

Idejno rješenje nove regulacije i optimizacije prometnih tokova na raskrižjima u Gradu Đurđevcu

Špoljarić, Marko

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:119:610824>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-05**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marko Špoljarić

IDEJNO RJEŠENJE NOVE REGULACIJE I OPTIMIZACIJE
PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJIMA U GRADU ĐURĐEVCU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

Zagreb, 5. svibnja 2021.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6226

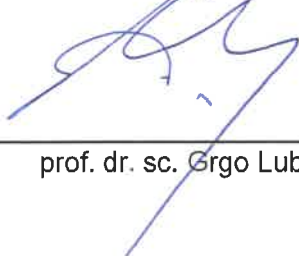
Pristupnik: **Marko Špoljarić (0296015837)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Idejno rješenje nove regulacije i optimizacije prometnih tokova na raskrižjima u Gradu Đurđevcu**

Opis zadatka:

U diplomskom radu definirat će se područje obuhvata u gradu Đurđevcu, uključujući makro lokaciju te mikro lokaciju raskrižja. Analizom postojećeg stanja te analizom prometne infrastrukture, utvrditi će se problemi regulacije prometa i odvijanja prometnih tokova. Nakon toga, biti će prikazani podatci brojanja prometa te će se izraditi analiza prometne potražnje u budućnosti. Na temelju tih analiza navesti će se prijedlozi idejnih rješenja nove regulacije i optimizacije prometnih tokova. Pomoću simulacijskog alata PTV Vissima odredit će se razina usluge postojećih stanja raskrižja i predloženih idejnih rješenja te će se prikazati evaluacija tih rezultata. Nakon evaluacije odredit će se optimalna rješenja za svako pojedino raskrižje.

Mentor:



prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**IDEJNO RJEŠENJE NOVE REGULACIJE I OPTIMIZACIJE
PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJIMA U GRADU ĐURĐEVACU**

**NEW TRAFFIC REGULATION DESIGN AND TRAFFIC FLOW
OPTIMIZATION AT INTERSECTIONS IN THE TOWN OF
ĐURĐEVAC**

Mentor: Prof.dr.sc. Grgo Luburić

Student: Marko Špoljarić

JMBAG: 0296015837

Zagreb, rujan 2021.

Idejno rješenje nove regulacije i optimizacije prometnih tokova na raskrižjima u gradu Đurđevcu

SAŽETAK:

U diplomskom radu predložena je optimizacija prometnih tokova na raskrižjima u gradu Đurđevcu. Definirana su područja obuhvata raskrižja na širem i užem području grada. Provedenom analizom postojećeg stanja prometa i prometne infrastrukture utvrđeni su problemi na navedenim raskrižjima. Provedeno je brojanje prometa te analiza prometne potražnje u budućnosti, nakon utvrđenog prometnog opterećenja i prometnih tokova predložena su idejna rješenja na promatranim raskrižjima. U simulacijskom alatu PTV Vissim-u izvršila se simulacija postojećeg stanja i predloženih rješenja. Na temelju rezultata simulacije provedena je evaluacija rezultate te su predložena optimalna rješenja za svako navedeno raskrižje.

KLJUČNE RIJEČI:

prometni tokovi, analiza prometa, idejno rješenje, PTV Vissim, evaluacija

SUMMARY:

In graduate thesis, there is suggested optimization of traffic flows on the intersections in the city of Đurđevac. It defines areas of intersections that covers both, narrowly and widely area of the city. By conducted analysis of the current state of traffic, and traffic infrastructure, problems have been identified at these intersections. Due to conduction of the traffic count and traffic demand in the future, after determinated traffic overload, conceptual solutions have been suggested on the observated intersections. In the simulation tool PTV Vissim, simulation of the current state has been executed along with suggested solutions. Based on the result of the simulation, evaluation was conducted, and optimal solutions for each specified intersection was suggested.

KEY WORDS :

traffic flows, traffic analysis, conceptual solution, PTV Vissim, evaluation

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Definiranje zone obuhvata	3
2.1. Definiranje šire zone obuhvata	3
2.2. Definiranje uže zone obuhvata.....	4
3. Analiza postojećeg stanja	8
3.1. Analiza postojeće infrastrukture cestovnog prometa.....	8
3.2. Analiza postojećih prometnih tokova.....	18
4. Analiza prometne potražnje u budućnosti	33
4.1. Prognoza prometa na raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43.....	34
4.2. Prognoza prometa na raskrižje D2 – Vinogradska ulica	36
5. Prijedlozi idejnih rješenja	38
5.1. Prijedlog idejnog rješenja na raskrižju 1 i 2	39
5.2. Prijedlog idejnog rješenja na raskrižju 3.....	43
6. Simulacija predloženih rješenja u PTV Vissim-u	45
6.1. Simulacija predloženih rješenja na raskrižju 1	47
6.2. Simulacija predloženih rješenja na raskrižju 3	51
7. Evaluacija rezultata simulacijskog alata prije i poslije rekonstrukcije.....	54
7.1. Evaluacija rezultata simulacije raskrižja 1	55
7.2. Evaluacija rezultata simulacije raskrižja 3	56
8. Zaključak	58
Literatura	59
Popis slika	60
Popis tablica	61
Popis grafikona.....	62
Popis priloga	63

1. Uvod

Promet je bitan čimbenik razvoja i funkcioniranja ljudskog društva. Gospodarstvo, kultura i životni standard ovise o prometnoj povezanosti, a razvoj prometne tehnologije ukinuo je prostornu izoliranost. Povećanje gustoće naseljenosti i razvoj gradova dovode do stalnog porasta prometa što uzrokuje određene probleme na cestovnim infrastrukturama. Neki od problema su ugrožavanje sigurnosti, stvaranje repova čekanja, smanjena razina usluge i slično.

Đurđevac je grad u sjeveroistočnoj Hrvatskoj kroz koji prolaze dva državna magistralna pravca: tzv. Podravska magistrala i državna cesta D43. Navedeni magistralni pravci povezuju grad sa istočnom i sjevernom Hrvatskom te zbog toga veliki broj vozila prolazi kroz grad što uzrokuje probleme.

Tema ovog diplomskog rada je Idejno rješenje nove regulacije i optimizacije prometnih tokova na raskrižjima u gradu Đurđevcu. Svrha navedenog rada je prikazati postojeće stanje odvijanja prometa na raskrižjima u gradu Đurđevcu te prikazati nedostatke prilikom odvijanja prometa i njegove negativne posljedice na odvijanje prometnih tokova, a ciljevi istraživanja su odrediti optimalna idejna rješenja kojima bi se uklonili postojeći nedostaci te povećala sigurnost odvijanja prometnih tokova.

Rad se sastoji od osam poglavlja:

1. Uvod
2. Definiranje zona obuhvata
3. Analiza postojećeg stanja (prometna infrastruktura, prometni tokovi, geoprometni položaj)
4. Analiza prometne potražnje u budućnosti
5. Prijedlozi idejnih rješenja
6. Simulacija predloženih rješenja u PTV Vissim-u
7. Evaluacija rezultata simulacijskog alata prije i poslije rekonstrukcije
8. Zaključak

Drugo poglavlje opisuje užu i širu zonu obuhvata. Uža zona predstavlja sam položaj raskrižja, dok šira zona predstavlja položaj grada Đurđevca.

U trećem poglavlju analizirano je postojeće stanje predmetnih raskrižja. Također, analizirana je prometna infrastruktura, prometni tokovi te geoprometni položaj. Prometni tokovi analizirani su pomoću brojanja prometa.

U četvrtom poglavlju napravljena je prognoza prometa za buduća razdoblja od 5, 10 i 15 godina.

Peto poglavlje opisuje prijedloge idejnih rješenja za rekonstrukciju postojećih raskrižja. Analizom postojećeg stanja utvrđeno je da dolazi do ugrožavanja sigurnosti prometovanjem raskrižjima te će predložena idejna rješenja ukloniti postojeće probleme.

Šesto poglavlje sastoji se od simulacije postojećih stanja i predloženih idejnih rješenja navedenih raskrižja u simulacijskom alatu PTV Vissim-u. Biti će prikazani izlazni parametri simulacija koji će se kasnije koristiti za evaluaciju.

U sedmom poglavlju izvršena je evaluacija izlaznih parametara simulacije postojećih i predloženih rješenja te će se odabrati optimalno idejno rješenje na temelju izlaznih parametara.

2. Definiranje zone obuhvata

Predmetna raskrižja nalaze se na području grada Đurđevca koji je smješten u sjeveroistočnoj Hrvatskoj, a u upravno-administrativnom pogledu pripada Koprivničko-križevačkoj županiji. Područje grada Đurđevca ima površinu od 157 km², a prema popisu stanovništva iz 2011. godine na području grada Đurđevca živi 8 264 stanovnika. Grad se sastoji od gradskog naselja Đurđevac i sljedećih prigradskih naselja (slika 1.) : Budrovac, Čepelovac, Grkine, Mičetinac, Sirova Katalena, Severovci, Suha Katalena i Sveta Ana. [1]

U prometno-geografskom smislu Đurđevac je položen uz Podravsku magistralu, koja povezuje Varaždin i Osijek te predstavlja čvorište magistrale prema Bjelovaru i Zagrebu. Danas je Đurđevac udaljen sat i pol vremena vožnje automobilom od Zagreba, a manje od pola sata vožnje od regionalnih središta Koprivnice, Bjelovara i Virovitice, dok je do graničnog prijelaza s Mađarskom Gola potrebno pola sata. [1]

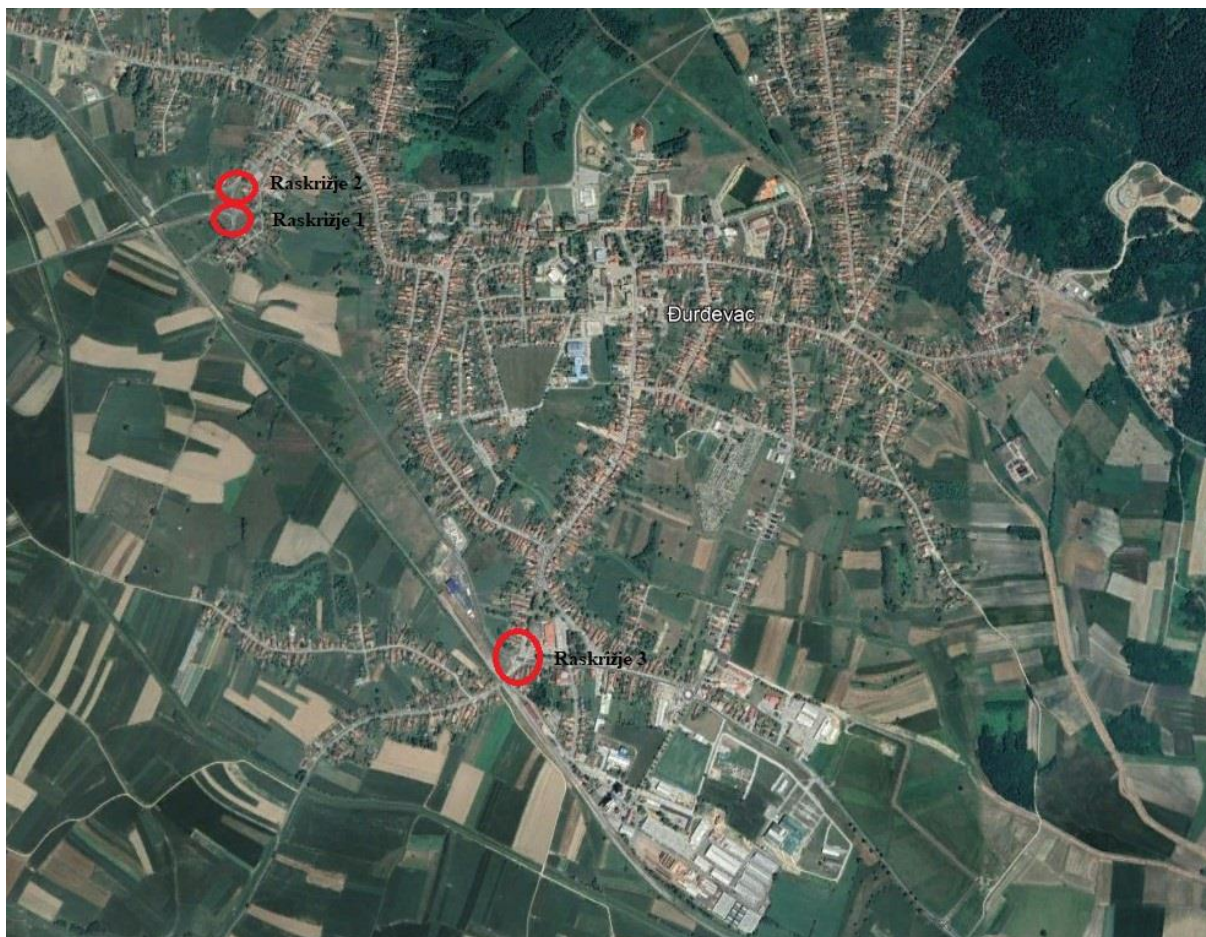


Slika 1. Đurđevačka naselja

Izvor: [2]

2.1. Definiranje šire zone obuhvata

Šira zona obuhvata definira lokaciju predmetnih raskrižja kao i položaj značajnih prometnica u odnosu na ukupno područje. Šira zona obuhvata predstavlja grad Đurđevac te njegova prigradska naselja.



Slika 2. Položaj raskrižja u gradu Đurđevcu

Izvor: [3]

Na slici 2. prikazana su predmetna raskrižja na području grada Đurđevca. Raskrižje Bjelovarske ulice – Ulica Pavla Radića – D43 (raskrižje 1) i raskrižje Bjelovarska ulica (raskrižje 2) se nalaze u sjeverozapadnom dijelu Đurđevca, dok se raskrižje D2 – Vinogradska ulica (raskrižje 3) nalazi u južnom dijelu Đurđevca.

2.2. Definiranje uže zone obuhvata

Uže područje obuhvata predstavlja položaj ili prometnicu na manjem području promatrane prometne mreže. Na slici 3. prikazana je uža zona raskrižja Bjelovarske ulice – Ulica Pavla Radića – D43. Navedeno raskrižje je jedno od većih raskrižja u gradu Đurđevcu. Iz južnog privoza, kroz raskrižje, u zapadni privoz se proteže državna cesta D43, na istočnom privozu nalazi se Ulica Pavla Radića, a na sjevernom privozu Bjelovarska ulica.



Slika 3. Uže područje raskrižja 1.

Izvor: [3]

Na slici 4. prikazano je raskrižje Bjelovarska ulica koje se sastoji od tri privoza. Bjelovarska ulica se proteže iz smjera juga u smjer sjeveroistoka čineći tako sjeverni privoz navedenom raskrižju Bjelovarske ulice – Ulica Pavla Radića – D43, istočni privoz čini Bjelovarska.

Raskrižja 1 i 2 nalaze se u sjeverozapadnom dijelu grada Đurđevca u kojem prevladavaju kućanstva. Od značajnijih atraktora u užoj zoni raskrižja nalazi se dječji park te nekoliko poslovnih objekata.



Slika 4. Uže područje raskrižja 2.

Izvor: [3]

Uže područje prikazano na slici 5. odnosi se na raskrižje D2 – Vinogradska ulica. Navedeno raskrižje je najveće raskrižje u gradu Đurđevcu. Iz istočnog privoza kroz raskrižje u zapadni privoz se proteže državna cesta D2, a iz južnog privoza kroz raskrižje se proteže Vinogradska ulica koja povezuje centar grada sa južnim dijelom grada i okolnim naseljima Čepelovac, Mičetinec i Budrovac. U užoj zoni raskrižja se nalaze autobusni i željeznički kolodvori te trgovački centar Lidl, koje predstavljaju značajni atraktor putovanja na ovom području.



Slika 5. Uže područje raskrižja 3.

Izvor: [3]

3. Analiza postojećeg stanja

Analiza postojećeg stanja predstavlja analizu svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa. Analiza postojeće situacije nekog prometnog sustava bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno stanje na analiziranim prometnicama, bez obzira radi li se samo o korekcijskim zahvatima ili nekom većem investicijskom zahvatu. [4]

Da bi se dobila stvarna situacija odvijanja prometa na području grada Đurđevca potrebno je izvršiti analizu postojećeg stanja koja obuhvaća sve relevantne elemente za provođenje prometnog procesa. Analiza relevantnih elemenata bitna je jer se njome utvrđuje nedostatak odvijanja prometnih tokova, pri čemu se jednostavnije utvrđuju i nameću rješenja za primjenu novih rješenja koja će značajno utjecati na poboljšanje prometnih tokova na navedenom području.

Za potrebe kreiranja idejnog prometnog rješenja provedena je analiza postojećeg stanja koja se temelji na [4] :

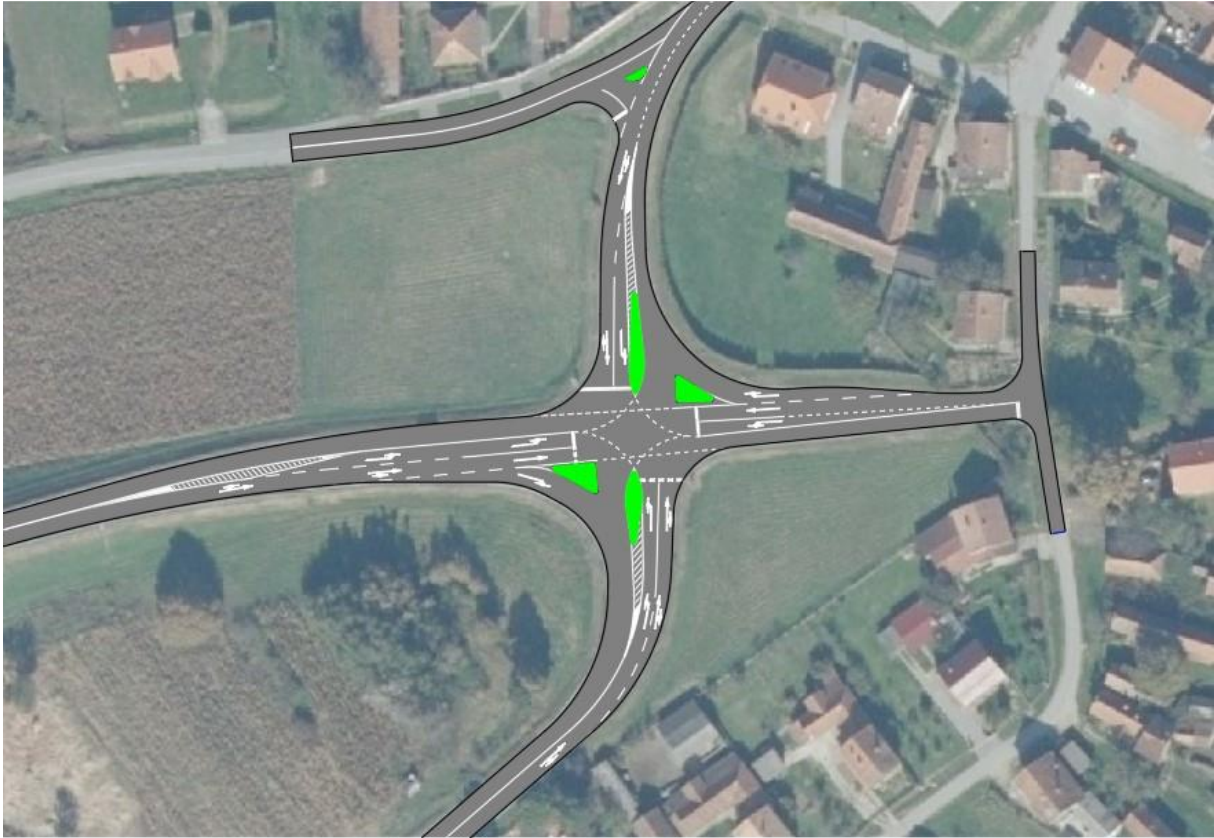
- ◀ analizi postojeće infrastrukture cestovnog prometa
- ◀ analizi postojećih prometnih tokova

3.1. Analiza postojeće infrastrukture cestovnog prometa

Infrastrukturu cestovnog prometa čine sve vrste i kategorije cesta uključivši i cestovne objekte kao što su mostovi, nadvožnjaci i slično, zatim cestovna raskrižja, prometna signalizacija i parkirališne površine. Analiza u sklopu prometne studije obuhvaća vizualnu analizu općeg stanja te dimenzija svih elemenata prometnice (kolnik, bankina, nogostup, biciklističke staze, rigoli i ostalo). Poseban naglasak stavlja se na analizu prometne signalizacije i prometne opreme, te njena preglednost iz perspektive vozača. [4]

Raskrižje Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43 je četverokrakog tipa, raskrižje je regulirano prometnim znakom prava prednosti. Glavni smjer čine zapadni i istočni privoz (D43), a sporedni smjer čine sjeverni (Bjelovarska ulica) i istočni (Ulica Pavla Radića) privozi. Stanje asfaltnog zastora na ovom raskrižju je na zadovoljavajućoj razini, horizontalna i vertikalna signalizacija je pravilno postavljena. Prikaz postojećeg stanja prikazan je na slici 6.

