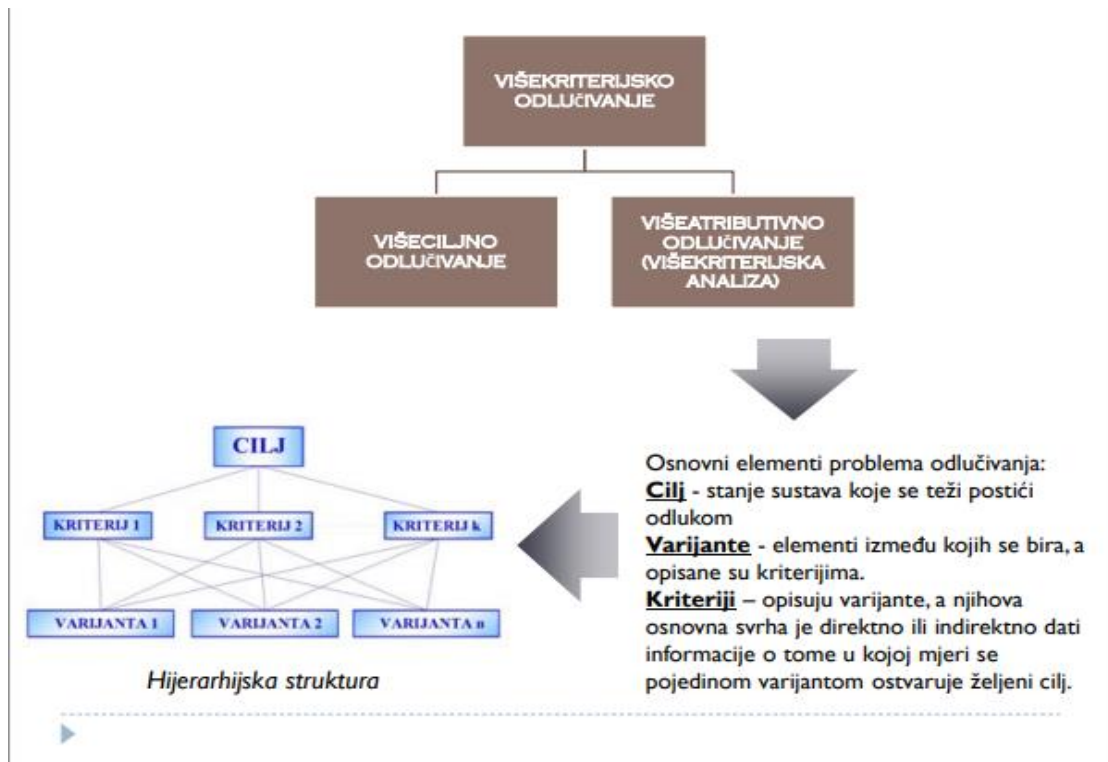
5. VREDNOVANJE PREDLOŽENIH VARIJANTNIH RJEŠENJA

Višekriterijska analiza je matematički postupak koji je sastavni dio višekriterijskog odlučivanja. Glavna karakteristika višekriterijskog odlučivanja je ta da se koristi za rješavanje vrlo složenih i kompleksnih problema odlučivanja. Jedan takav i vrlo složen problem je donošenje investicijske odluke u prometu. U procesu donošenja investicijske odluke za rješavanje određenog problema u prometu obično sudjeluje tim od nekoliko stručnjaka koji su specijalizirani za pojedino područje.

Najčešće u početnim fazama prometnog planiranja sudjeluju: inženjeri građevinarstva, arhitekture, strojarstva, cestovnog prometa, geodezije i slično. Budući da konačnu odluku zajednički donosi tim stručnjaka, a ne pojedina osoba, problem donošenja investicijske odluke postaje loše strukturiran i teško obradiv. Upravo iz toga razloga javila se potreba za korištenjem metoda koje će efikasno i brzo obrađivati prikupljene podatke i na temelju kojih će se u konačnici donijeti optimalna odluka. Višekriterijsko odlučivanje sastoji se od dvije podskupine: višeciljnog odlučivanja i višekriterijske analize. [10]

5.1. Višekriterijska analiza (višeatributno odlučivanje)

Višekriterijska analiza je matematički postupak koji se najčešće koristi za rješavanje “loše“ strukturiranih problema (slika 18.). Jedna od glavnih karakteristika ove metode je mogućnost korištenja podataka koji se ne mogu izraziti u brojčanom smislu. Osnovnu strukturu višekriterijske analize čine: cilj, varijante (alternative) i kriteriji odnosno atributi. [11]



Slika 18. Višekriterijsko odlučivanje [11]

5.1.1. Metode višekriterijske analize

Da bi se uspješno primijenile zakonitosti višekriterijske analize mora se koristiti odgovarajuća metoda. Tijekom godina znanstvenici i inženjeri pokušavali su koristiti razne metode višekriterijske analize koje bi im olakšale cjelokupni proces donošenja odluke. Opća podjela metoda ne postoji već se one isključivo dijele prema načinu rješavanja problema i vrsti problema koji se promatra. U literaturi se metode najčešće definiraju prema načinu uključivanja donositelja odluke u sami proces odlučivanja. Neke od osnovnih metoda bit će prikazane u nastavku rada. Najčešća podjela metoda višekriterijske analize:

1. interaktivne metode
2. stohastičke metode
3. metode za određivanje efikasnog rješenja
4. metode s unaprijed zadanom preferencijskom strukturom
5. metode kompromisnog programiranja [12]

Neke od najpoznatijih metoda višekriterijske analize koje se u praksi koriste, a to su metoda PROMETHEE, metoda ELECTRE, metoda AHP i metoda VIKOR, a predložena varijantna rješenja u samom radu su vrednovana AHP metodom u programskom alatu Expert choice-u.

5.1.2. AHP metoda

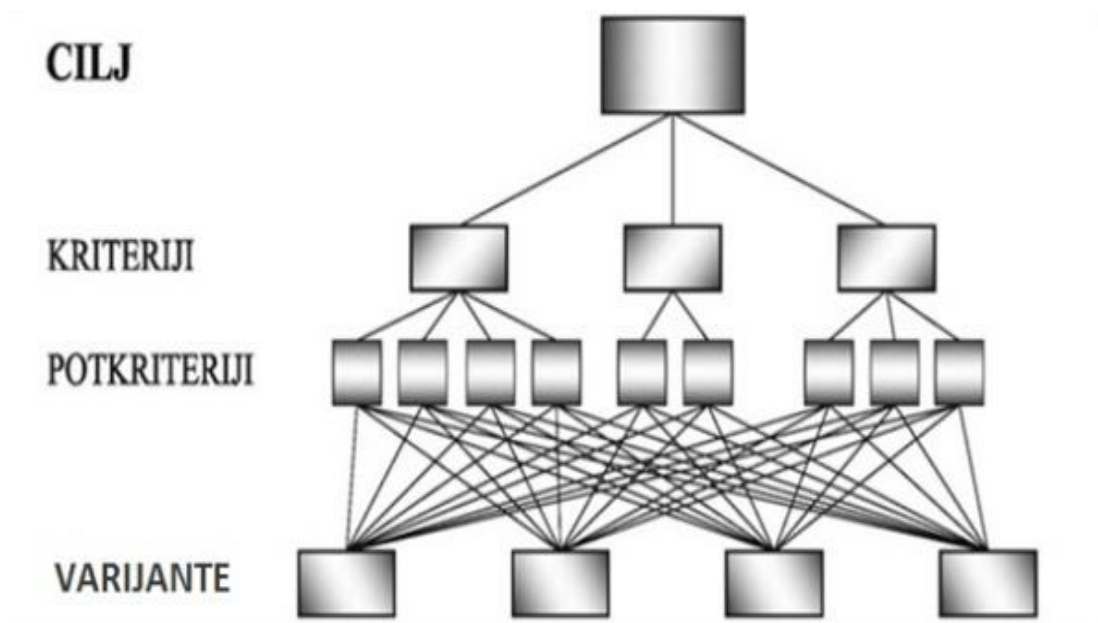
Metodu AHP (eng. Analytic Hierarchy Process) razvio je Thomas Saaty 70 – ih godina 20. stoljeća. Najčešće je korištena metoda višekriterijske analize. Primjenjiva za rješavanje vrlo kompleksnih problema odlučivanja. Osnovna prednost ove metode očituje se u mogućnosti prilagodbe donositelja odluke u smislu broja atributa, odnosno kriterija i varijanata o kojima se istovremeno odlučuje, a koje je moguće opisati i kvantitativno i kvalitativno. Prema tome, AHP metoda omogućava fleksibilnost procesa odlučivanja i pomaže donositeljima odluke postaviti prioritete, te donijeti najbolju odluku uzevši u obzir i kvalitativne i kvantitativne aspekte odluke.[11]

Proces donošenja odluke AHP metodom sastoji se od četiri osnovna koraka:

1. strukturiranje problema
2. prikupljanje ulaznih podataka
3. ocjenjivanje relativnih težina kriterija
4. određivanje rješenja i donošenje odluke[11]

Primjena AHP modela može se sažeti u nekoliko osnovnih koraka:

1. Korak: U prvom koraku određuje se hijerarhijska struktura modela koji se proučava tako da se određuju cilj, kriteriji, potkriteriji i u konačnici varijante. Na Slici 19. može se vidjeti složeni hijerarhijski model AHP metode.