Raskrižje Bjelovarska ulica je trokrako raskrižje nepravilnog „T“ oblika. Regulacija prometa uređena je pomoću prometnih znakova, glavni smjer se proteže od juga prema sjeveroistoku. Na slici 6. prikazano je postojeće stanje.



Slika 6. Prikaz postojećeg stanja raskrižja 1. i 2.

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

Južni privoz se nalazi na glavnoj cesti te se sastoji od dvije prometne trake, desna traka namijenjena je za ravno i lijevo, lijeva traka namijenjena je za skretanje ulijevo. Širina prometnih traka na ovom privozu su 3,25 metara. Suprotni smjer se sastoji od jedne prometne trake širine 5,5 metara, odvojen je središnjim razdjelnim otokom. Na slici 7. prikazan je južni privoz.



Slika 7. Južni privoz raskrižja 1.

Izvor: [3]

Sjeverni privoz se nalazi na sporednoj cesti te je prikazan na slici 8. Sastoji se od dvije prometne trake širine 3,25 metara. Lijeva traka namijenjena je za skretanje ulijevo, a desna prometna traka namijenjena je za ravno i desno. Suprotni smjer je odvojen središnjim razdjelnim otokom te se sastoji od jedne prometne trake širine 3 metra.



Slika 8. Južni privoz raskrižja 1.

Izvor: [3]

Zapadni privoz nalazi se na glavnoj cesti te se sastoji od tri prometne trake, lijeva je namijenjena za lijevo, središnja traka za ravno dok za skretanje u desno traka je odvojen prometnim otokom. Širina prometnih traka za ravno i lijevo iznosi 3,25 metara, a traka za skretanje u desno iznosi 5,5 metara. Ovaj privoz nije fizički odvojen od suprotnog smjera, nego je odvojen središnjom razdjelnom crtom, a suprotni smjer se sastoji od jedne prometne trake širine 3,25 metara. Zapadni privoz prikazan je na slici 9.



Slika 9. Zapadni privoz raskrižja 1.

Izvor: [3]

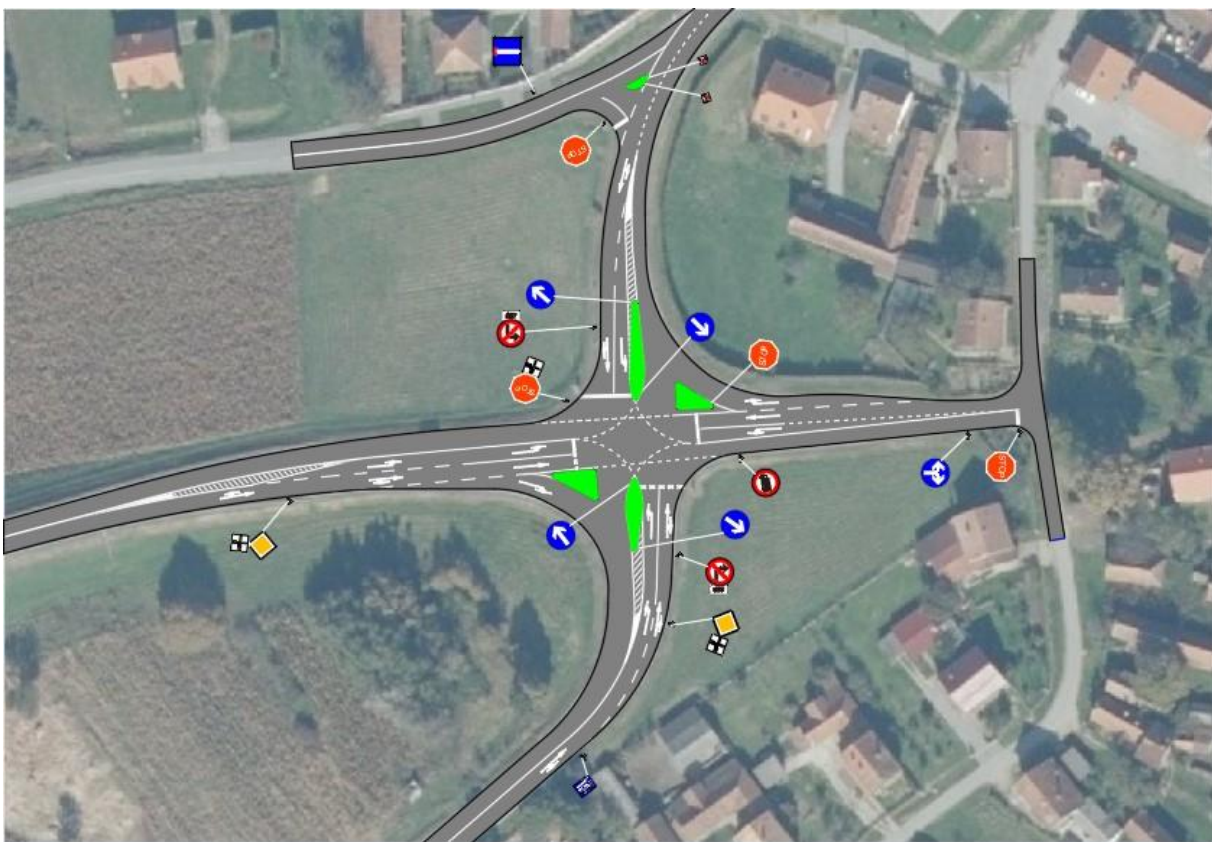
Istočni privoz sastoji se od tri prometne trake. Kao i na zapadnom privozu, lijevi trak je za skretanje u lijevo, središnja traka za ravno dok je traka za desno odvojena razdjelnim otokom. Širina prometnih traka za ravno i lijevo iznosi 3,25 metara dok za desno iznosi 5,5 metara. Suprotni smjer se sastoji od jedne prometne trake širine 3 metra te je odvojen od suprotnog smjera središnjom razdjelnom crtom. Slika 10. prikazuje istočni privoz.



Slika 10. Istočni privoz raskrižja 1.

Izvor: [3]

Na navedenom raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43 javljaju se problemi sa regulacijom prometa, koje rezultiraju konfliktne situacije i ugrožavanje sigurnosti. Raskrižje je regulirano znakom prava prednosti prolaska, sva vertikalna i horizontalna signalizacija je pravilno postavljena (slika 11., prilog 1.). Analizom postojećeg stanja utvrđeno je da na raskrižju svakodnevno dolazi do ugrožavanja sigurnosti zbog ne poštivanja regulacije prometa na južnom privozu, koji se nalazi na glavnoj cesti te ima pravo prednosti prolaska nad ostalim privozima. Vozači koji dolaze u raskrižje sa južnog privoza propuštaju vozače sa sporednih privoza te to dovodi do konfliktnih situacija jer se ne poštuje znak prava prednosti prolaska.



Slika 11. Postojeće stanje raskrižja 1. i 2. sa vertikalnom signalizacijom

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

Drugo predmetno raskrižje Bjelovarska ulica se sastoji od tri privoza, glavni smjer se proteže od južnog privoza prema sjeveroistočnom privozu. Glavni smjer se sastoji od dvije prometne trake za svaki smjer, širina prometnih traka iznosi 3 metra. Prometne trake su odvojene središnjom razdjelnom crtom. Sporedni privoz čini slijepa ulica dužine 250 metara te se sastoji od dvije prometne trake za svaki smjer. Prometne trake za svaki smjer su širine 3 metra.



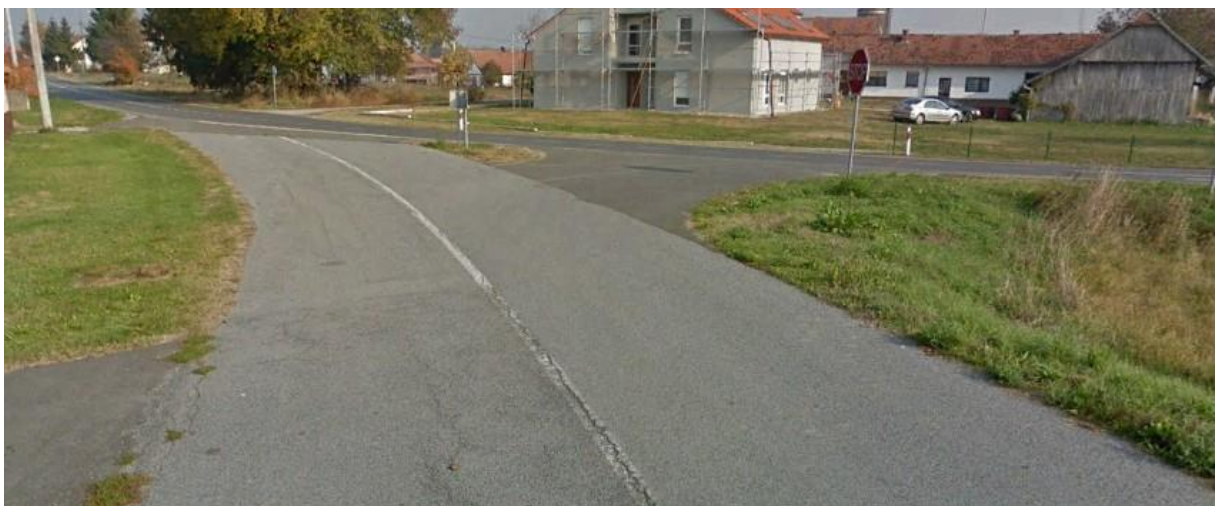
Slika 12. Južni privoz raskrižja 2.

Izvor: [3]



Slika 13. Sjeveroistočni privoz raskrižja 2.

Izvor: [3]



Slika 14. Sporedni privoz raskrižja 2.

Izvor: [3]

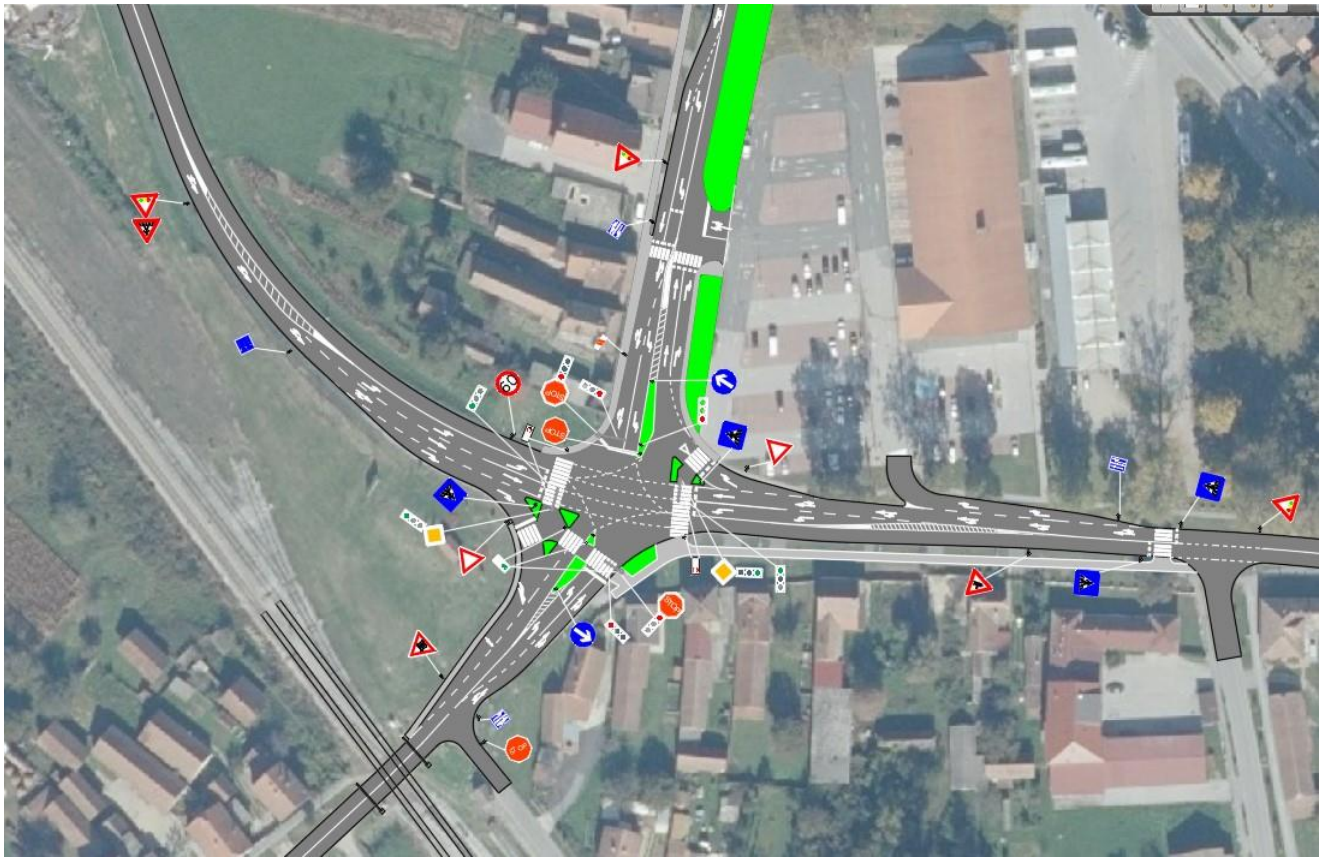
Na analiziranom raskrižju javlja se problem vezan za ulaz i izlaz vozila s glavnog i sporednog privoza. Vozila sa sporednog privoza se mogu uključiti na glavni smjer na dva ulaza (slika 14.) te isto tako vozila sa glavnog privoza se mogu uključiti na sporedni privoz na dva ulaza (slika 12. i 13.). Na slici 15 prikazan je razlog zbog kojeg sporedni privoz ima dva ulaza to je izgrađeni nadvožnjak državne ceste D43 koji čini zapadni privoz na raskrižju 1. Dok se nadvožnjak nije izgradio, sporedni privoz na raskrižju 2 se spajao sa državnom cestom d43.



Slika 15. Prikaz nadvožnjaka državne ceste D43

Izvor: [3]

Raskrižje D2 – Vinogradska ulica je četverokrako semaforizirano raskrižje. Glavni smjer predstavlja državna cesta D2, odnosno istočni i zapadni privozi. Državna cesta D2 tzv. „Podravka magistrala“ je magistralni cestovni pravac kojim se kroz Podravinu povezuje Osijek sa Varaždinom. Stanje asfaltnog kolnika na ovom raskrižju je na zadovoljavajućoj razini, vertikalna signalizacija je propisno postavljena dok je horizontalna signalizacija na raskrižju istrošena. Prikaz postojećeg stanja sa vertikalnom i horizontalnom signalizacijom prikazano je na slici 16,(prilog 4.) [5].



Slika 16. Raskrižje D2 – Vinogradska sa vertikalnom i horizontalnom signalizacijom

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

Istočni privoz se sastoji od četiri prometne trake od kojih jedna prometna traka čini ulaz na parkiralište trgovačkog centra Lidl. Ostale tri prometne trake namijenjene su za svaki smjer, lijeva traka namijenjena je za skretanje ulijevo, središnja traka namijenjena je za ravno dok je traka za desno odvojena razdjelnim otokom. Širina prometnih traka za ravno i lijevo iznosi 3,5 metara, a traka za desno 5,5 metara. Suprotni smjer ovog privoza se sastoji od jedne prometne trake širine 3,5 metara te je odvojen središnjom razdjelnom crtom. Istočni privoz prikazan je na slici 17.



Slika 17. Istočni privoz raskrižja 3.

Zapadni privoz, kako je prikazano na slici 18., sastoji se od tri prometne trake, po jedna za svaki smjer. Konkretno, lijeva prometna traka za skretanje ulijevo, središnja traka za ravno dok je desna traka odvojena razdjelnim otokom. Širina prometnih traka na zapadnom privozu iznose isto kao i na istočnom privozu tj. za ravno i lijevo 3,5 metara, a za desno 5,5 metara. Suprotni smjer ima jednu prometnu traku širine 3,5 metara i odvojen je od suprotnog smjera središnjom razdjelnom crtom.



Slika 18. Zapadni privoz raskrižja 3.

Izvor: [3]

Sjeverni privoz se sastoji od dvije prometne trake širine 3,25 metara. Lijeva traka namijenjena je za skretanje ulijevo, a desna prometna traka za ravno i desno. Suprotni smjer odvojen je razdjelnim otokom te se sastoji od dvije prometne trake. Lijeva traka namijenjena je

za ravno dok desna traka služi za ulaz na parkiralište trgovačkog centra Lidl. Širina traka za suprotni smjer iznosi 3 metra. Sjeverni privoz prikazan je na slici 19.



Slika 19. Sjeverni privoz raskrižja 3.

Izvor: [3]

Južni privoz sastoji se od dvije prometne trake, lijeva traka namijenjena je za skretanje ulijevo dok je desna traka namijenjena za ravno i desno. Širina prometnih traka iznosi 3.25 metara. Kao i na sjevernom privozu suprotni smjer odvojen je razdjelnim otokom te ima dvije prometne trake. Lijeva traka namijenjena je za kretanje ravno dok desna prometna traka služi za vozila koja dolaze iz zapadnog privoza u južni privoz. Širina prometnih traka iznosi 3 metra. Istočni privoz prikazan je na slici 20. Na južnom privozu nalazi se željezničko-cestovni prijelaz kroz koji prolazi željeznička pruga Varaždin – Dalj (slika 21.)



Slika 20. Južni privoz raskrižja 3.

Izvor: [3]



Slika 21. Željezničko – cestovni prijelaz

Izvor: [3]

Problematika navedenog raskrižja je stvaranje repova čekanja u vršnim opterećenjima na sporednim privozima, posebice na sjevernom privozu na kojem se nalazi ulaz i izlaz sa parkirališta trgovačkog centra Lidl koji predstavlja objekt s velikim brojem kupaca što predstavlja problem.

3.2. Analiza postojećih prometnih tokova

Brojanje prometa predstavlja osnovu za planiranje prometa. Brojanjem prometa dobiva se uvid u trenutno stanje prometa, na osnovu čega se procjenjuje potreba za rekonstrukcijom, izgradnjom novih prometnica ili poboljšanjem postojećeg stanja prometnica i raskrižja. [6]

Brojanje prometa se općenito provodi ili ručno ili automatskim metodama. S tehnološkim razvojem broj novih metoda brzo nastaje (video i nove tehnologije). Izbor metode ovisi o informaciji koju želimo imati, o dužini brojanja prometa i o raspoloživim financijskim sredstvima pa se tako mogu navesti osnovne metode:

- ⟨ metoda ručnog brojanja prometa,
- ⟨ metoda automatskog brojanja prometa,
- ⟨ naplatno brojanje prometa,
- ⟨ brojanje vozila na parkirališnim površinama,
- ⟨ brojanje vozila prevezenih trajektima [7].

Brojanje prometa treba planirati kada su uvjetima koji su pogodni i relevantni za promatrano područje:

- ◁ u poslovnim područjima za vrijeme radnog dana u tjednu,
- ◁ u ljetu na rekreacijskim rutama,
- ◁ tijekom zime vikendom za rutu koja povezuje skijalište, itd.