Slika 19. Hijerarhijska struktura AHP modela

2. Korak: Provedi se uspoređivanje parova atributa (varijanata i kriterija) na svakoj hijerarhijskoj razini. Donositelj odluke određuje kojoj pojedinoj varijanti daje prednost ili obje predložene varijante smatra jednako bitnima. Nakon određivanja prednosti, donositelj odluke dodjeljuje težinske faktore svakoj pojedinoj varijanti prema Saatyjevoj omjernoj skali koja je prikazana na Slici 20.. Vrlo je važno da donositelj odluke bude konzistentan pri dodjeljivanju ocjena pojedinom kriteriju odnosno varijanti.

| Intenzitet važnosti | Skala | Objašnjenje |
|---------------------|-------------------------------|--|
| 1 | Jednako važno | Dva atributa jednako pridonose cilju |
| 3 | Umjereno važnije | Umjerena prednost jednom atributu u odnosu na drugi |
| 5 | Strogo važnije | Strogo se favorizira jedan atribut u odnosu na drugi |
| 7 | Vrlo stroga, dokazana važnost | Jedan atribut izrazito se favorizira u odnosu na drugi |
| 9 | Ekstremna važnost | Favorizira se jedan atribut u odnosu na drugi s najvećom uvjerljivošću |
| 2, 4, 6, 8 | Međuvrijednosti | Vrijednosti kompromisa među odgovarajućim susjednim vrijednostima |

Slika 20. Saaty-eva skala važnosti

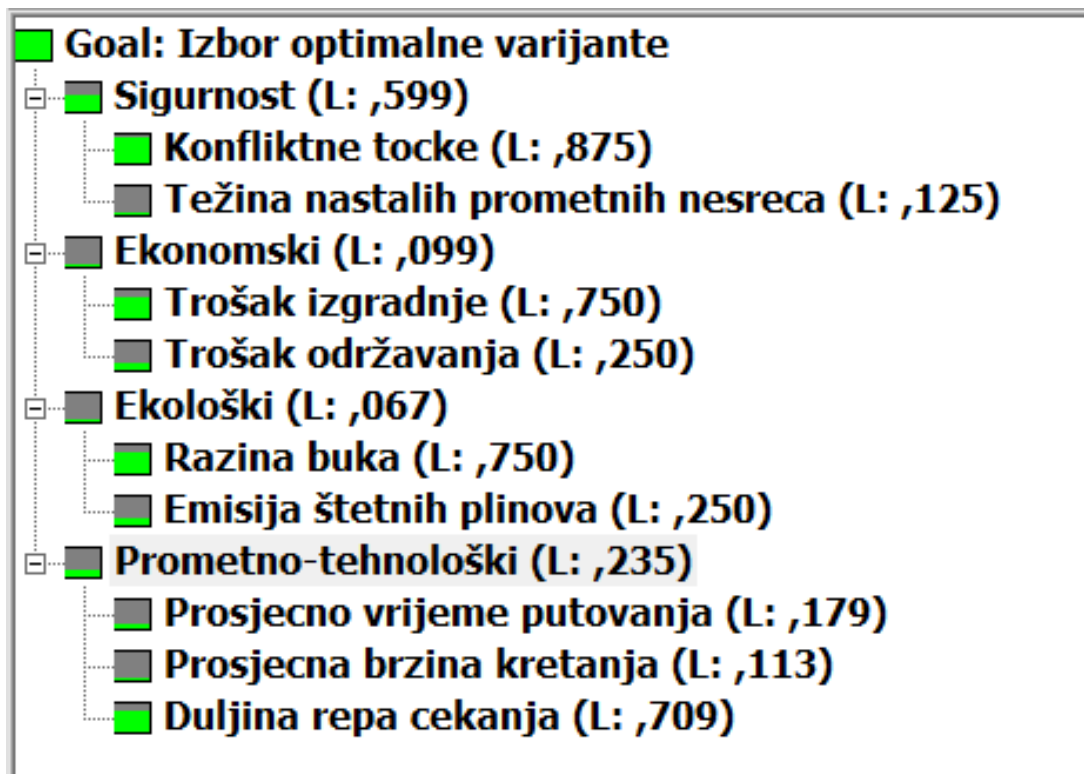
3. Korak: Određuju se lokalne težina kriterija, potkriterija i varijanata. Nakon određivanja težina na lokalnoj razini određuje se ukupna težina varijanata. Ukupna težina varijanata određuje se tako da se lokalne težine ponderiraju s težinama svih čvorova kojima pripadaju.
4. Korak: Vršiti se provjera konzistencije pomoću indeksa i omjera konzistencije.
5. Korak: Provodi se analiza osjetljivosti. Analiza osjetljivosti ukazuje nam u kojoj mjeri bi se promijenili omjeri varijanata ukoliko bi došlo do mijenjanja ukupnih težina varijanata. [11]

5.1.3. AHP analiza osjetljivosti

Analiza osjetljivosti omogućuje određivanje „kritičkih“ varijabli ili parametara modela te procjenu prihvatljivosti projekta ako vrijednosti kritičnih parametara projekta budu promijenjene. Cilj analize osjetljivosti projekta je procjena prihvatljivosti projekta, ako se vrijednosti kritičnih parametara projekta budu razlikovale od planiranih u tijeku dosadašnje analize. Pod kritičnim parametrima projekta razumijevaju se oni elementi koji značajno utječu na njegovu učinkovitost, ali koji su istovremeno i naglašeno neizvjesni. Kritične varijable kod AHP metode su kriteriji odnosno potkriteriji. Varijacije njihovih pondera mogu imati najveći utjecaj na rezultate projekta odnosno važnost varijanata i u konačnici izbor optimalne varijante.[11]

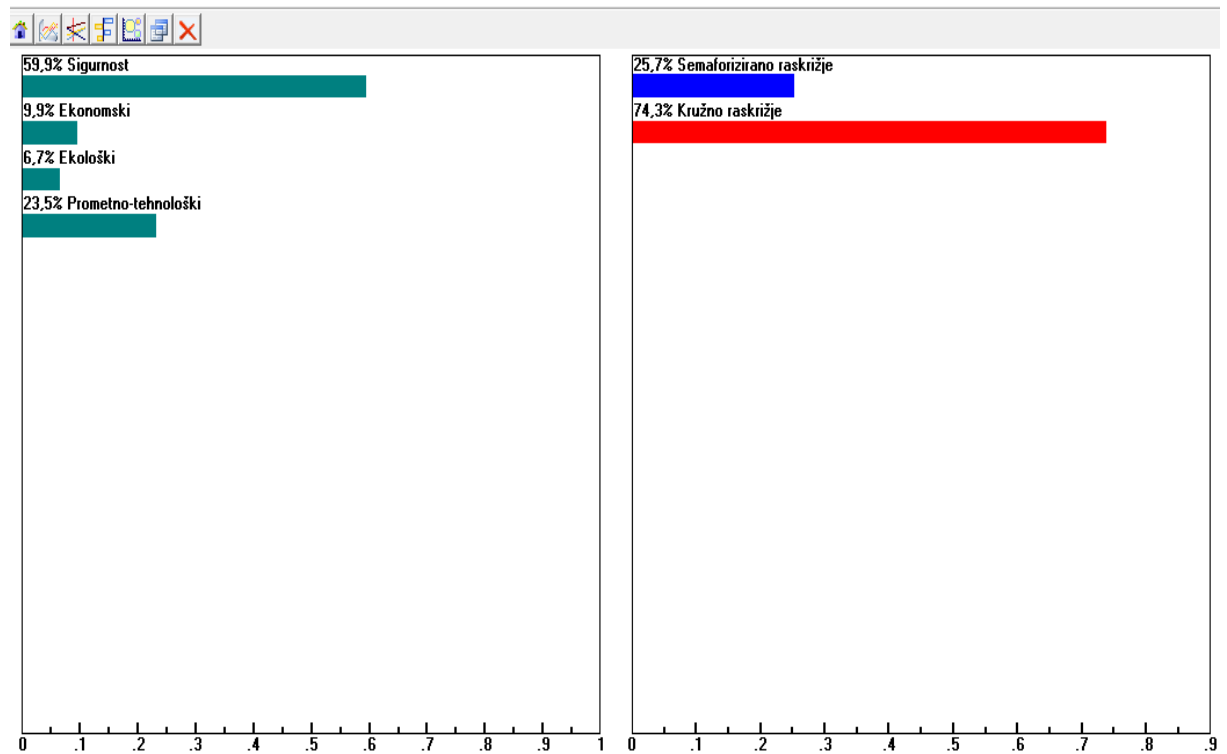
5.2. Expert Choice

Za rješavanje problema višekriterijske analize razvijeni su i programski paketi koji donositelju odluke predstavljaju pomoćni alat. Do danas je razvijen niz različitih softvera, a AHP metoda implementirana je u programskom paketu Expert Choice. Uz činjenicu da je AHP metoda vrlo bliska načinu na koji pojedinac intuitivno rješava složene probleme rastavljajući ih na jednostavnije, dostupnost programskog paketa Expert Choice također je važan razlog popularnosti ove metode. Izbor optimalne varijante sa svim kriterijima i potkriterijima u Expert Choice-u prikazan je na slici 21.



Slika 21. Izbor optimalne varijante sa svim kriterijima i potkriterijima u Expert Choice-u

Expert Choice u potpunosti podržava sve korake karakteristične za primjenu AHP metode, omogućava strukturiranje hijerarhijskog modela problema odlučivanja na više načina te uspoređivanje u parovima također na nekoliko načina. Posebnu vrijednost programu daju različite mogućnosti provođenja detaljne analize osjetljivosti koje se temelje na vizualizaciji posljedica promjena ulaznih podataka. Analizu osjetljivosti moguće je prikazati kroz četiri opcije, odnosno pomoću grafova Performance, Gradient, Dynamic i Head to Head. Program omogućava kreiranje različitih izvješća. [11]



Slika 22. Prikaz Dynamic grafa za predložena varijantna rješenja

Dodjelom vrijednosti i težina kriterijima i potkriterijima za predložena varijantna rješenja, zbog velikog naglaska na kriterij sigurnosti, prihvaćeno, odnosno odabrano rješenje na analiziranom raskrižju 2 trebalo bi biti četverokrako raskrižje s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje). Prednost četverokrakog raskrižja s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje) prikazana je Dynamic grafom na slici 22.

6. PROVJERA ODABRANOG RJEŠENJA KORIŠTENJEM MJERODAVNIH SIMULACIJSKIH ALATA

Za simulaciju prometa i evaluaciju idejnih rješenja korišteni su mikro- simulacijski alati: PTV Vissim i SIDRA INTERSECTION.

PTV VISSIM ima mogućnost obrade velikog broja podataka za evaluaciju raskrižja. Ovisno o rješenju koje se provjerava tijekom simulacije koriste se podaci i informacije o vozilima na mreži, linkovima (prometnicima), području obuhvata (nodovima), prometnim zagušenjima, raspodjeli zelenih vremena, informacijama o javnom prijevozu itd. Najčešće korišten alat za evaluaciju i prikupljanje izlaznih podataka raskrižja u simulacijskom alatu PTV Vissim je „Node evaluation“. Node predstavlja definirano područje koje se određuje oko promatranog raskrižja. Posebno se koristi za prikupljanje podataka bez prethodnog ručnog definiranja elemenata za prikupljanje podataka. [13]

Evaluacija izlaznih podataka vrši se pomoću sljedećih elemenata: [14]

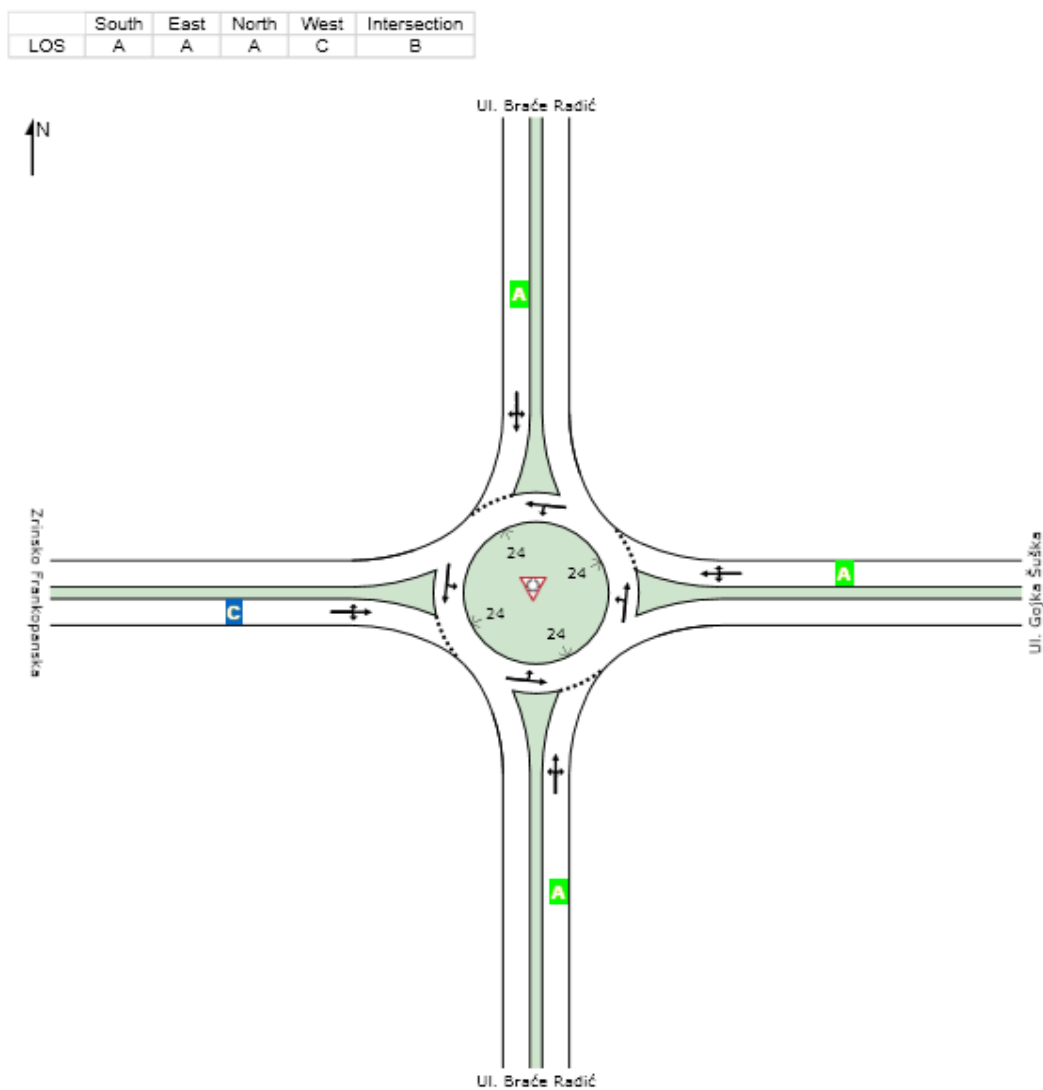
- vrijeme putovanja
- rep čekanja
- vrijeme čekanja (kašnjenja)
- razina usluge (LOS)
- informacije o svakom pojedinačnom vozilu
- evaluacija linkova
- evaluacija nodova
- vrijeme čekanja javnog gradskog prijevoza
- emisije štetnih plinova
- signalnog programa

SIDRA INTERSECTION je alat namijenjen za analizu alternativnih oblika raskrižja u pogledu propusne moći, razine usluge i ostalih prometnih parametara, kao što su vrijeme kašnjenja, duljina repa čekanja, kretanje i zaustavljanje vozila i pješaka na raskrižju i slično. Osim navedenog, alat ima mogućnosti analize raskrižja u pogledu potrošnje goriva, zagađenja okoliša ili troškova putovanja. Taj program razvio se kao odgovor na sva istraživanja prometnih stručnjaka Australije i SAD-a, kao i cijeloga svijeta. Koristi se u projektiranju novih, ali i postojećih semaforiziranih raskrižja, signaliziranih pješačkih prijelaza, kružnih raskrižja,