Pri planiranju brojanja prometa potrebno je utvrditi da normalni prometni uvjeti nisu ometeni događajima kao što je:

- ◁ rekonstrukcija ceste,
- ◁ važan kulturni događaj,
- ◁ posebna regulacija prometa zbog državnog sastanka, i drugo [7].

Za potrebe diplomskog rada za brojanja prometa korištena je metoda ručnog brojanja prometa. Prednosti ove metode od ostalih su da daje rezultate o broju vozila, strukturi prometnog toka, smjerovima kojima se vozila kreću unutar te da brojitelji mogu zapaziti određene anomalije prilikom brojanja i zabilježiti ih (prometne nesreće, kvar semafora i sl.) Nedostatak ručnog brojanja prometa je potreba za obukom ljudi koji će provoditi samo brojanje, u slučaju da je potrebno obraditi u istom vremenu veći broj lokacija potreban je veći broj ljudi, umor i distrakcija utječu na točnost podataka (nemoguće je dobiti potpuno točne rezultate), također tu je i ovisnost o vremenskim uvjetima [7].

Brojanje prometa provedeno je na raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43 i raskrižju D2 – Vinogradska ulica u jutarnjem vremenskom razdoblju između 06:00 – 09:00 sati te u popodnevnom vremenskom razdoblju između 14:00 – 17:00. Brojanje prometa izvršeno je upisom svih vrsta vozila i pješaka u brojačke listiće u intervalima od 15 minuta u svakom satu.

Na raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43(raskrižje 1) brojanje prometa obavljeno je 13.05.2021. (četvrtak). Najveće satno opterećenje na raskrižju izbrojano je u vremenskom razdoblju između 15:00 – 16:00 sati koje je iznosilo 577 voz/h.

Tablica 1. Rezultati brojenja prometa na južnom privozu..

Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	JUG-ISTOK	0' - 15'	2				
		15' - 30'	1				
		30' - 45'	5				
		45' - 60'	2				
	Sveukupno vozila			10			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	JUG-SJEVER	0' - 15'	5		2		
		15' - 30'	7	2	1		
		30' - 45'	6				
		45' - 60'	4	2	1		
	Sveukupno vozila			30			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	JUG-ZAPAD	0' - 15'	26	5	2		
		15' - 30'	15	4	1		1
		30' - 45'	10	6	4		
		45' - 60'	19	5	3		
	Sveukupno vozila			101			

Tablica 2. Rezultati brojenja prometa na istočnom privozu.

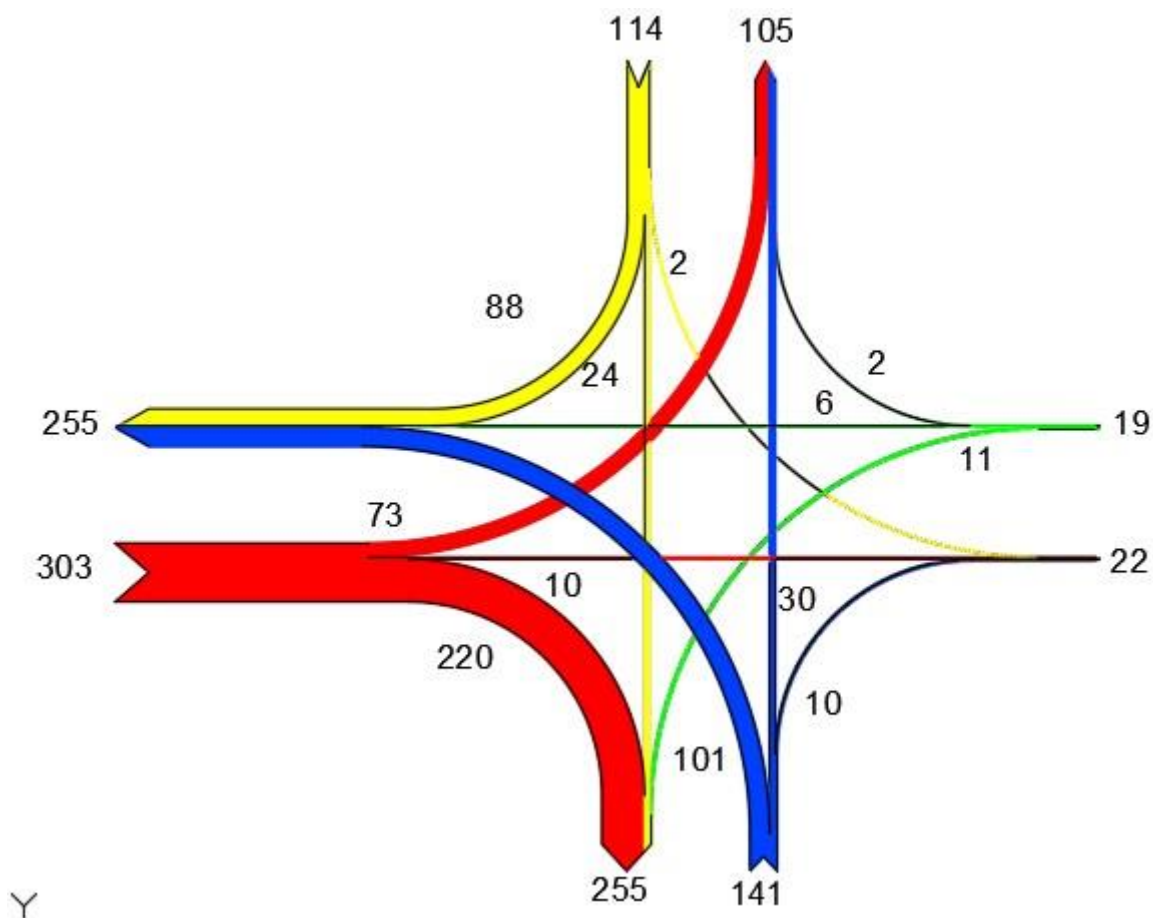
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ISTOK-JUG	0' - 15'	2				
		15' - 30'			1		
		30' - 45'	4				
		45' - 60'	4				
	Sveukupno vozila			11			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ISTOK- SJEVER	0' - 15'	1				
		15' - 30'					
		30' - 45'	1				
		45' - 60'					
	Sveukupno vozila			2			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ISTOK-ZAPAD	0' - 15'	1				
		15' - 30'			1		
		30' - 45'	1		1		
		45' - 60'	2				
	Sveukupno vozila			6			

Tablica 3. Rezultati brojenja prometa na sjevernom privozu.

Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	SJEVER-JUG	0' - 15'	4				
		15' - 30'	7	1			
		30' - 45'	5	1			
		45' - 60'	4		2		
	Sveukupno vozila		24				
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	SJEVER-ISTOK	0' - 15'	1				
		15' - 30'					
		30' - 45'					
		45' - 60'	1				
	Sveukupno vozila		2				
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	SJEVER-ZAPAD	0' - 15'	24		1		
		15' - 30'	19				
		30' - 45'	21		3	1	
		45' - 60'	18		1		
	Sveukupno vozila		88				

Tablica 4. Rezultati brojenja prometa na sjevernom privozu

Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ZAPAD-JUG	0' - 15'	42	2	5		
		15' - 30'	55	7	10		
		30' - 45'	32	11	6		
		45' - 60'	43	4	3		
	Sveukupno vozila		220				
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ZAPAD-ISTOK	0' - 15'	1		2		
		15' - 30'	1				
		30' - 45'	2		2		
		45' - 60'	1		1		
	Sveukupno vozila		10				
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ZAPAD-SJEVER	0' - 15'	19		3		
		15' - 30'	16	2	6		
		30' - 45'	11		2		
		45' - 60'	6	3	4		1
	Sveukupno vozila		73				



Slika 22. Distribucija prometnih tokova na raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

Prikaz distribucije i prometnog opterećenja na raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43 (slika 22.) tijekom popodnevno vršnog opterećenja u razdoblju između 15:00 – 16:00 sati. Najveće prometno opterećenje u vršnom satu odvija se na zapadnom privozu pri čemu s privoza čini 303 voz/h, dok na ulazu u privoz ima 255 voz/h. Najmanje prometno opterećenje odvija se na istočnom privozu.

Na raskrižju D2 – Vinogradska ulica brojanje prometa obavljeno je 31.5.2021. (ponedjeljak). Najveće satno opterećenje na raskrižju izbrojano je u vremenskom razdoblju između 15:00 – 16:00 sati koje je iznosilo 842 voz/h. Također je izvršeno i brojanje pješačkog prometa koje je prikazano u zasebnim tablicama. Brojanje pješačkog prometa izbrojano je na privozima istočni, zapadni i južni dok sjeverni privoz nema pješački prijelaz.

Tablica 5. Rezultati brojanja prometa na istočnom privozu.

Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ISTOK - SJEVER	0' - 15'	6		1		
		15' - 30'	5				
		30' - 45'	5				
		45' - 60'	3				
	Sveukupno vozila			20			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ISTOK - ZAPAD	0' - 15'	50	7	8		
		15' - 30'	30	10	5		
		30' - 45'	33	15	5		
		45' - 60'	31	14	3		
	Sveukupno vozila			211			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ISTOK - JUG	0' - 15'	7		2		
		15' - 30'	11				
		30' - 45'	5				
		45' - 60'	3				
	Sveukupno vozila			28			

Tablica 6. Rezultati brojenja prometa na sjevernom privozu

Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	SJEVER- ISTOK	0' - 15'	5		4		
		15' - 30'	20				
		30' - 45'	15		2		
		45' - 60'	13	1	4		1
	Sveukupno vozila			65			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	SJEVER - ZAPAD	0' - 15'	10				
		15' - 30'	6				
		30' - 45'	15		1		
		45' - 60'	9				
	Sveukupno vozila			41			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	SJEVER - JUG	0' - 15'	9				
		15' - 30'	21				
		30' - 45'	20				
		45' - 60'	14		2		1
	Sveukupno vozila			67			

Tablica 7. Rezultati brojenja prometa na zapadnom privozu.

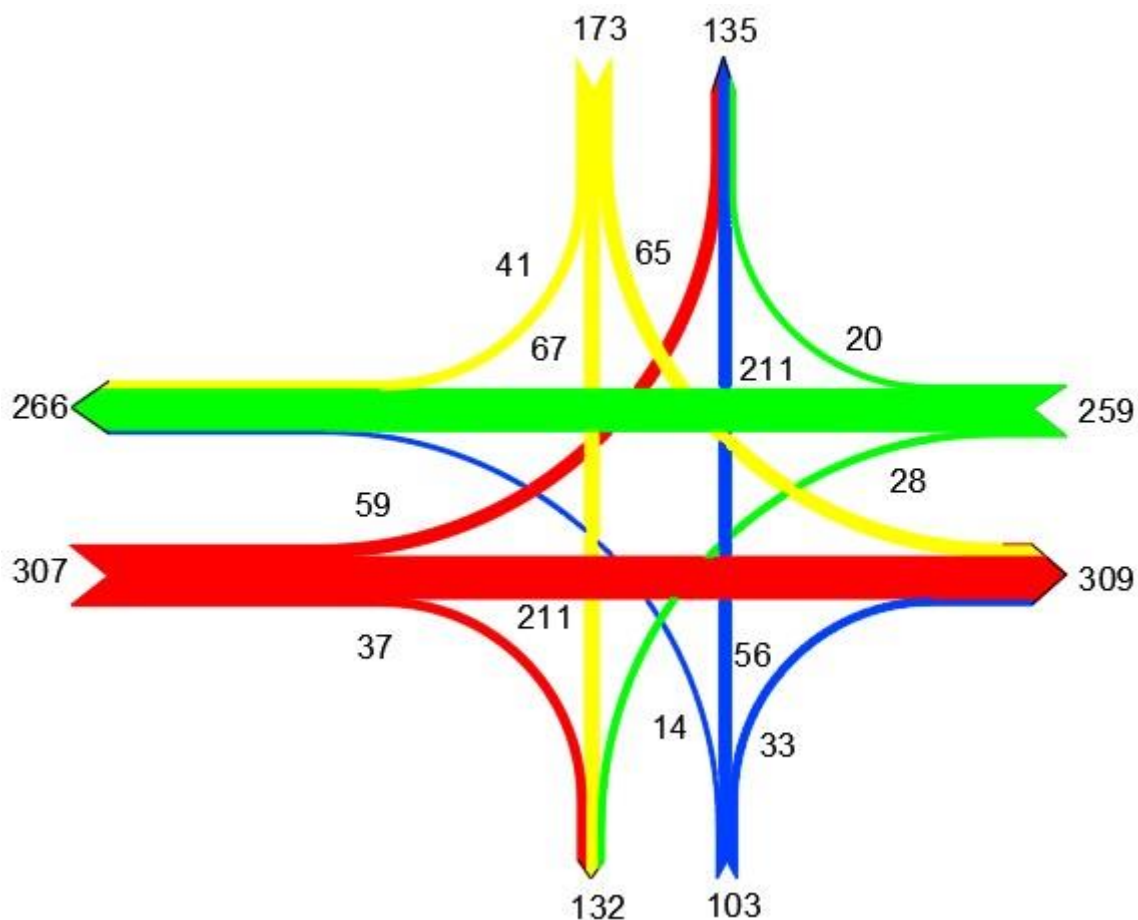
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ZAPAD - ISTOK	0' - 15'	30	8	3		
		15' - 30'	45	12	3		
		30' - 45'	46	7	3		
		45' - 60'	33	13	8		
	Sveukupno vozila			211			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ZAPAD - SJEVER	0' - 15'	11	3	1		
		15' - 30'	15		1		
		30' - 45'	16				
		45' - 60'	12				
	Sveukupno vozila			59			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	ZAPAD - JUG	0' - 15'	4		3		
		15' - 30'	9				
		30' - 45'	12				
		45' - 60'	8		1		
	Sveukupno vozila			37			

Tablica 8. Rezultati brojanja prometa na južnom privozu.

Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	JUG - ISTOK	0' - 15'	6	1	2		
		15' - 30'	2				
		30' - 45'	10				
		45' - 60'	12				
	Sveukupno vozila			33			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	JUG - SJEVER	0' - 15'	17	1			
		15' - 30'	10		1		
		30' - 45'	10				
		45' - 60'	15		2		
	Sveukupno vozila			56			
Vrijeme	Smjer	15' - intervali	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	JUG - ZAPAD	0' - 15'	2		1		
		15' - 30'					
		30' - 45'	3		2		
		45' - 60'	3		2		1
	Sveukupno vozila			14			

Tablica 9. Rezultat brojanja pješačkog prometa na raksižu D2 – Vinogradska ulica.

Vrijeme	Privoz	15' - intervali	PJ
15:00-16:00	Istok	0 - 15	0
		15 - 30	0
		30 - 45	1
		45 - 60	0
	Ukupno		1
Vrijeme	Privoz	15' - intervali	PJ
15:00-16:00	Zapad	0 - 15	2
		15 - 30	1
		30 - 45	0
		45 - 60	0
	Ukupno		3
Vrijeme	Privoz	15' - intervali	PJ
15:00-16:00	Jug	0 - 15	0
		15 - 30	2
		30 - 45	0
		45 - 60	0
	Ukupno		2



Slika 23. Distribucija prometnih tokova na raskrižju D2 – Vinogradska ulica.

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

Prikaz distribucije i prometnog opterećenja na raskrižju D2 – Vinogradska ulica (slika 23.) tijekom popodnevnog vršnog opterećenja u razdoblju između 15:00 – 16:00 sati. Iz slike 22. vidljivo je da se najveće prometno opterećenje odvija na glavnom smjeru istok – zapad odnosno na Državnoj cesti D2.

Promatrano raskrižje D2 – Vinogradska ulica upravljano je svjetlosnom prometnom signalizacijom. Promet se odvija u dvije faze, a trajanje ciklusa iznosi 64 sekunde. Faze su prikazane na slikama 24. i 25. U prvoj fazi slobodno kretanje imaju vozila na glavnom smjeru te pješaci na južnom privozu sa dvije signalne grupe. U drugoj fazi slobodno kretanje imaju vozila sa sporednog privoza te pješaci na istočnom i zapadnom privozu sa jednom signalnom grupom.



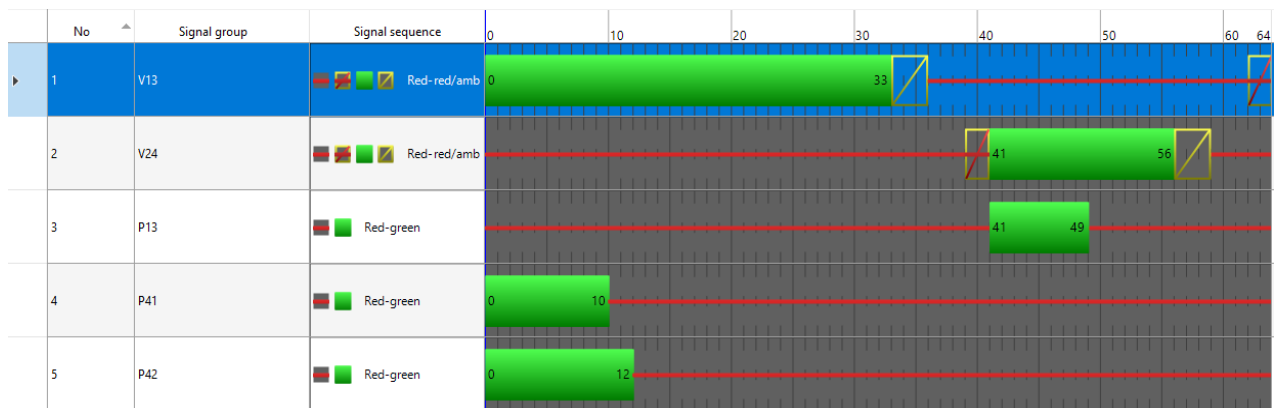
Slika 24. Prva faza

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017



Slika 25. Druga faza

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017



Slika 26. Postojeći signalni plan.

Izvor: Izradio autor u programskom alatu PTV Vissim

Iz signalnog plana(slika 26.) vidljiva su trajanja zelenih vremena za pojedinu signalnu grupu. U prvoj fazi trajanje zelenog svjetla za signalnu grupu V13 iznosi 33 sekunde, a za pješake u prvoj fazi trajanje zelenog svjetla za signalnu grupu P41 iznosi 10 sekunde dok za signalnu grupu P42 iznosi 12 sekundi. Signalna grupa u drugoj fazi V24 ima trajanje zelenog svjetla 15 sekundi te pješaci imaju 8 sekundi zelenog svjetla.

Zaštitno međuvrijeme je vremensko razdoblje između završetka propuštanja jednog prometnog toka i početka vremena propuštanja drugog prometnog toka, odnosno to je vrijeme između kraja zelenog svjetla jedne signalne grupe i početka zelenog svjetla druge signalne grupe koja je u koliziji s prethodnom. Ono omogućuje sigurno napuštanje raskrižja vozila koje je ušlo u raskrižje na kraju zelenog vremena u odnosu na vozilo koje će dobiti dozvolu za prolaz[8]. Iz postojećeg signalnog plana vidljivo je kako zaštitno međuvrijeme iznosi 3 sekunde.

4. Analiza prometne potražnje u budućnosti

Buduće stanje prometa i njegovo oblikovanje moguće je predvidjeti ako se uzmu u obzir očekivano povećanje prometa i uočeni postojeći nedostaci u području obuhvata. Povećanje prometa od posebnog je značenja za oblikovanje prometnica i prometnih čvorova, a pritom je kao osnovica za dimenzioniranje mjerodavno vršno opterećenje. Pri izgradnji novih prometnica i čvorišta vremenska prognoza radi se za 20 godina, za veće rekonstrukcije za 15 godina, a manje rekonstrukcije za 10 godina [9].

Prognoza prometa je predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova. Osnovni ulazni parametri za izradu prometne prognoze, odnosno podaci na kojima se temelji prometna prognoza su:

- ⟨ postojeći intenzitet prometnih tokova,
- ⟨ demografska analiza,
- ⟨ stupanj motorizacije (br. vozila/stanovniku),
- ⟨ ekonomska analiza (BDP).
- ⟨ razvoj aktivnosti na određenom području [4].