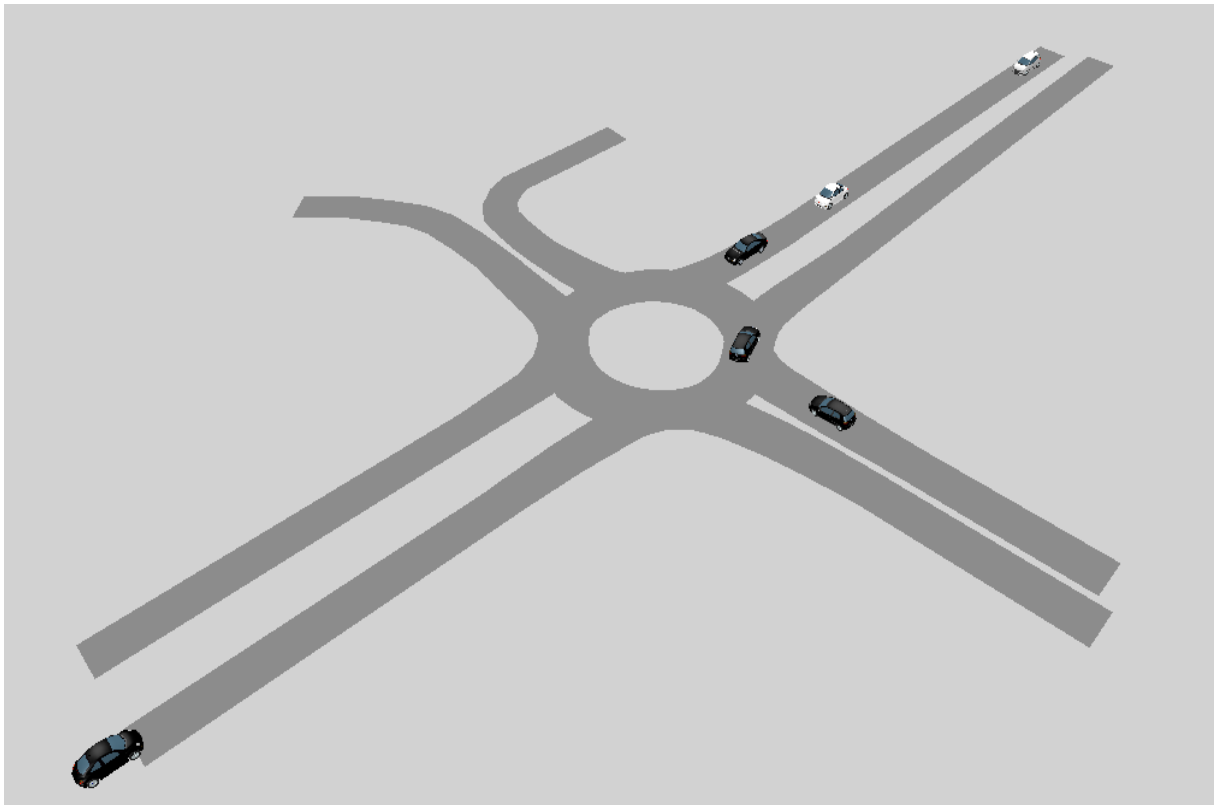
signaliziranih kružnih raskrižja, nesemaforiziranih raskrižja, svih tipova kontrole prometa i slično. [15]

6.1. Provjera odabranog rješenja korištenjem simulacijskih alata za raskrižje 1

Predloženim varijantnim rješenjem za raskrižje 1 znatno bi se smanjio broj konfliktnih točki te samim tim povećala sigurnost odvijanja prometa. Zbog nove regulacije prometa te jasne vertikalne i horizontalne signalizacije povećala bi se razina usluge na promatranom raskrižju.



Slika 23. Provjera odabranog rješenja raskrižja 1 pomoću SIDRA INTERSECTION



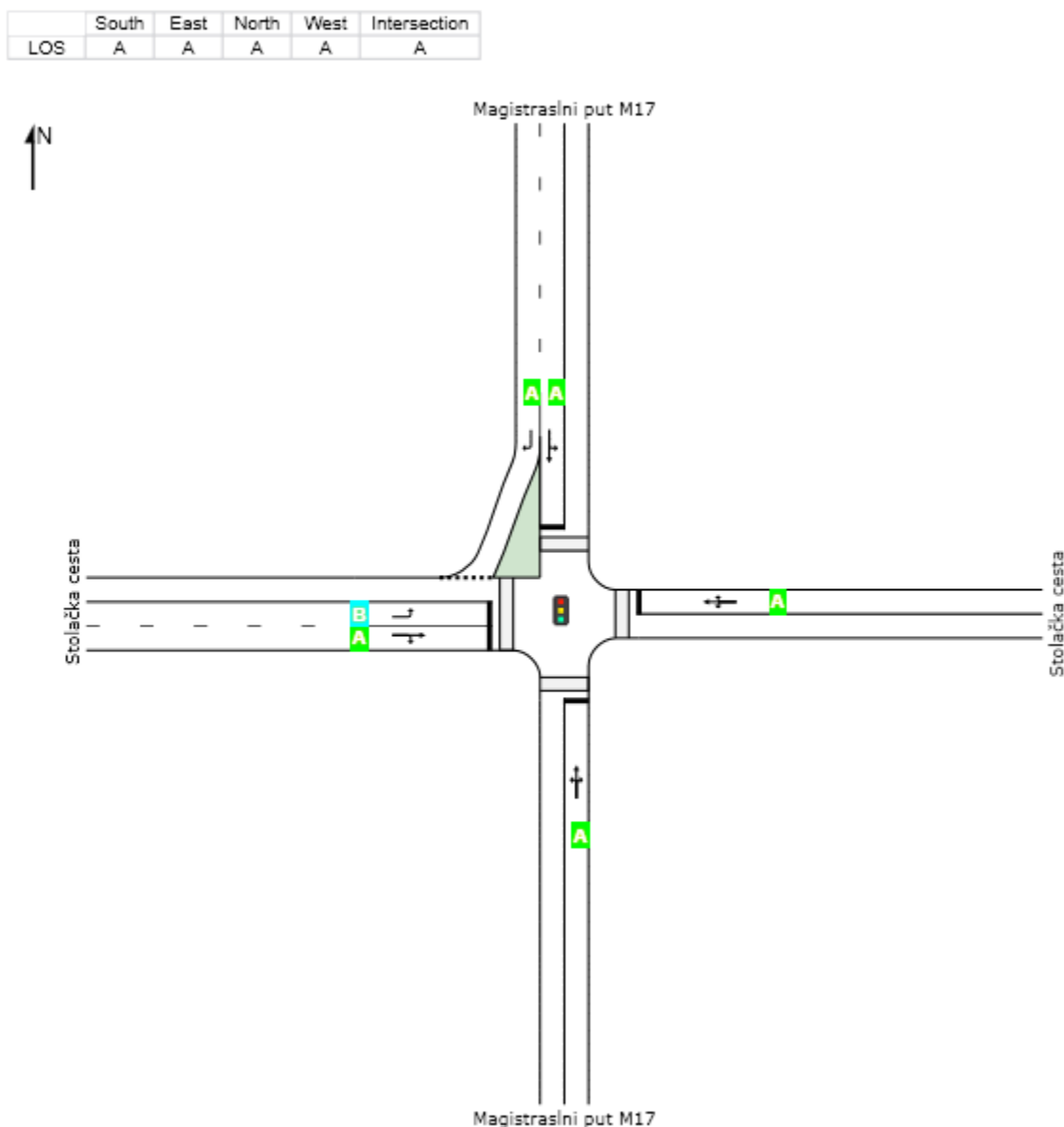
Slika 24. Provjera odabranog rješenja raskrižja 1 pomoću PTV Vissim

6.2. Provjera odabranog rješenja korištenjem simulacijskih alata za raskrižje 2

U ovom podnaslovu bit će prikazana provjera oba varijantna rješenja raskrižja 2 putem simulacijskih alata, te za semaforizirano raskrižje će biti prikazane faze, brzine kretanja i duljine repa čekanja.

6.2.1. Varijantno rješenje 2.1-semaforizirano raskrižje

Na analiziranom raskrižju postignuto je značajno povećanje razine usluge, što se očituje postignutom najboljom razinom usluge (LOS A) na sjevernom, istočnom i južnom privozu.

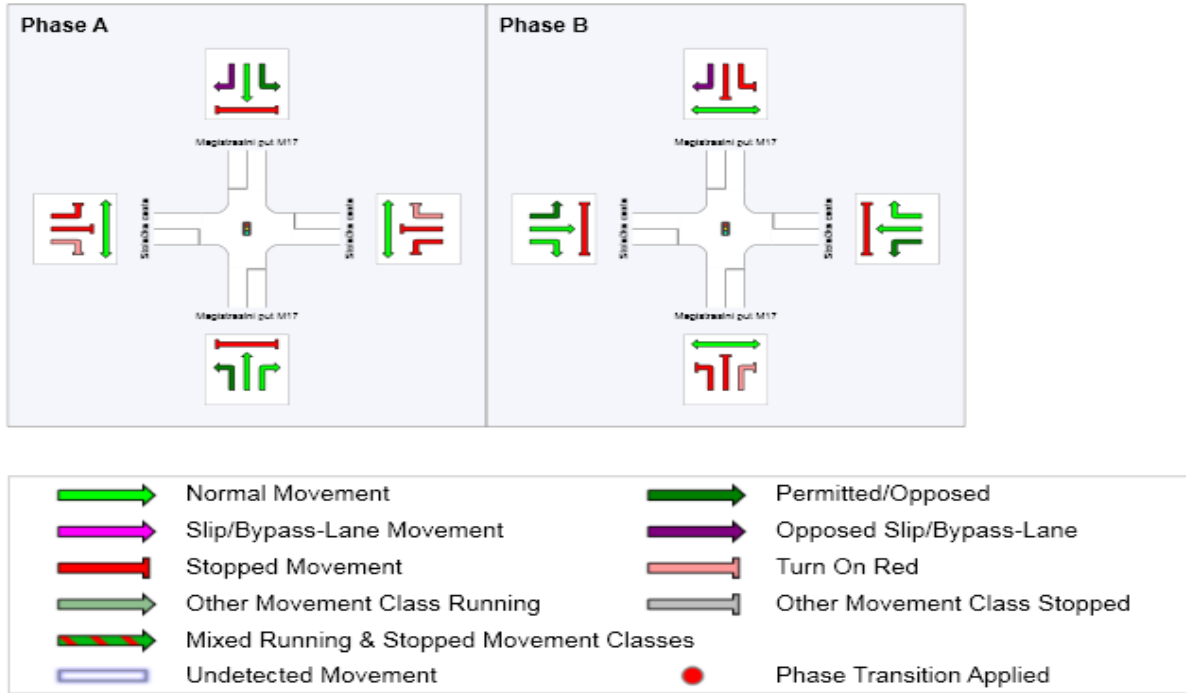


Slika 25. Provjera odabranog semaforiziranog rješenja raskrižja 2 pomoću SIDRA INTERSECTION

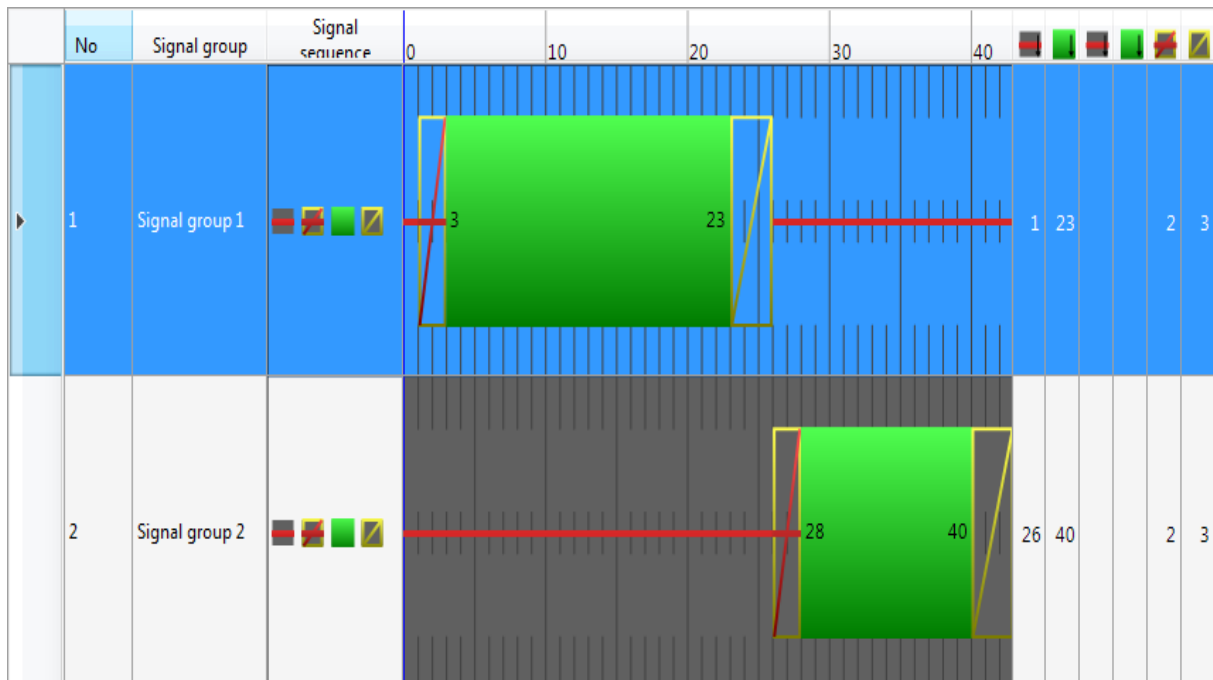
Povećanjem razine usluge na zapadnom privozu od najlošije (LOS F) do LOS A za vozila koja idu ravno i desno, te LOS B za lijeve skretače propusna moć promatranog raskrižja je značajno povećana. Odgovarajućim razdvajanjem lijevih skretača sa zapadnog privoza te desnih sa sjevernog postignuti su željeni rezultati.

Phase Timing Results

| Phase | A | B |
|-------------------------|-----|-----|
| Reference Phase | Yes | No |
| Phase Change Time (sec) | 0 | 24 |
| Green Time (sec) | 20 | 12 |
| Yellow Time (sec) | 3 | 3 |
| All-Red Time (sec) | 1 | 1 |
| Phase Time (sec) | 24 | 16 |
| Phase Split | 60% | 40% |



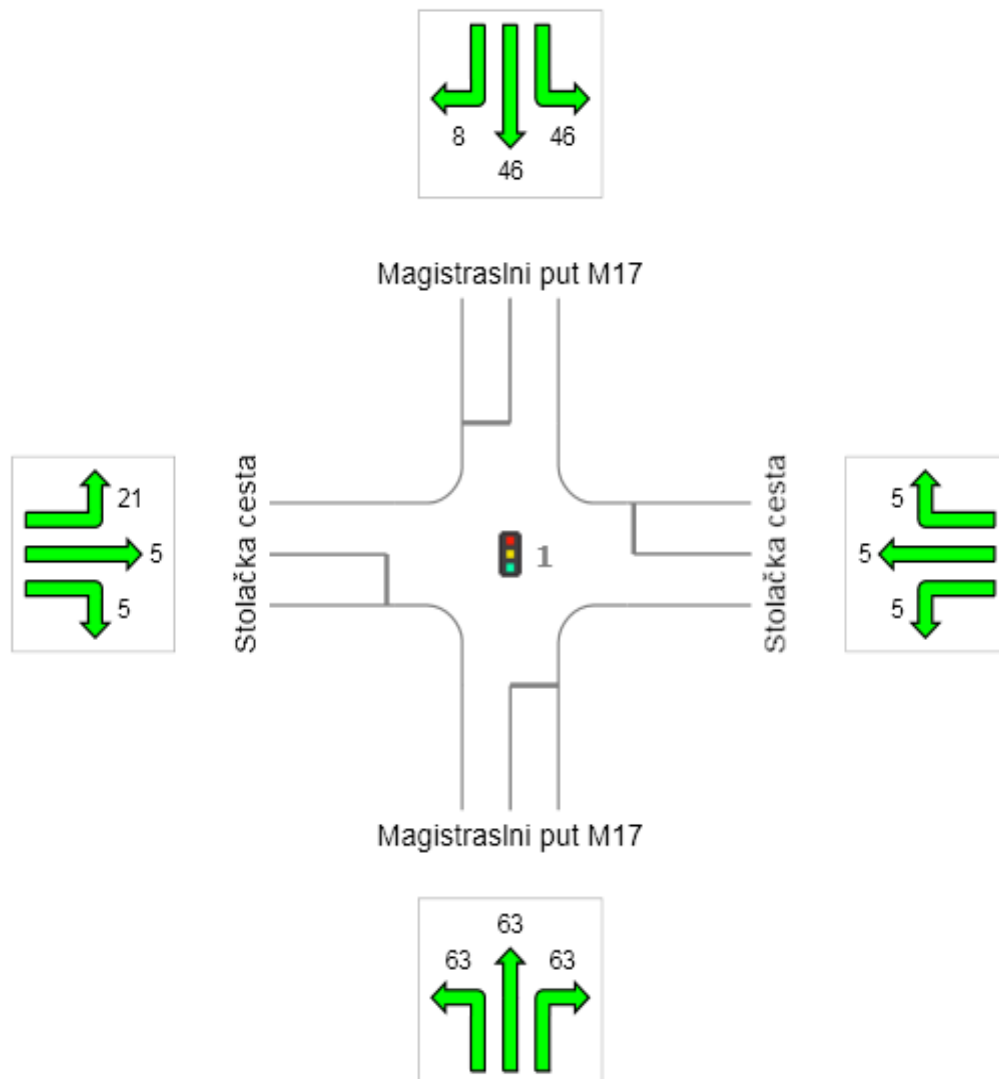
Slika 26. Prikaz faza semaforiziranog raskrižja