U ovom diplomskom radu koristit će se metoda procjene buduće prometne potražnje korištenjem složenog kamatnog računa koja se temelji na ulaznim podacima o postojećem intenzitetu prometnih tokova, a računa se prema formuli (1):

$$\text{---} \quad (1)$$

U kojoj je [10] :

- ⟨ PGDP – prosječni godišnji dnevni promet
- ⟨ p – godišnji porast prometa (%)
- ⟨ n – broj godina za koje se predviđa porast prometa.

Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) izračunava se na način da se broj vozila dobiven brojanjem prometa u vršnom satu pomnoži s koeficijentom između 9 i 14 ovisno o veličini i prometnoj strukturi grada i promatrane prometnice i čvorišta [4].

Analiza buduće potražnje prometa za analizirana raskrižja provesti će se za vremenska razdoblja od 5, 10 i 15 godina. Za prvih pet godina predviđa se porast prometa za 2%, za idućih pet godina 1.8% i za ostalih pet godina 1.5%

Podacima ručnog brojanja prometa dobiva se prometno opterećenje zone obuhvata, tj. na navedenim raskrižjima iz popodnevnog vršnog opterećenja možemo ustanoviti prosječni godišnji dnevni promet.

4.1. Prognoza prometa na raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43

Kako bi se odredio prosječni godišnji dnevni promet na navedenom raskrižju potrebno je uzeti vozila koja ulaze ili izlaze iz raskrižja, na području raskrižja uzet će se u obzir vozila koja ulaze u raskrižje.

Opterećenje prometnih tokova koja ulaze na sjevernom privozu iznosi 114 voz/h, opterećenje prometnih tokova koja ulaze na istočnom privozu iznosi 19 voz/h, opterećenje prometnih tokova koja ulaze na južnom privozu iznosi 141 voz/h, a opterećenje prometnih tokova koja ulaze na zapadnom privozu iznosi 303 voz/h. Prilikom izračuna prosječnog godišnjeg dnevnog prometa koeficijent korišten za izračun iznosi 10.

Iz toga slijedi:

$$114 + 19 + 141 + 303 = 577 \text{ [voz/h]}$$

$$\text{PGDP} = 577 * 10 = 5.770 \text{ [voz/danu]}$$

Prognoza prometa za prvo petogodišnje razdoblje s predviđenim porastom prometa od 2% prema formuli 1 iznosi:

$$\text{—} \quad \text{[voz/danu]}$$

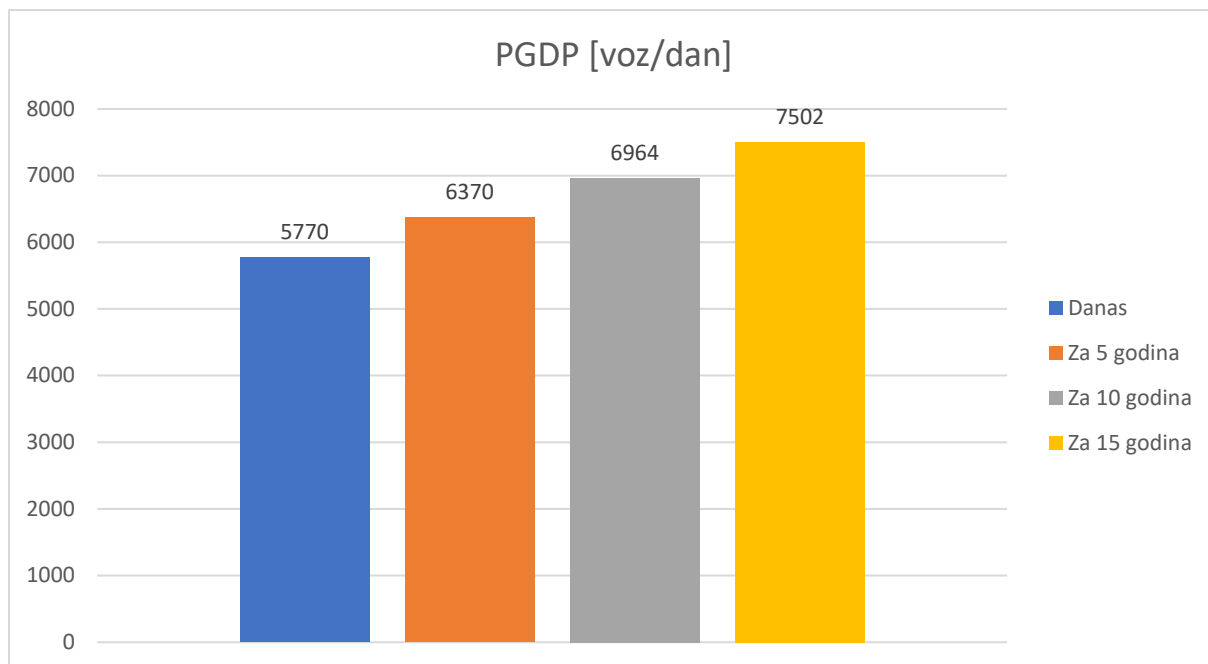
Prognoza prometa za desetogodišnje razdoblje iznosi:

—

Prognoza prometa za petnaestogodišnje razdoblje iznosi:

$$\text{—} \quad 7.502 \text{ [voz/danu]}$$

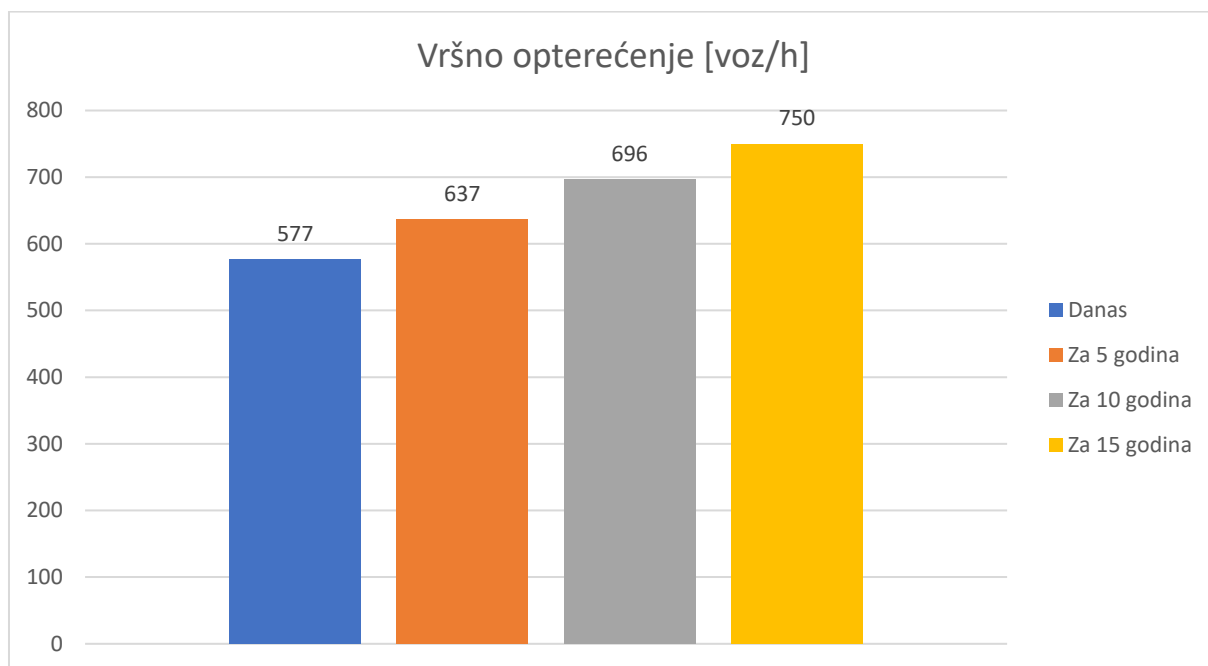
Prema dobivenim podacima na grafikonu 1. je prikazana usporedba postojećeg prosječnog godišnjeg prometnog opterećenja na raskrižju 1 i budućeg prometnog opterećenja u petogodišnjem, desetogodišnjem i petnaestogodišnjem razdoblju.



Grafikon 1. PGDP za vremensko razdoblje od 5, 10 i 15 godina na raskrižju 3

Izvor: Izradio autor

Na grafikonu 2. prikazana je usporedba postojećeg vršnog opterećenja na raskrižju 2 i budućeg vršnog prometnog opterećenja u petogodišnjem, desetogodišnjem i petnaestogodišnjem razdoblju.



Grafikon 2. Vršno opterećenje za vremensko razdoblje od 5, 10 i 15 godina na raskrižju 3

Izvor: Izradio autor

4.2. Prognoza prometa na raskrižje D2 – Vinogradska ulica

Opterećenje prometnih tokova koji ulaze na istočnom privozu iznose 259 voz/h, na sjevernom privozu opterećenje prometnih tokova iznosi 173 voz/h, opterećenje prometnih tokova koja ulaze na zapadnom privozu uznose 307 voz/h, a opterećenje prometnih tokova na južnom privozu iznosi 103 voz/h. Prilikom izračuna prosječnog godišnjeg dnevnog prometa koeficijent korišten za izračun iznosi 10.

Iz toga slijedi:

$$259 + 173 + 307 + 103 = 842 \text{ [voz/h]}$$

$$\text{PGDP} = 842 * 10 = 8.420 \text{ [voz/danu]}$$

Prognoza prometa za prvo petogodišnje razdoblje s predviđenim porastom prometa od 2% prema formuli 1 iznosi:

—

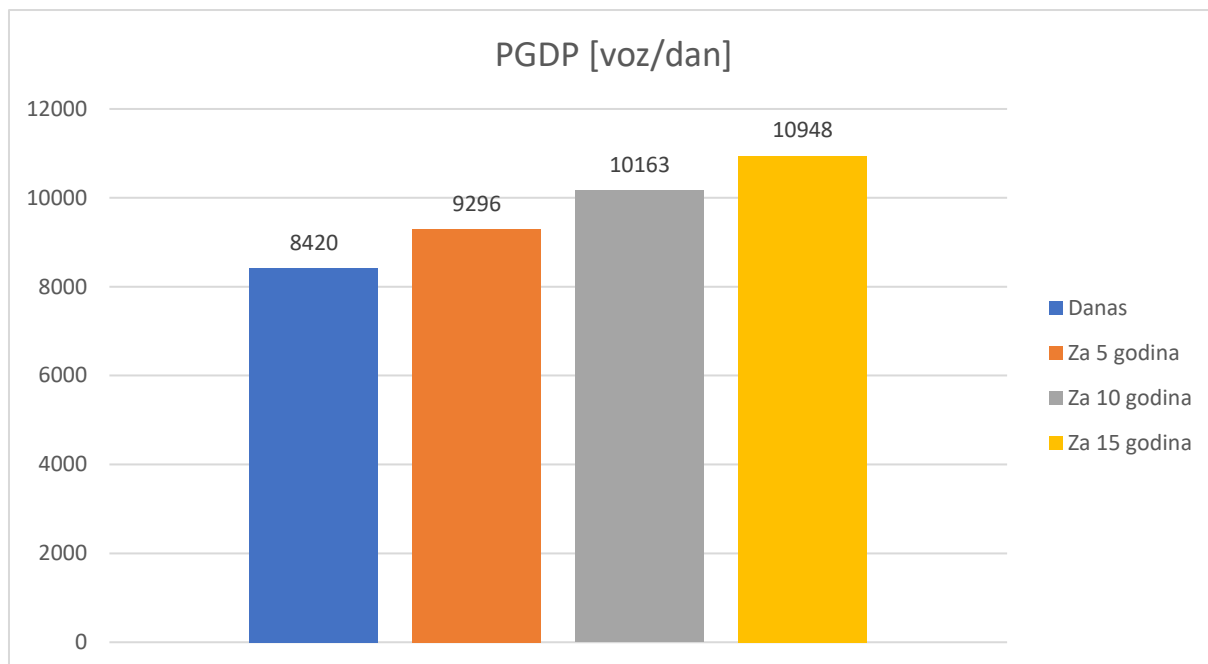
Prognoza prometa za desetogodišnje razdoblje iznosi:

$$\text{—} \quad 10.163 \text{ [voz/danu]}$$

Prognoza prometa za petnaestogodišnje razdoblje iznosi:

$$\text{—} \quad \text{[voz/danu]}$$

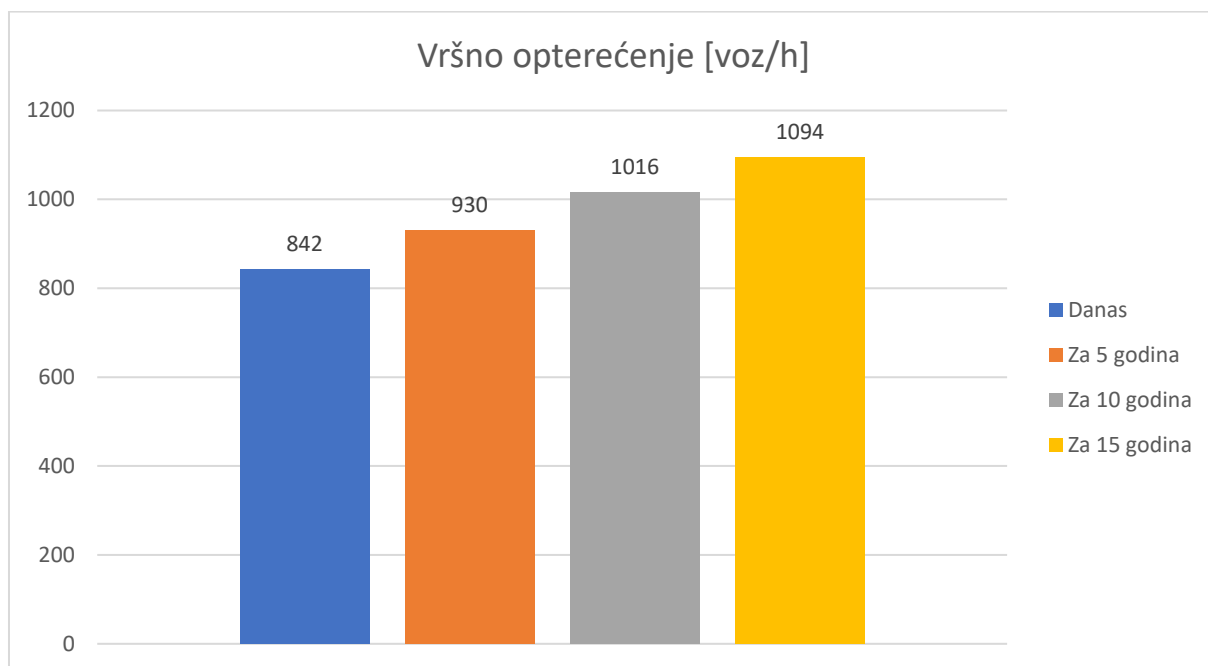
Prema dobivenim podacima na grafikonu 3. je prikazana usporedba postojećeg prosječnog godišnjeg prometnog opterećenja na raskrižju 1 i budućeg prometnog opterećenja u petogodišnjem, desetogodišnjem i petnaestogodišnjem razdoblju.



Grafikon 3. PGDP za vremensko razdoblje od 5, 10 i 15 godina na raskrižju 1

Izvor: Izradio autor

Na grafikonu 4. prikazana je usporedba postojećeg vršnog opterećenja na raskrižju 2 i budućeg vršnog prometnog opterećenja u petogodišnjem, desetogodišnjem i petnaestogodišnjem razdoblju.



Grafikon 4. Vršno opterećenje za vremensko razdoblje od 5, 10 i 15 godina na raskrižju 1

Izvor: izradio autor

5. Prijedlozi idejnih rješenja

Prijedlozi rješavanja podrazumijevaju prijedloge mjera i zahvata na području obuhvata kojim je moguće unaprijediti stanje prometnog sustava. Prijedlozi mjera su prijedlozi kojima se predlažu promjene u organizaciji prometnog sustava i prometnoj politici, dok prijedlozi zahvata obuhvaćaju prijedloge kojima se daju rješenja za izgradnju ili rekonstrukciju elemenata prometne infrastrukture [4].

Prijedlozi rješenja izrađuju se na temelju:

- ⟨ ishod procjene postojećeg stanja (ustanovljeni problemi),
- ⟨ predviđanje prometa (trend porasta ili smanjenja intenziteta prometnih tokova),
- ⟨ nedavnih znanstvenih i stručnih saznanja na području tehnologije prometa i transporta [4].

Prijedlozi rješenja se prema periodu realizacije dijele na:

- ⟨ trenutne – realizacija do 2 godine od prihvaćanja studije,
- ⟨ kratkoročne – realizacija od 5 godina od prihvaćanja studije,
- ⟨ srednjoročne – realizacije od 5 do 10 godina nakon prihvaćanja studije,
- ⟨ dugoročne – realizacije od 10 do 20 godina nakon prihvaćanja studije[4].

Prijedlozi rješenja se prema cilju djelovanja dijele na:

- ⟨ prijedloge djelovanja na prometnoj infrastrukturi,
- ⟨ prijedloge djelovanja na organizaciji elemenata prometnog sustava,
- ⟨ prijedloge djelovanja na prometnu politiku [4].

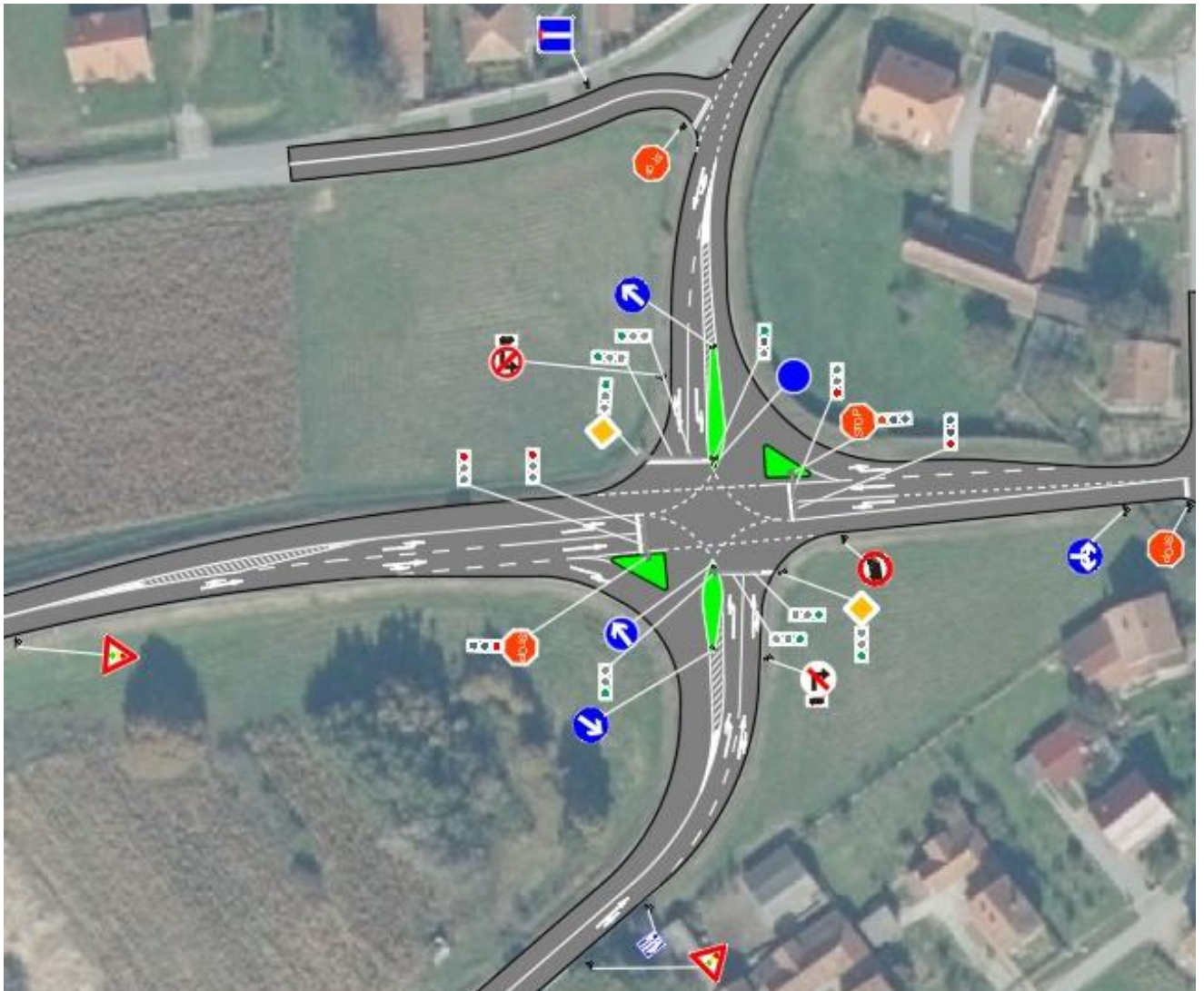
Prijedlozi rješenja trebaju zadovoljiti osnovni cilj izgradnje, odnosno trebaju zadovoljavati zahtjeve sadašnjeg i planiranog prometa, povećati razinu sigurnosti, te da su društveno opravdana i prostorno i ekološki prihvatljiva [9].