Slika 27. Prikaz signalnog plana semaforiziranog varijantnog rješenja

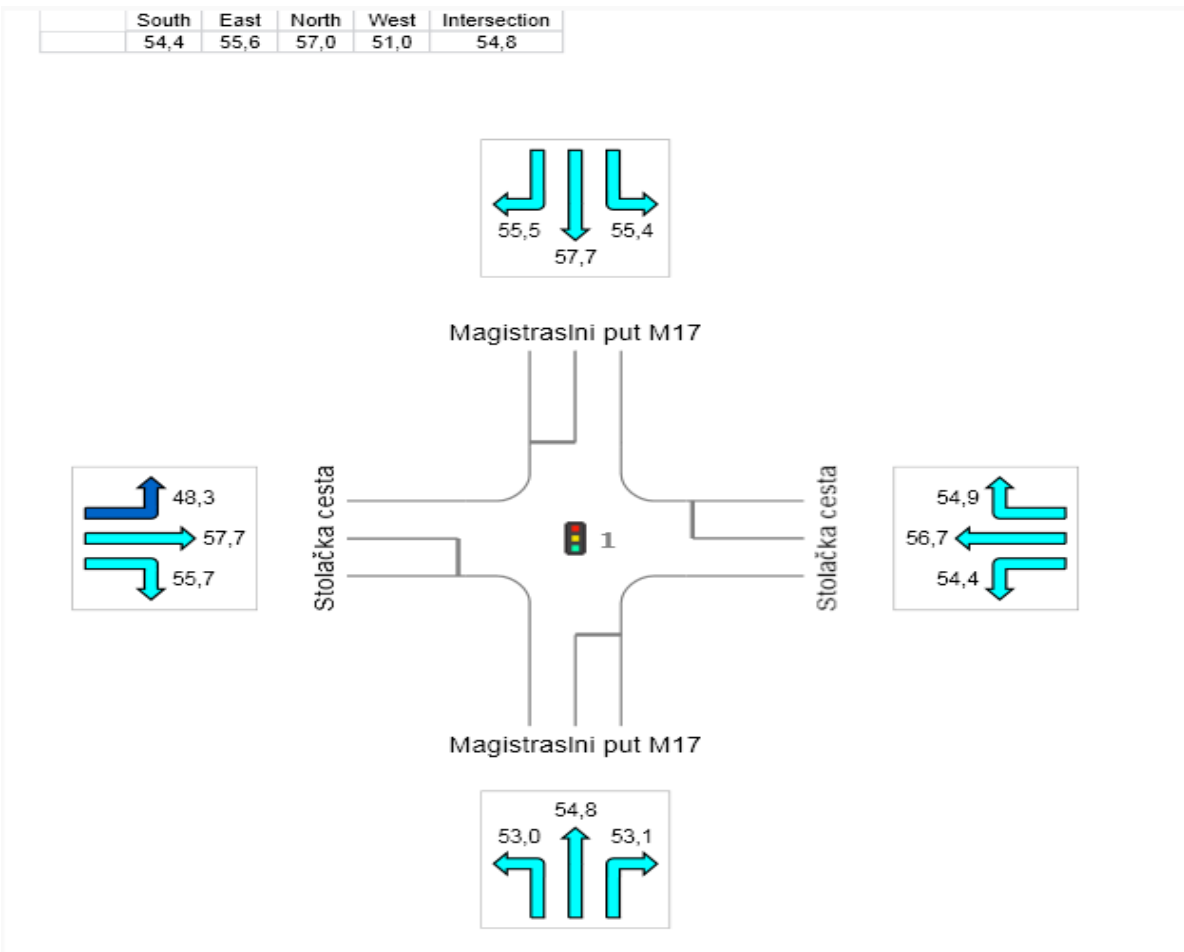
Na slici 26. i 27. prikazane su faze i cijeli signalni plan predloženog varijantnog rješenja. Trajanje ciklusa iznosi 43 s, zeleno svjetlo faze 1 iznosi 20 s, a faze 2 iznosi 12 s. Signalni plan je postavljen tako da vremenski period crveno/žutog svjetla iznosi 2 s, a žutog 3 s, a 1 s je svima crveno. Zeleno svjetlo za pješake za vrijeme trajanja prve faze na glavnom smjeru iznosi 18 s i 10 s za vrijeme trajanja druge faze zbog povećanja sigurnosti pješaka.

| | South | East | North | West | Intersection |
|--|-------|------|-------|------|--------------|
| | 63 | 5 | 46 | 21 | 63 |

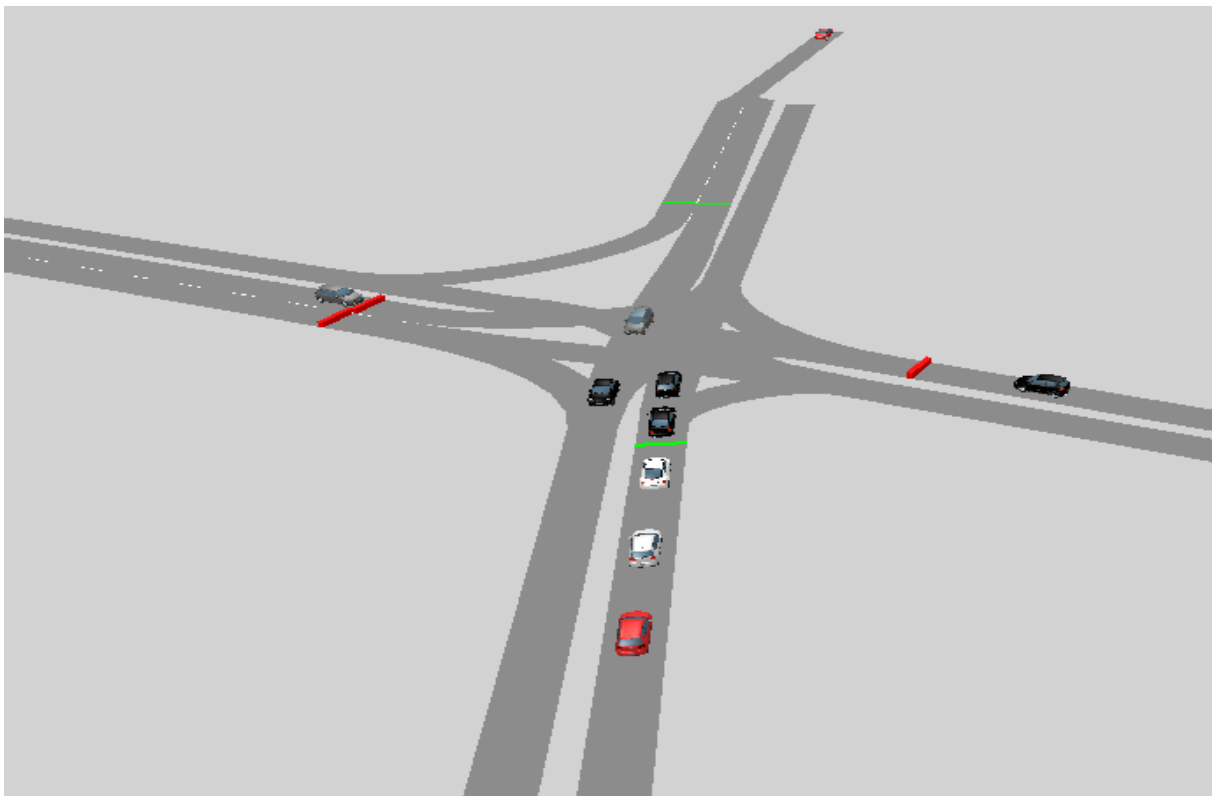


Slika 28. Duljina repa čekanja (m)

Najveća duljina repa čekanja iznosi 63 m i nalazi se na južnom privozu, gdje se nalazi jedna trak za obavljanje svih radnji skretanja.



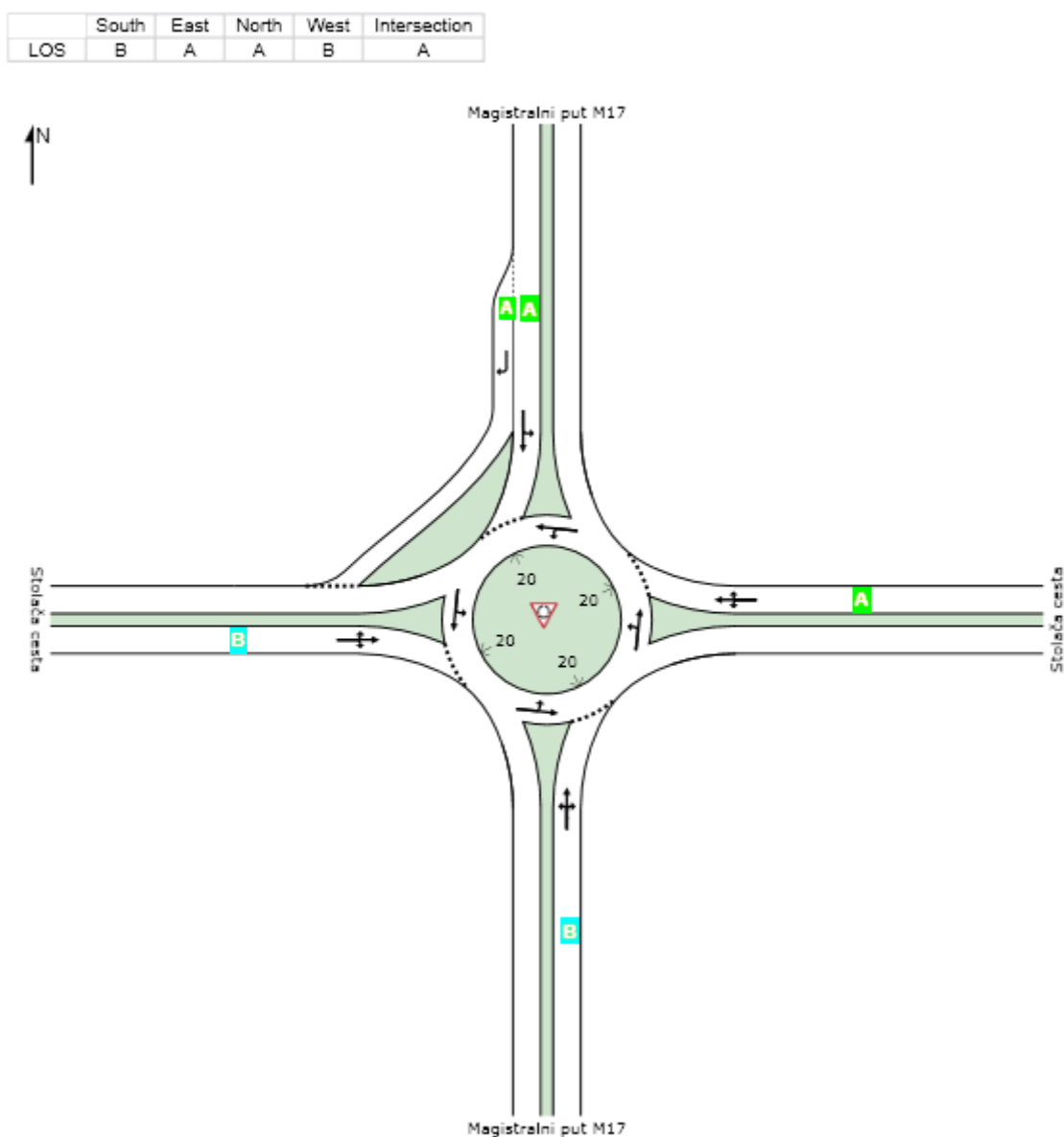
Slika 29. Brzine kretanja vozila na semaforiziranom raskrižju (km/h)



Slika 30. Prikaz semaforiziranog raskrižja putem PTV Vissim

6.2.2. Varijantno rješenje 2.2-raskrižje s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje)

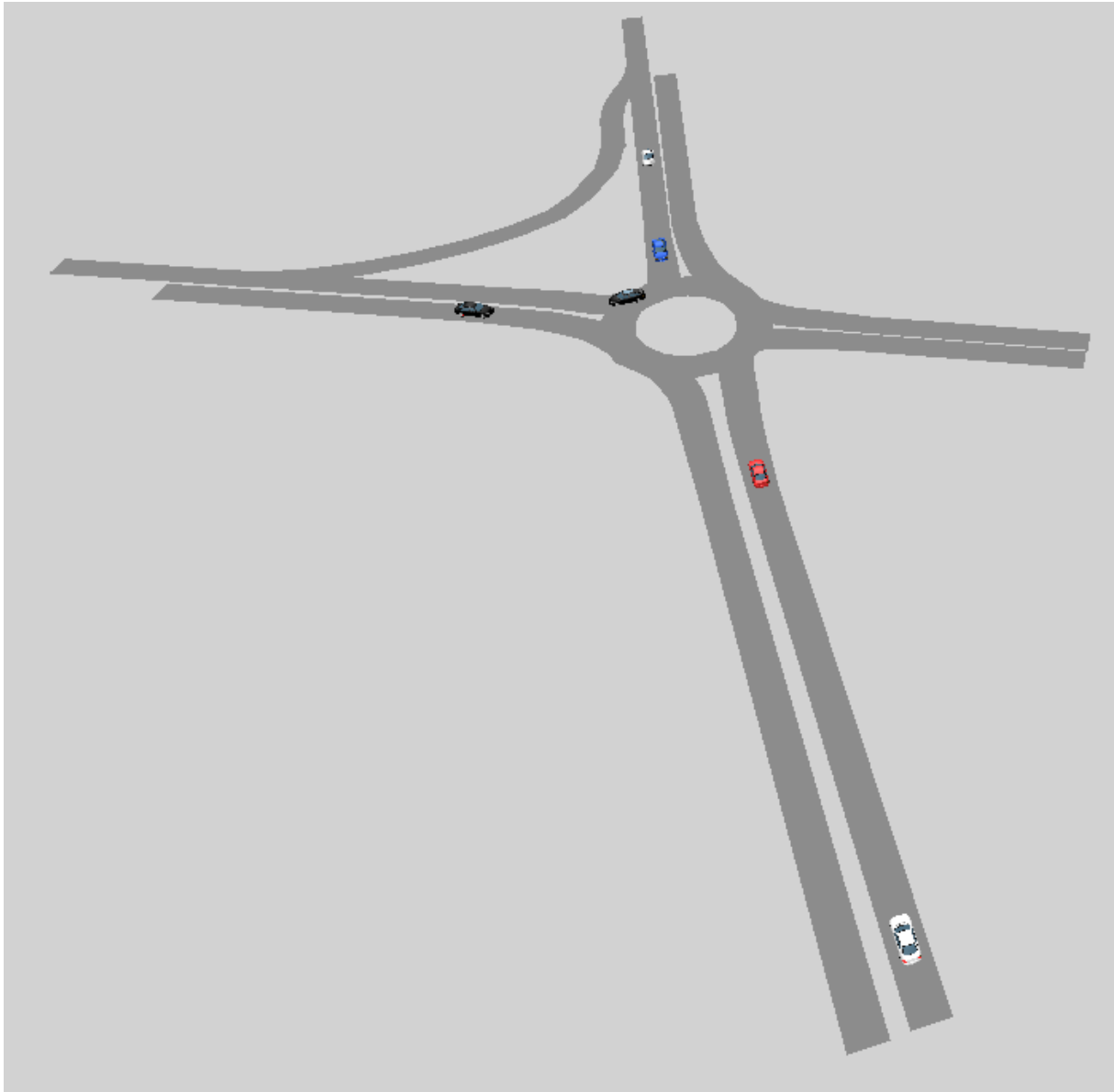
Varijantnim rješenjem u obliku srednjeg raskrižja s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje) s odvojenim desnim skretačima sa sjevernog privoza bi se postigla značajna optimizacija prometnih tokova.



Slika 31. Provjera odabranog rješenja raskrižja 2 pomoću SIDRA INTERSECTION-raskrižje s kružnim tokom prometa

Razina usluge je mnogo bolja, gdje se bilježi poboljšanje s LOS F na LOS B na zapadnom privozu. Kružnim raskrižjem bi se smanjio broj konfliktnih točki sa 75 na minimalnih 10, čime bi se sigurnost prometa dovela na zavidnu razinu. Osim svega navedenog

zmanjšanem brzina prometovanja vozila zbog izgradnje raskrižja s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje) znatno bi se smanjile težine nesreća ukoliko bi došlo do njih.