Analizom postojećeg stanja u ovom radu utvrđena je problematika odvijanja prometa na analiziranim raskrižjima te su u nastavku dati prijedlozi optimizacije prometnih tokova. Analizom postojećih prometnih tokova na raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43(raskrižje 1) utvrđeno je da dolazi do konfliktnih situacija zbog nepoštivanja regulacije prometa. Za rješavanje tog problema predložena su dvije varijante rješenja, izgradnja kružnog toka ili semaforizacija raskrižja. Na drugom analiziranom raskrižju Bjelovarska ulica(raskrižje 2), prijedlog rješenja baziran je na infrastrukturnim promjena, tj. u izgradnji raskrižja pravilnog

„T“ oblika. Analizom postojećih prometnih tokova na raskrižju D2 – Vinogradska ulica(raskrižje 3) utvrđeno je da dolazi do stvaranja repova čekanja u popodnevni vršnim satima na sporednim privozima, razlog tog problema je u tome što se na sporednim privozima nalaze atraktori kao što su trgovački centar Lidl te autobusni i željeznički kolodvori. Za rješavanje ovoga problema predloženo je izgradnja kružnog toka.

5.1. Prijedlog idejnog rješenja na raskrižju 1 i 2

Na raskrižju 1 utvrđena je problematika sa regulacijom prometa te je zbog toga za prvi prijedlog rješenja dana semaforizacija raskrižja. Za drugo raskrižje dano je rješenje izgradnja pravilnog „T“ oblika tj. potrebno je okomizirati sporedan privoz na glavni smjer. Na slici 27. (prilog 2.) prikazano je predloženo rješenje.



Slika 27. Prikaz prvog predloženog rješenja raskrižja 1 i 2

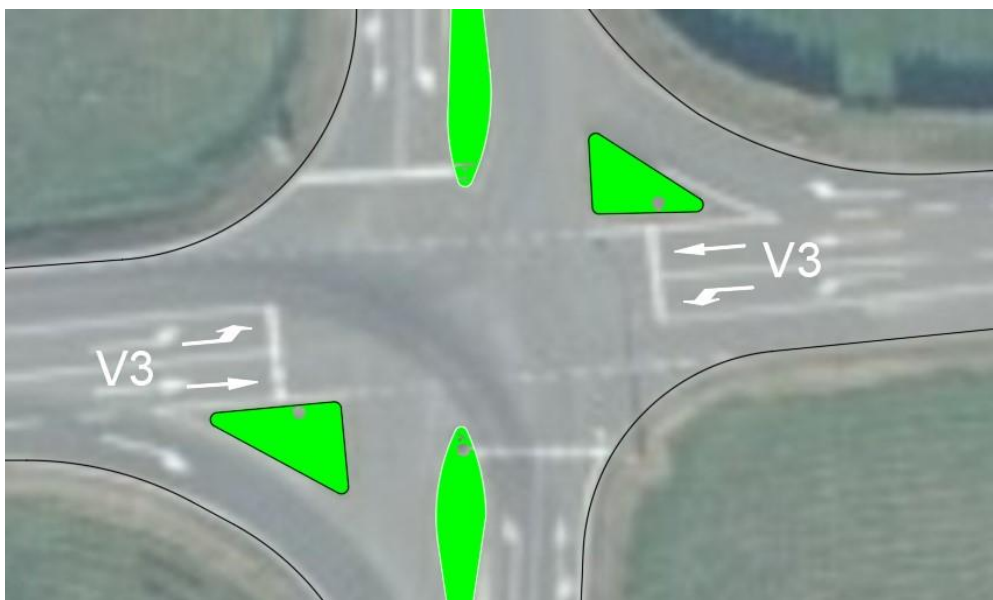
Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

Prikazano raskrižje bi bilo upravljano svjetlosnom prometnom signalizacijom. Promet bi se odvijao u dvije faze, a trajanje ciklusa iznosi 39 sekundi. Faze su prikazane na slikama 28. i 29. U prvoj fazi slobodno kretanje imaju vozila iz južnog i sjevernog privoza u dvije signalne grupe, a u drugoj fazi slobodno kretanje imaju vozila iz zapadnog i istočnog privoza.



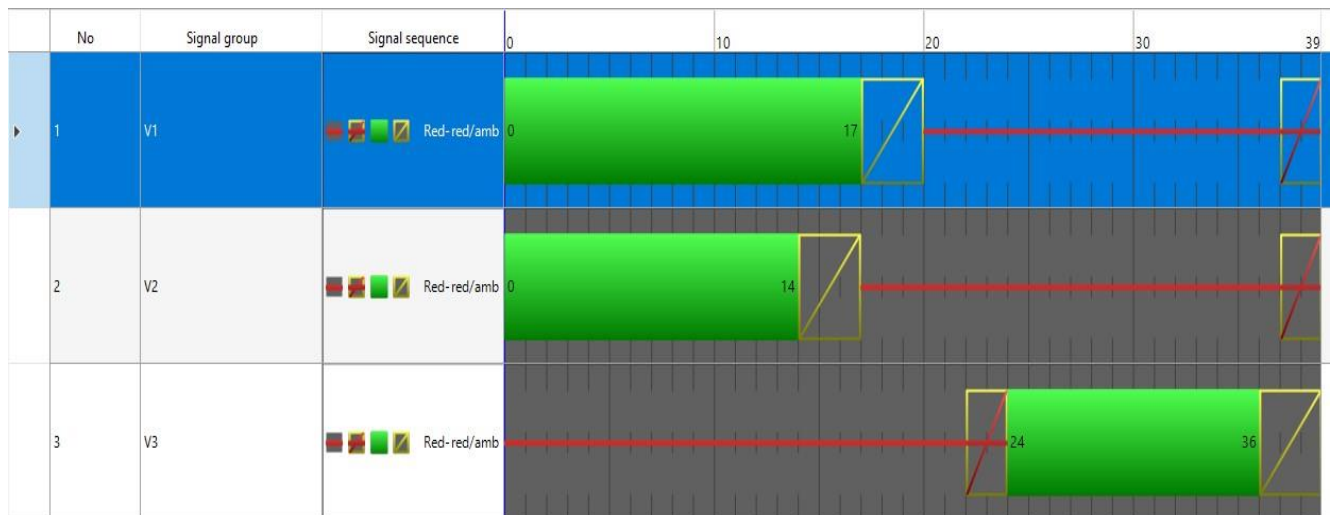
Slika 28. Prva faza

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017



Slika 29. Druga faza

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017



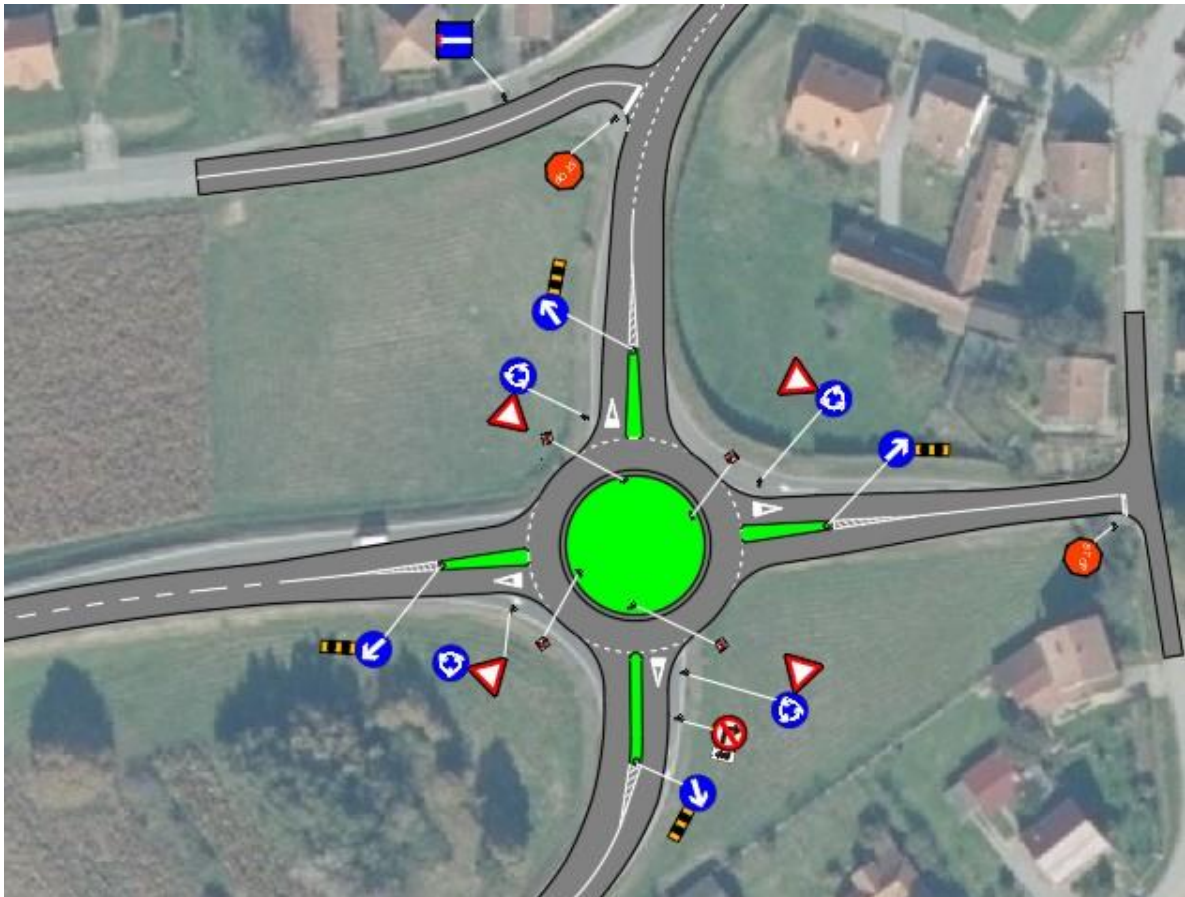
Slika 30. Prikaz signalnog plana

Izvor: Izradio autor u programskom alatu PTV Vissim

Iz signalnog plana vidljiva su trajanja zelenih vremena za pojedinu signalnu grupu. U prvoj fazi trajanje zelenog svijetla za signalnu grupu V1 iznosi 17 sekundi dok za drugu signalnu grupu V2 iznosi 14 sekundi. Između prve i druge faze stavljeno je zaštitno međuvrijeme koje iznosi 2 sekunde. U drugoj fazi trajanje zelenog svijetla za signalnu grupu V3 iznosi 12 sekundi.

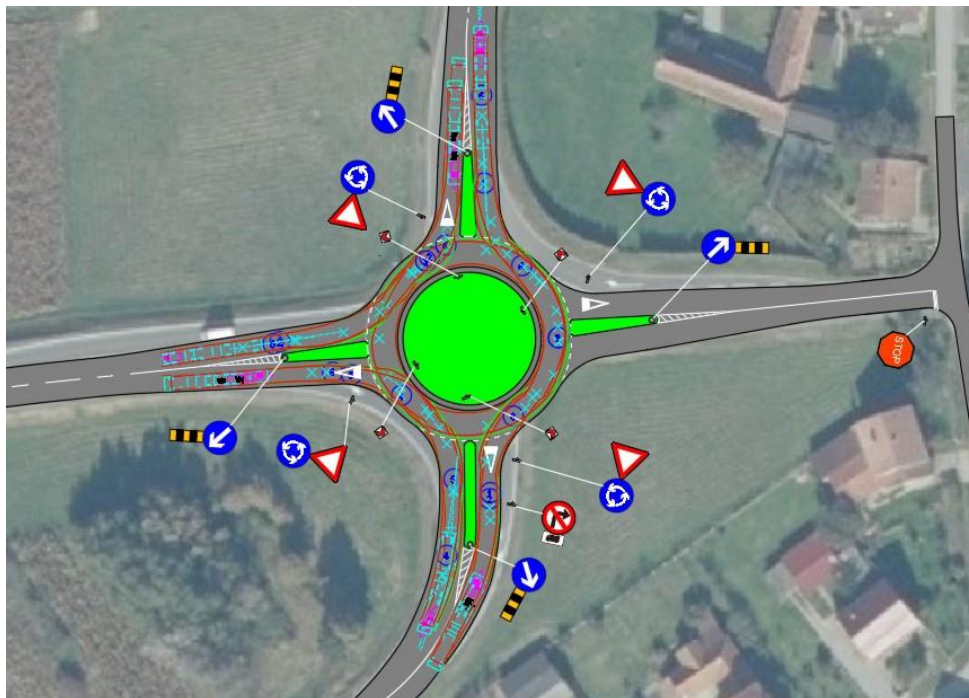
Drugo predloženo rješenje za raskrižje 1 je izgradnja raskrižja s kružnim tokom. Na slici 31.(prilog 3.) prikazano je predloženo raskrižje sa kružnim tokom. Ovo kružno raskrižje se sastoji se od jedne prometne trake širine 5,5 metara. Polumjer vanjskog kruga raskrižja iznosi 18,5 metra, radijus središnjeg otoka iznosi 12 metara dok širina vanjskog dijela središnjeg otoka iznosi 1 metar. Ulazni i izlazni radijusi na svim privozima iznose 12 metara. Širina ulaznih i izlazni traka iznosi 4,5 metara.

Prilikom izrade drugog idejnog rješenja raskrižja 1 potrebno je provjeriti da li je moguće izvršiti prolazak mjerodavnog vozila kroz navedeno raskrižje. Provjera trajektorija je urađena s pomoću alata Vehicle Tracking za mjerodavno vozilo kamion s prikolicom prema njemačkim smjernicama FGSV.



Slika 31. Prikaz drugog predloženog rješenja za raskrižje 1 i 2

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

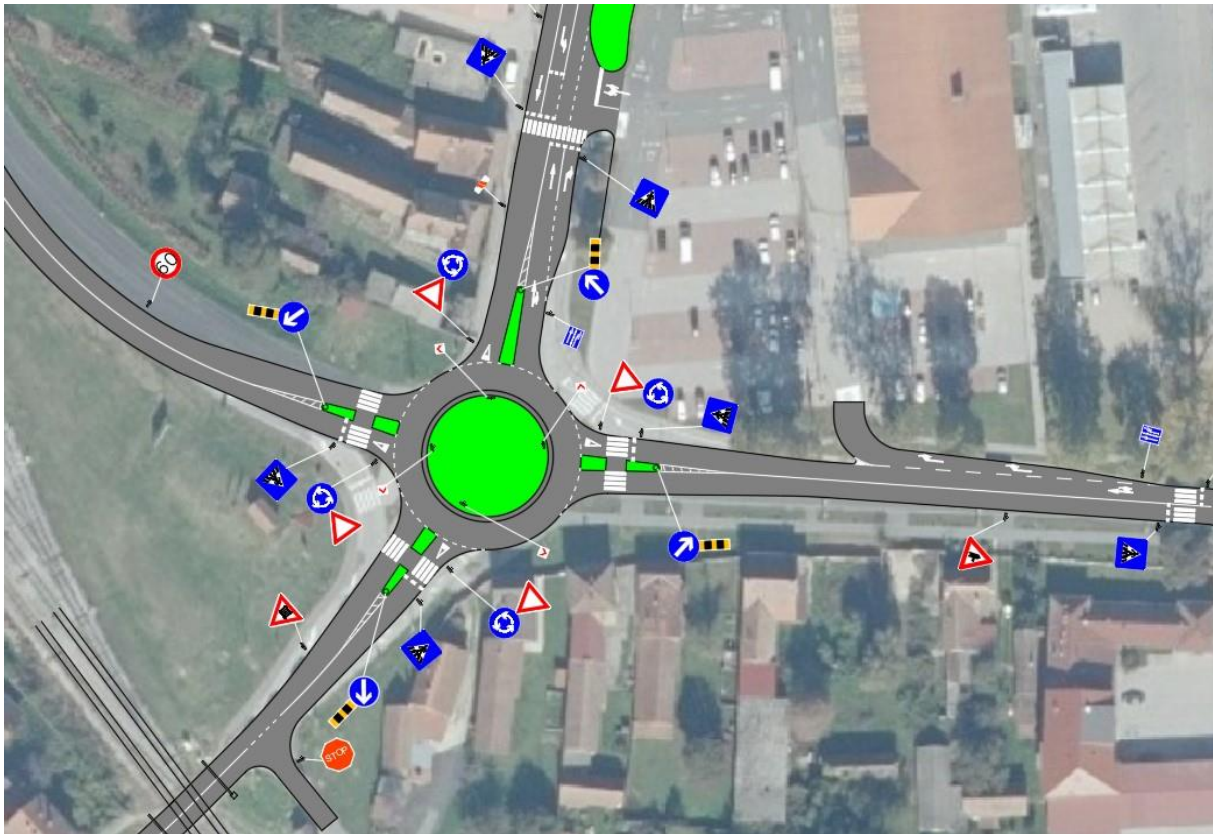


Slika 32. Prikaz provoznosti raskrižja 3

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

5.2. Prijedlog idejnog rješenja na raskrižju 3

Na temelju analize postojećih prometnih tokova, vidljivo je kako se radio o raskrižju s približno izjednačenim prometnim opterećenjima na glavnom smjeru te na sporednom smjeru. Iz svega navedenog vidljivo da ovo raskrižje zadovoljava nekoliko kriterija za izvedbu kružnog raskrižja. Na slici 33.(prilog 5.) prikazan je prijedlog rješenja za navedeno raskrižje.

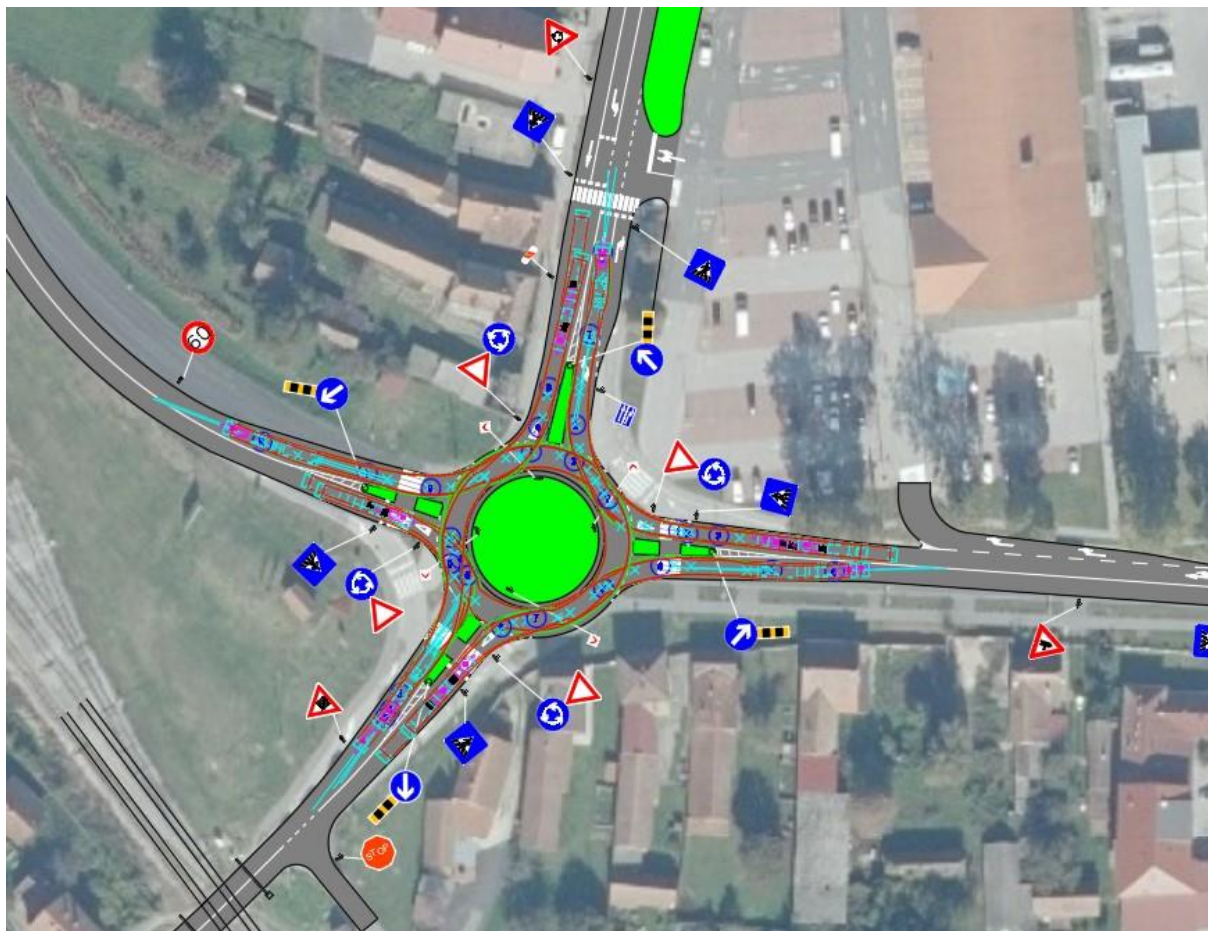


Slika 33. Prijedlog idejnog rješenja raskrižja 3

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

Ovo kružno raskrižje se sastoji od jedne prometne trake širine 5.5 metara. Polumjer vanjskog kruga raskrižja iznosi 18.5 metara. Vanjski dio središnjeg otoka, odnosno prijelazni prsten je širine 1 metar. Središnji otok kao izdignuti neprovozni dio polumjera 12 metara. Ulazni i izlazni radijusi na svim privozima iznose 12 metara. Na svakom privozu imamo jednu ulaznu i jednu izlaznu traku širine 4.5 metara. Pješački prijelaz izmaknut je 5 metara od raskrižja kako bi se omogućilo lakše postavljanje i ulaženje vozila u raskrižje i da prilikom te radnje nema ometanja od strane pješaka koji prelaze cestu. Širina pješačkog prijelaza iznosi 5 metara. Na svim prijelazima osim na sjevernom privozu se nalaze pješački prijelazi. Provoznost raskrižja

uređena je sa mjerodavnim vozilom kamion s prikolicom prema njemačkim smjernicama FGSV u programskom alatu Vehicle Tracking (slika 34.).



Slika 34. Prikaz provoznosti raskrižja 3

Izvor: Izradio autor u programskom alatu AutoCAD 2017

6. Simulacija predloženih rješenja u PTV Vissim-u

PTV Vissim pripada skupini mikro simulacijskih alata, koji imaju mogućnost modeliranja kretanja pojedinačnog vozila u cestovnoj mreži. Mikro – simulacijski alati mogu prikazivati složene probleme u tzv. izvan mrežnom okruženju, kao što su incidenti na prometnoj mreži ili parkiranje, a većina mikro – simulacijskih alata posjeduje grafiku koja prikazuje pojedinačna vozila u mreži te takvo modeliranje može pružiti izvrsnu vizualnu pomoć prilikom predstavljanja složenih problema inženjerima različitih struka [13].

PTV Vissim je mikroskopski simulacijski alat koji omogućuje realističnu i detaljnu simulaciju (2D i 3D) prometnih tokova na prometnicama i raskrižjima. Na raskrižjima, osim analize relevantnih parametara (kapacitet, razina usluge, duljina repa čekanja itd.), moguće je i fino prilagođavanje signalnih planova. Program omogućuje simulaciju i detaljnu analizu javnog gradskog prijevoza kao i pješačkih tokova [13].

PTV Vissim je jedan od najkorištenijih simulacijskih alata za evaluaciju raskrižja. Najčešće korišten alat za evaluaciju i prikupljanje izlaznih podataka raskrižja u simulacijskom programu PTV Vissim je „node evaluation“. Node predstavlja definirano područje koje se nalazi oko promatranog raskrižja. „Node evaluation“ se posebno koristi za prikupljanje specifičnih izlaznih podataka raskrižja bez prethodno „ručnog“ definiranja elemenata za prikupljanje podataka. [10]

Izlazni parametri kod alata „node evaluation“ su [10] :

- ⟨ SimRun – broj pokrenutih simulacija,
- ⟨ Movement – skretanje,
- ⟨ Qlen – srednja vrijednost svih prosječnih veličina repova čekanja,
- ⟨ QlenMax – maksimalan rep čekanja,
- ⟨ Vehs – ukupan broj vozila,
- ⟨ Pers – ukupan broj vozila koji se nalaze u vozilima,
- ⟨ LOS – razina usluge
- ⟨ LOSVal – razina usluge prikazana brojevima od 1-6.
- ⟨ VehDelay – prosječno vrijeme kašnjenja svih vozila,
- ⟨ PersDelay – prosječno kašnjenje svih putnika u vozilima,
- ⟨ StopDelay – prosječna vrijednost kašnjenja prilikom zaustavljanja vozila,
- ⟨ Stops – prosječan broj zaustavljanja svakog vozila,
- ⟨ EmissionsCO – količina emisija ugljikovog monoksida

- ◁ Emissions NO_x – količina emisija dušičnih oksida,
- ◁ Emissions VOC – količina emisija hlapivih organskih slojeva,
- ◁ FuelConsumpt – potrošnja goriva.

Točnost prikupljenih i simuliranih izlaznih rezultata testira se usporedbom prometnih opterećenja. Vjerodostojnost podataka za cestovna vozila dobiva se pomoću GEH statistike. GEH statistika je formula koja se koristi u inženjeringu prometa, predviđanju prometa i modeliranju prometa za usporedbu dva skupa prometa. Formula GEH dobila je ime po Geoffreju E. Haversu, koji ju je izumio 1970 -ih godina radeći kao planer transporta u Londonu, Engleska [11].

Formula za GEH statistiku glasi:

$$\frac{M}{C} \quad (2)$$

Gdje je [11] :

- ◁ M – satno opterećenje dobiveno iz prometnog modela
- ◁ C – satno opterećenje u stvarnom svijetu.

Iz tablice 10. može se vidjeti vrijednosti GEH koeficijenta. Ako je koeficijent manji od 3 simulacija je prihvatljiva, ako se vrijednosti kreću od 3 – 5 onda je simulacija prihvatljiva samo za lokalne objekte. Za koeficijent preko 5 simulacija je neprihvatljiva.

Tablica 10. GEH statistika

GEH Statistika	Upute
<3.0	Prihvatljivo
3.0 - 5.0	Prihvatljivo za lokalne objekte
>5.0	Neprihvatljivo

Izvor: [4]

Za potrebe ovog diplomskog rada na raskrižjima 1 i 3 će se vršiti simulacija prije i poslije predloženih rješenja. Prije puštanja simulacije, potrebno je definirati simulacijske parametre kako bi rezultati koji se dobiju što točnije prikazivali stanje koje bi se postiglo na

terenu. Potrebno je definirati period, odnosno trajanje simulacije, preporučljivo je definirati duže trajanje simulacije zbog punjenja mreže i zagrijavanje simulacije. Trajanje simulacije postavljeno je na 4200 sekundi, dok je zagrijavanje simulacije stavljeno na 600 sekundi. Simulacija se ponavljala 10 puta.

6.1. Simulacija predloženih rješenja na raskrižju 1

Za navedeno raskrižje najprije se napravila simulacija postojećeg stanja te onda predloženih idejnih rješenja. Nakon dobivenih rezultata simulacija najprije se provjeri GEH koeficijent da se vidi prihvatljivost simulacije. U tablici 11. je prikazan GEH koeficijent za postojeće stanje raskrižja 1.

Tablica 11. Prikaz GEH statistike za postojeće stanje

I Z R A Č U N P O G E H U P O S T O J E Ć E S T A N J E				
Smjer kretanja	Stvarno c	Simulacija m	GEH	
D43(Jug)-Ul. Pavle Radića (Istok)	10	11	0,30861	PRIHVATLJIVO
D43(Jug)-Bjelovarska ulica(Sjever)	30	30	0	PRIHVATLJIVO
D43(Jug)-D43(Zapad)	101	103	0,19803	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-D43(Jug)	11	12	0,29488	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-Bjelovarska ul.(Sjever)	2	1	0,81650	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-D43(Zapad)	6	7	0,39223	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-D43(Jug)	24	25	0,20203	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-Ul. Pavle Radića(Istok)	2	2	0	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-D43(Zapad)	88	88	0	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-D43(Jug)	220	208	0,82030	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-Ul. Pavle Radića(Istok)	10	10	0	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-Bjelovarska ul.(Sjever)	73	71	0,23570	PRIHVATLJIVO
Ukupan broj vozila	577	568		

Iz tablice 11. vidljivo je kako je GEH koeficijent prihvatljiv po svim smjerovima kretanja.

Izlazi parametri simulacije koji će se prikazivati u tablici su:

- < smjer kretanja,
- < prosječan rep čekanja u metrima,
- < Maksimalni rep čekanja u metrima,
- < razina usluge,

- < prosječno vrijeme kašnjenja u sekundama
- < emisija CO,
- < potrošnja goriva.

Tablica 12. Prikaz rezultata simulacije postojećeg stanja

Smjer kretanja	Prosječan rep čekanja [m]	Maksimalni rep čekanja [m]	Razina usluge	Prosječno vrijeme kašnjenja [s]	Emisija CO	Potrošnja goriva
Jug - Istok	0,000	0,000	LOS_A	0,036	2,257	0,032
Jug - Sjever	0,000	0,000	LOS_A	0,878	5,832	0,083
Jug - Zapad	0,000	0,000	LOS_A	0,025	23,737	0,340
Istok - Jug	0,005	5,319	LOS_A	3,537	2,465	0,035
Istok - Sjever	0,000	0,000	LOS_A	0,000	0,188	0,003
Istok - Zapad	0,000	0,629	LOS_A	0,137	1,414	0,020
Sjever - Jug	0,001	2,928	LOS_A	0,514	4,967	0,071
Sjever - Istok	0,000	0,000	LOS_A	0,251	0,376	0,005
Sjever - Zapad	0,006	4,345	LOS_A	0,244	18,633	0,267
Zapad - Jug	0,000	0,000	LOS_A	0,000	45,263	0,648
Zapad - Istok	0,000	0,000	LOS_A	0,008	2,693	0,039
Zapad - Sjever	0,007	5,866	LOS_A	0,000	17,542	0,251
Prosjek	0,002	11,431	LOS_A	0,195	125,374	1,794

Iz tablice 12. vidljivo je da na svim smjerovima kretanja nema repa čekanja te da prosječno vrijeme kašnjenja cijelog raskrižja iznosi 0.195 sekundi, a to odgovara razini usluge A cijelog raskrižja. Najveća razina emisije štetnih plinova zabilježena je na zapadnom privozu zbog velikog broja vozila koji dolaze iz tog privoza.

Prvi prijedlog idejnog rješenja je semaforizacija raskrižja. U tablici 13. prikazan je GEH koeficijent te je vidljivo da je koeficijent prihvatljiv za sve smjerove kretanja.

Rezultati prvog prijedloga idejnog rješenja su prikazani u tablici 14. Kao i u postojećem stanju nema repa čekanja tj. jako su male vrijednosti. Najveće izmjereno prosječno vrijeme kašnjenja izmjereno je na smjerovima kretanja zapad – istok i istok – jug koje iznosi 13.34 sekundi i 12.97 sekundi. Na tim smjerovima kretanja je razina usluge B. Prosječno vrijeme kašnjenja cijelog raskrižja 4,78 sekundi što odgovara razini usluge A

Tablica 13. Prikaz GEH statistike za semaforizaciju raskrižja

I Z R A Č U N P O G E H U P R E D L O Ž E N O R J E Š E N J E S E M A F O R				
Smjer kretanja	Stvarno c	Simulacija m	GEH	
D43(Jug)-Ul. Pavle Radića (Istok)	10	11	0.30861	PRIHVATLJIVO
D43(Jug)-Bjelovarska ulica(Sjever)	30	30	0	PRIHVATLJIVO
D43(Jug)-D43(Zapad)	101	103	0.19803	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-D43(Jug)	11	12	0.29488	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-Bjelovarska ul.(Sjever)	2	1	0.81650	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-D43(Zapad)	6	7	0.39223	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-D43(Jug)	24	25	0.20203	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-Ul. Pavle Radića(Istok)	2	2	0	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-D43(Zapad)	88	87	0.10690	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-D43(Jug)	220	208	0.82030	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-Ul. Pavle Radića(Istok)	10	10	0	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-Bjelovarska ul.(Sjever)	73	71	0.23570	PRIHVATLJIVO
Ukupan broj vozila	577	567		

Tablica 14. Prikaz rezultata simulacije semaforizacije raskrižja

Smjer kretanja	Prosječan rep čekanja [m]	Maksimalni rep čekanja [m]	Razina usluge	Prosječno vrijeme kašnjenja [s]	Emisija CO	Potrošnja goriva
Jug - Istok	0,002	2,507	LOS_A	0,000	2,257	0,032
Jug - Sjever	0,002	2,507	LOS_A	0,065	5,832	0,083
Jug - Zapad	0,639	32,276	LOS_A	7,146	23,737	0,340
Istok - Jug	0,105	10,038	LOS_B	12,967	2,465	0,035
Istok - Sjever	0,000	0,000	LOS_A	2,681	0,188	0,003
Istok - Zapad	0,002	1,768	LOS_A	0,856	1,414	0,020
Sjever - Jug	0,857	23,869	LOS_A	7,966	4,967	0,071
Sjever - Istok	0,006	1,889	LOS_A	1,608	0,376	0,005
Sjever - Zapad	0,857	23,869	LOS_A	9,257	18,633	0,267
Zapad - Jug	0,000	0,000	LOS_A	1,019	45,263	0,648
Zapad - Istok	0,100	12,474	LOS_B	13,342	2,693	0,039
Zapad - Sjever	0,733	28,209	LOS_A	7,173	17,542	0,251
Prosjek	0,244	35,065	LOS_A	4,779	125,374	1,794

Drugi prijedlog idejno rješenja je izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa. Njegov GEH koeficijent prikazan je u tablici 15. Koeficijent je prihvatljiv na svim smjerovima kretanja.

Tablica 15. Prikaz GEH statistike za raskrižje s kružnim tokom prometa

I Z R A Č U N P O G E H U P R E D L O Ž E N J A S K R U Ž N I M T O K O M P R O M E T A				
Smjer kretanja	Stvarno c	Simulacija m	GEH	
D43(Jug)-Ul. Pavle Radića (Istok)	10	14	1.547	PRIHVATLJIVO
D43(Jug)-Bjelovarska ulica(Sjever)	30	32	0.3592	PRIHVATLJIVO
D43(Jug)-D43(Zapad)	101	105	0.3941	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-D43(Jug)	11	12	0.2948	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-Bjelovarska ul.(Sjever)	2	1	0.8164	PRIHVATLJIVO
Ul. Pavle Radića(Istok)-D43(Zapad)	6	6	0.8664	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-D43(Jug)	24	24	0	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-Ul. Pavle Radića(Istok)	2	1	0.8164	PRIHVATLJIVO
Bjelovarska ul.(Sjever)-D43(Zapad)	88	95	0.7317	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-D43(Jug)	220	227	0.4682	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-Ul. Pavle Radića(Istok)	10	10	0	PRIHVATLJIVO
D43(Zapad)-Bjelovarska ul.(Sjever)	73	63		PRIHVATLJIVO
Ukupan broj vozila	577	590		

U tablici 16. prikazani su rezultati simulacije drugog prijedloga idejnog rješenja tj. izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa. Iz tablice je vidljivo da su vrijednosti prosječnog repa čekanja cijelog raskrižja male, isto kao i kod postojećeg stanja i kod prvog prijedloga rješenja. Prosječno vrijeme kašnjenja cijelog raskrižja iznosi 0,959 sekundi što odgovara razini usluge A cijelog raskrižja.

Tablica 16. Prikaz rezultata simulacije raskrižja s kružnim tokom prometa

Smjer kretanja	Prosječan rep čekanja [m]	Maksimalni rep čekanja [m]	Razina usluge	Prosječno vrijeme kašnjenja [s]	Emisija CO	Potrošnja goriva
Jug - Istok	0,053	17,968	LOS_A	1,302	2,169	0,031
Jug - Sjever	0,053	17,968	LOS_A	1,608	7,198	0,103
Jug - Zapad	0,053	17,968	LOS_A	0,903	30,452	0,436
Istok - Jug	0,007	4,180	LOS_A	1,416	3,234	0,046
Istok - Sjever	0,007	4,180	LOS_A	0,082	0,259	0,004
Istok - Zapad	0,007	4,180	LOS_A	0,000	1,874	0,027
Sjever - Jug	0,005	4,106	LOS_A	0,442	6,438	0,092
Sjever - Istok	0,005	4,106	LOS_A	0,365	0,626	0,009
Sjever - Zapad	0,005	4,106	LOS_A	0,000	20,586	0,295
Zapad - Jug	0,017	10,593	LOS_A	1,006	56,363	0,806
Zapad - Istok	0,017	10,593	LOS_A	1,696	3,458	0,049
Zapad - Sjever	0,017	10,593	LOS_A	0,663	25,151	0,360
Prosjek	0,020	18,622	LOS_A	0,959	157,807	2,258

6.2. Simulacija predloženih rješenja na raskrižju 3

Za navedeno semaforizirano raskrižje dan je prijedlog rješenja izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa. Prvo će se napraviti simulacija postojećeg stanja pa predloženog rješenja.

U tablici 17. prikazan je GEH koeficijent za postojeće stanje te je vidljivo kako je koeficijent prihvatljiv za cijelo raskrižje.

Tablica 17. Prikaz GEH statistike za postojeće stanje

I Z R A Č U N P O G E H U P O S T O J E Ć E S T A N J E				
Smjer kretanja	Stvarno c	Simulacija m	GEH	
Istok - Sjever	20	20	0	PRIHVATLJIVO
Istok - zapad	211	212	0,06876	PRIHVATLJIVO
Istok - Jug	28	31	0,55234	PRIHVATLJIVO
Sjever - zapad	41	38	0,47733	PRIHVATLJIVO
Sjever - Jug	67	67	0	PRIHVATLJIVO
Sjever - istok	65	67	0,24618	PRIHVATLJIVO
Zapad - istok	211	212	0,06876	PRIHVATLJIVO
Zapad - sjever	59	56	0,39563	PRIHVATLJIVO
Zapad - jug	37	40	0,48349	PRIHVATLJIVO
Jug - zapad	14	13	0,27217	PRIHVATLJIVO
Jug - istok	33	32	0,17541	PRIHVATLJIVO
Jug - sjever	56	56	0	PRIHVATLJIVO
Ukupan broj vozila	842	844		

Iz tablice 18. vidljivo je da je vrijednost prosječnog repa čekanja na cijelom raskrižju 0,88 metara. Najveće prosječno vrijeme kašnjenja izmjereno je u smjeru jug – zapad koji iznosi 21,29 sekundi, a to odgovara razini usluge C. Iz stupca razina usluge može se vidjeti da razinu usluge B i C imaju smjerovi za skretanje ulijevo. Najveća razina emisije štetnih plinova zabilježena je na glavnom smjeru istok – zapad tj. na privozima državne ceste D2. Prosječno vrijeme kašnjenja cijelog raskrižja iznosi 9,08 sekundi, a to odgovara razini usluge A.

Tablica 18. Prikaz rezultata simulacije postojećeg semaforiziranog raskrižja

Smjer kretanja	Prosječan rep čekanja [m]	Maksimalni rep čekanja [m]	Razina usluge	Prosječno vrijeme kašnjenja [s]	Emisija CO	Potrošnja goriva
Istok - Sjever	0,34	44,76	LOS_A	1,49	3,93	0,06
Istok - zapad	2,38	59,04	LOS_A	8,25	104,74	1,50
Istok - Jug	0,30	18,49	LOS_B	11,43	21,35	0,31
Sjever - zapad	0,30	21,85	LOS_A	6,34	11,88	0,17
Sjever - Jug	1,96	33,89	LOS_B	18,82	47,54	0,68
Sjever - istok	1,51	26,26	LOS_B	18,19	45,89	0,66
Zapad - istok	2,49	50,58	LOS_A	8,04	110,84	1,59
Zapad - sjever	0,04	9,98	LOS_A	1,17	14,79	0,21
Zapad - jug	0,00	2,32	LOS_A	0,50	8,05	0,12
Jug - zapad	0,30	11,00	LOS_C	21,29	10,75	0,15
Jug - istok	0,86	27,46	LOS_B	17,55	21,76	0,31
Jug - sjever	0,04	11,67	LOS_A	3,30	14,76	0,21
Prosjek	0,88	62,20	LOS_A	9,08	416,23	5,95

Prijedlog idejnog rješenja dan je u izgradnji raskrižja s kružnim tokom prometa. U tablici 19. prikazan je GEH koeficijent. Koeficijent je prihvatljiv na svim smjerovima kretanja.

Tablica 19. Prikaz GEH statistike za raskrižje s kružnim tokom prometa

I Z R A Č U N P O G E H U Z A P R E D L O Ž E N O R J				
Smjer kretanja	Stvarno c	Simulacija m	GEH	
Istok - Sjever	20	20	0	PRIHVATLJIVO
Istok - zapad	211	213	0,13736	PRIHVATLJIVO
Istok - Jug	28	31	0,55234	PRIHVATLJIVO
Sjever - zapad	41	39	0,31623	PRIHVATLJIVO
Sjever - Jug	67	67	0	PRIHVATLJIVO
Sjever - istok	65	68	0,36788	PRIHVATLJIVO
Zapad - istok	211	211	0	PRIHVATLJIVO
Zapad - sjever	59	62	0,38569	PRIHVATLJIVO
Zapad - jug	37	34	0,50351	PRIHVATLJIVO
Jug - zapad	14	15	0,26261	PRIHVATLJIVO
Jug - istok	33	31	0,35355	PRIHVATLJIVO
Jug - sjever	56	55	0,13423	PRIHVATLJIVO
Ukupan broj vozila	842	846		

U tablici 20. prikazani su rezultati simulacije za prijedlog idejnog rješenja. Prosječan rep čekanja na cijelom raskrižju iznosi 0,19 metara. Najveće prosječno vrijeme kašnjenja izmjereno je na smjeru zapad – sjever koje iznosi 2,63 sekunde, a prosječno vrijeme cijelog raskrižja iznosi 1,97 sekundi, a to odgovara razini usluge A. Na svim smjerovima kretanja izmjerena je razina usluge A. Najveća razina emisije štetnih plinova zabilježena je isto kao i kod postojećeg stanja tj. na glavnom smjeru istok – zapad gdje se pruža državna cesta D2.

Tablica 20. Prikaz rezultata simulacije postojećeg semaforiziranog raskrižja

Smjer kretanja	Prosječan rep čekanja [m]	Maksimalni rep čekanja [m]	Razina usluge	Prosječno vrijeme kašnjenja [s]	Emisija CO	Potrošnja goriva
Istok - Sjever	0,23	27,85	LOS_A	2,13	4,68	0,07
Istok - zapad	0,23	27,85	LOS_A	1,96	51,61	0,74
Istok - Jug	0,23	27,85	LOS_A	2,30	8,81	0,13
Sjever - zapad	0,14	17,68	LOS_A	1,68	7,51	0,11
Sjever - Jug	0,14	17,68	LOS_A	1,89	15,57	0,22
Sjever - istok	0,14	17,68	LOS_A	2,30	20,98	0,30
Zapad - istok	0,38	35,36	LOS_A	2,54	60,18	0,86
Zapad - sjever	0,38	35,36	LOS_A	2,63	19,87	0,28
Zapad - jug	0,38	35,36	LOS_A	2,22	6,84	0,10
Jug - zapad	0,16	18,97	LOS_A	0,14	3,59	0,05
Jug - istok	0,16	18,97	LOS_A	0,08	5,22	0,07
Jug - sjever	0,16	18,97	LOS_A	0,10	11,63	0,17
Prosjek	0,19	39,42	LOS_A	1,97	216,46	3,10

7. Evaluacija rezultata simulacijskog alata prije i poslije rekonstrukcije

Evaluacija se može definirati kao postupak vrednovanja, ocjenjivanja, odnosno utvrđivanja vrijednosti ili važnosti nečega. Također mjeri učinak, ocjenjuje uspjeh i učinkovitost pojedine politike, programa ili projekta. Glavni zadatak evaluacije je ukazivanje negativnih strana strategija ili provedbi na temelju ocjenjivanja napravljenog i ukazati na uspješne elemente te dati preporuke o tome kako sljedeći puta treba planirati i raditi [12].

U ovom diplomskom radu evaluirati će se predložena rješenja sa usporedbom razine usluge prije i poslije rješenja te će se usporediti ostali izlazni parametri simulacije, a to su: rep čekanja, maksimalni rep čekanja, prosječno vrijeme kašnjenja, emisija CO i potrošnja goriva.

Razina usluge je kvalitativna mjera koja opisuje operativne uvjete prometnoga toka, a na temelju kojih se utvrđuju su: brzina, vrijeme putovanja, sloboda manevriranja, utjecaj drugog prometa, udobnost itd. Sigurnost odvijanja prometa ne ulazi kao mjera za određivanje razine usluge [9].

Razina usluge (RU) procjenjuje se kroz šest stupnjeva (A – najbolje, F – najlošije) prema američkoj metodologiji (HCM) ili njemačkoj (HBS):

- ◁ RU – A: uvjeti slobodnog toka, najviše 10 % međusobnih utjecaja između vozila u prometnom toku, prosječna vremena čekanja na raskrižjima su minimalna,
- ◁ RU – B: oko 70 % vozila nalazi se u uvjetima slobodnog toka, prosječna vremena čekanja na raskrižjima nisu značajna;
- ◁ RU – C: stabilni uvjeti prometa, oko 50 % vozila u uvjetima slobodnog toka, mogući manji povećani repovi čekanja na raskrižjima izazivajući veća prosječna vremena čekanja;
- ◁ RU – D: oko 40 % vozila se nalazi u uvjetima slobodnog toka, malo povećanje prometnog toka izaziva povećanje repove čekanja s većim prosječnim vremenom čekanja;
- ◁ RU – E: manje od trećine vozila su u slobodnom toku, to je stanje u kojem je dosegnuta propusna moć ili se postiže malim povećanjem prometnog toka, prosječna vremena čekanja na raskrižjima su znakovito velika
- ◁ RU – F: prometna potražnja je iznad propusne moći, na privozima raskrižja dolazi do zagušenja, velika vremena čekanja znatno utječu na okolnu prometnu mrežu [9].

7.1. Evaluacija rezultata simulacije raskrižja 1

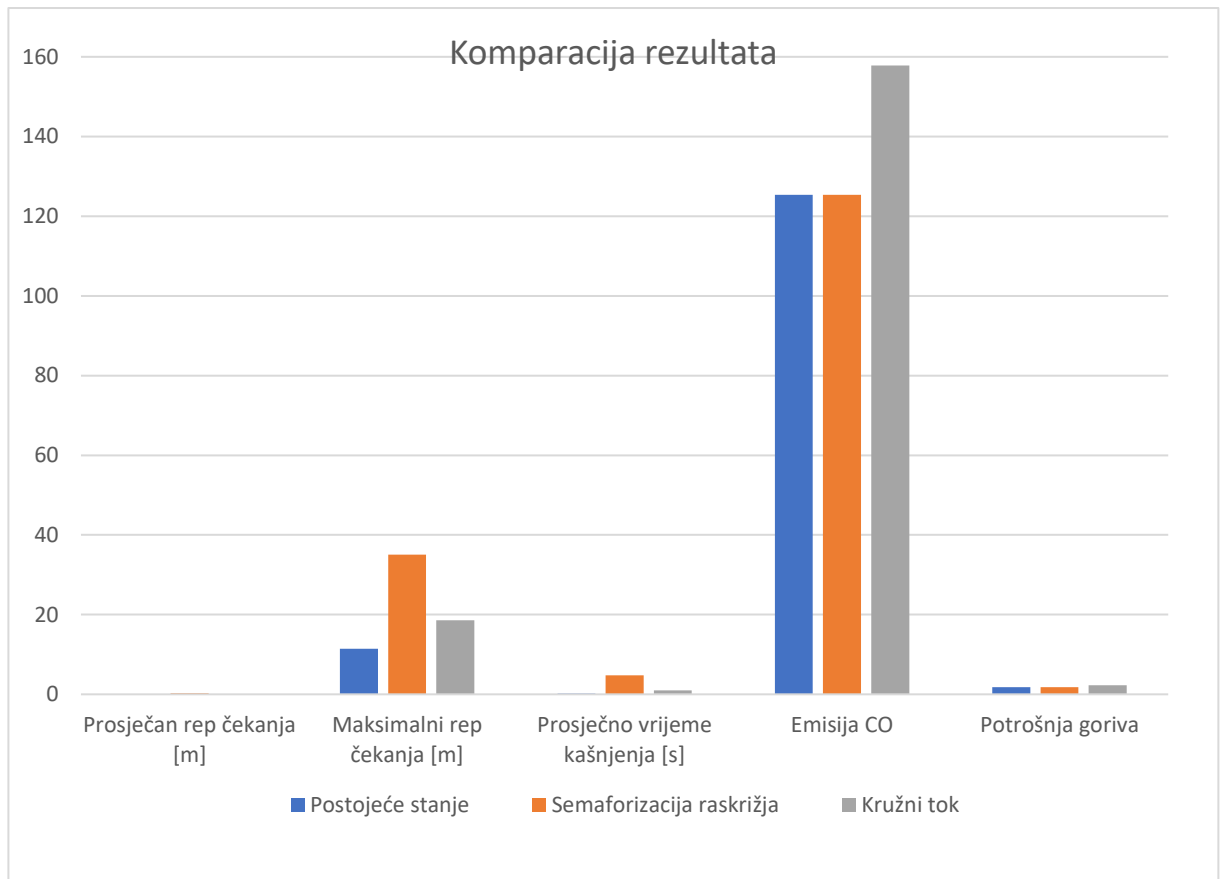
Rezultate simulacija koji su dobiveni pomoću simulacijskog alata PTV Vissim-a, prikazani su u tablici 21.

Tablica 21. Prikaz rezultata razine usluge postojećeg raskrižja i predloženih rješenja

RAZINA USLUGE			
Smjer kretanja	P o s t o j e ć e	S e m a f o r i z a c i j a	K r u ž n i
Jug - Istok	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Jug - Sjever	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Jug - Zapad	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Istok - Jug	LOS_A	LOS_B	LOS_A
Istok - Sjever	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Istok - Zapad	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Sjever - Jug	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Sjever - Istok	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Sjever - Zapad	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Zapad - Jug	LOS_A	LOS_A	LOS_A
Zapad - Istok	LOS_A	LOS_B	LOS_A
Zapad - Sjever	LOS_A	LOS_A	LOS_A

Iz tablice 21. vidljivo je kako postojeće raskrižje na svim smjerovima kretanja ima razinu usluge A. Semaforizacija raskrižja je predloženo kao prvo idejno rješenje, iz tablice se vidi da dva smjera kretanja ima razinu B u odnosu na postojeće stanje. Drugo idejno predloženo rješenje je izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa, iz rezultata simulacije vidljivo je da ima istu razinu usluge kao i postojeće stanje.

Grafikon 5. prikazuje komparaciju rezultata simulacija postojećeg stanja sa predloženim rješenjima. Iz grafikona možemo vidjeti kako su parametri predloženih rješenja veći u odnosu na parametre postojećeg stanja.



Grafikon 5. Prikaz komparacije rezultata simulacije

Na navedenom raskrižju 1 javljaju se problemi sa regulacijom prometa, koji rezultiraju konfliktne situacije i ugrožavanja sigurnosti. Za rješavanje ovog problema navedena su dva moguća rješenja, a to su semaforizacija raskrižja ili izgradnja s kružnim tokom prometa. I jedno i drugo rješenje u prvom planu rješavaju problem regulacije prometa na raskrižju, a samim time i povećaju sigurnost prometovanja na raskrižju.

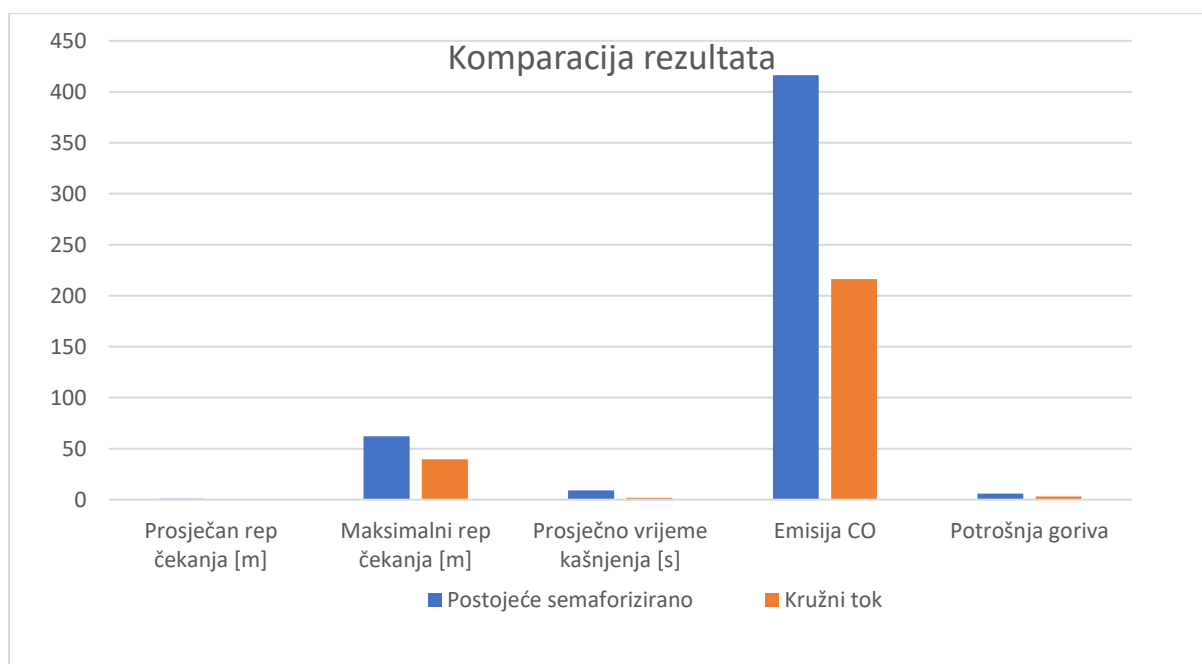
Kao izbor optimalnog idejnog rješenja analiziranog raskrižja odabrano je izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa. Izgradnja raskrižja s kružnim tokom predstavlja optimalno rješenje jer je izgradnja jeftinija od semaforizacije raskrižja.

7.2. Evaluacija rezultata simulacije raskrižja 3

Rezultati razine usluge raskrižja 3 prikazani su u tablici 22. Iz tablice 22. vidljivo je kako predloženo rješenje ima bolju razinu usluge nego postojeće semaforizirano raskrižje.

Tablica 22. Prikaz rezultata razine usluge postojećeg raskrižja i predloženih rješenja

Smjer kretanja	Postojeće stanje	Kružni tok
Istok - Sjever	LOS_A	LOS_A
Istok - zapad	LOS_B	LOS_A
Istok - Jug	LOS_A	LOS_A
Sjever - zapad	LOS_A	LOS_A
Sjever - Jug	LOS_B	LOS_A
Sjever - istok	LOS_B	LOS_A
Zapad - istok	LOS_A	LOS_A
Zapad - sjever	LOS_A	LOS_A
Zapad - jug	LOS_A	LOS_A
Jug - zapad	LOS_C	LOS_A
Jug - istok	LOS_B	LOS_A
Jug - sjever	LOS_A	LOS_A



Grafikon 6. Prikaz komparacije rezultata simulacije

Na grafikonu 6. prikazani su izlazni parametri simulacije postojećeg semaforiziranog raskrižja i predloženog idejnog rješenja izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa. Iz grafikona 6. vidljivo je kako su parametri postojećeg stanja veći u odnosu na predloženo rješenje. Na temelju rezultata razine usluge postojećeg stanja i predloženog rješenja može se vidjeti da bi raskrižje s kružnim tokom bilo bolje nego postojeće semaforizirano raskrižje.

8. Zaključak

Grad Đurđevac nalazi se u sjeveroistočnoj Hrvatskoj na površini od 157 km² sa oko 8 000 stanovnika. Kroz taj grad prolaze dvije magistralne ceste koje spajaju grad sa istočnom i sjevernom Hrvatskom. Analizirana su tri raskrižja u gradu Đurđevcu kroz koja prometuje veći broj vozila.

Analizom postojećih stanja na navedenim raskrižjima uočeno je da postoje problemi ugrožavanja sigurnosti. Na prvom navedenom raskrižju problem je nepoštivanje prava prednosti prolaska zbog čega dolazi do konfliktnih situacija te su predložena dva idejna rješenja. Jedno rješenje je semaforizacija raskrižja, dok je drugo rješenje izgradnja raskrižja sa kružnim tokom. Drugo navedeno raskrižje je nepravilnog „T“ oblika te je potrebno izvršiti infrastrukturnu promjenu, odnosno potrebno je okomizirati sporedni privoz na glavni smjer. Na trećem navedenom raskrižju stvaraju se repovi čekanja na sporednim privozima zbog brojnih atraktora koji se nalaze u blizini. Predloženo rješenje za treće raskrižje je izgradnja raskrižja sa kružnim tokom.

Metodom ručnog brojanja prometa dobiveni su rezultati prometnog opterećenja raskrižja, tj. svakog privoza. Pomoću simulacijskog alata PTV Vissim-a dobiveni su izlazni parametri postojećih i predloženih idejnih rješenja koje će biti uspoređeni. Na temelju evaluacije izlaznih parametara predložena su optimalna rješenja za svako navedeno raskrižje. Implementacija idejnih rješenja za svako raskrižje povećati će razinu usluge odvijanja prometa i sigurnost odvijanja prometa za sve sudionike u prometu te će poboljšati potrebe za prometnom potražnjom u budućnosti.

Literatura

- [1] URL: <https://djurdjevac.hr/o-durdevcu/>, 08.2021.
- [2] URL: <https://djurdjevac.hr/o-durdevcu/geografski-polozaj/durdevacka-naselja/>, 08.2021.
- [3] URL: <https://www.google.com/maps/place/%C4%90ur%C4%91evac/@46.045334,16.9935132,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x4767cd653a0bfced:0x400ad50862bbe20!8m2!3d46.0398758!4d17.0714503>, 08.2021.
- [4] Šoštarić, M., Ščukanec, A.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Prosinac, 2011.
- [5] URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Podravska_magistrala , 08.2021.
- [6] Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1 – radni materijali za predavanje, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2010.
- [7] Slavulj M.: Brojanje prometa, Autorizirana predavanja, Zagreb, 2010.
- [8] Hozjan, D., Novačko, L.: Cestovne prometnice II: interna skripta za izradbu seminarskog rada, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2009.
- [9] Cerovac V., Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [10] PTV Vissim 9 User manual, 2016., Karlsruhe, Njemačka
- [11] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/GEH_statistic , 08.2021.
- [12] URL: <http://www.evaluacija.hr/Sto%20je%20evaluacija.html> , 08.2021.
- [13] Novačko, L.: Mikrosimulacije, Simulacije u prometu, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2019./2020.

Popis slika

Slika 1. Đurđevačka naselja	3
Slika 2. Položaj raskrižja u gradu Đurđevcu	4
Slika 3. Uže područje raskrižja 1.....	5
Slika 4. Uže područje raskrižja 2.....	6
Slika 5. Uže područje raskrižja 3.....	7
Slika 6. Prikaz postojećeg stanja raskrižja 1. i 2.	9
Slika 7. Južni privoz raskrižja 1.	10
Slika 8. Južni privoz raskrižja 1.	10
Slika 9. Zapadni privoz raskrižja 1.....	11
Slika 10. Istočni privoz raskrižja 1.....	11
Slika 11. Postojeće stanje raskrižja 1. i 2. sa vertikalnom signalitacijom	12
Slika 12. Južni privoz raskrižja 2.	13
Slika 13. Sjeveroistočni privoz raskrižja 2.	13
Slika 14. Sporedni privoz raskrižja 2.	13
Slika 15. Prikaz nadvožnjaka državne ceste D43	14
Slika 16. Raskrižje D2 – Vinogradska sa vertikalnom i horizontalnom signalizacijom	15
Slika 17. Istočni privoz raskrižja 3.....	16
Slika 18. Zapadni privoz raskrižja 3.....	16
Slika 19. Sjeverni privoz raskrižja 3.....	17
Slika 20. Južni privoz raskrižja 3.	17
Slika 21. Željezničko – cestovni prijelaz.....	18
Slika 22. Distribucija prometnih tokova na raskrižju Bjelovarska ulica – Ulica Pavla Radića – D43..	24
Slika 23. Distribucija prometnih tokova na raskrižju D2 – Vinogradska ulica.	30
Slika 24. Prva faza.....	31
Slika 25. Druga faza	31
Slika 26. Postojeći signalni plan.....	32
Slika 27. Prikaz prvog predloženog rješenja raskrižja 1 i 2	39
Slika 28. Prva faza.....	40
Slika 29. Druga faza	40
Slika 30. Prikaz signalnog plana	41
Slika 31. Prikaz drugog predloženog rješenja za raskrižje 1 i 2.....	42
Slika 32. Prikaz provoznosti raskrižja 3	42
Slika 33. Prijedlog idejnog rješenja raskrižja 3	43
Slika 34. Prikaz provoznosti raskrižja 3	44

Popis tablica

Tablica 1. Rezultati brojenja prometa na južnom privozu.....	20
Tablica 2. Rezultati brojenja prometa na istočnom privozu.....	21
Tablica 3. Rezultati brojenja prometa na sjevernom privozu.....	22
Tablica 4. Rezultati brojenja prometa na sjevernom privozu.....	23
Tablica 5. Rezultati brojanja prometa na istočnom privozu.....	25
Tablica 6. Rezultati brojenja prometa na sjevernom privozu.....	26
Tablica 7. Rezultati brojenja prometa na zapadnom privozu.....	27
Tablica 8. Rezultati brojanja prometa na južnom privozu.....	28
Tablica 9. Rezultat brojanja pješačkog prometa na raskrižju D2 – Vinogradska ulica.....	29
Tablica 10. GEH statistika.....	46
Tablica 11. Prikaz GEH statistike za postojeće stanje.....	47
Tablica 12. Prikaz rezultata simulacije postojećeg stanja.....	48
Tablica 13. Prikaz GEH statistike za semaforizaciju raskrižja.....	49
Tablica 14. Prikaz rezultata simulacije semaforizacije raskrižja.....	49
Tablica 15. Prikaz GEH statistike za raskrižje s kružnim tokom prometa.....	50
Tablica 16. Prikaz rezultata simulacije raskrižja s kružnim tokom prometa.....	50
Tablica 17. Prikaz GEH statistike za postojeće stanje.....	51
Tablica 18. Prikaz rezultata simulacije postojećeg semaforiziranog raskrižja.....	52
Tablica 19. Prikaz GEH statistike za raskrižje s kružnim tokom prometa.....	52
Tablica 20. Prikaz rezultata simulacije postojećeg semaforiziranog raskrižja.....	53
Tablica 21. Prikaz rezultata razine usluge postojećeg raskrižja i predloženih rješenja.....	55
Tablica 22. Prikaz rezultata razine usluge postojećeg raskrižja i predloženih rješenja.....	57

Popis grafikona

Grafikon 1. PGDP za vremensko razdoblje od 5, 10 i 15 godina na raskrižju 3	35
Grafikon 2. Vršno opterećenje za vremensko razdoblje od 5, 10 i 15 godina na raskrižju 3	35
Grafikon 3. PGDP za vremensko razdoblje od 5, 10 i 15 godina na raskrižju 1	37
Grafikon 4. Vršno opterećenje za vremensko razdoblje od 5, 10 i 15 godina na raskrižju 1	37
Grafikon 5. Prikaz komparacije rezultata simulacije.....	56
Grafikon 6. Prikaz komparacije rezultata simulacije.....	57

Popis priloga

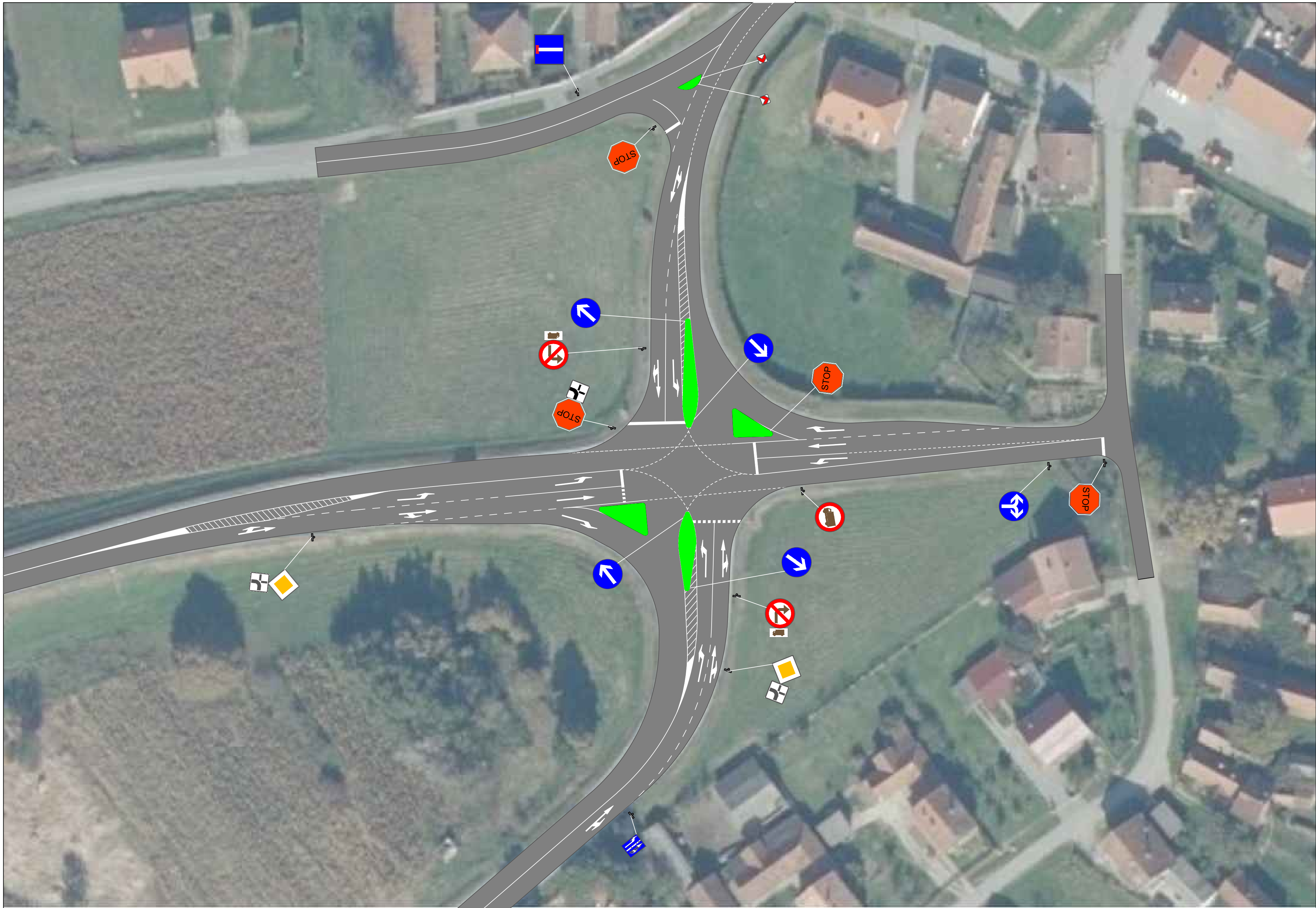
Prilog 1. Postojeće stanje raskrižja 1 i 2

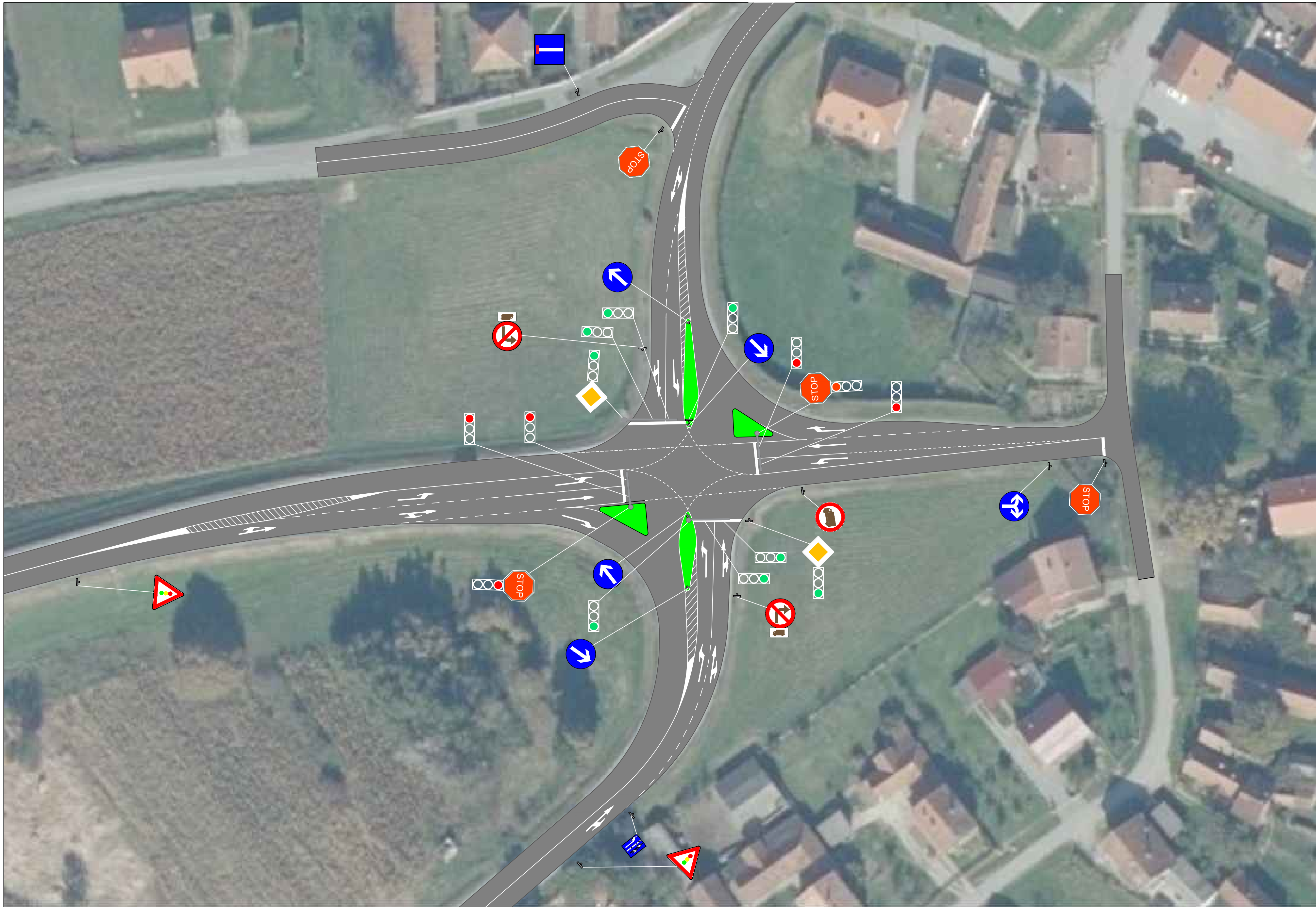
Prilog 2. Prvo predloženo rješenje raskrižja 1 i 2

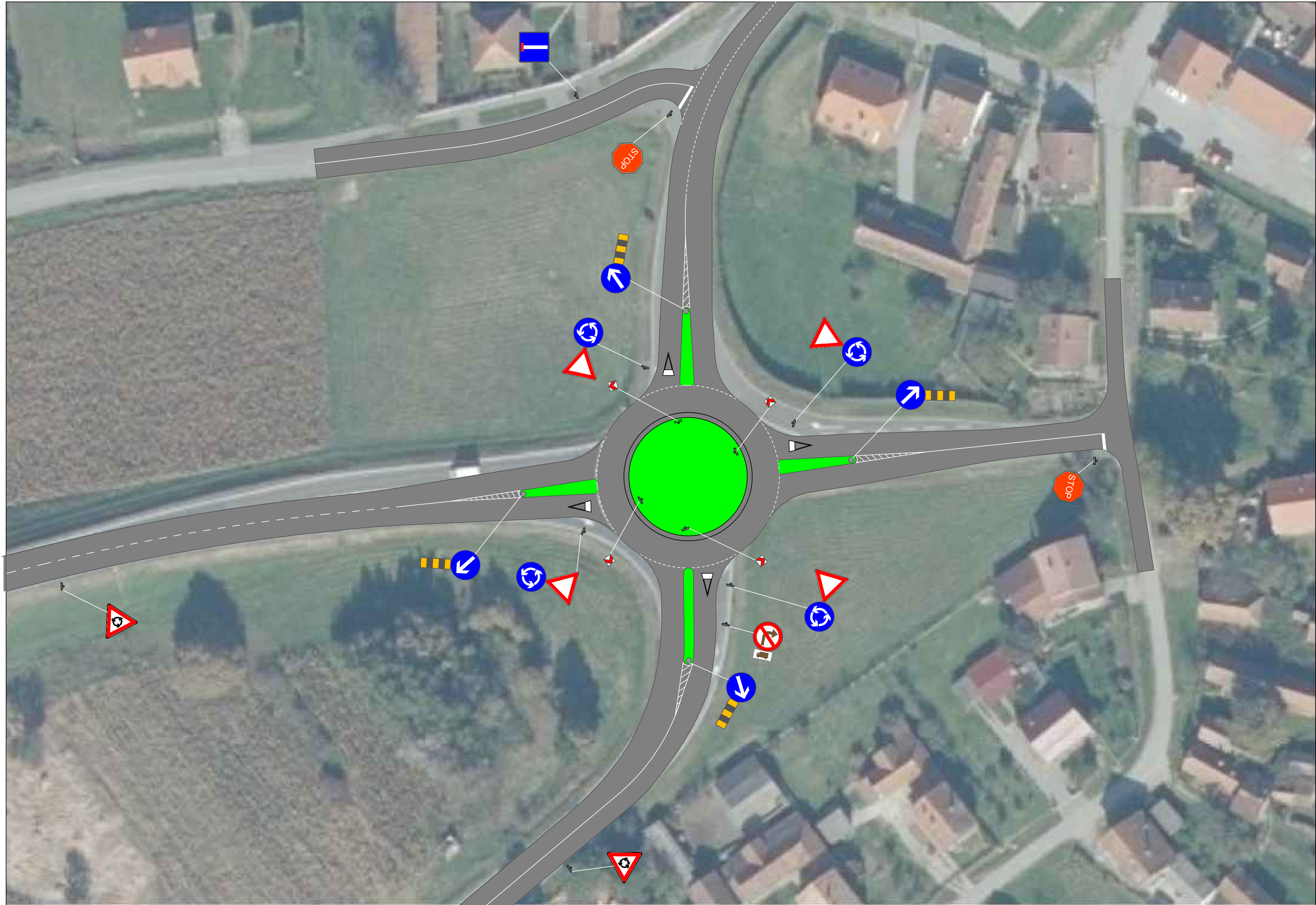
Prilog 3. Drugo predloženo rješenje raskrižja 1 i 2

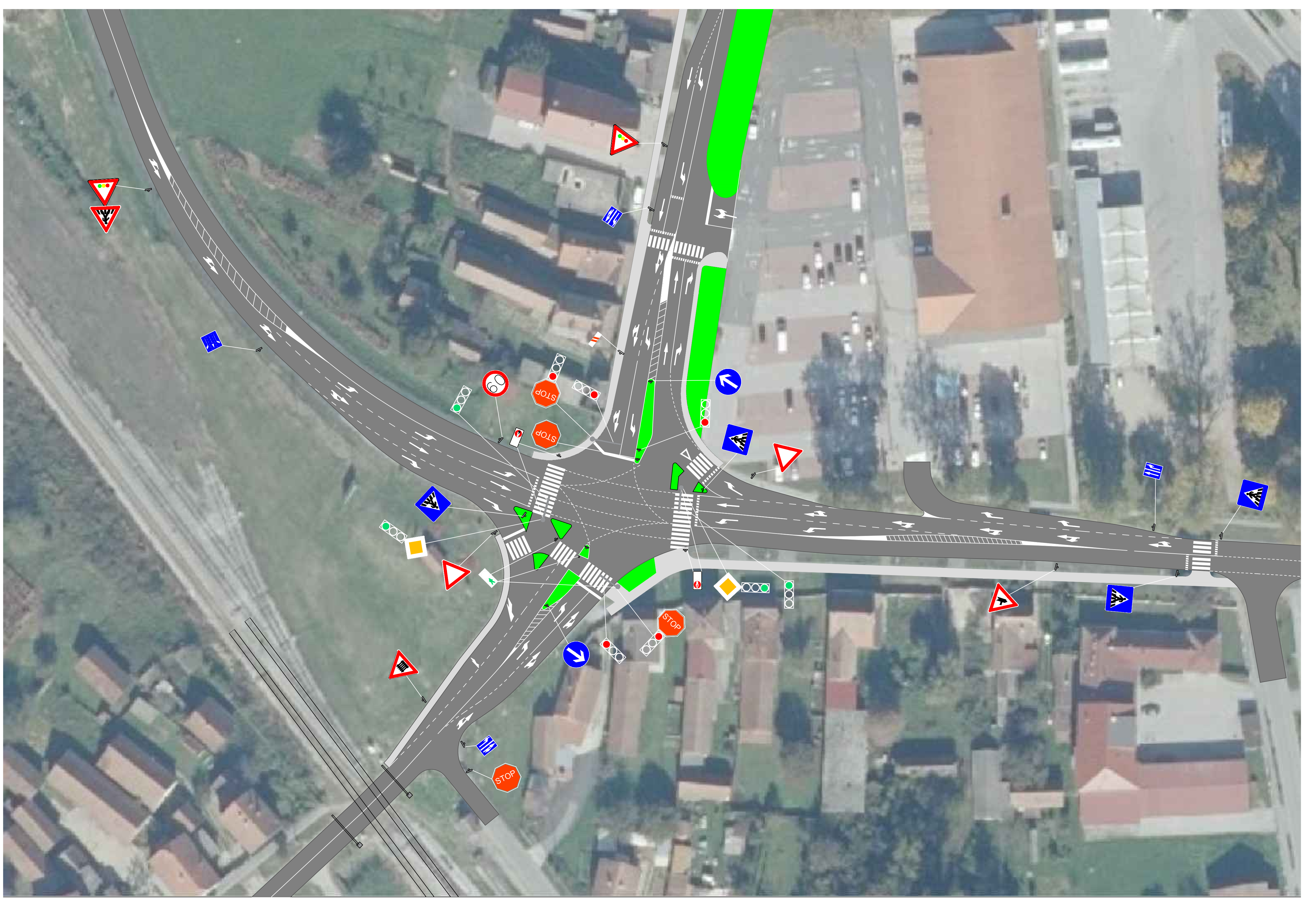
Prilog 4. Postojeće stanje raskrižja 3

Prilog 5. Prijedlog rješenja raskrižja 3











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 i optimizacije prometnih tokova na raskrižjima u gradu Đurđevcu**

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:

Miro Gubina
(potpis)