Slika 32. Prikaz raskrižja s kružnim tokom prometa putem PTV Vissim

7. ZAKLJUČAK

Detaljnom analizom raskrižja Ulica Braće Radić, Zrinsko Frankopanske i Gojka Šuška te raskrižja Stolačke ceste i Magistralnog puta M17 uočen je velik broj nedostataka, što uzrokuje velik broj prometnih nesreća ali i zagušenja na promatranim raskrižjima. Raskrižja su dijelovi cestovne mreže na kojima se povezuju dvije ili više prometnica, a prometni tokovi se spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću. Prometni postupci u području samog raskrižja su dosta složeniji od sličnih na otvorenim dijelovima trase, a zbog intenzivnih promjena smjera kretanja vozila propusna moć i sigurnost odvijanja prometa su znatno smanjeni.

Analizom postojećeg stanja uočeni su nedostaci prometno-tehničkih elemenata raskrižja. Nedostaci su nedovoljna preglednost, velike brzine kretanja, nejasna i nepotpuna vertikalna i horizontalna signalizacija što uzrokuje nemogućnost jasnog prepoznavanja prednosti prolaska. Svi prethodno navedeni nedostaci uvelike utječu na sigurnosne elemente i uzrokuju velik broj prometnih nesreća na promatranim raskrižjima. Najčešći uzrok nastanka prometnih nesreća je oduzimanje prednosti prolaska i pogrešno prestrojavanje vozila zbog nepostojeće horizontalne signalizacije na oba analizirana raskrižja. Nakon detaljne analize kritičnih raskrižja i postojećeg stanja cijele zone obuhvata obavljeno je brojanje prometa na raskrižjima da bi se dobio uvid o broju vozila i strukturi prometnog toka. U diplomskom radu grafički je prikazan broj vozila na svakom privozu i obavljane radnji skretanja kako u jutarnjim tako i u poslijepodnevnim vršnim satima. Uzevši u obzir sve podatke nakon detaljne analize postojećeg stanja i brojanja prometa uz sve uočene nedostatke predložena su varijantna rješenja u svrhu povećanja sigurnosti i propusne moći promatrane zone obuhvata.

Na raskrižju Ulica Braće Radić, Zrinsko Frankopanske i Gojka Šuška predložena je izgradnja jednotračnog raskrižja s kružnim tokom prometa s četiri dvotračna dvosmjerna privoza. Predlaže se uklanjanje postojećih parkirnih mjesta koja se nalaze neposredno ispred raskrižja, a uvelike smanjuju preglednost i njihovo iscertavanje na odgovarajućoj udaljenosti.

Za raskrižje Stolačke ceste i magistralnog puta M17 predložena su dva varijantna rješenja u vidu semaforiziranog i četverokrakog raskrižja s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje) s posebnim trakom za desne skretače na sjevernom privozu. Za oba varijantna

rješenja potrebno je obavljati građevinske radove ali s financijskog gledišta semaforizirano raskrižje bi bilo pogodnije. Na temelju svih ulaznih podataka, simulacija odvijanja prometa, analizom prikupljenih podataka korištenjem programskih alata Sidra Intersection, PTV Vissim i Expert Choice odabrana je optimalna varijanta. Odabrana varijanta je izgradnja četverokrakog raskrižja s kružnim tokom prometa s posebnim trakom za desne skretače na sjevernom privozu, čime bi se uvelike smanjio broj konfliktnih točaka, jer su cilj i svrha diplomskog rada povećanje sigurnosti prometa i propusne moći na analiziranim raskrižjima.

LITERATURA

- [1] Preuzeto sa: <https://capljina.ba/wp-content/uploads/2018/01/Strategija-razvoja-opcine-Capljina-2017-2027.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [2] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta/Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [3] Cerovac V. Tehnika i sigurnost prometa. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2001.
- [4] Završni rad, Automatsko brojanje putnika u javnom gradskom prijevozu, Davor Murgić, 15.09.2015
- [5] Luburić G. Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I., Radni materijali za predavanje: Fakultet prometnih znanosti; Zagreb, 2018.
- [6] Preuzeto sa: <https://www.prometna-zona.com/> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [7] Piha, B.: Prostorno planiranje, Beograd, 1973
- [8] Cvitanović, D.: Prometna tehnika, autorizirana predavanja, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split.
- [9] Padjen, J.: Osnove prometnog planiranja, Informator, Zagreb, 1986
- [10] Barić, D.: Model planiranja prometno-tehnoloških projekata u funkciji razvoja željeznice (doktorska disertacija), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [11] Barić, D.: Nastavni materijali iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2019/2020
- [12] Kovačić, B.: Višekriterijsko odlučivanje u prometu (magistarski rad), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.
- [13] Preuzeto sa: PTV User Manual, Karlsruhe, Njemačka 2020
- [14] Novačko L.: Modeliranje i planiranje u cestovnom prometu, autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, akad.god. 2016/2017
- [15] Preuzeto sa: <https://www.sidrasolutions.com/> [Pristupljeno: srpanj 2020.]

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1. Prikaz makrolokacije..... | 5 |
| Slika 2. Prikaz mikrolokacije raskrižja 1 | 6 |
| Slika 3. Prikaz mikrolokacije raskrižja 2 | 7 |
| Slika 4. Prikaz raskrižja 1..... | 12 |
| Slika 5. Opterećenje u jutarnjem vršnom satu..... | 13 |
| Slika 6. Opterećenje u poslijepodnevnom vršnom satu | 14 |
| Slika 7. Prikaz raskrižja..... | 15 |
| Slika 8. Opterećenje u jutarnjem vršnom satu..... | 17 |
| Slika 9. Opterećenje u poslijepodnevnom vršnom satu | 18 |
| Slika 10. Razina usluge (LOS) za slučaj semaforiziranog i nesemaforiziranog raskrižja | 21 |
| Slika 11. Postojeće stanje raskrižja Ulice Braće Radić, Ulice Zrinsko Frankopanske i Ulice Gojka Šuška..... | 22 |
| Slika 12. Analiza prometnih tokova uporabom simulacijskog alata SIDRA | 23 |
| Slika 13. Postojeće stanje raskrižja Stolačke ceste i magistralnog puta M17 | 24 |
| Slika 14. Analiza prometnih tokova uporabom simulacijskog alata SIDRA | 25 |
| Slika 15. Prijedlog rješenja raskrižja 1 | 26 |
| Slika 16. Prijedlog rješenja raskrižja 2.1-semaforizirano raskrižje..... | 27 |
| Slika 17. Prijedlog rješenja raskrižja 2.2- raskrižje s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje) | 29 |
| Slika 18. Višekriterijsko odlučivanje [11]..... | 32 |
| Slika 19. Hijerarhijska struktura AHP modela | 34 |
| Slika 20. Saaty-eva skala važnosti | 34 |
| Slika 21. Izbor optimalne varijante sa svim kriterijima i podkriterijima u Expert Choice-u ... | 36 |
| Slika 22. Prikaz Dynamic grafa za predložena varijantna rješenja | 37 |
| Slika 23. Provjera odabranog rješenja raskrižja 1 pomoću SIDRA INTERSECTION | 39 |
| Slika 24. Provjera odabranog rješenja raskrižja 1 pomoću PTV Vissim | 40 |
| Slika 25. Provjera odabranog semaforiziranog rješenja raskrižja 2 pomoću SIDRA INTERSECTION | 41 |
| Slika 26. Prikaz faza semaforiziranog raskrižja | 42 |
| Slika 27. Prikaz signalnog plana semaforiziranog varijantnog rješenja..... | 42 |
| Slika 28. Duljina repa čekanja (m)..... | 43 |
| Slika 29. Brzine kretanja vozila na semaforiziranom raskrižju (km/h)..... | 44 |
| Slika 30. Prikaz semaforiziranog raskrižja putem PTV Vissim..... | 44 |
| Slika 31. Provjera odabranog rješenja raskrižja 2 pomoću SIDRA INTERSECTION-raskrižje sa kružnim tokom prometa..... | 45 |
| Slika 32. Prikaz raskrižja s kružnim tokom prometa putem PTV Vissim..... | 46 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1 Pa-jedinice | 10 |
| Tablica 2 Rezultati brojanja raskrižja 1 | 11 |
| Tablica 3 Prikaz rezultata brojanja prometa raskrižja 2 | 14 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|--|----|
| Grafikon 1 Prikaz rezultata brojanja prometa raskrižja 1 grafikonom..... | 12 |
| Grafikon 2 Prikaz rezultata brojanja prometa raskrižja 2 grafikonom..... | 16 |

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Postojeće stanje raskrižja 1

Prilog 2. Prijedlog rješenja raskrižja 1

Prilog 3. Postojeće stanje raskrižja 2

Prilog 4. Prijedlog rješenja raskrižja 1-semaforizirano raskrižje

Prilog 5. Prijedlog rješenja raskrižja 1- raskrižje s kružnim tokom prometa (RKT-raskrižje)

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI