

Idejno prometno rješenje raskrižja Osječke ulice i čvora Škurinje (A7) u gradu Rijeci

Ezgeta, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:119:967665>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Matija Ezgeta

**IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA OSJEČKE ULICE I
ČVORA ŠKURINJE (A7) U GRADU RIJECI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKIŽJA OSJEČKE ULICE I
ČVORA ŠKURINJE (A7) U GRADU RIJECI**

**PRELIMINARY TRAFFIC SOLUTION FOR THE INTERSECTION OF
OSJEČKA STREET AND ŠKURINJE JUNCTION (A7) IN THE CITY OF
RIJEKA**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marko Šoštarić
Komentor: doc. dr. sc. Marijan Jakovljević

Student: Matija Ezgeta
JMBAG: 0135253825

Zagreb, srpanj 2023.

Zagreb, 24. svibnja 2023.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Prometno tehnološko projektiranje**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7186

Pristupnik: **Matija Ezgeta (0135253528)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Idejno prometno rješenje raskrižja Osječke ulice i čvora Škurinje (A7) u gradu Rijeci**

Opis zadatka:

U radu je potrebno provesti analizu postojećeg stanja raskrižja Osječke ulice i čvora Škurinje (A7) u Rijeci. Analiza postojećeg stanja treba sadržavati analizu prometne infrastrukture, prometnih tokova te postojećih varijantih rješenja. Sukladno utvrđenim nedostacima postojećeg stanja, potrebno je predložiti idejno prometno rješenje za unaprjeđenje odvijanja prometa na predmetnoj dionici. Za postojeće stanje kao i predloženo rješenje potrebno je izraditi mikrosimulacijske modele za vršne sate te provesti komparativnu analizu rezultata mikrosimulacijskih modela s ciljem utvrđivanja kvalitete predloženog rješenja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Marko Šoštarić

dr. sc. Marijan Jakovljević (komentor)

IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA OSJEČKE ULICE I ČVORA ŠKURINJE (A7) U GRADU RIJECI

Sažetak

Cilj ovog diplomskog rada je izraditi idejno prometno rješenje za raskrižje Osječke ulice i čvora Škurinje u gradu Rijeci. Raskrižje se trenutno suočava s velikim prometnim opterećenjem te samim time učestalim zagušenjima kao i smanjenom razinom sigurnost cestovnog prometa.

U ovome istraživanju provedena je detaljna analiza postojećeg stanja prometnih tokova i infrastrukture. Prikupljeni su podaci o prometnom opterećenju, brzinama kretanja vozila i prometnim nesrećama koje su se dogodile u zoni raskrižja. Na temelju dobivenih podataka identificirani su ključni problemi koji utječu na propusnu moć i sigurnost na raskrižju.

Temeljem zaključaka proizašlih iz analize postojećeg stanja kreirane su dvije moguće varijante idejnih prometnih rješenja. Propusna moć idejnih prometnih rješenja testirana je upotrebom mikrosimulacijskog alata Vissim. Simulacije su provedene za postojeće stanje i varijantna rješenja. Na temelju evaluacije i komparacije rezultata predloženo je optimalno idejno prometno rješenje koje uključuje promjene u geometriji raskrižja i organizaciji prometa.

Ključne riječi: idejno prometno rješenje, raskrižje, Osječka ulica, čvor Škurinje, simulacija, PTV Vissim, sigurnost cestovnog prometa

Summary

The goal of this thesis is to create a conceptual traffic solution for the intersection of Osječka Street and Škurinje junction in the city of Rijeka. The intersection is currently facing a heavy traffic load and therefore frequent congestion as well as a reduced level of road traffic safety.

In this research, a detailed analysis of the current state of traffic flows and infrastructure was carried out. Data were collected on traffic load, vehicle speeds and traffic accidents that occurred in the intersection area. On the basis of the obtained data, the key problems affecting the maximum road capacity and safety at the intersection were identified.

Based on the conclusions derived from the analysis of the existing situation, two possible variants of conceptual traffic solutions were created. The maximum road capacity of conceptual traffic solutions was tested using the Vissim microsimulation tool. Simulations were carried out for the existing state and variant solutions. Based on the evaluation and comparison of the results, an optimal conceptual traffic solution was proposed, which includes changes in the intersection geometry and traffic organization.

Keywords: conceptual traffic solution, intersection, Osječka street, Škurinje junction, simulation, PTV Vissim, road traffic safety

Sadržaj

1. UVOD	1
2. ZONA OBUHVATA	3
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA.....	6
3.1. Analiza dokumentacije	6
3.1.1. Analiza prostorno-planske dokumentacije.....	6
3.1.2. Analiza planova razvoja prometne infrastrukture.....	9
3.2. Analiza prometne infrastrukture	11
3.2.1. Analiza postojeće infrastrukture motoriziranog prometa	11
3.2.2. Analiza postojeće infrastrukture nemotoriziranog prometa.....	23
3.3. Analiza organizacije i regulacije prometnih tokova	24
3.4. Analiza prometnih tokova	34
3.5. Analiza sigurnosti prometa.....	48
3.6. Analiza postojećeg sustava javnog gradskog prijevoza putnika	54
3.7. Analiza prijevozne potražnje u budućnosti	56
4. PRIJEDLOZI RJEŠENJA	61
4.1. Varijanta 1 – Kružno raskrižje.....	61
4.2. Varijanta 2 – Kružno raskrižje sa spiralnim tokom prometa.....	66
5. EVALUACIJA REZULTATA NOVE REGULACIJE PROMETNIH TOKOVA	72
5.1. Postojeće stanje.....	72
5.2. Varijantno rješenje 1 – raskrižje s kružnim tokom prometa.....	76
5.3. Varijantno rješenje 2 – kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika.....	78
6. ZAKLJUČAK	91
POPIS LITERATURE	92
POPIS KRATICA	94
POPIS SLIKA	95
POPIS TABLICA.....	96
POPIS GRAFIKONA	97
POPIS PRILOGA.....	98

1. UVOD

Grad Rijeka jedan je od najvećih gradova u Hrvatskoj te se suočava s izazovima vezanim uz promet i prometnu infrastrukturu. Grad Rijeka predstavlja važno prometno čvorište, pa kroz grad prolazi veliki broj vozila, uključujući lokalni i tranzitni promet povezan s lukom Rijeka te Istrom. Ovakva situacija dovodi do zastoja na mnogim prometnicama, a posebno tijekom jutarnjih i popodnevni sati. Uzimajući u obzir rastući broj vozila, neophodno je pronaći optimalna prometna rješenja koja će pridonijeti smanjenju prometnih problema i osigurati sigurnost svih sudionika u prometu. Predmet ovog rada je unaprjeđenje odvijanja prometa u zoni raskrižja Osječke ulice i čvor Škurinje koje uslijed svog položaja predstavlja bitan dio cestovne mreže grada te ima utjecaj na odvijanje prometa na autocesti A7 kao i jednoj od glavnih gradskih ulica.

Glavni cilj ovog diplomskog rada je pružiti sveobuhvatan pregled postojećeg stanja raskrižja te shodno tome predložiti optimalna prometna rješenja.

Rad je uz uvodni i zaključni dio podijeljen u četiri osnovna poglavlja:

1. Uvod
2. Definicija zone obuhvata
3. Analiza postojećeg stanja
4. Prijedlozi rješenja
5. Simulacija
6. Zaključak

U drugome poglavlju se detaljno opisuje zona obuhvata, odnosno područje koje je predmet analize i rješavanja problema.

Treće poglavlje donosi detaljnu analizu postojećeg stanja unutar zone obuhvata. Analiza postojećeg stanja obuhvaća analizu prostorno-planske dokumentacije, prometne infrastrukture, regulacije i organizacije prometnog toka, intenziteta i distribucije prometnih tokova te sigurnosti.

U četvrtom poglavlju dati su prijedlozi rješenja identificiranih problema na temelju analize postojećeg stanja. Prikazuju se različite mogućnosti i opcije za situacije u zoni obuhvata.

U petom poglavlju prikazani su rezultati mikrosimulacije postojećeg stanja i varijantnih rješenja.

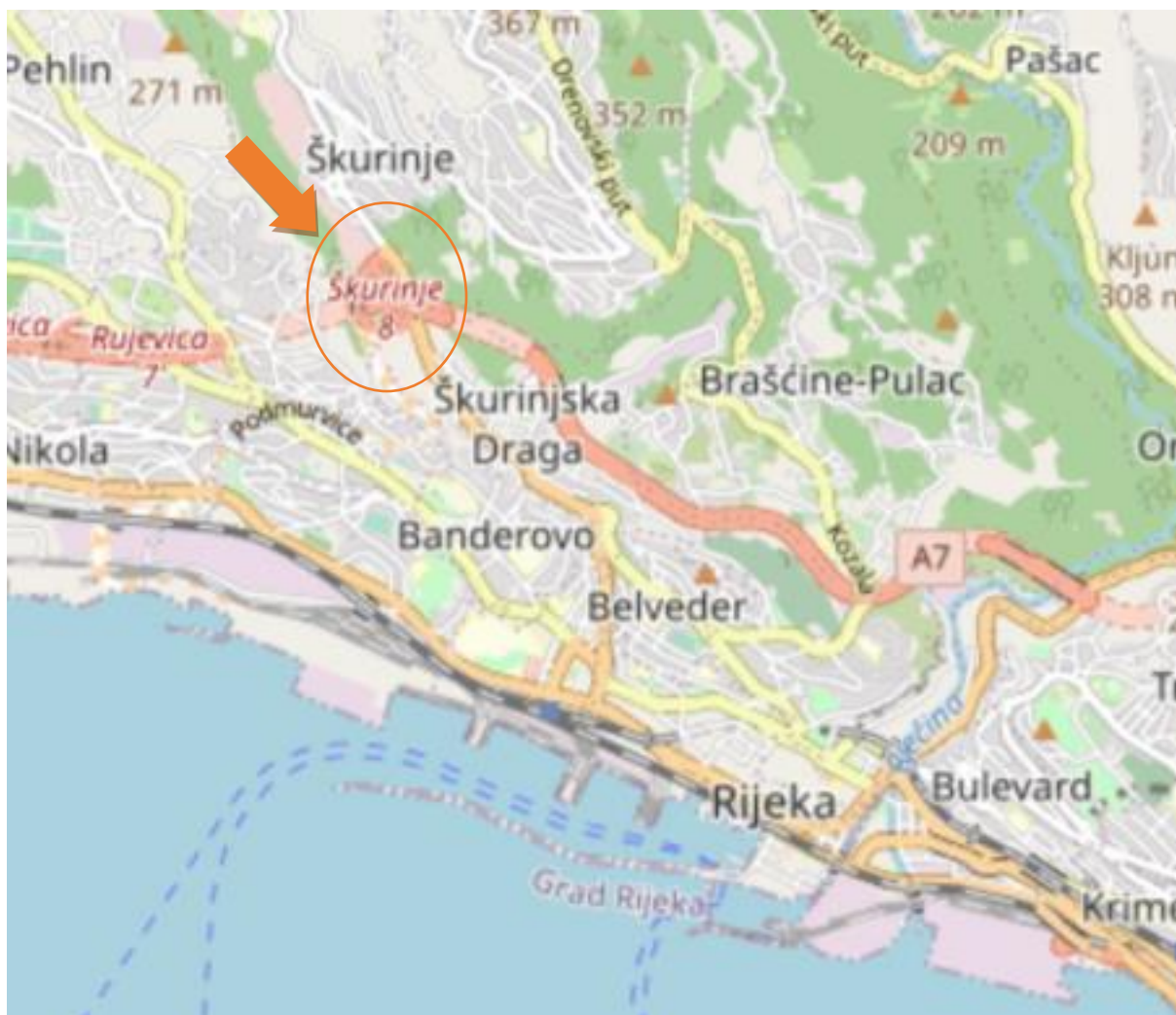
U šestom poglavlju provedena je usporedba propusne moći predloženih rješenja s postojećim stanjem. Analizirane su prednosti i nedostaci svakog prijedloga kako bi se donijela konačna odluka o optimalnom rješenju.

Posljednje poglavlje rada je Zaključak u kojem se donose zaključci na temelju provedenih analiza i simulacija. Daje se pregled rada, ističu se ključne spoznaje i preporuke za daljnje djelovanje u vezi s problemom obrađenim u radu.

2. ZONA OBUHVATA

Grad Rijeka je smješten na sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, blizu granice sa Slovenijom i Istrom, a administrativno pripada Primorsko-goranskoj županiji. Leži na ušću rijeke Rječine u Jadransko more te je okružena brdovitim terenom prema sjeveru i istoku. Rijeka kao najveća hrvatska luka predstavlja vrlo značajnu prometnu i gospodarsku točku regije i države. Prema popisu stanovništva iz 2021. godine [1], Rijeka broji 107.964 stanovnika na površini od oko 44 km², što predstavlja gustoću od oko 2.453 stanovnika/km².

Zona obuhvata utvrđena je prema ciljevima ovoga rada, a podijeljena je na užu i širu zonu. Širu zonu obuhvata čini područje uz Osječku ulicu, dok uža zona obuhvata diplomskog rada odnosi se na raskrižje Osječke ulice i čvora Škurinje u gradu Rijeci. Navedeno raskrižje omogućava spajanje prometa iz gradske mreže na riječku obilaznicu i obrnuto te je iz toga proizlazi njegova važnost u svakodnevnom zadovoljavanja prometne potražnje u gradu Rijeci. Specifičnost riječke obilaznice je u tome da svojim karakteristikama spada u brzu cestu koja bi trebala služiti povezivanju daljih lokacija, ali sve većim razvitkom cestovnog prometa danas ona gotovo pa preuzima ulogu glavne gradske prometnice. Kako prolazi kroz vrlo gusto naseljeno područje mogućnosti širenja ne postoje. Još jedan nedostatak obilaznice je u nedostatku čvorova. Uz čvor Škurinje, promet se na nju iz grada spaja na čvorovima Rujevica, Diračje i Draga. Upravo čvorovi Škurinje i Rujevica na sebe preuzimaju najveći dio prometa iz centra grada. Uz navedene čvorove postoji i čvor Orehovica, ali problem navedenog čvora je što se na njemu vozila mogu samo isključiti kada putuju iz smjera Kikovice prema gradu Rijeci. Za navedeni čvor planirano je proširenje radi mogućnosti priključivanja vozila iz gradske mreže na obilaznicu. Makrolokacija čvora Škurinje prikazana je na slici 1.



Slika 1. Makrolokacija čvora Škurinje. [2]

Kroz područje obuhvata prolazi gradska prometnica, Osječka ulica. Navedena ulica služi za povezivanja unutar grada, ali i za dalje povezivanje naselja Škurinje, Drenova i Viškovo. Navedena ulica se u području obuhvata križa sa spojem autoceste A7, odnosno riječkom obilaznicom. Osim vrlo važnog spoja s obilaznicom u području obuhvata planiran je i novi priključak državne ceste D403. Državna cesta D403 je trenutno u izgradnji, a njezin završetak je predviđen u bliskoj budućnosti. Navedena cesta je od lokalnog i regionalnog značaja budući da je njezinim položajem predviđeno povezivanje novog kontejnerskog terminala „Zagreb Deep Sea Terminal“ i centra grada preko produžene ulice Riva na obilaznicu. Pretpostavka je da će njezinom izgradnjom promet na čvoru Škurinje porasti. Mikrolokacija predmetnog raskrižja prikazan je na slici 2.



Slika 2. Mikrolokacija čvora Škurinje, [3]

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

U svrhu kreiranja idejnog prometnog rješenja provedena je analiza postojećeg stanja unutar zone obuhvata.

Analiza postojećeg stanja obuhvaća:

- ❖ analizu dokumentacije iz područja prometa:
 - analiza prostorno-planske dokumentacija
 - analiza planova razvoja prometne infrastrukture
- ❖ analizu prometne infrastrukture
 - analiza postojeće infrastrukture motoriziranog prometa
 - analiza postojeće infrastrukture nemotoriziranog prometa
- ❖ analizu organizacije i regulacije prometnih tokova
- ❖ analizu prometnih tokova
- ❖ analizu sigurnosti prometa
- ❖ analizu postojećeg sustava javnog prijevoza putnika

3.1. Analiza dokumentacije

Kao prvi korak u donošenju rješenja potrebno je provesti analizu dokumentacije koja ima izravan odnosno neizravan utjecaj na prometni sustav. Navedenu analizu dokumentacije čini:

- ❖ analiza prostorno-planske dokumentacije
- ❖ analiza planova razvoja prometne infrastrukture

3.1.1. Analiza prostorno-planske dokumentacije

Područje obuhvata spada pod grad Rijeku i Primorsko-goransku županiju. U svrhu provjere mogućnosti građenja u području obuhvata potrebno je provjeriti usklađenost sa prostorno – planskom dokumentacijom grada i županije.

U gradu Rijeci slijedeći dokumenti prostornog uređenja su na snazi:

- Prostorni plan uređenja grada Rijeke
- Generalni urbanistički plan grada Rijeke
- Urbanistički planovi uređenja
- Provedbeni urbanistički planovi
- Detaljni planovi uređenja

Najvažniji dokumenti su Prostorni plan Primorsko-goranske Županije, Prostorni plan uređenja grada Rijeke i Generalni urbanistički plan grada Rijeke.

Prostorni plan Primorsko-goranske županije

Prostorno planska dokumentacija Primorsko-goranske županije obuhvaća kao najvažniji dokument prostorni plan Primorsko-goranske županije. Navedeni plan je dokument kojim se planira uređenje prostora županije, a koji donosi Županijska skupština. Temeljni je i obvezatni dokument koji treba odrediti osnovne pravce prostornog razvoja gradova i općina Primorsko-goranske županije [4].



Slika 3. Prostorni plan PGŽ na području grada Rijeke, [4]

Na slici broj 3. prikazan je isječak iz prostornog plana Primorsko goranske županije za područje grada Rijeke. Navedeni plan usklađen je s prostornim planovima grada Rijeke te iz tog razloga nije potrebno detaljnije analizirati.

Prostorni plan uređenja grada Rijeke

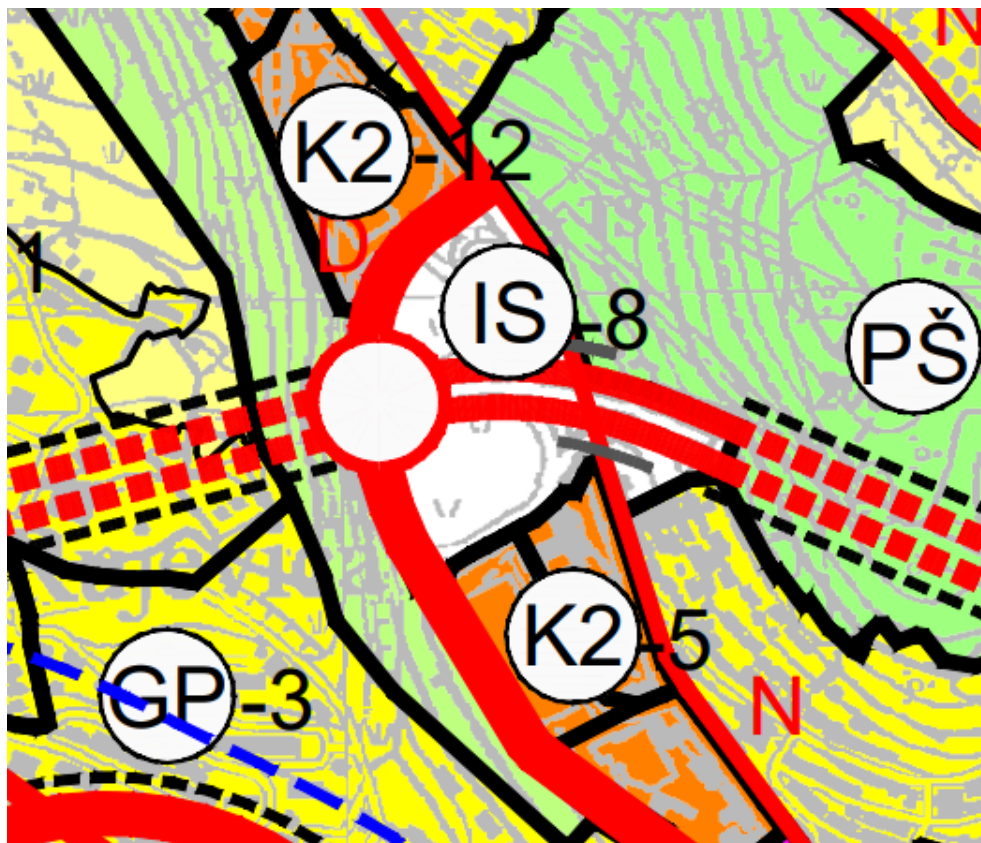
Prostorni plan uređenja grada Rijeke prostorni je planski dokument kojim lokalna samouprava provodi politiku uređenja i zaštite prostora, sukladno utvrđenim ciljevima razvoja.

Prethodno spomenuti plan sastoji se od tekstualnog dokumenta i grafičkog dijela. U svrhu izrade prometnog rješenja vrlo je bitan grafički dio koji nam definira korištenje i namjenu površine. Na slici 4. prikazan je isječak iz navedenog plana na kojem je vidljiva namjena površina. Namjena površina označena je slovima koja označavaju sljedeće površine [5]:

- K2 – poslovna zona, pretežno trgovačka

- PŠ – poljoprivredno tlo i šume
- GP – građevinsko područje naselja
- IS – površine infrastrukturnih sustava državnog i županijskog značaja

Iz slike 4. vidljivo je kako je područje čvora Škurinje označeno oznakom IS što predstavlja površinu infrastrukturnog sustava državnog i županijskog značaja.



Slika 4. Korištenje i namjena površina PPU grada Rijeke, [5]

Generalni urbanistički plan Grada Rijeke

Sljedeći planski dokument je generalni urbanistički plan grada Rijeke. Generalni urbanistički plan temeljni je instrument upravljanja prostorom i osnovni mehanizam i moderator ukupnog gradskog razvoja u svim segmentima. U odnosu na Prostorni plan koji je u osnovi pretežito strateški, konceptijski i općenitijeg karaktera, GUP se detaljnije bavi svim problemima disponiranja prostorom unutar građevinskog područja naselja, osobito javnim prostorima u cijelosti te definiranjem Mreža društvenih djelatnosti[5]. Na slici 5. prikazan je isječak iz navedenog plana koji prikazuje područje obuhvata. Područje u ovome planu jednako je definirano kao i u prostornom planu uređenja.



Slika 5. Cestovna mreža grada Rijeke unutar područja obuhvata (GUP Rijeka), [5]

3.1.2. Analiza planova razvoja prometne infrastrukture

Analiza planova razvoja prometne infrastrukture obuhvaća analizu sljedećih dokumenata:

- Studija opravdanosti državne ceste D403 od čvora Škurinje do luke Rijeka, (2014.)
- Prostorno i prometno integralna studija Primorsko-goranske županije i grada Rijeke, (2011.)
- Studija o utjecaju na okoliš – državna cesta DC403 od čvora Škurinje do luke Rijeka, (2017.)
- Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017.-2030.), (2017.)
- Glavni plan razvoja prometnog sustava funkcionalne regije Sjeverni Jadran, (2018.)

Studija opravdanosti državne ceste D403 od čvora Škurinje do luke Rijeka

Svrha ove studije je evaluirati infrastrukturni projekt spojne ceste D403 od čvora Škurinje do luke Rijeka (Zagrebačka obala) koji bi osigurao vezu Mediteranskog koridora s pomorskom lukom Rijeka.

Cilj ovoga projekta bio je utjecati na razvoj multimodalnosti –multimodalne platforme grada Rijeke, čime bi se utjecalo na razvoj grada Rijeke i cijele regije, a kroz poboljšanje gradske povezanosti, poboljšanje dostupnosti i povezanosti prema, u, i iz riječke aglomeracije, poboljšanje regionalne i međunarodne dostupnosti i povezanosti na kopnu i moru, te povezanosti s otocima povećavajući teritorijalnu koheziju. Shodno tome, cilj je i povećati

kapacitet cestovnog prometa od/do luke Rijeka, smanjiti zakrčenost, izbjeći miješanja teretnog i lokalnog gradskog prometa, te osigurati i povećati sigurnost i mobilnost prometa [6].

Prostorno i prometno integralna studija Primorsko-goranske županije i Grada Rijeke

U poglavlju prostorno - planske dokumentacije potrebno je spomenuti Prostorno i prometno integralnu studiju Primorsko-goranske županije i grada Rijeke. Prostornim planom Primorsko-goranske županije utvrđena je obveza izrade prometne studije kojom će se detaljno definirati cjeloviti prometni sustav područja grada Rijeke i Primorsko-goranske županije kojeg čine cestovni, željeznički i lučko-terminalni čvor uključujući trajektne luke i luke otvorene za javni promet te aerodrome [4].

Navedenom studijom čvor Škurinje definiran je kao važna spojnica na urbano tkivo i lučke terminale. Studijom je predviđeno nekoliko rješenja dogradnje riječke obilaznice, no većina zamišljenih projekata ostala je tek spomenuta u studiji i nisu poduzeti nikakvi konkretni koraci osim izgradnje državne ceste D403.

Studija o utjecaju na okoliš – državna cesta D403 od čvora Škurinje do luke Rijeka

Studija o utjecaju na okoliš je postupak koji se provodi prije izgradnje većih infrastrukturnih projekata kako bi se procijenio njihov utjecaj na okoliš. U slučaju ceste, studija obuhvaća različite aspekte, uključujući prometne tokove, kvalitetu zraka, buku, vodne resurse i druge važne ekološke čimbenike. Cilj je identificirati potencijalne negativne utjecaje projekta na okoliš i predložiti mjere za njihovo ublažavanje.

Detaljna prometna analiza za planiranu državnu cestu DC 403 rađena je u sklopu „Studije izvedivosti državne ceste DC403 od čvora Škurinje do luke Rijeka“. Za prognozu prometnog opterećenja utvrđen je trend rasta prometa na temelju: brojanja prometa na terenu, broja registriranih vozila na riječkom području, prognozi prometne potražnje Zagrebačke obale, planirane potražnje makro zone, planirane prometne potražnje na DC403 i vršnim satnim opterećenjima. Budući da se planirana prometnica spaja u čvoru Škurinje na obilaznicu Rijeka (A7), doći će i do porasta prometa na obilaznici Rijeka (autocesta A7), ali i dalje na autocesti A6 prema Zagrebu [7].

Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017.-2030.)

Prema mjeri (Ro.10) iz *Strategije prometnog razvoja RH* istaknuta je važnost reorganizacije cestovne mreže Rijeka. Luka Rijeka najvažnija je hrvatska luka te je razvoj luke potrebno uskladiti s cestovnim razvojem [8]. Novoizgrađeni kontejnerski terminal „Zagreb

Deep Sea Terminal“ koji bi trebao krenuti s radom tijekom 2025. godine, na cestovnu mrežu biti će povezan cestom D403 koja je trenutno u izgradnji.

Glavni plan razvoja prometnog sustava funkcionalne regije Sjeverni Jadran

U navedeno dokumentu također se spominje važnost izgradnje pristupne ceste novome kontejnerskom terminalu.

Iz analize postojeće prostorno-planske dokumentacije Grada Rijeke može se utvrditi kako je izgradnja državne ceste D403 jedan od strateških ciljeva. Za pretpostaviti je kako će izgradnjom navedene ceste doći do promjene smjerova i intenziteta prometnih tokova u području izgrađene ceste. Navedena problematika pojaviti će se i na području čvora Škurinje, te je stoga potrebno kreirati prometno rješenje koje će zadovoljiti budući promet.

3.2. Analiza prometne infrastrukture

Analiza prometne infrastrukture zone obuhvata provedena je u svrhu dobivanja uvida u stanje prometne mreže i njezinih elemenata. U svrhu dobivanja podataka o postojećem stanju infrastrukture provedene su sljedeće analize:

- ❖ Analiza postojeće infrastrukture motoriziranog prometa
- ❖ Analiza postojeće infrastrukture nemotoriziranog prometa

3.2.1. Analiza postojeće infrastrukture motoriziranog prometa

Cestovna mreža na području grada Rijeke klasificirana je sukladno Zakonu o javnim cestama i Odluci o mjerilima za razvrstavanje javnih cesta. Prema navedenom razvrstavanju razlikujemo [9]:

- Autoceste
- Državne ceste
- Županijske ceste
- Lokalne ceste
- Nerazvrstane ceste

Autoceste na području Rijeke obuhvaćaju dva glavna prometna pravca, a to su:

- A6 – od čvora Orehovica do čvora Čavle
- A7 – od čvora Sv. Kuzam do čvora Diračje

Državne ceste na području Rijeke obuhvaćaju glavne cestovne pravce unutar gradskog područja, a to su:

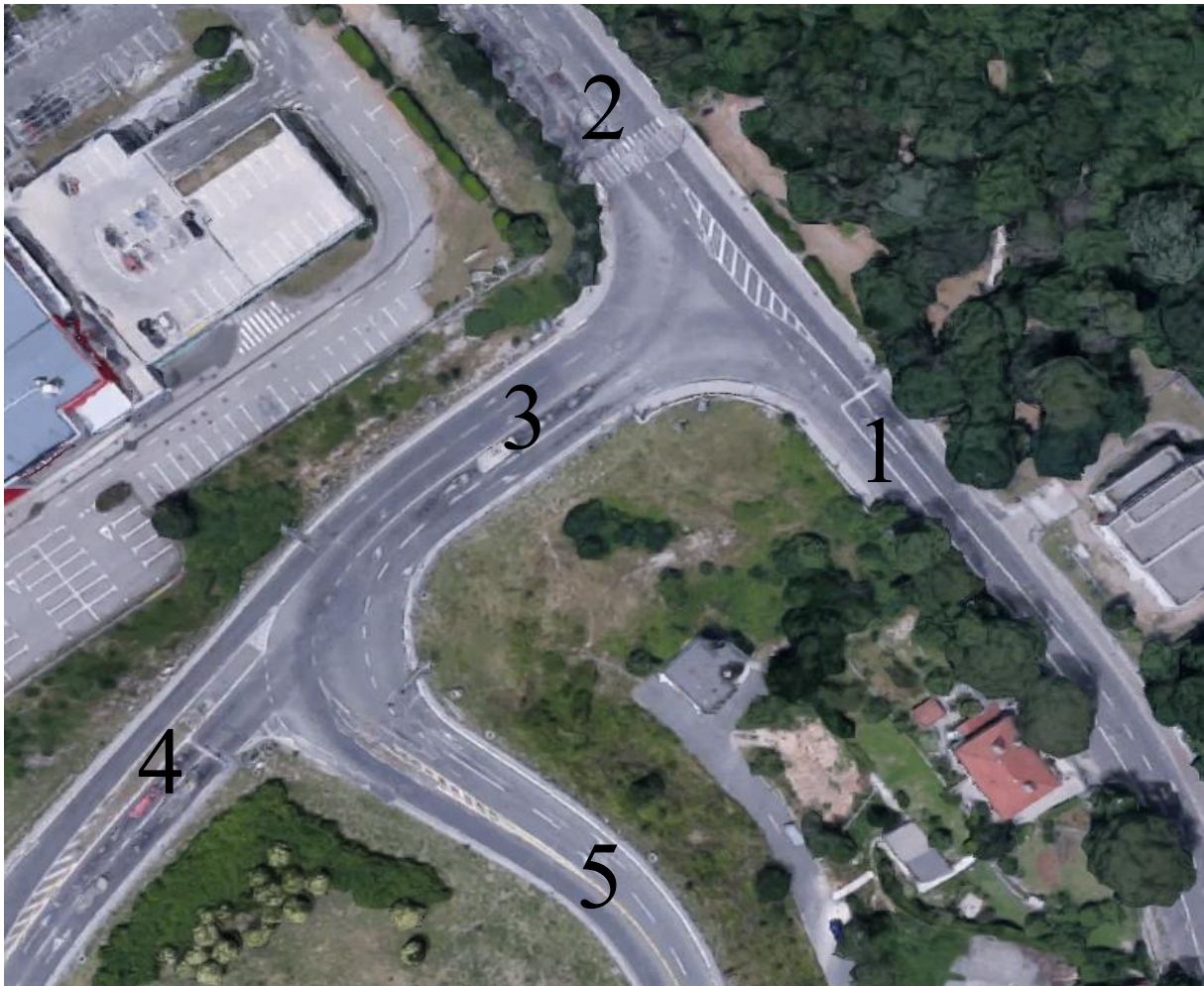
- D8
- D3

- D404
- D304
- D403 (u izgradnji)

Nerazvrstane ceste obuhvaćaju sve ostale gradske prometnice namijenjene javnom prometu vozila.

Nadalje analiza prometne infrastrukture obuhvaća analizu građevinsko oblikovnih elemenata raskrižja kao što su: broj privoza, broj prometnih traka, širine prometnih trakova, nagib nivelete i ostali elementi koji građevinski definiraju raskrižje.

Slika broj 4. prikazuje ortofoto snimku predmetnog raskrižja. Raskrižje je izvedeno kao kombinacija 2 T- raskrižja u neposrednoj blizini. Prvo križanje predstavlja spoj Osječke ulice i privoza čvor Škurinje. Navedeni spoj sastoji se od 3 privoza. Južni privoz označen je brojem 1. Broj 2 oznaka je sjevernog privoza, a broj 3 označuje privoz koji se proteže prema drugom T raskrižju. Privoz broj 3 ujedno čini jedan od privoza drugog T raskrižja. Ostala dva privoza, privoz broj 4 i privoz broj 5, su prometnice koje spajaju raskrižje s autocestom.



Slika 4. Ortofoto snimak predmetnog raskrižja, [3]

Privoz broj 1 oznaka je južnog privoza. Privoz se sastoji od jedne prometne trake za ravno i jedne prometne trake za lijeve skretače. Širina prometnih traka iznosi 3,5 m. Na slici 5. prikazan je navedeni privoz. U smjera privoza 2 iscertano je polje za usmjeravanje prometa koje je prikazano na slici 6.



Slika 5. Pogled s privoza 1



Slika 6. Polje za usmjeravanje prometa

Na privozu broj jedan nalaze se dva pješačka prijelaza. Prvi pješački prijelaz nalazi se na samom raskrižju, a drugi je udaljen 170 metara južnije od raskrižja. Iako udaljen drugi pješački prijelaz igra vrlo je značajan za vođenju pješačkog i biciklističkog prometa. Pješački je prikazan na slici 7. Neposredno nakon spomenutog pješačkog prijelaza jedna prometna traka razdvaja se u dvije prometne trake koje vode do raskrižja.



Slika 7. Pješački prijelaz na privozu 1

Privoz broj 2 sastoji se od 1 prometne trake u smjeru jug- sjever. U smjeru sjever- jug odnosno smjer prema raskrižju privoz se sastoji od 1 prometne trake za ravno i 1 prometne trake za desno skretanje. Traka za desno skretanje odvaja se od prometne trake za ravno 60 m prije zaustavne crte na privozu. Širine svih prometnih traka iznose 3.5 m. Na slici 8. prikazan je pogled prema raskrižje s privoza 2.



Slika 8. Pogled s privoza 2

Na slici 9. vidi se odvajanje trake za desna skretanja.



Slika 9. Odvajanje trake za desno skretanje - privoz 2

Privoz 2 predstavlja jedan od glavnih razloga potrebe za rekonstrukcijom raskrižja. U vrijeme vršnih opterećenja rep čekanja se na ovome privozu stvara čak do raskrižja koje se nalazi prije ovoga. Navedeno raskrižje se nalazi otprilike 350 metara sjeverno od predmetnog raskrižja. Iz ovoga podatka može se lako zaključiti da rep čekanja od 350 metara predstavlja određeni problem raskrižja. Na slici 10. prikazan je rep čekanja na navedenom privozu.



Slika 10. Rep čekanja na privozu 2

Na navedenom privozu nalaze se dva pješačka prijelaza. Jedan pješački prijelaz nalazi se 200 m prije raskrižja. Iako je navedeni pješački prijelaz dosta udaljen od raskrižja, njegov položaj treba uzeti u obzir prilikom rješenja vođenja pješačkog prometa. Ovaj pješački prijelaz označen je led rasvjetom u asfaltnom zastoru radi bolje vidljivosti noću i dodatnom treptajućom signalizacijom iznad pješačkog prijelaza. Drugi pješački prijelaz nalazi se na samom raskrižju. Navedeni pješački je veoma pohaban te je nužno ponovno iscrtavanje pješačkog prijelaza. Na slikama 11. i 12. prikazani su spomenuti pješački prijelazi.



Slika 11. Pješački prijelaz udaljen od raskrižja



Slika 12. Pogled na privoz 2 i pješački prijelaz

Privoz broj 3 oznaka je privoza koje svojim karakteristikama poprima oblik brze ceste. Navedeni privoz sastoji se od dvije prometne trake u svakom smjeru. Širina prometnih traka

iznosi 3,75 m. Na navodnom privozu obilježen je pješački prijelaz. Na slici 13., 14. i 15. prikazan je privoz 3. Na slici je vidljivo i prometno zagušenje do kojega dolazi na privozu.



Slika 13. Pogled s privoza 3



Slika 14. Rep čekanja na privozu 3



Slika 15. Rep čekanja na privozu 3

Na slici 15. vidi se rep čekanja koji se stvara na privozu broj 3. Problem se pogoršava time što vozila koja ulaze na privoz i imaju želju nastaviti kretanje u smjeru privoza 5, jednostavno ne staju više unutar privoza 3 te tako stvaraju zagušenje unutar čitavog raskrižja.

Privoz označen brojem 4 služi za uplitanje i isplitanje vozila s autoceste. Sastoji se od 2 prometne trake u smjeru raskrižja. U suprotnom smjeru vodi jedna prometna traka koja se nedugo nakon raskrižja širi u dvije prometne trake. Širina prometnih traka iznosi 3,75 m. Na slici 16. nalazi se pogled s privoza 4.



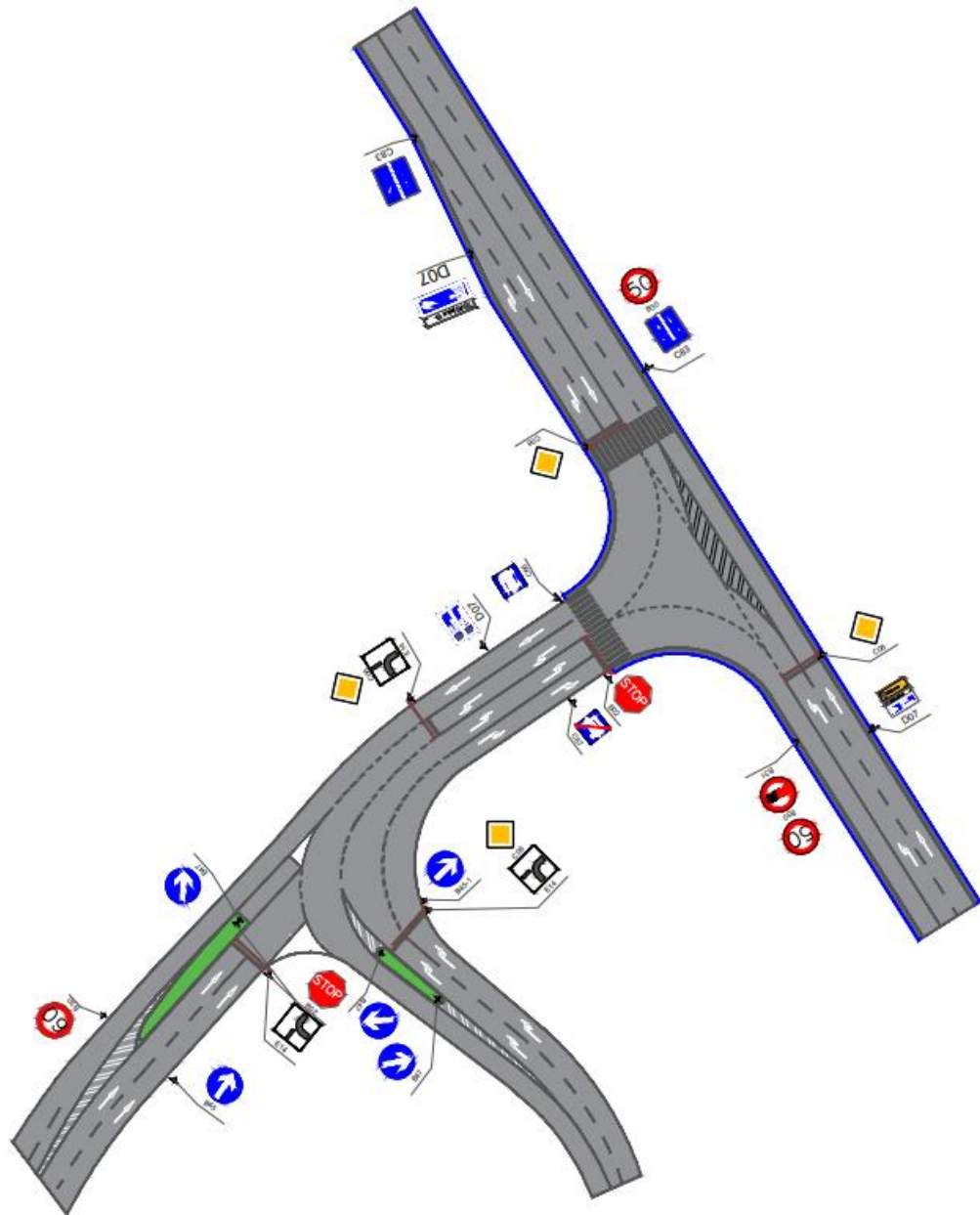
Slika 16. Pogled s privoza 4

Privoz 5 oznaka je privoza koji služi za uplitanje ili isplitanje vozila s autoceste. Privoz se sastoji od 2 prometne trake u smjeru raskrižja i 1 prometna traka u suprotnom smjeru. Širina prometnih traka iznosi 3,75 m. Slika 17. prikazuje navedeni privoz.



Slika 17. Pogled s privoza 5

Za potrebe boljeg uvida u postojeće stanje u programskom alatu AutoCAD 2023 izrađen je crtež postojećeg stanja u odgovarajućem mjerilu. Na slici 18. prikazan je navedeni crtež. Na crtežu je također iscrtana i postojeća prometna signalizacija.



Slika 18. Postojeće stanje raskrižja

3.2.2. Analiza postojeće infrastrukture nemotoriziranog prometa

Na temelju analize postojeće infrastrukture nemotoriziranog prometa utvrđeno je kako je postojeća infrastruktura pješackog prometa zadovoljavajuće izvedena. Unutar uže zone obuhvata nisu smještena autobusna stajališta.

Analizom je utvrđeno kako unutar područja obuhvata nema izgrađenih ili označenih biciklističkih staza ili trakova. Razlog slabe razvijenosti biciklističkog prometa unutar zone obuhvata, a i u cjelini grada Rijeke, posljedica je nekoliko čimbenika kao što su:

1. Nedostatak biciklističke infrastrukture – nedostatak odgovarajuće infrastrukture otežava biciklistima kretanje po gradu.
2. Konfiguracija terena – brdoviti teren na kojem se nalazi veći dio grada zbog kojega korisnici manje odabiru bicikl kao prijevozno sredstvo.
3. Kultura i navike prometa – loš biciklistički promet kao rezultat kulture prometa koja je uglavnom usmjerena na cestovni promet.

Rješavanje problema lošeg biciklističkog prometa moguće je kroz veće investicije u biciklističku infrastrukturu na području gdje je to dozvoljavaju prostorne mogućnosti, promicanje biciklizma kao održivog i prikladnog oblika prijevoza, te podrška lokalne vlasti i zajednice za razvoj biciklističkog prometa.

3.3. Analiza organizacije i regulacije prometnih tokova

Kako bi se što kvalitetnije odradila analiza postojećeg stanja i utvrdili mogući problemi na raskrižju potrebno je provesti analizu organizacije i regulacije prometnih tokova.

U široj zoni obuhvata, duž Osječke ulice, nalaze se 4 veća raskrižja. Kako bismo analizirali postojeće stanje, potrebno je proučiti organizaciju tih raskrižja, budući da raskrižje Osječke ulice i čvor Škurinje značajno utječe na protok prometa kroz susjedna raskrižja. Lokacija navedenih raskrižja prikazana je na slici broj 19. Plavom oznakom i brojem 1. označeno je glavno raskrižje za koje se traži prometno rješenje. Ostala raskrižja označena su crvenom oznakom i brojevima od 2 do 5.



Slika 19. Lokacija raskrižja unutar šire zone obuhvata, [3]

Unutar tablice 1. detaljnije su opisana raskrižja unutar šire zone obuhvata.

Tablica 1. Opis raskrižja unutar šire zone obuhvata

<p>Oznaka: 2 Kružno raskrižje Osječka ulica</p>	<p>Kružno raskrižje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 300 m sjeverno od predmetnog raskrižja • 4 privoza • Dvotračno • 3 privoza sa po 2 ulazna traka i 1 privoz sa 1 ulaznim trakom • Svi privozi imaju po 1 izlazni trak
<p>Oznaka: 3 Raskrižje Osječke ulice, Škurinjske ulice i Ulice Ive Lole Ribara</p>	<p>Semaforizirano – EC2, 2017.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 700 m sjeverno od predmetnog raskrižja • 4 privoza • Sjeverni privoz – ukupno 3 prometna traka, zajednički za desno i ravno i jedan za lijeve skretače • Istočni privoz – 2 prometna traka • Južni privoz – ukupno 4 prometna traka, po jedan za lijevo, ravno i desno • Zapadni privoz – ukupno 2 prometna traka

<p>Oznaka: 4 Raskrižje Osječka ulica - Kaufland</p>	<p>Semaforizirano – EC2, 2020.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 700 m južno od predmetnog raskrižja • 3 privoza • Sjeverni privoz – ukupno 2 prometna traka, zajednička traka za ravne i desne skretače • Južni privoz – ukupno 3 prometne trake, zasebna traka za ravno i za lijeve skretače • Zapadni privoz – ukupno 2 prometne trake
<p>Oznaka:5 Raskrižje Osječka ulica i Ulica Corrada Ilijassicha</p>	<p>Semaforizirano – EC1, 2007.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 900 m južno od predmetnog raskrižja • 4 privoza • Sjeverni privoz – ukupno 3 prometne trake, zajednička traka za ravno i desno, zasebna za lijeve skretače • Istočni privoz – ukupno 2 prometne trake • Južni privoz – ukupno 3 prometne trake, zajednička traka za desno i ravno, zasebna za lijevo • Zapadni privoz – ukupno 2 prometna traka

Ostala cestovna raskrižja unutar šire zone obuhvata regulirana su horizontalnom i vertikalnom prometnom signalizacijom.

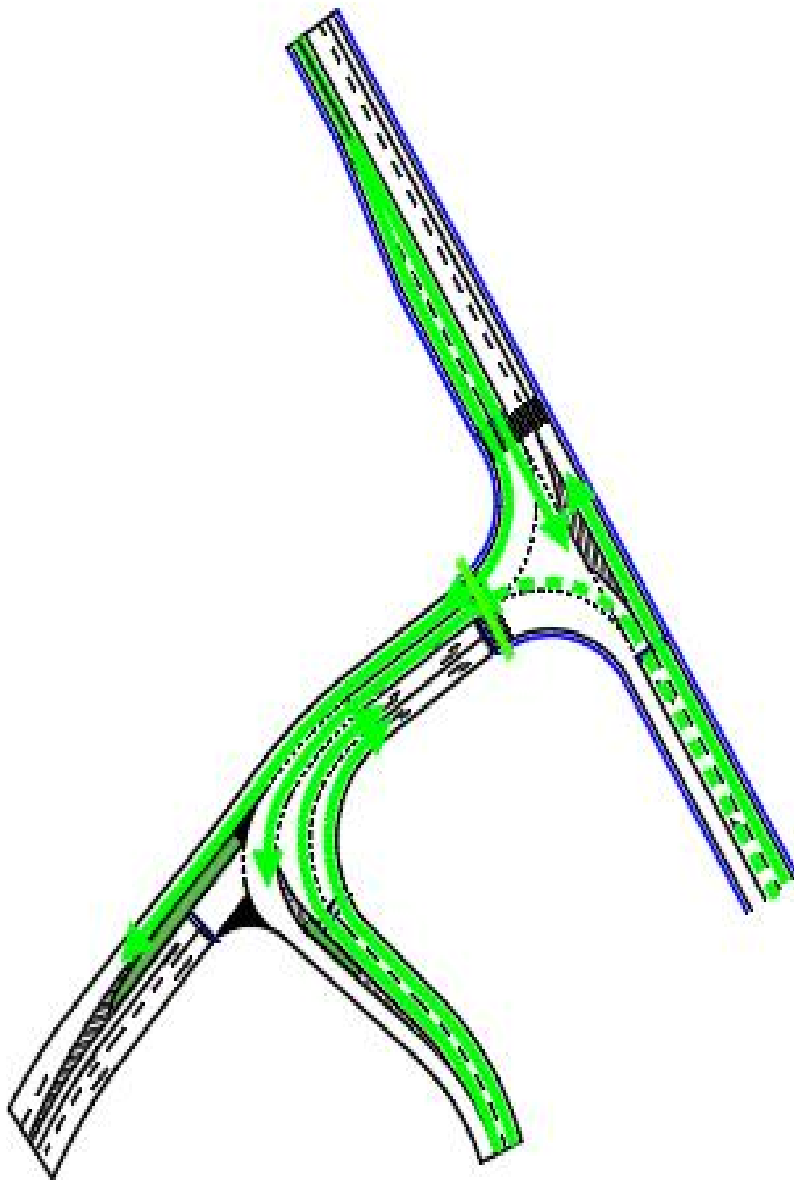
Na užem području obuhvata, odnosno na predmetnom raskrižju, organizacija cestovnih prometnih tokova uspostavljena je dvosmjerno. Postojeća organizacija prometnih tokova na području obuhvata prikazana je na slici 20.



Slika 20. Regulacija i organizacija prometnih tokova postojećeg stanja, [9]

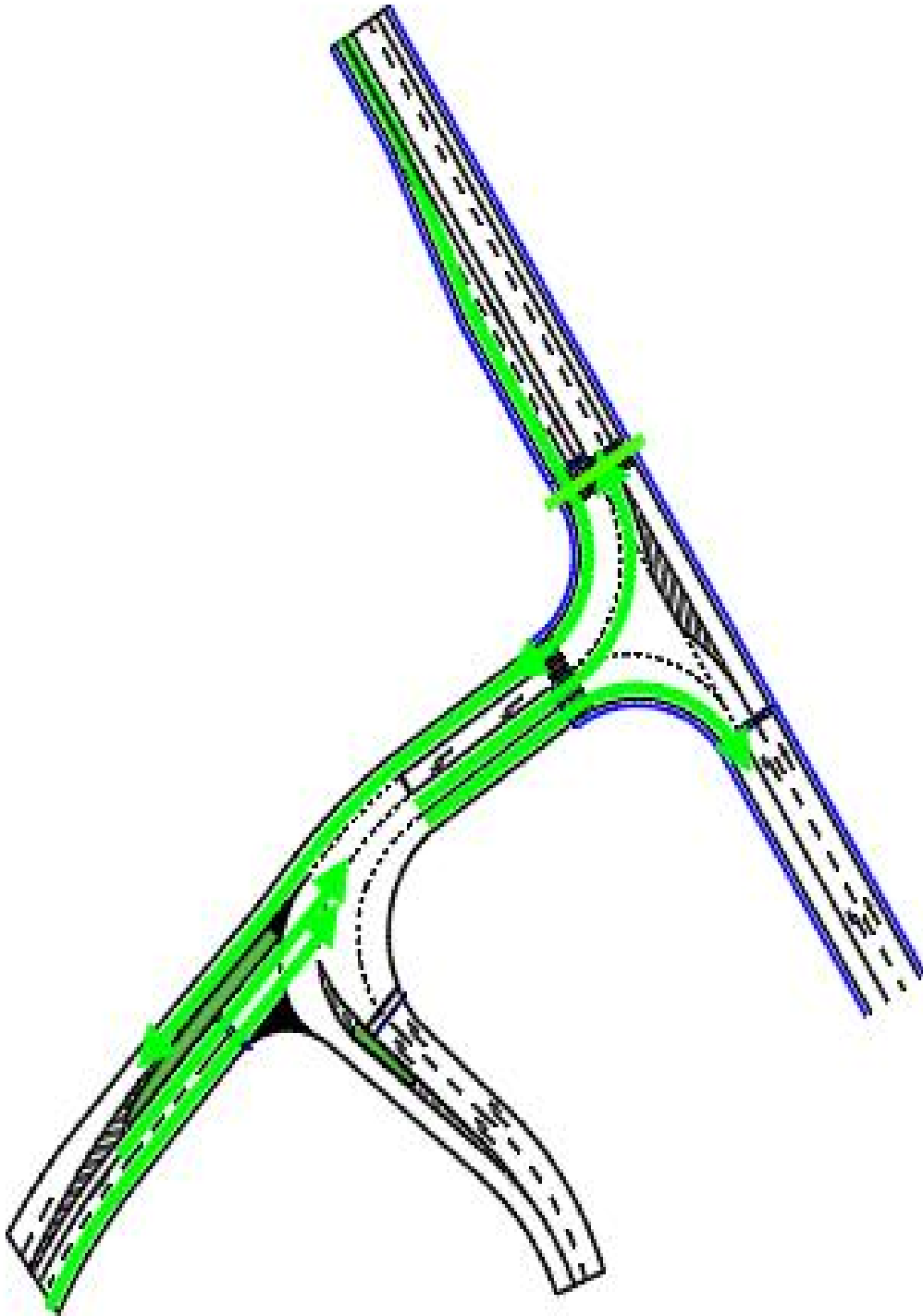
Regulacija prometnih tokova na predmetnom raskrižju je u postojećem stanju izvedena pomoću svjetlosnih signala. Signalni program odvija se u 3 faze:

- ❖ **1. faza**- daje se prednost vozilima koja s privoza broj 2 kreću ravno i skreću desno. U isto vrijeme zeleno svjetlo imaju i vozila koja se na privozu broj 1 nastavljaju kretati ravno budući da nisu u konfliktu s prometnim tokovima na privozu 2. U prvoj fazi zeleno svjetlo se daje i vozilima na privozu 5, kako bi ta vozila napunila privoz 3. Na slici 21. prikazana je prva faza.



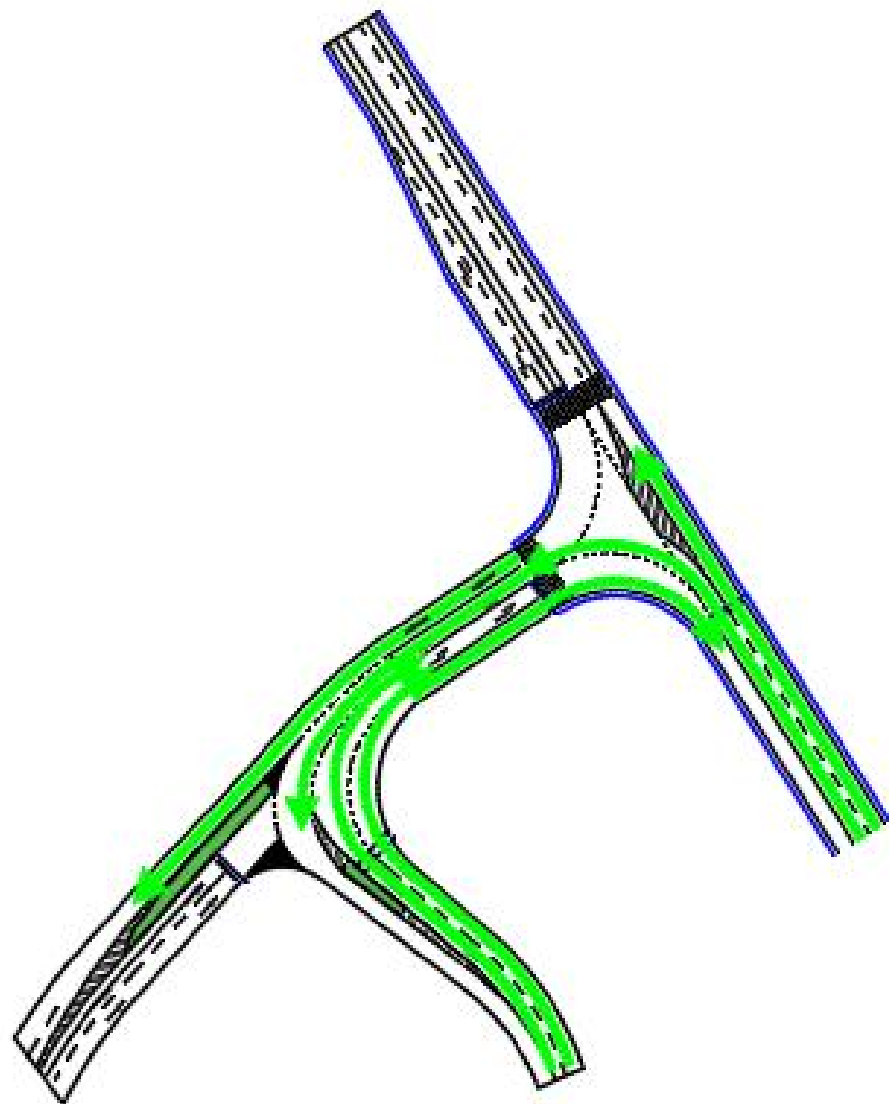
Slika 21. 1. Faza

- ❖ **2. faza** - puštaju se vozila sa privoza broj 3. Kako nije u konfliktu s vozilima s privoza 3, prometni tok desnih skretača i u ovoj fazi ima zeleno svjetlo. Unutar druge faze i vozila na privozu broj 4 imaju zeleno svjetlo. Na slici 22. prikazana je druga faza.



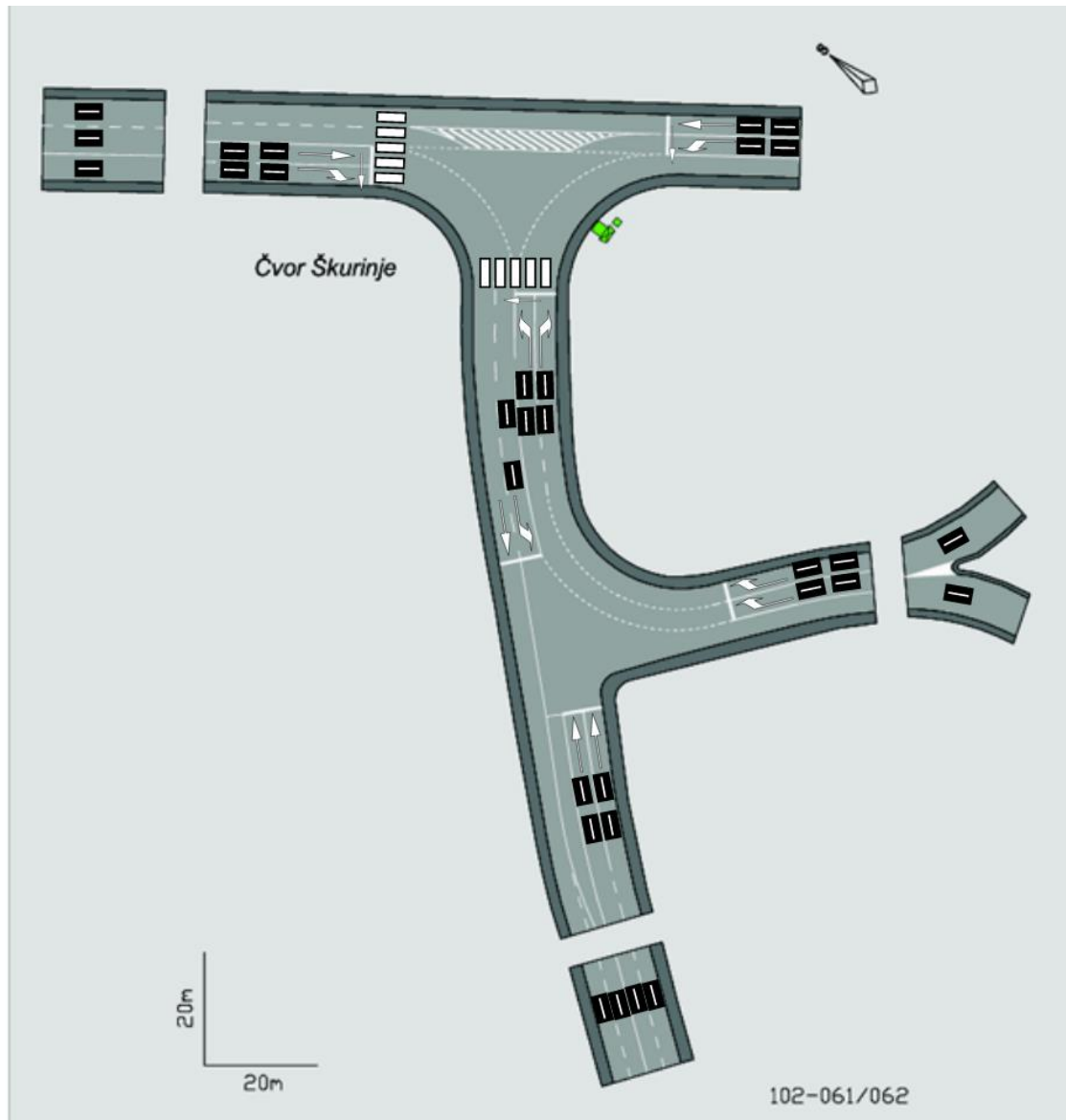
Slika 22. 2. Faza

- ❖ **3. faza** - posljednja faza je faza 3. unutar koje zeleno svjetlo imaju lijevi skretači s privoza 1. Skupa s njima zeleni svetlosni pojam imaju i vozila koja nastavljaju ravno na privozu 1. Desni skretači s privoza 3 nisu u konfliktu pa i oni također imaju zeleno svjetlo. Unutar ove faze zeleno svjetlo ima i privoz broj 5, te vozila koja se iz smjera privoza 3 kreću prema privozima 4 i 5. Podatak koji je vidljiv iz prethodnih crteža je da vozila koja se kreću iz smjera privoza 3 u smjeru privoza 4 uvijek imaju zeleno svjetlo. Kako taj prometni tok nije u konfliktu niti sa jednim ostalim prometnim tokom, za njega zeleni svjetlosni pojam vrijedi u sve tri faze. Navedena faza prikazana je na slici 23.



Slika 23. 3. faza

Raskrižje je opremljeno detektorskim uređajima, koji neprekidno bilježe prisutnosti vozila na pojedinim privozima, a njihov položaj je prikazan na slici 24.



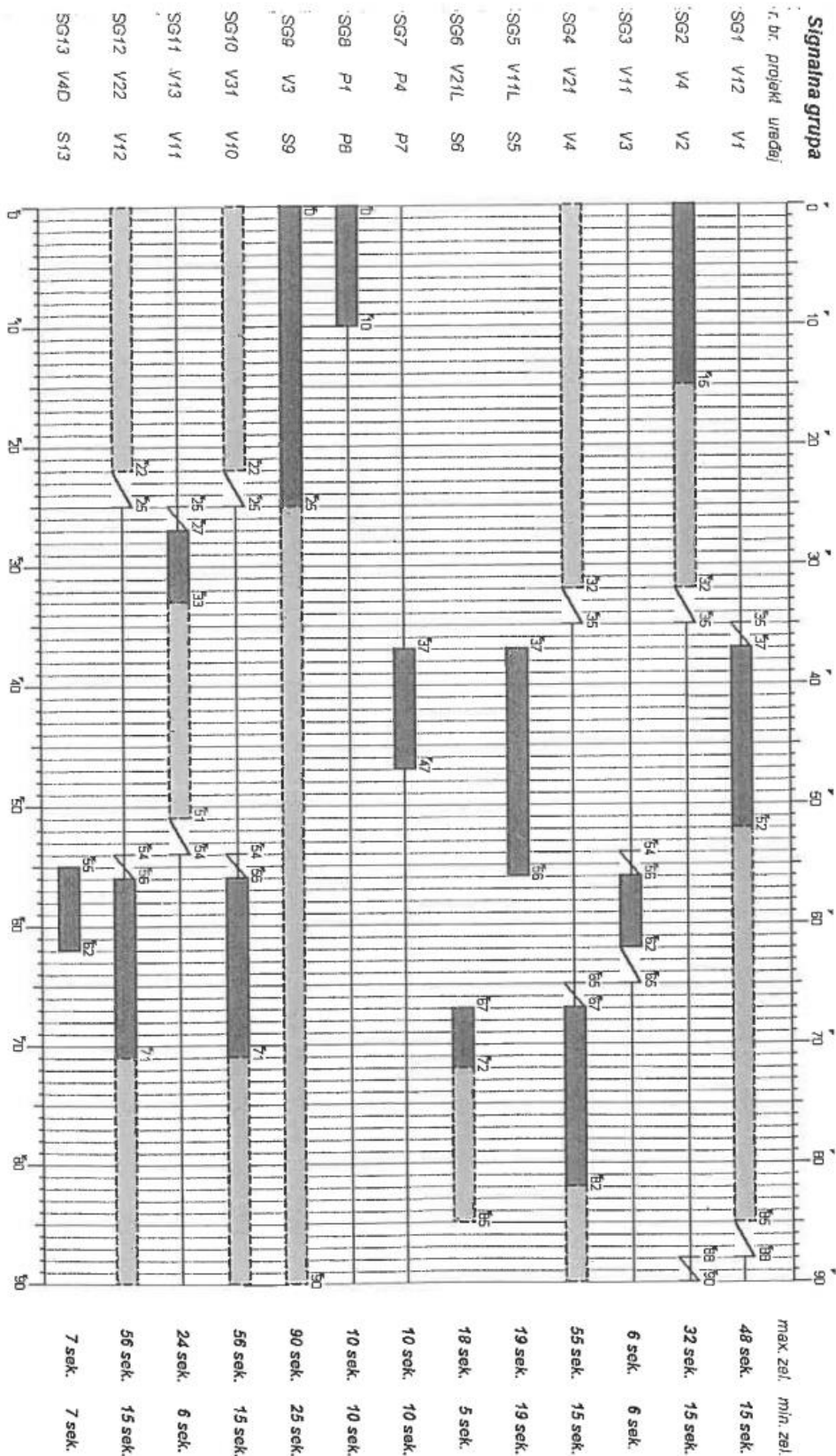
Slika 24. Položaj detektorskih uređaja, [10]

Prema dobivenim podacima s detektora moguće je upravljanje trajanjem zelenog svjetla pojedine signalne grupe, a unaprijed su definirana 3 različita signalna plana različitih duljina ciklusa. Na sljedećim slika su prikazani definirani signalni planovi s trajanjem ciklusa od po 90 s, 105 s i 120 s. Navedeni ciklusi koriste se ovisno o različitom prometnom opterećenju tijekom dana, no kako je većim dijelom dana raskrižje opterećeno blizu svoga kapaciteta, može se pretpostaviti kako se većim dijelom dana koristi signalni program s maksimalnim trajanjem ciklusa od 120 s.

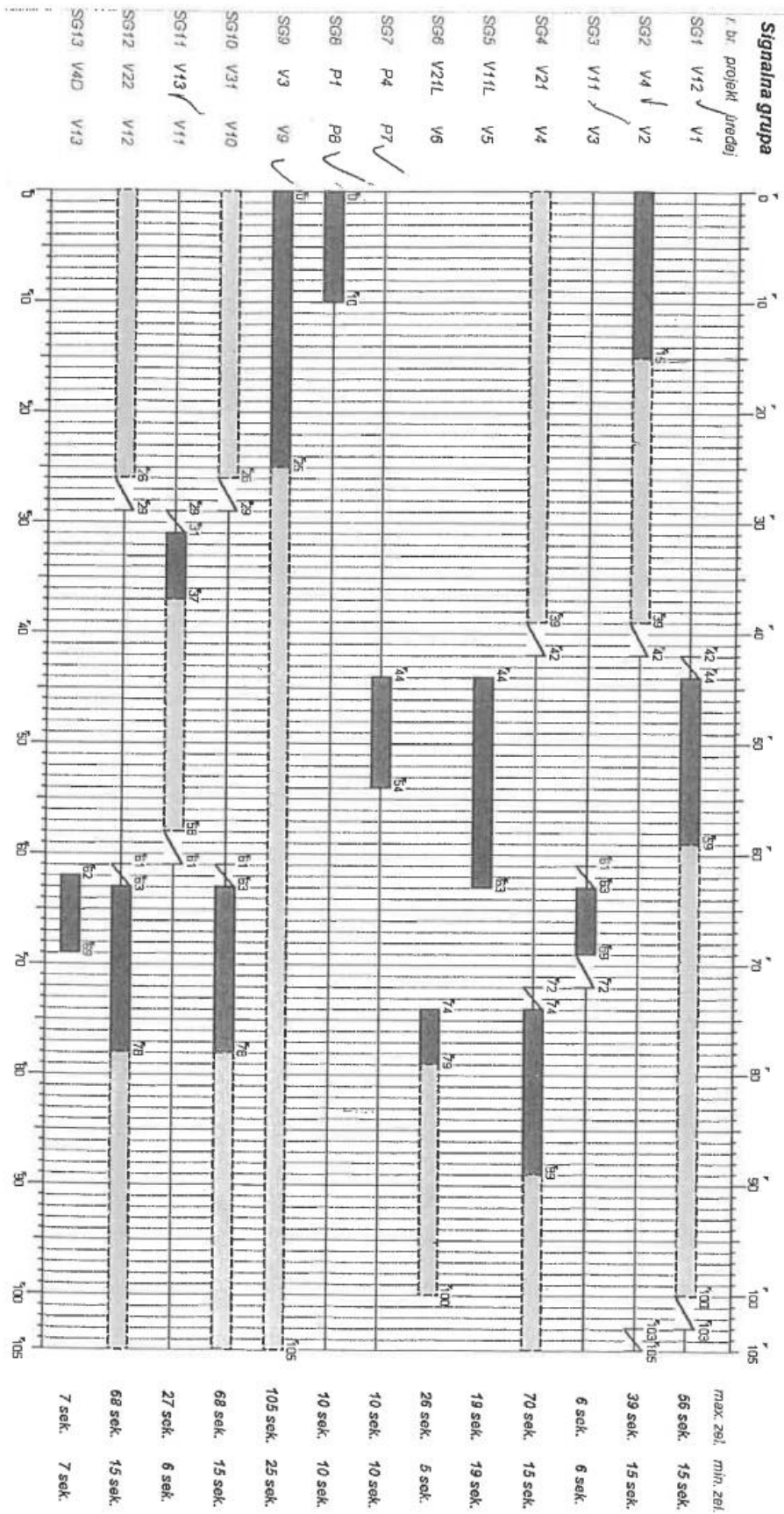
Signalni plan 2, 8 - 11

ciklus: 90 sek.

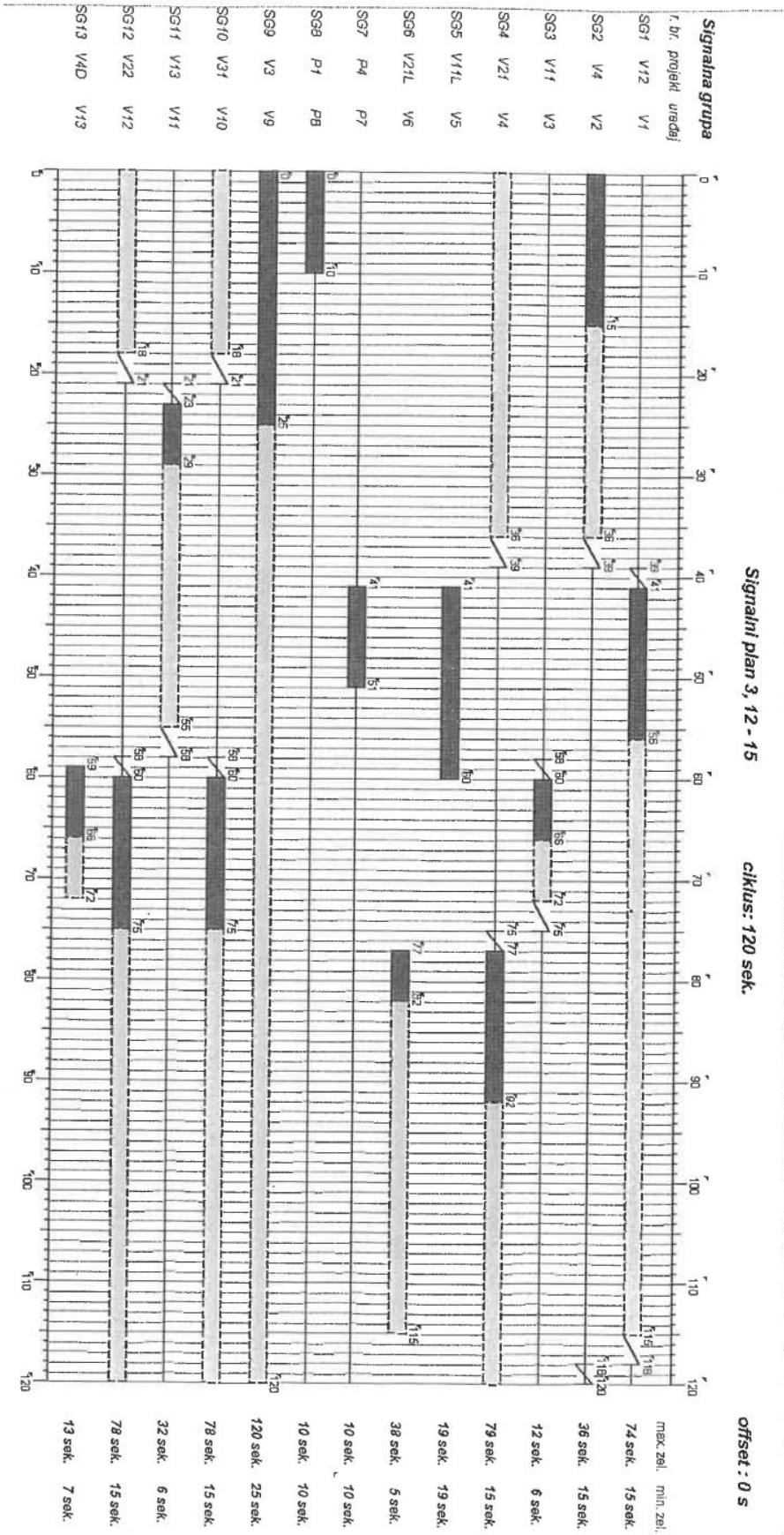
offset : 0 s



Slika 25. Signalni plan - ciklus 90 s, [11]



Slika 26. Signalni plan - ciklus 105 s, [11]



Slika 27. Signalni plan -ciklus 120 s, [11]

3.4. Analiza prometnih tokova

Analiza prometnih tokova obuhvaća analizu podataka o intenzitetu i distribuciji prometnih tokova. Analiza prometnih tokova provedena je brojanjem prometa što predstavlja proces prikupljanja i analiziranja podataka o prometnom toku s ciljem boljeg razumijevanja kretanja prometa i identificiranja mjera za poboljšanje prometne situacije.

Brojanje prometa uključuje prikupljanje podataka putem različitih metoda kao što su ručno brojanje, postavljanje brojača na cestama, korištenje videokamera i/ili bespilotnih letjelica ili korištenje novih tehnologija poput praćenja mobilnih telefona za praćenje kretanja vozila. Brojanje prometa bitno je prilikom izrade prometnih projekata jer omogućuje stručnjacima da dobiju jasnu sliku o trenutnom i budućem prometnom opterećenju na temelju kojega mogu odrediti kapacitet prometne infrastrukture. Također, brojanje prometa pomaže u otkrivanju prometnih problema, pa tako omogućuje razvoj ciljanih rješenja za postizanje učinkovitog i sigurnog prometnog sustava.

Za potrebu izrade idejnog prometnog rješenja podaci o prometu dobiveni su na više načina:

1. Ručnim brojanjem prometa
2. Brojanje prometa bespilotnom letjelicom
3. Prethodne studije i analize

Ručno brojanje prometa

Brojanje prometa je odrađeno u utorak 13.12.2023. godine. Vrijeme brojanje prometa je bio popodnevni vršni sat između 14:00 h i 15:00 h. Podaci su zapisivani u obrasce za snimanje prometnih tokova. Unutar obrasca zapisivane su različite vrste vozila koje su prolazile raskrižjem unutar sat vremena, u 15-minutnim intervalima. Nakon brojanja izvedena je obrada podataka. Iz obrade podataka dobiveni su podaci o strukturi vozila u prometnom toku te količina prometnog toka vozila i pješaka.

Dobiveni podaci o broju vozila pretvoreni su u EJA jedinice. Navedenu pretvorbu potrebno je obaviti zbog različitih zauzeća prometnih površina, različitih manevarskih sposobnosti, različitih sposobnosti ubrzavanja i usporavanja i ostalih mjerodavnih elemenata prometnog toka. Cilj pretvorbe je teretna vozila, autobuse, motocikle i ostala različita vozila svesti na jedinicu automobila. Koeficijenti koji su se koristili za pretvorbu navedeni su u tablici 2.

Tablica 2. Ekvivalent jedinice automobila

Kategorija vozila	Ekvivalent jedinice automobila (EJA)
Osobno vozilo	1,0
Teretno vozilo	2,0
Autobus	2,0
Motocikl	0,7
Bicikl	0,3

Nakon pretvorbe jedinica dobiveni su sljedeći rezultati po privozima.

Tablica 3. Brojanje prometa - smjer 12

sat	smjer	15'-int	OA	TER	BUS	MOT
14:00 - 15:00	12	0-15'	210	17	5	4
		15'-30'	175	19	2	1
		30'-45'	130	5	1	0
		45-60'	145	17	1	2
		ukupno	660	58	9	7
		EJA	660	116	18	4,9
		sveukupno vozila	734			
		sveukupno EJA	799			

Tablica 4. Brojanje prometa - smjer 13

sat	smjer	15'-int	OA	TER	BUS	MOT
14:00 - 15:00	13	0-15'	170	9	1	0
		15'-30'	100	16	1	0
		30'-45'	75	5	1	0
		45-60'	70	16	0	0
		ukupno	415	46	3	0
		EJA	415	92	6	0
		sveukupno vozila	464			
		sveukupno EJA	513			

Tablica 5. Brojanje prometa - smjer 21

sat	smjer	15'-int	OA	TER	BUS	MOT
14:00 - 15:00	21	0-15'	182	7	1	2
		15'-30'	203	5	3	5
		30'-45'	76	3	1	0
		45-60'	70	0	0	0
		ukupno	531	15	5	7
		EJA	531	30	10	4,9
		sveukupno vozila	558			
		sveukupno EJA	576			

Tablica 6. Brojanje prometa - smjer 23

sat	smjer	15'-int	OA	TER	BUS	MOT
14:00 - 15:00	23	0-15'	175	15	0	3
		15'-30'	220	8	0	0
		30'-45'	72	2	0	0
		45-60'	63	2	0	0
		ukupno	530	27	0	3
		EJA	530	54	0	2,1
		sveukupno vozila	560			
		sveukupno EJA	587			

Tablica 7. Brojanje prometa - smjer 31

sat	smjer	15'-int	OA	TER	BUS	MOT
14:00 - 15:00	31	0-15'	103	7	1	0
		15'-30'	115	7	0	0
		30'-45'	99	7	0	0
		45-60'	60	6	0	0
		ukupno	377	27	1	0
		EJA	377	54	2	0
		sveukupno vozila	405			
		sveukupno EJA	433			

Tablica 8. Brojanje prometa - smjer 32

sat	smjer	15'-int	OA	TER	BUS	MOT
14:00 - 15:00	32	0-15'	114	4	0	0
		15'-30'	123	11	0	0
		30'-45'	123	6	0	0
		45-60'	98	13	1	0
		ukupno	458	34	1	0
		EJA	458	68	2	0
		sveukupno vozila	493			
		sveukupno EJA	528			

Tablica 9. Brojanje prometa - smjer 34

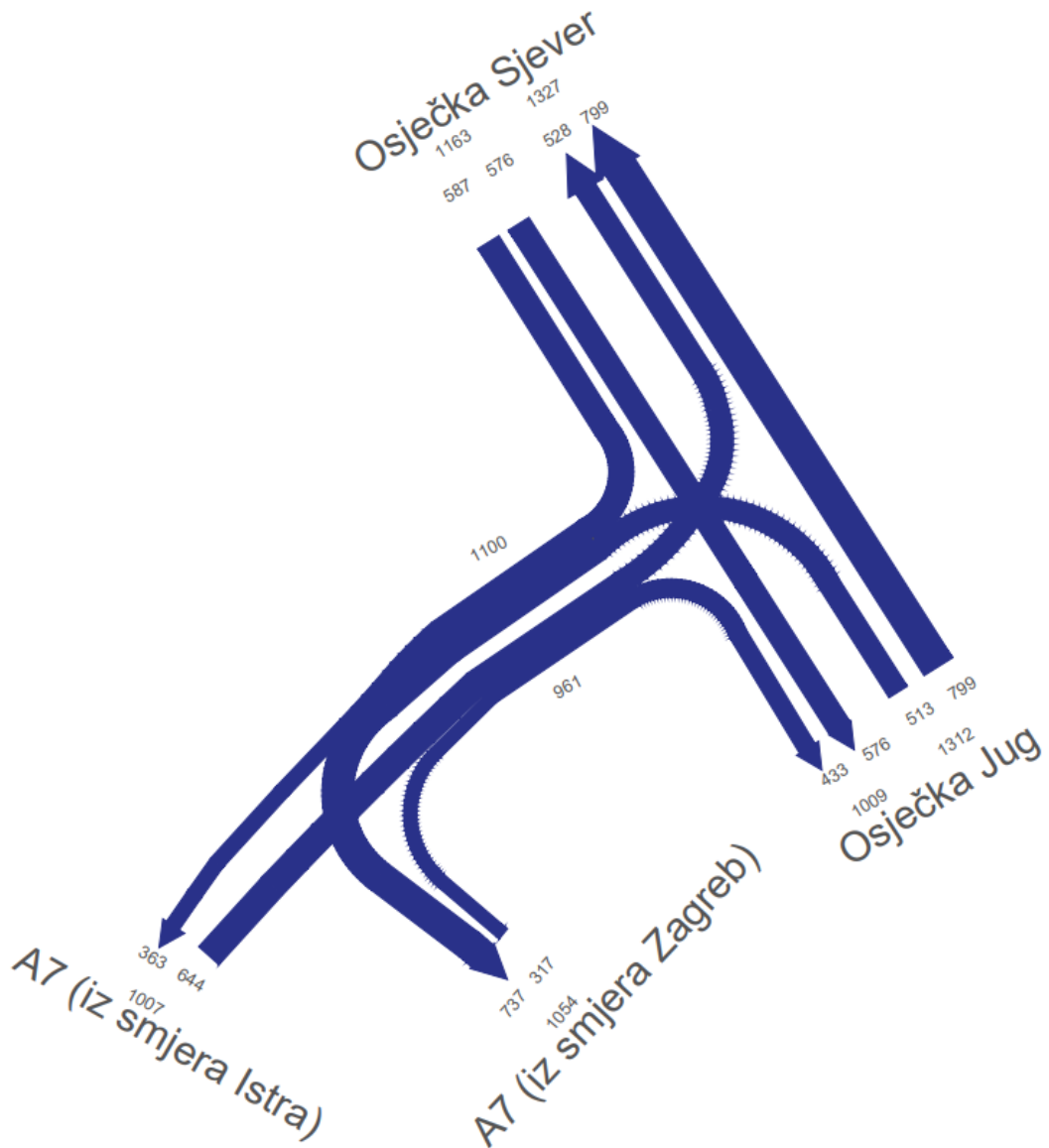
sat	smjer	15'-int	OA	TER	BUS	MOT
14:00 - 15:00	34	0-15'	55	4	0	0
		15'-30'	45	1	0	0
		30'-45'	55	1	0	0
		45-60'	35	0	0	0
		ukupno	190	6	0	0
		EJA	190	12	0	0
		sveukupno vozila	196			
		sveukupno EJA	202			

Tablica 10. Brojanje prometa - smjer 35

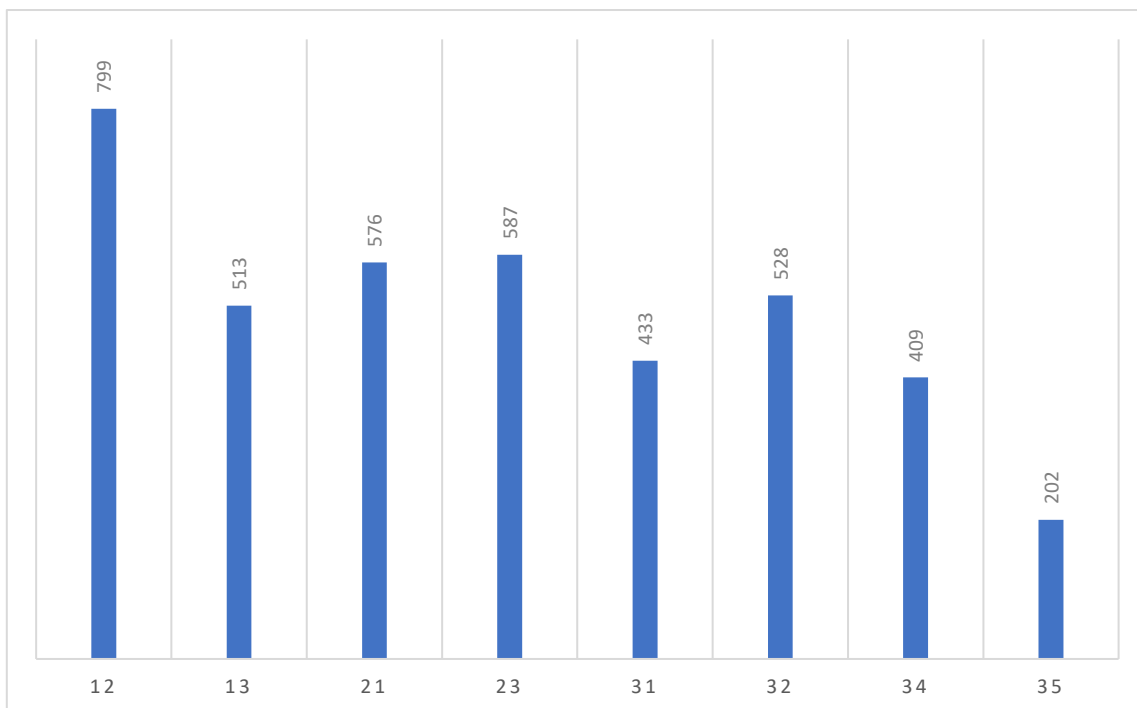
sat	smjer	15'-int	OA	TER	BUS	MOT
14:00 - 15:00	35	0-15'	110	11	0	1
		15'-30'	100	3	1	1
		30'-45'	65	12	1	0
		45-60'	70	3	0	0
		ukupno	345	29	2	2
		EJA	345	58	4	1,4
		sveukupno vozila	378			
		sveukupno EJA	409			

Iz gornjih tablica vidljivi su podaci o razdiobi prometnih tokova. Kako bi podaci iz tablica bili jasnije prikazani su na slici 28. u obliku grafičkog prikaza volumena prometa i na grafikonu 1. s prikazom količine prometa po privozima. Navedeni prikaz je u mjerilu M

1mm=100 EJA. Iz crteža se jasno vidi kako je prometni tok s najvećim volumenom prometa tok 12. Prometni tok u tom smjeru iznosi 799 EJA. Iz grafa je također vidljiv i jedan od problema raskrižja, a to je velika količina prometa na privozu 3. Privoz 3 u oba smjera prihvaća velike količine vozila. Prometni tok na privozu 3 u smjeru obilaznice iznosi 1100 EJA, a u suprotnom smjeru 961 EJA. Sljedeće što je vidljivo iz grafa je kako većina vozila na privozu 3 u smjeru obilaznice skreće ulijevo. Još jedan bitan podatak je da količina vozila koja dolazi na privoz 3 iz smjera obilaznice dolazi s privoza 4, dok manja količina dolazi s privoza 5.



Slika 28. Grafički prikaz volumena prometa



Grafikon 1. Količina EJA po privozima

Iz navedenih podataka možemo izvući podatak o prosječnom godišnjem dnevnom prometu (PGDP). Za procjenu PGDP-a potrebno je uzeti u obzir vozila koja ulaze ili izlaze iz raskrižja, a u ovome slučaju u obzir će se uzeti vozila koja ulaze u raskrižje. Postupak dobivanja PGDP-a je da se ukupan zbroj vozila koja su ušla u raskrižje pomnoži s određenim koeficijentom, k , koji iznosi između 10 i 14 ovisno o lokaciji raskrižja (urbano/ruralno). Iz navedenog slijedi:

$$799+513+576+587+433+528= 3.436 \text{ voz/h}$$

$$k = 12$$

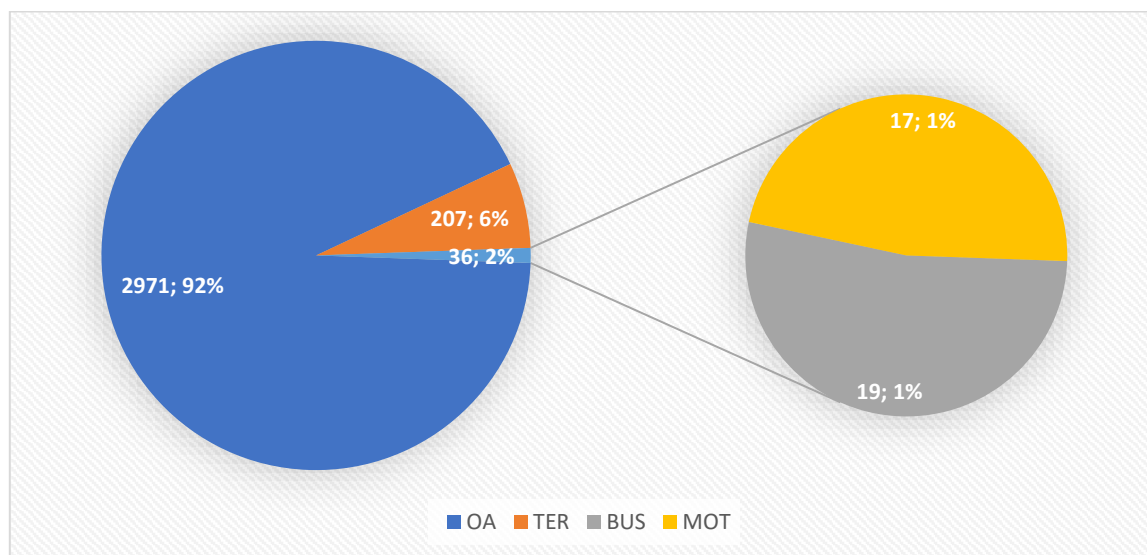
$$\text{PGDP} = 3.436 * 12 = 41.232 \text{ voz/dan}$$

Pri analizi prometnih tokova jedna od vrlo važnih stavki je i struktura prometnog toka. Pod strukturom prometnog toka se podrazumijeva od kojih se sve različitih tipova vozila, odnosno klasa sastoji prometni tok, pa tako razlikujemo:

- OA – Osobni automobil
- TER – Teretno vozilo
- BUS – Autobus
- MOT – Motocikl

Na grafikonu 2. prikazan je struktura prometnog toka iz prethodnog brojanja prometa. Podaci iz grafikona ukazuju da su osobni automobili najbrojnija kategorija vozila u prometnom

toku s udjelom od 92%. Teretna vozila čine 6%, dok autobusi i motocikli svaki čine 1% ukupnog prometa.



Grafikon 2. Struktura prometnog toka

Uz brojanje vozila vodila se i evidencija o prometu pješaka i biciklista. U sljedećim tablicama navedeni su podaci o njima.

Tablica 11. Broj pješaka i biciklista na privozu broj 2

sat	15'-int	BIC	PJEŠ
14:00 - 15:00	0-15'	1	0
	15'-30'	0	0
	30'-45'	0	0
	45-60'	1	1
	ukupno	2	1

Tablica 12. Broj pješaka i biciklista na privozu broj 3

sat	15'-int	BIC	PJEŠ
14:00 - 15:00	0-15'	0	2
	15'-30'	0	1
	30'-45'	0	2
	45-60'	0	3
	ukupno	0	8

Iz tablica 11. i 12. vidljivo je kako je ukupan broj pješaka i biciklista koji prođu kroz raskrižje veoma nizak. Razlozi tome su što je namjena površina u blizini raskrižja pretežito gospodarske namjene. Također još jedan faktor koji je možda utjecao na rezultat je što je brojanje odrađeno u zimskom periodu. Slab rezultat biciklista je očekivan budući da grad Rijeka posjeduje jako malo biciklističke infrastrukture i biciklista iz razloga navedenih u analizi postojeće infrastrukture nemotoriziranog prometa.

Brojanje prometa bespilotnom letjelicom

Bespilotne letjelice, poznatije kao dronovi, u novije vrijeme sve više se koriste za dobivanje podataka o prometnim tokovima odnosno za brojanje prometa. Bespilotne letjelice mogu biti vrlo korisne za brzo prebrojavanje vozila, međutim rezultate prebrojavanja prometa putem dronova treba provjeriti i uspoređivati s drugim izvorima podataka kako bi se osigurala njihova točnost. Prilikom snimanja bespilotnom letjelicom važno je da se operateri letjelica pridržavaju svih zakonskih regulativa i propisa o upotrebi bespilotnih letjelica na području snimanja.

Nakon dobivanja videosnimke postoje različiti načini na koje se mogu dobiti potrebni podatci, a uobičajene metode su:

1. Vizualno prebrojavanje – ova metoda zahtjeva ručno prebrojavanje i analizu snimaka.
2. Analiza snimke pomoću računalnog vida – napredniji sustavi koji koriste vrstu umjetne inteligencije naziva računalni vid kako bi automatski prebrojali vozila ili pješake na snimkama bespilotne letjelice.

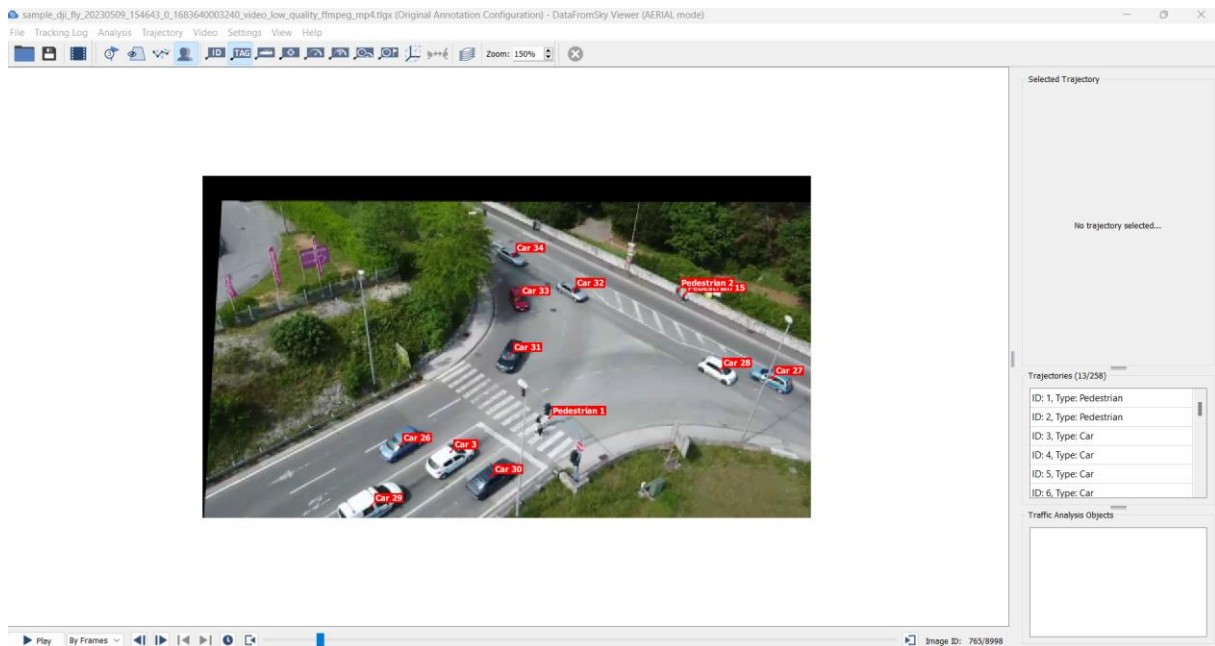
Za potrebe dobivanja snimaka kretanja prometa korištena je bespilotna letjelica DJI Mini 2. Mini 2 je izuzetno lagan dron sa stabilizacijom u tri osi. Ima ugrađenu visokokvalitetnu kameru rezolucije 12 MP i mogućnosti 4x digitalnog zooma te može snimati video u 4K rezoluciji pri 30 sličica u sekundi [12]. Snimanje prometa obavljeno je u radnim danom, u utorak, 9.5.2023. u vremenskom periodu od 15:30h do 15:45 h. Snimanje je obavljeno u kraćem intervalu nego je to uobičajeno (1h) iz razloga što je vremenski interval trajanje baterije drona manji od 1 sata. Kako je brojanje prometa obavljeno bespilotnom letjelicom samo potpora ostalim brojanjima prometa u ovome radu prihvatljiv je vremenski interval brojanja od 15 minuta, a podaci su svedeni na razdoblje od jednog sata. Ovim pristupom se zasigurno dobiva netočan faktor vršnog sata, odnosno faktor neravnomjernosti satnog protoka, ali točan faktor moguće je odrediti u ostalim odrađenim brojanjima prometa. Na slici 29. prikazan je izrezak iz video snimke.



Slika 29. Izrezak iz snimke bespilotne letjelice

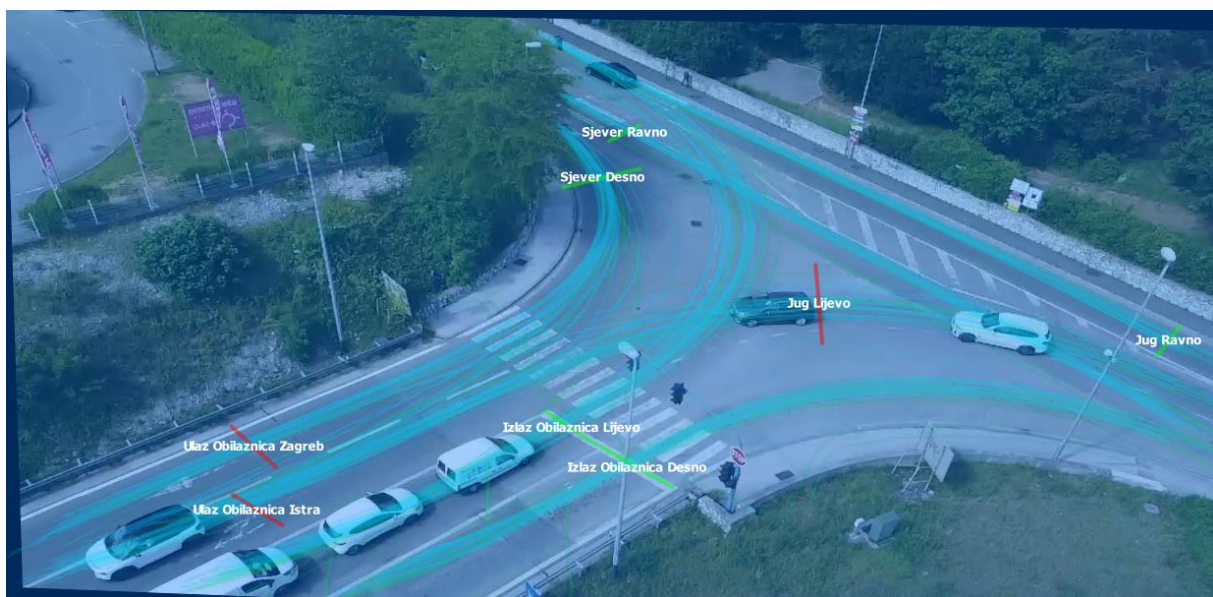
Nakon dobivenih snimaka pristupilo se obradi i analizi istih. Za navedeno je korišten softver tvrtke DataFromSky. DataFromSky je češka tvrtka koja se bavi analizom prometa i prikupljanjem podataka iz zračnih i stacionarnih snimaka. Oni pružaju usluge i softverska rješenja koja koriste računalni vid i strojno učenje kako bi analizirali prometne tokove, kretanja vozila i pješaka, te druge podatke pomoću dobivenih snimaka [13].

Za obradu snimaka potrebno je preuzeti aplikaciju gore navedene tvrtke. Nakon uspješno preuzete aplikacije potrebno je učitati i obraditi snimke kako bi se dobili potrebni podaci. Sučelje aplikacije prikazan je na slici 30.



Slika 30. Sučelje aplikacije DataFromSky, [13]

Nakon učitane snimke u aplikaciju potrebno je odrediti virtualna „vrata (gate)“ odnosno virtualne brojače. Postavljena virtualna „vrata“ prikazana su na slici 31.



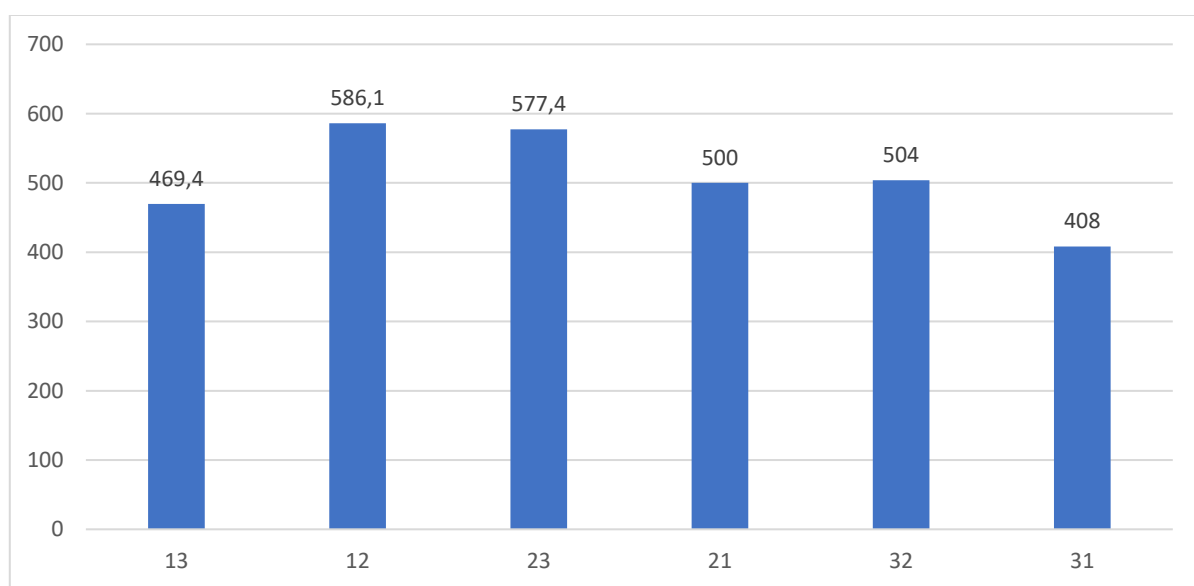
Slika 31. Prikaz virtualnih brojača prometa, [33]

Po završetku postavljanja virtualnih brojača potrebno je još samo pokrenuti snimku, a softver će obaviti prebrojavanja. Nakon završetka snimke podaci se izvezu u Excel datoteku kako bi bili pregledni za analizu. Dobiveni podaci prikazani su sljedećoj tablici:

Tablica 13. Podaci dobiveni brojanjem prometa bespilotnom letjelicom

	Privoz 1		Privoz 2		Privoz 3	
Smjer	13	12	23	21	32	31
Car	444	528	504	444	432	312
Medium vehicles	12	24	36	24	36	48
Heavy vehicles	0	0	0	0	0	0
Bus	0	4	0	4	0	0
Motorcycle	2	3	2	0	0	0
Bicycle	0	0	0	0	0	0
Pedestrian	0	0	0	0	0	0
All vehicles	458	559	542	472	468	360
EJA	469,4	586,1	577,4	500	504	408
Ukupno privoz	1055,5		1077,4		912	

Podaci iz tablice prikazani su na grafikonu 3. Iz grafikona je vidljivo da je kao i kod ručnog brojanja prometa, smjer kretanja s najvećim brojem vozila smjer 12. Vrlo važno je zamijetiti kako je i u ovoj vrsti brojanja prometa na privozu 3 dominantan tok 32, odnosno lijevi skretači. U svrhu kontrole softvera za brojanje prometa provedeno je vizualno, ručno brojanje na temelju snimke, te nisu utvrđena značajna odstupanja od rezultata.



Grafikon 3. Količina EJA po pravcima kretanja

Utvrđivanje PGDP-a na temelju ovoga brojanja prometa biti će na istom principu kao kod ručnog brojanja prometa. Iz gore navedenih podataka slijedi:

$$469,4+586,1+577,4+500+504+408= 3.044,9 \text{ voz/h}$$

$$k = 12$$

$$\text{PDGP} = 3.044,9 * 12 = 36.538,8 \text{ voz/dan}$$

Prilikom prebrojavanja vozila korištena aplikacija posjeduje mogućnost razlikovanja različitih klasa vozila, što nam je vrlo korisno za dobivanje podataka o strukturi prometnog toka. Aplikacija raspoznaje slijedeće klase vozila:

- Car – Automobil
- Medium vehicle – Lako teretno vozilo
- Heavy vehicle – Teško teretno vozilo
- Bus – Autobus
- Motorcycle – Motocikl
- Bicycle - Bicikl
- Pedestrian – Pješak

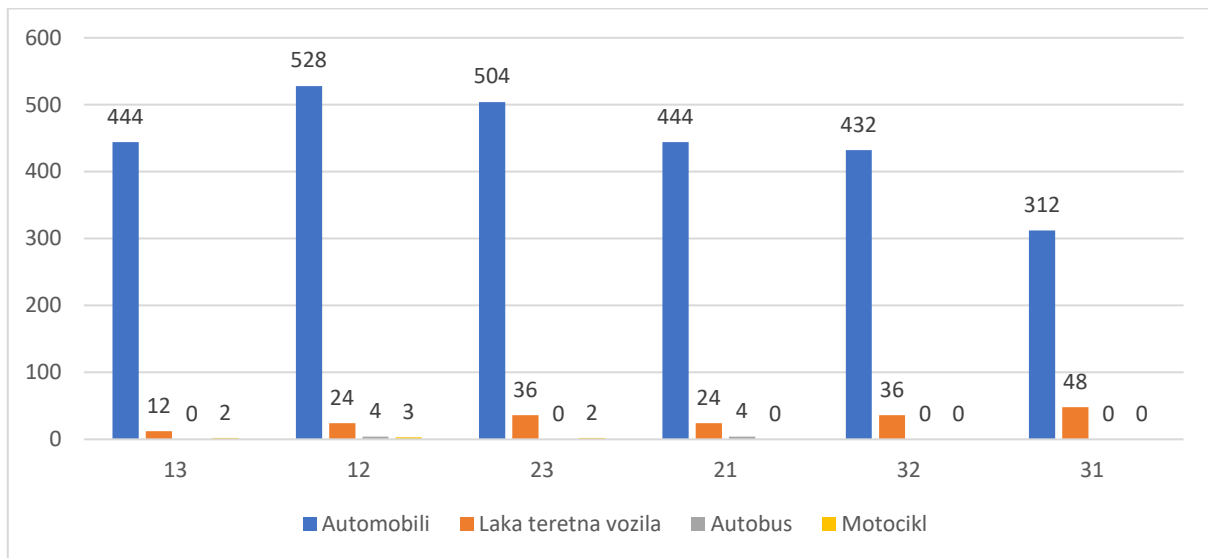
Na slici 32. prikazan je isječak iz aplikacije na kojemu je vidljiva klasifikacija različitih vrsta vozila.



Slika 32. Prikaz klasifikacija vozila

Sljedeći grafikon prikazuje strukturu prometnog toka. Pogledom na grafikon vidljivo je kako većinu prometnog toka čine automobili. Sljedeća klasa koja je najzastupljenija su laka

teretna vozila, a najviše ih je na pravcu iz privoza 3 u smjeru privoza 1. Još jedna bitna stvar koja se da zamijetiti je kako u analiziranim podacima nema niti jednog teškog teretnog vozila.



Grafikon 4. *Struktura prometnog toka po pravcima kretanja*

Osim davanja podataka o količini vozila i pješaka, te strukturi prometnog toka softver također daje i ostale bitne podatke za prometnu analizu od kojih je vrlo bitna brzina. Za dobivanje podatak o brzini potrebno je da videozapis koji analiziramo bude georeferenciran, odnosno da pojedinim točkama na videozapisu budu pridružene geografske koordinate. Kako je snimljeni video nije bio georeferenciran bilo je potrebno georeferenciranje odraditi manualno. Za manualno gereferenciranje je potrebno odrediti minimalno 5 točaka i pridružiti im točne geografske podatke. Nakon odrađenog opisanog postupka softver nam tijekom analize videozapisa sprema podatke o brzinama vozila, koje je moguće izvesti u Excel datoteku. Na slici 33. vide se brzine pojedinačnih vozila.



Slika 33. *Prikaz brzina vozila*

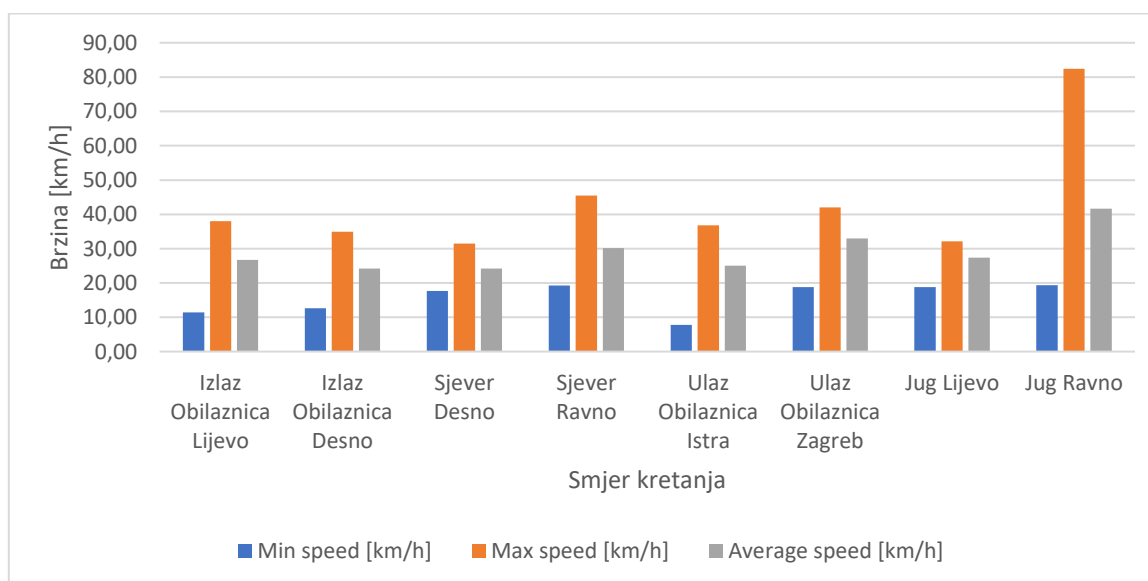
Na sljedećoj tablici 14. prikazani su podaci o brzinama unutar raskrižja. Prikazana je minimalna, maksimalna i prosječna brzina vožnje za svaki prometni trak. Prometni trakovi po privozima su sljedeći:

- Privoz 1: Jug Ravno i Jug Lijevo
- Privoz 2: Sjever Ravni i Sjever Desno
- Privoz 3: Izlaz Obilaznica Lijevo, Izlaz Obilaznica Desno, Ulaz Obilaznica Istra i Ulaz Obilaznica Zagreb

Tablica 14. Podatci o brzinama u raskrižju

	Privoz 1		Privoz 2		Privoz 3		Privoz 3	
	Jug Ravno	Jug Lijevo	Sjever Ravno	Sjever Desno	Izlaz Obilaznica Desno	Izlaz Obilaznica Lijevo	Ulaz Obilaznica Istra	Ulaz Obilaznica Zagreb
Min speed [km/h]	19,35	18,83	19,3	17,71	12,68	11,40	7,80	18,75
Max speed [km/h]	82,43	32,09	45,49	31,52	34,96	38,02	36,77	41,99
Average speed [km/h]	41,63	27,41	30,14	24,23	24,21	26,74	25,01	32,93

Na sljedećem grafikonu vizualno su prikazani podaci iz gornje tablice. Iz grafikona je vidljivo kako je većina brzina unutar propisanog ograničenja brzine. Jedina naočita iznimka je maksimalna brzina koja je ostvarena na privozu 1, virtualna vrata „Jug Ravno“. Na navedenom presjeku izmjerena je maksimalna brzina od 82,43 km/h. Navedeni pravac vodi iz privoza 1 prema privozu 2, a karakterizira ga dugi pravac na kojem je moguće ostvariti veće brzine.



Grafikon 5. Brzine u raskrižju

3.5. Analiza sigurnosti prometa

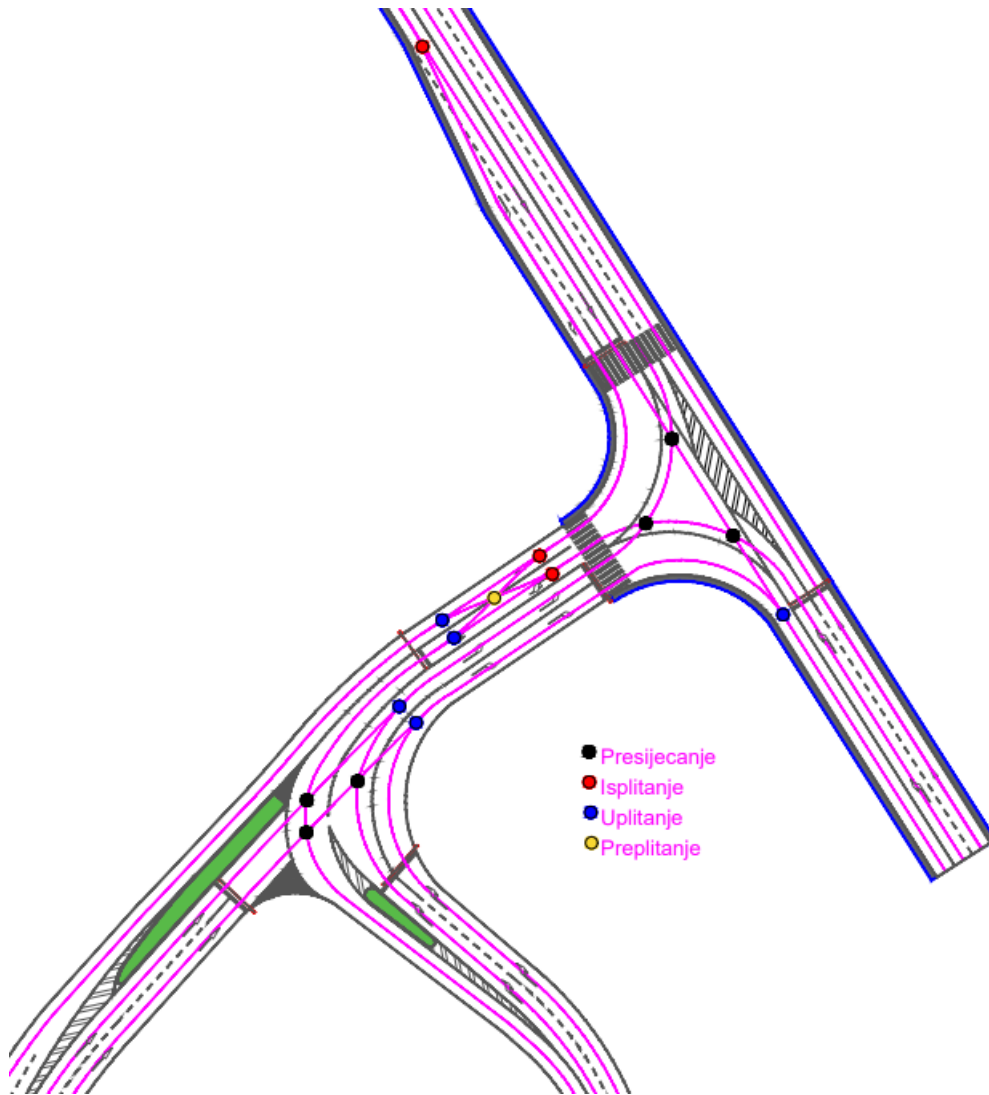
Cilj analize sigurnosti prometa je identificirati potencijalne opasnosti, procijeniti rizik od nesreće i pružiti smjernice za povećanje sigurnosti prometa. U sklopu analize sigurnosti odrađena je detaljna analiza konfliktnih točaka i analiza prometnih nesreća u posljednjih 5 godina. Konfliktna točka predstavlja mjesta na području raskrižja na kojima može doći do potencijalnog kontakta između vozila te posljedično do prometnih nesreća. Pri projektiranju raskrižja potrebno je težiti ka što manjem broju konfliktnih točaka. Konfliktna točka mogu biti:

- Točke presijecanja
- Točke uplitanja
- Točke isplitanja
- Točke preplitanja

Analizom predmetnog raskrižja utvrđeno je kako na raskrižju postoji nekoliko konfliktnih točaka i to:

- 6 točaka križanja
- 5 točaka uplitanja
- 3 točke isplitanja
- 1 točka preplitanja

Razlog ovakvog broja konfliktnih točaka leži u tome što su prometne trake raskrižja kanalizirane, odnosno svaki prometni tok ima svoju prometnu traku. Uz pretpostavku da se vozači drže pravila te prate smjer u kojem ih vodi prometna traka, imamo 15 konfliktnih točaka, kako je gore navedeno. Na slici 34. prikazane su konfliktna točka raskrižja.



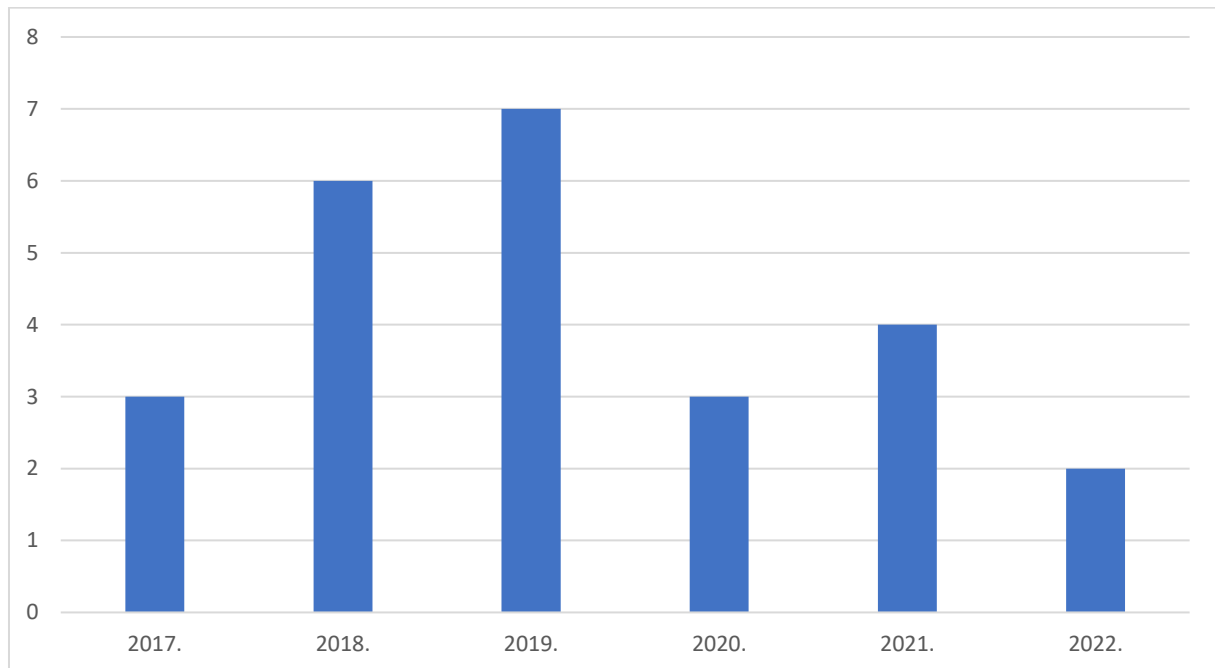
Slika 34. Konfliktne točke na raskrižju

Prometne nesreće i njihove posljedice jedan su od glavnih pokazatelja sigurnosti cestovnog prometa. Za potrebe izrade diplomskog rada analizirane su prometne nesreće na predmetnom raskrižju, koje su se dogodile u razdoblju od 2017. godine do 2022. godine. Prema dostupnim podacima ustupljenim od strane Ministarstva unutarnjih poslova – Postaja prometne policije Rijeka, prometne nesreće će biti prikazane prema sljedećim kriterijima:

- posljedicama,
- vremenskom intervalu,
- vrstama nastanka,
- okolnostima nastanka.

Unutar analiziranog razdoblja ukupno se dogodilo 25 prometnih nesreća, čija je razdioba prikazana na grafikonu broj 6. 2017. godine dogodile su se 3 prometne nesreće, isto kao i 2020. godine. 2018. godine dogodilo se 6 prometnih nesreća, a 2019. godine dogodio se

najveći broj prometnih nesreća, njih 7. 2021. godine dogodile su se 4 prometne nesreće, a u zadnjoj godini promatranog razdoblja dogodio se najmanji broj prometnih nesreća, odnosno 2 prometne nesreće.



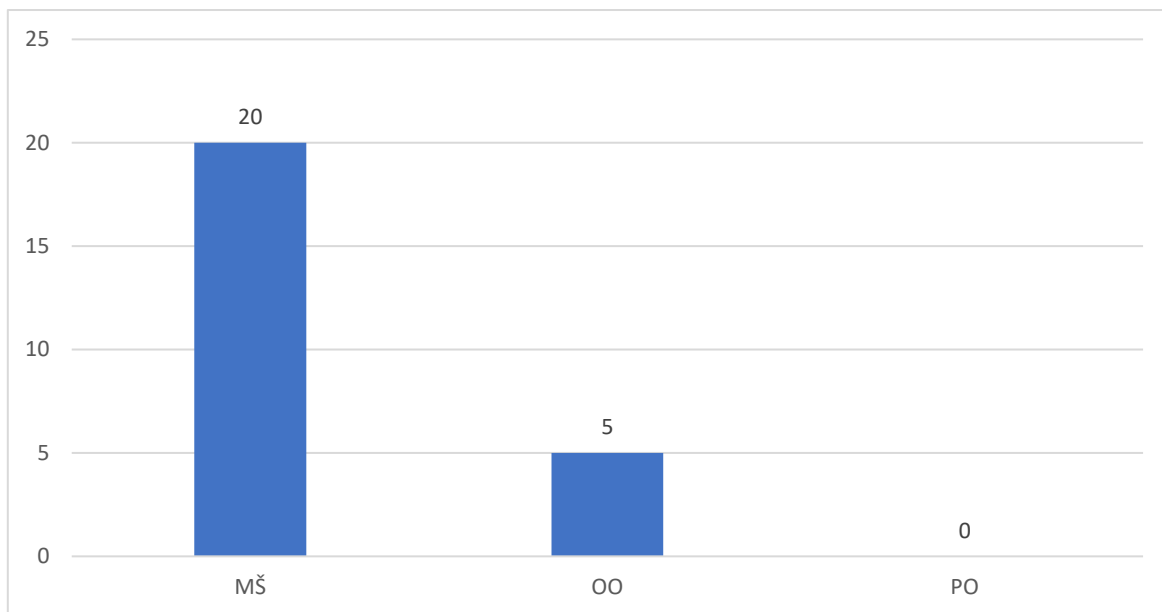
Grafikon 6. Broj prometnih nesreća u razdoblju od 2017. do 2020., [14]

Analiza prometnih nesreća prema posljedicama

Prema klasifikaciji Ministarstva unutarnjih poslova, posljedice prometnih nesreća dijele se u sljedeće kategorije:

- ❖ s materijalnom štetom
- ❖ s ozlijeđenom osobom:
 - LTO – laka tjelesna ozljeda
 - TTO – teška tjelesna ozljeda
- ❖ s poginulom osobom

Na grafikonu broj 7. prikazana je raspodjela prometnih nesreća prema posljedicama. Vidljivo je kako je većina prometnih nesreća završila samo s materijalnom štetom, 5 prometnih nesreća je završilo s ozlijeđenom osobom, a unutar analiziranih prometnih nesreća niti jedna osoba nije poginula.



Grafikon 7. Posljedice prometnih nesreća unutar analiziranog perioda, [14]

U sljedećoj tablici prikazani su podaci o klasifikaciji ozljeda zadobivenih u analiziranim prometnim nesrećama. Od ukupnog broja od 5 ozlijeđenih osoba, 3 osobe su zadobile lake tjelesno ozljede, a 2 osobe teške tjelesne ozljede. Iz tablice vidljiv je i pozivan pomak prema povećanju sigurnosti u prometu, pa tako u posljednje dvije godine promatranog razdoblja nije ozlijeđena niti jedna osoba, a u posljednje četiri godine nema osoba s teškim tjelesnim ozljedama.

Tablica 15. Klasifikacija ozljeda zadobivenih u prometnim nesrećama [14]

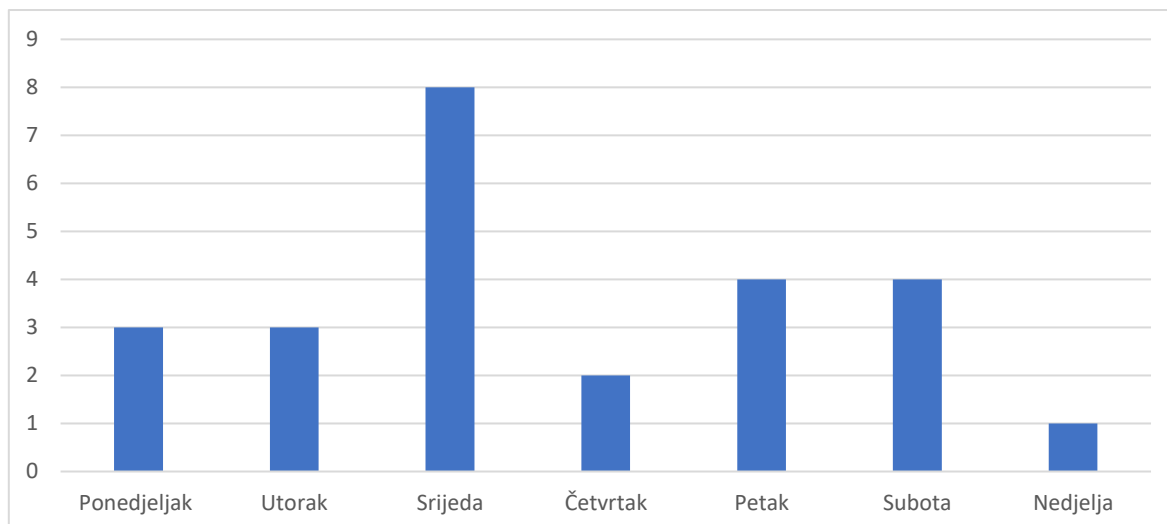
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
TTO	1	1	0	0	0	0
LTO	1	0	1	1	0	0

Analiza prometnih nesreća prema vremenskom intervalu

U okviru analize prometnih nesreća prema vremenskom intervalu napravljena je razdioba prema sljedećim kriterijima:

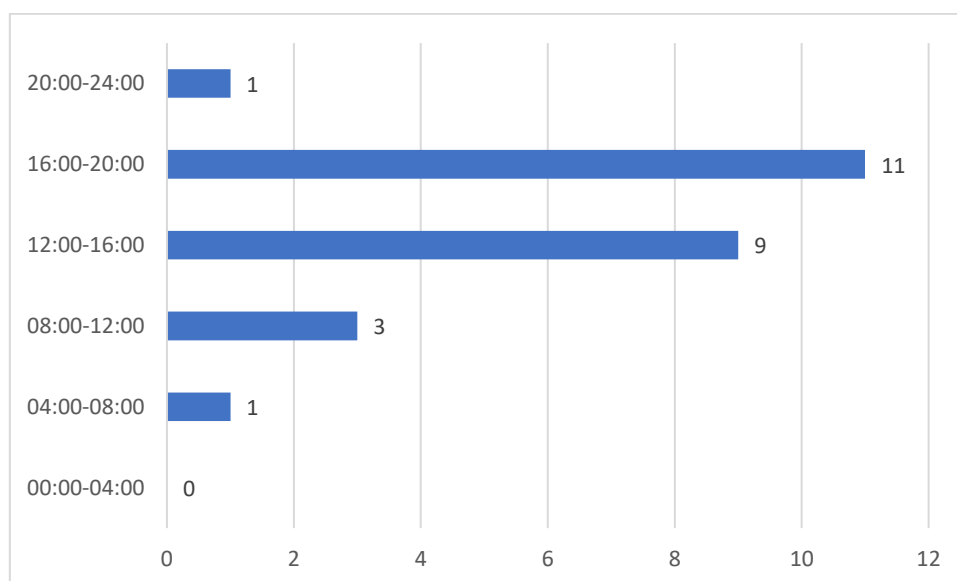
- ❖ Danu u tjednu,
- ❖ Satu u danu.

Od ukupnog broja prometnih nesreća najveći broj prometnih nesreća dogodio se srijedom, njih 8. Najmanji broj prometnih nesreća zabilježen je nedjeljom, samo 1 prometna nesreća, što je i za očekivati zbog smanjenog prometa vozila tim danom. Podaci su prikazani u grafikonu 8.



Grafikon 8. Razdioba prometnih nesreća prema danu u tjednu, [14]

Analizirajući prometne nesreće prema četverosatnom intervalu, iz grafikona 9. vidljivo je kako se najveći broj prometnih nesreća dogodio između 16:00 i 20:00 sati. Iz navedenog grafikona može se zaključiti kako se najmanji broj prometnih nesreća događa u kasnim večernjim i ranojutarnjim satima, kao posljedica smanjenog prometa.

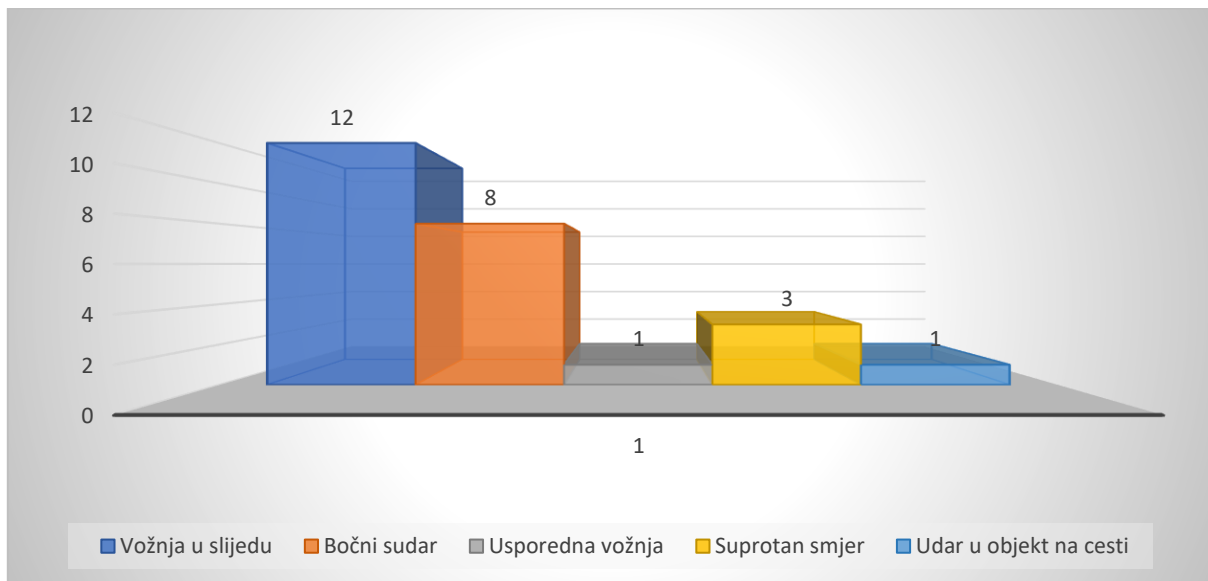


Grafikon 9. Razdioba prometnih nesreća prema satu u danu, [14]

Analiza prometnih nesreća prema vrstama i okolnostima nastanka

Od ukupno 25 nesreća zabilježenih u promatranom razdoblju od 2017. godine do 2022. godine vrsta najveći broj prometnih nesreća odnosi se na vožnju u slijedu, njih 12, odnosno približno 50%. Zatim, slijede prometne nesreće koje se odnose na bočni sudar njih, njih 8.

Suprotan smjer je uzrok kod 3 prometne nesreće, a usporedna vožnja i udar u objekt na cesti su uzrok za po jednu prometnu nesreću. Navedeni podaci su vidljivi u grafikonu 10.



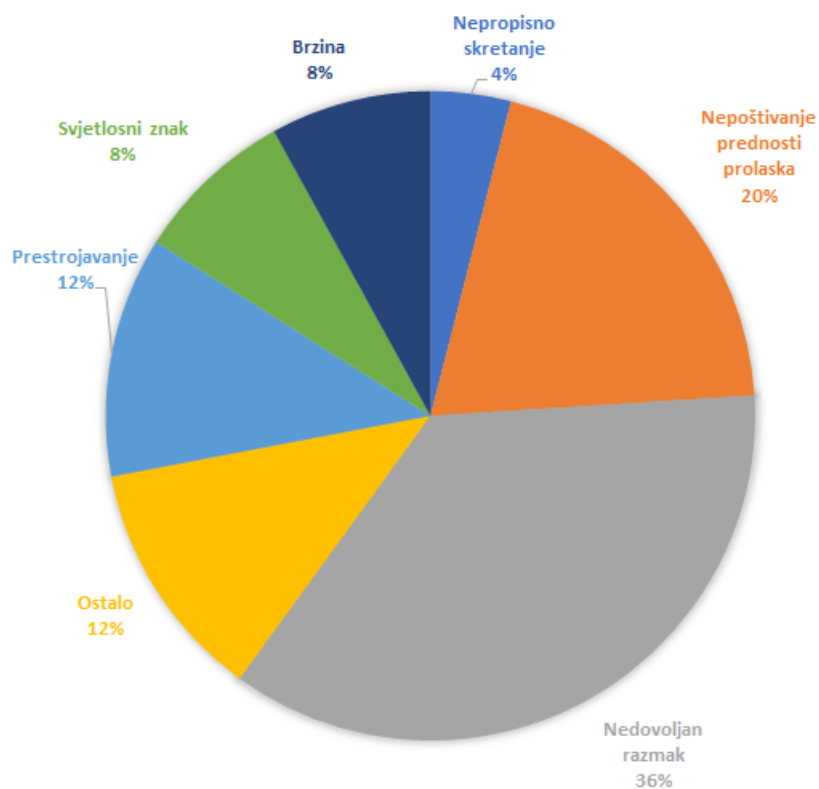
Grafikon 10. Vrste prometnih nesreća, [14]

Analiza prometnih nesreća prema okolnostima nastanka u ovome slučaju u obzir uzimamo 7 vrsta prometnih nesreća, a to su:

- ❖ Brzina,
- ❖ Npropisno skretanje,
- ❖ Svjetlosni znak,
- ❖ Prestrojavanje,
- ❖ Nedovoljan razmak,
- ❖ Nepoštivanje prednosti prolaska,
- ❖ Ostalo.

Okolnosti nastanka prometnih nesreća unutar promatranog razdoblja od 2017. godine do 2022. godine vidljive su iz grafikona 11.

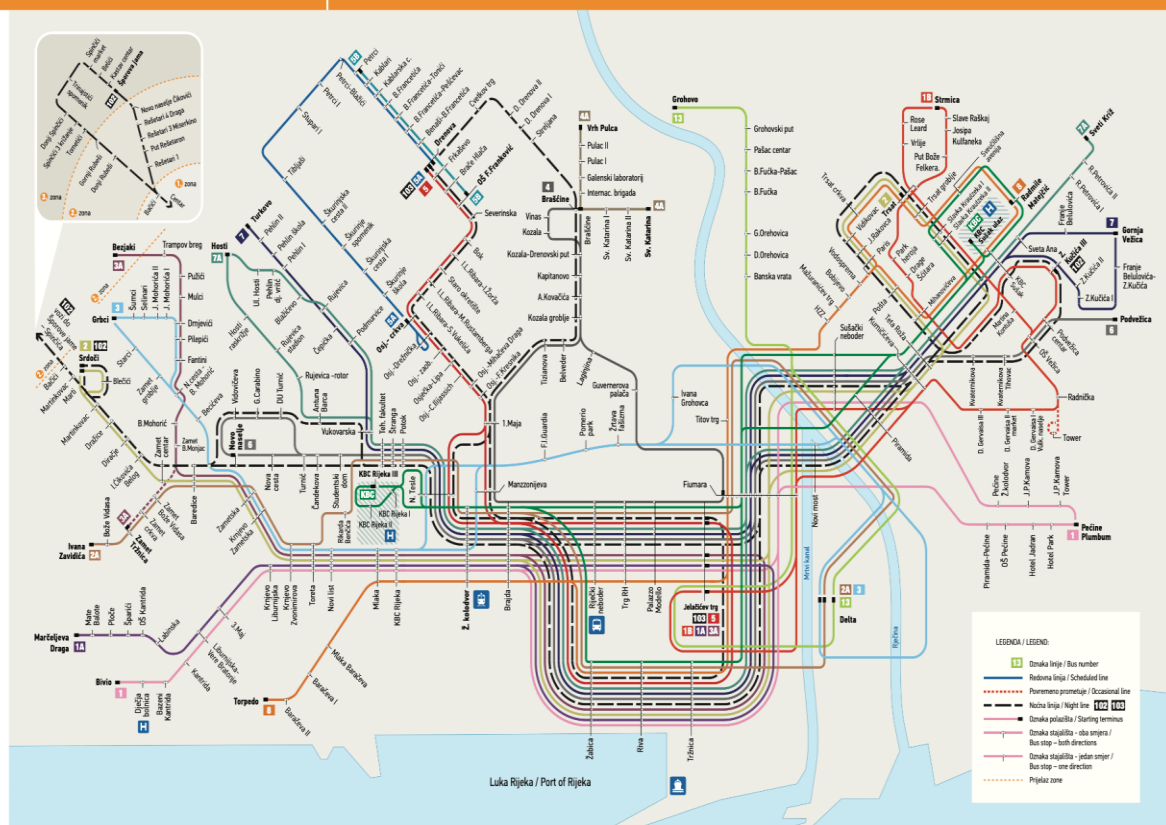
Prema navedenim podacima nedovoljan razmak je najčešći uzrok prometnih nesreća, s udjelom od 36%. Nepoštivanje prednosti prolaska je drugi najčešći uzrok s udjelom od 20%. Prestrojavanje i Ostalo imaju jedna postotak od 12%, a slijede ih svjetlosni znak i brzina s udjelom od 8%. Npropisno skretanje je uzrok s najmanjim postotkom od 4%.



Grafikon 11. Okolnosti nastanka prometne nesreće, [14]

3.6. Analiza postojećeg sustava javnog gradskog prijevoza putnika

Glavni oblik javnog prijevoza putnika u Rijeci su autobusi. Rijeka ima dobro razvijenu mrežu autobusnih linija koje povezuju različite dijelove grada i okolnih naselja. Autobusi prometuju na 49 linija (19 gradskih linija) i povezuju 13 gradova i općina. Obavljanje usluga JGP-a dodijeljeno je Komunalnom društvu Autotrolej d.o.o., tvrtka čiji je suvlasnik grad Rijeka. Na slici 35. prikazan je mreža gradskih autobusnih linija.



www.autotrolej.hr

Info telefon: 060 151 151

Rijeka, 05. 10. 2022.

Slika 35. Mreža gradskih autobusnih linija, [15]

Kroz područje obuhvata prometuju 2 gradske linije i 1 prigradska linija:

- Linija 5: Jelačićev trg – Drenova
- Noćna linija 103
- Prigradska linija 19: Delta – Klana (Lisac)

Analizom voznih redova, dostupnih na internetskim stranicama prijevoznika [15], navedenih linija dolazi se do zaključka kako kroz predmetno raskrižje u smjeru sjever-jug (privoz 1 i 2), i suprotno, u prosjeku prolazi 5 autobusa tokom sat vremena. Učestalost linije ovisi i o vremenskom periodu u danu pa tako se veći broj polazaka obavlja tijekom dana, a manji u noćnim satima.

Nakon odrađenih analiza može se zaključiti kako na raskrižju postoje određeni problemi. Prvi problem predstavljaju repovi čekanja i vršnom satu koji blokiraju promet unutar čitavog raskrižja ali i susjednih raskrižja. Nadalje problem predstavlja veliki broj lijevih skretača na privozima 1 i 3. Iz razloga što samo jedna traka sa privoza 3 skreće lijevo u privoz 5, dolazi do stvaranja velikog repa čekanja, a vozila koja bi željela nastaviti ravno iz privoza 3

u privoz 4 ne mogu obaviti tu operaciju zbog prestrojavanja vozila u traku za lijevo. Konfliktne točke na raskrižju također predstavljaju određeni problem iz razloga što imamo najviše točki presijecanja odnosno križanja prometnih tokova. Potrebno je predložiti rješenje koje će anulirati gore navedene probleme.

3.7. Analiza prijevozne potražnje u budućnosti

Za planiranje novih idejnih rješenja predviđanje budućeg prometa važan je čimbenik pri izboru prometnih rješenja koja će se implementirati u postojeću mrežu. Prometna prognoza posljednji je korak u analizi toka prometa.

Prognoza prometa je predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova [16].

Osnovni ulazni parametri za izradu prometne prognoze, odnosno podaci na kojima se temelji prometna prognoza su[16]:

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

Svrha prognoze prometa je predvidjeti buduću prometnu potražnju kako bi se procijenila dokazivost idejnog rješenja, odnosno da bi se moglo procijeniti zadovoljava li određeno rješenje buduću prometnu potražnju.

Za projektiranje prometnica i prometnih čvorova posebno je važno povećanje obujma prometa, a vršna opterećenja su relevantna kao osnova za dimenzioniranje. Za nove ceste i raskrižja prometna prognoza se izrađuje za period od 20 godina, u slučaju velikih rekonstrukcija za period od 15 godina, a u slučaju manjih rekonstrukcija za period od 10 godina.

Podaci o budućem prometu izračunati su pomoću formule za složeni kamatni račun, a formula je prikazana u nastavku [17]:

$$C = C_0 * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n [17]$$

Simboli korišteni u formuli imaju sljedeća značenja:

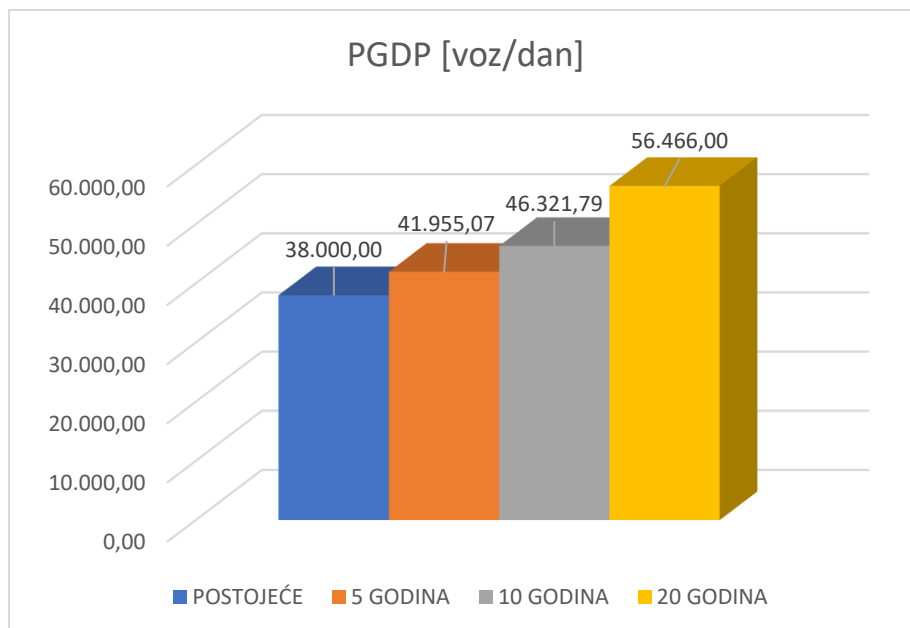
- C –vrijednost PGDP-a nakon n razdoblja porasta
- C₀ – početna vrijednost PGDP-a
- p – godišnji porast prometa [%]
- n – broj godina za koliko se predviđa porast prometa.

Gornjom metodom promet se predviđa na vrijeme od 5 godina, 10 godina i 20 godina. Stopa rasta prometa u prvih 5 godina je 2%, a stopa rasta prometa u sljedećih godina je 1%, a do kraja razdoblja rast od 1,8%. Uz navedene postotke i podatke dobivene pomoću brojanja prometa dobivamo prognozu prometa za razdoblje od 20 godina, prikazanu u tablici 16.

Tablica 16. Prognoza prometa na temelju PGDP-a

Godina	Kalendarska godina	PGDP
0	2023.	38.000,00
1	2024.	38.760,00
2	2025.	39.535,20
3	2026.	40.325,90
4	2027.	41.132,42
5	2028.	41.955,07
6	2029.	42.794,17
7	2030.	43.650,06
8	2031.	44.523,06
9	2032.	45.413,52
10	2033.	46.321,79
11	2034.	47.248,22
12	2035.	48.193,19
13	2036.	49.157,05
14	2037.	50.140,19
15	2038.	51.143,00
16	2039.	52.165,86
17	2040.	53.209,17
18	2041.	54.273,36
19	2042.	55.358,82
20	2043.	56.466,00

Na grafikonu 12. prikazane su vrijednosti prognoze PGDP-a u budućnosti za 5, 10 i 20 godina.

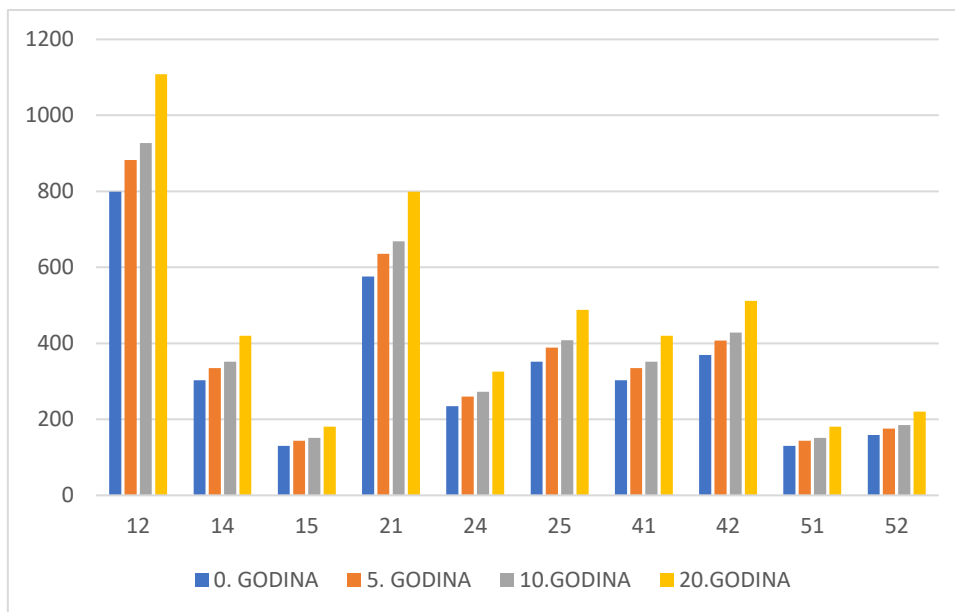


Grafikon 12. Prognoza PGDP-a

Nadalje, prognoza prometa napravljena je za svaki prometni tok po privozu. Podaci su prikazani unutar tablice 17. i grafikona 13.

Tablica 17. Prognoza prometa po privozima

TOK	0. GODINA	5. GODINA	10.GODINA	20.GODINA
12	799	882	927	1.108
14	303	335	352	420
15	130	144	151	180
21	576	636	668	799
24	235	259	273	326
25	352	389	408	488
41	303	335	352	420
42	369	407	428	512
51	130	144	151	180
52	159	176	185	221
R	3356	3705	3894	4655



Grafikon 13. Prognoza prometa po privozima

U sklopu analize prometne potražnje u budućnosti bitno je spomenuti budući cestovni priključak novog kontejnerskog terminala „Zagreb Deep Sea Terminal“ koji je planiran u području čvora Škurinje. Državna cesta D403 koja je trenutno u izgradnji služiti će kao cestovna poveznica budućeg terminala i mreže autocesta. Njezin priključak na autocestu A7, odnosno riječku obilaznicu, na lokaciji je čvora Škurinje te će zasigurno doći do promjene smjerova i intenziteta prometnih tokova. Kako je primarna zadaća navedene ceste vođenje teretnog cestovnog prometa prema luci i iz luke pretpostavka je da će u čvoru Škurinje doći do povećanja broja teretnih vozila. Detaljna prometna analiza za planiranu državnu cestu DC 403 rađena je u sklopu „Studije izvedivosti državne ceste DC403 od čvora Škurinje do luke Rijeka“. Za prognozu prometnog opterećenja utvrđen je trend rasta prometa na temelju: brojanja prometa na terenu, broja registriranih vozila na riječkom području, prognozi prometne potražnje Zagrebačke obale, planirane potražnje makro zone, planirane prometne potražnje na DC403 i vršnim satnim opterećenjima [6].

Unutar gore spomenute studije navodi se podatak kako se u ciljnoj 2034. godini na potezu tunel "Podmurvice" – čvor "Škurinje" očekuje promet do 12.700 voz/dan pri čemu je učešće teretnih vozila 18%: 8% teških teretnih vozila, a 10% teretnih. Optimističan scenarij predstavlja prosperitetno razdoblje sljedećih 20 godina, pozitivna gospodarska kretanja svake godine, što će i promet riječke Luke svake godine kontinuirano povećavati. Ti scenariji nude interval minimalnog i maksimalnog PGDP na kritičnoj dionici DC403, u tunelu "Podmurvice". U ciljnoj 2034. godini taj broj se kreće na razini 8.900 - 12.700, s učešćem teretnog prometa 18 - 21% [56].

Iz gore navedenih činjenica može se pretpostaviti kako će teretni promet unutar čvora Škurinje veoma porasti stavljanjem u funkcije državne ceste D403 i novog kontejnerskog terminala, a očekivani porast teretnog prometa iznosi od 15% do 20% ukupnog prometa.

4. PRIJEDLOZI RJEŠENJA

Prethodnim analizama postojećeg stanja utvrđeni su određeni problemi na temelju koji su predložene dvije varijante rješenja za rekonstrukciju raskrižja s ciljem poboljšanja prometnog toka i sigurnosti sudionika u prometu.

4.1. Varijanta 1 – Kružno raskrižje

Prvi prijedlog rješenja je rekonstrukcija raskrižja u srednje veliko raskrižje s kružnim tokom prometa. Prema definiciji iz [18] kružno raskrižje je kanalizirano raskrižje kružnog oblika s neprovoznim, djelomično ili u cijelosti povoznim/provoznim središnjim otokom i kružnim voznim trakom na koji se vežu tri ili više priključnih cesta u razini i u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu.

Posebnosti jednotračnih kružnih raskrižja, po kojima se ona razlikuju od uobičajenih raskrižja u razini, jesu [18]:

- ❖ kružna raskrižja su raskrižja s kombinacijom prekinutoga i neprekinutoga prometnog toka;
- ❖ prvenstvo prolaza na kružnim raskrižjima imaju vozila u kružnom toku u odnosu na vozila na prilazima u raskrižje;
- ❖ vozilo na ulazu u kružno raskrižje se, u slučaju slobodnoga kružnog toka, ne zaustavlja već smanjenom brzinom ulazi u kružni tok što ima pozitivan učinak na okoliš (niže razine ispušnih plinova i buke) i kapacitet ovoga tipa raskrižja;
- ❖ kružna raskrižja, bez obzira na tip i način izvedbe, omogućavaju vožnju samo malim brzinama i s velikim skretnim kutom prednjih kotača;
- ❖ za pješake i bicikliste u kružnim raskrižjima vrijede jednaka pravila kao i u drugim raskrižjima;
- ❖ u kružnim raskrižjima je zabranjena (a i nepotrebna) vožnja unatrag;
- ❖ dugim vozilima je tijekom vožnje kružnim tokom dopušteno koristiti i prošireni dio kružnoga kolničkoga traka (povozni dio središnjeg otoka) dok za druga vozila malih dimenzija za to nema potrebe.

Prednosti jednotračnih kružnih raskrižja pred ostalim raskrižjima u razini su, prije svega, u njihovim sljedećim osobinama [18]:

- ❖ znatno veća sigurnost prometa (manji broj konfliktnih točaka nego na klasičnim izravno kanaliziranim raskrižjima u jednoj razini, ne postoje konfliktne točke križanja i preplitanja, manje brzine pri eventualnom sudaru sa pješacima, nemogućnost vožnje kroz kružno raskrižje bez smanjene brzine...);

- ❖ niža razine buke i emisija ispušnih plinova motornih vozila,
 - ❖ manje posljedice prometnih nezgoda (nema čeonih sudara i sudara pod pravim kutom);
 - ❖ mogućnost propuštanja prometnih tokova velikih jakosti;
 - ❖ kraće čekanje na prilazima (neprekinutost vožnje);
 - ❖ manje zauzimanje prostora (nepotrebni su prometni trakovi za lijevo i desno skretanje) pri jednakoj propusnoj moći – kao kod raskrižja u jednoj razini sa trakama za skretače uz istu razinu uslužnosti;
 - ❖ dobro rješenje za raskrižja s približno jednakim prometnim opterećenjem na glavnom i sporednom prometnom smjeru
 - ❖ dobro rješenje u raskrižjima s više krakova (pet ili više);
 - ❖ manji troškovi održavanja (nego kod semaforiziranih raskrižja);
 - ❖ dobro rješenje kao mjera za smirivanje prometa u urbanim sredinama;
 - ❖ mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor, odnosno uređenja kružnog raskrižja;
 - ❖ povoljniji utjecaj na okoliš u odnosu na semaforizirana raskrižja
- Uz sve prednosti koje donose, kružna raskrižja imaju i neke nedostatke kao što su [18]:
- ❖ povećanjem broja voznih trakova u kružnom toku smanjuje se prometna sigurnost (suprotno od klasičnih raskrižja u jednoj razini) te je preporuka izvedba jednotračnih kružnih raskrižja;
 - ❖ veći broj kružnih raskrižja u nizu ne omogućava uvođenje koordiniranog prolaza kroz ista („zeleni val“);
 - ❖ poteškoće s pomanjkanjem prostora za izvedbu središnjeg otoka u već izgrađenim područjima;
 - ❖ kružna raskrižja većeg polumjera, nisu najprikladnije rješenje pred institucijama za slijepu i slabovidne osobe, pred domovima za starije osobe, bolnicama i zdravstvenim domovima i na svim onim mjestima gdje nemotorizirani sudionici u prometu zbog svojih privremenih ili trajnih fizičkih oštećenja ne mogu sigurno prelaziti raskrižja bez svjetlosnih signalizacijskih uređaja;
 - ❖ kružna raskrižja većeg polumjera, nisu najprikladnije rješenje pred dječjim vrtićima i školama i na drugim mjestima na kojima se kreće veliki broj djece (koja obično idu u većim skupinama ili u koloni);
 - ❖ problemi pri velikom intenzitetu biciklističkog i/ili pješačkog prometa, koji presijeca jedan ili više krakova jednotračnoga kružnog raskrižja;
 - ❖ lošije rješenje pri velikom intenzitetu lijevih skretanja;
 - ❖ naknadna semaforizacija ne utječe bitno na povećanje propusne moći;

- ❖ produljenje putanja vozila i pješaka u odnosu na izravno kanalizirana raskrižja;
- ❖ tokovi koji skreću ulijevo iz suprotnih smjerova nepotrebno se presijecaju, tj. prepliću, što nije slučaj kod izravno kanaliziranih raskrižja.

U tablici 16. prikazane su osnovne podjele raskrižja s obzirom na veličinu vanjskog polumjera te okvirni kapacitet različitih tipova kružnih raskrižja. Navedeni kapaciteti predstavljaju aproksimativne vrijednosti za jednostručna kružna raskrižja sa jednoliko opterećenim privozima. Podaci iz tablica se mogu smatrati informativnim, za rješavanje konkretnog primjera obavezno je provjeriti prometne pokazatelje kao i primijenjene projektno-tehničke elemente [18].

Tablica 18. Odnos vanjskog polumjera i kapaciteta kružnih raskrižja [18]

Tip kružnog raskrižja	Vanjski polumjer (m)	Okvirni kapacitet (voz/dan)
Mini urbano	7,0-12,5	10.000 (15.000)
Malo urbano	11,0-17,5	15.000 (18.000)
Srednje veliko urbano	15,0-20,0	20.000 (22.000)
Srednje veliko izvanurbano	17,5-22,5	22.000 (24.000)

Prijedlog idejnog prometnog rješenja je izrada dva srednje velika kružna raskrižja. Navedeno rješenje projektirano je prema idejnom projektu tvrtke Rijekaprojekt d.o.o. za naručitelja Hrvatske ceste d.o.o.. Svrha uvrštavanja ovoga projekta je vrednovanje ovoga projekta u odnosu na postojeće stanja i drugo varijantno rješenje. Prilikom projektiranja napravljene su manje korekcije idejnog rješenja. Radijus vanjskog polumjera projektiranog kružnog raskrižja iznosi 22,5 m. Nadalje, širina kružnog kolnika iznosi 6,5 m, dok je širina povoznog dijela središnjeg otoka 1 m. Na mjestima gdje geometrija raskrižja dozvoljava ulazni polumjer iznosi 20 m, a izlazni polumjer 25 m.

Privoz 1 sastoji se od ukupno 3 prometne trake i zadržava postojeće širine prometnih trakova od 3.5 m. 2 prometne trake služe vođenju prometa u smjeru Jug - Sjever. Jedna prometna traka namijenjena je za ulaz vozila u raskrižje s kružnim tokom prometa, dok je druga traka, širine 5 m, kanalizirana i vodi promet iz smjera privoza 1 u privoz 2. Treća prometna traka služi za izlaz vozila iz kružnog toka. Na spomenutu prometnu traku priključuju se i vozila koja iz privoza 5 imaju namjeru kretanja u smjeru privoza 1. Navedeni prometni tok je kanaliziran kako bi spriječili nepotrebne ulaske vozila u oba kružna raskrižja. Širina kanaliziranog prometnog traka iznosi 6 m.

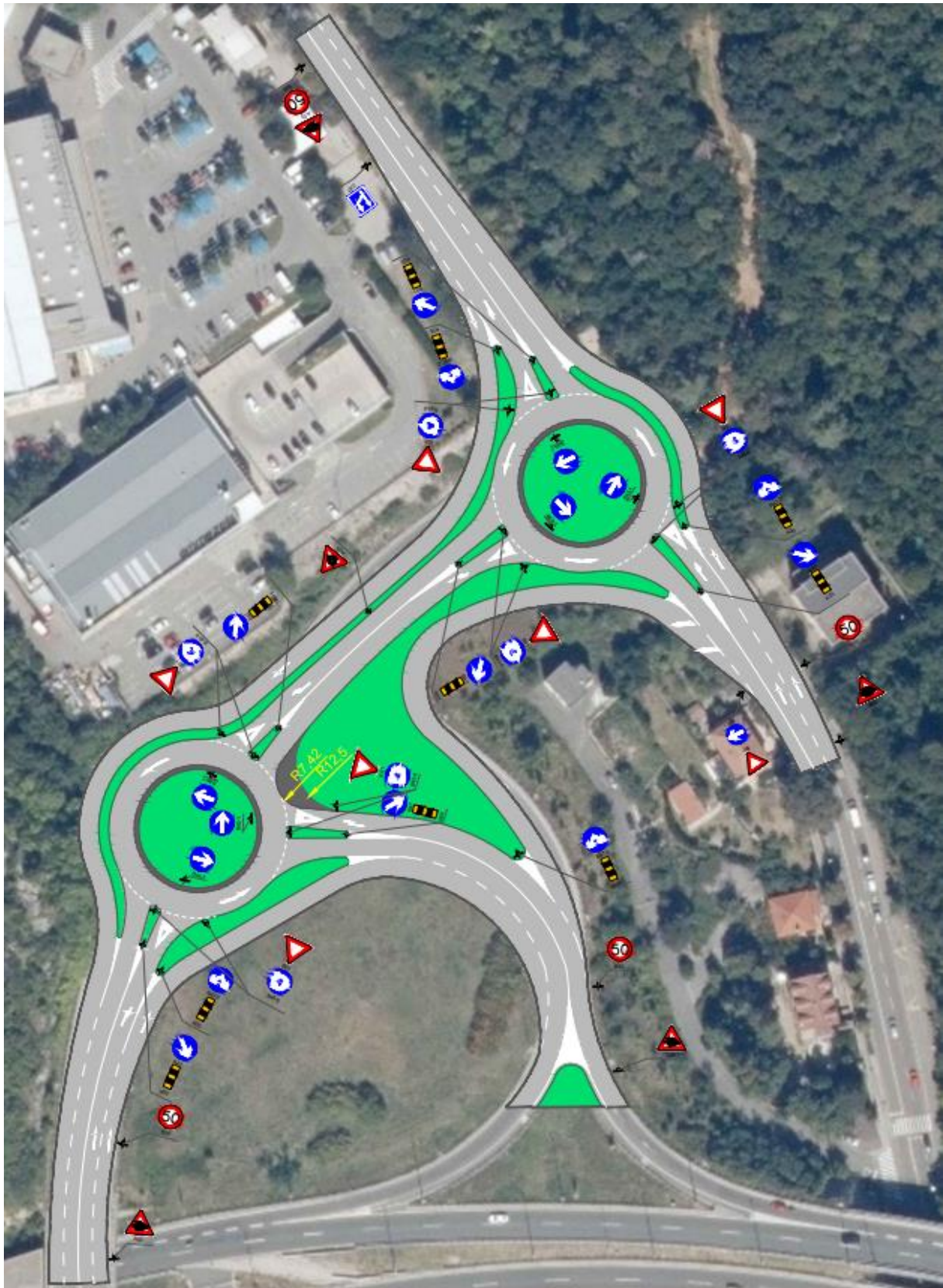
Privoz 2 sastoji se od ukupno 3 prometne trake. U pravcu Juga vodi jedna prometna traka koja se neposredno prije raskrižja grana na jednu prometnu traku za ulaz u kružno raskrižje i jednu traku za desno skretače. Navedena traka je kanalizirana u smjeru privoza 4, a njezina širina iznosi 5 m. U smjeru sjevera vode dvije prometne trake koje služe kao izlaz vozila iz raskrižja, te se nakon raskrižja svode na širinu od 3,5 m.

Privoz 3 je u ovome rješenju zamišljen kao spoj između dva kružna raskrižja. Sastoji se od dva prometna traka širine 5 m. Širina prometnih trakova je takvih karakteristika zbog omogućavanja dovoljnih ulaznih i izlaznih radijusa raskrižja s kružnim tokom prometa.

Privoz 4 sastoji se od 4 prometna traka, a zadržane su širine prometnih trakova od 3,75 m. Dvije prometne trake vode promet iz smjera raskrižja prema autocesti, dok jedna prometna traka služi za ulaz vozila u kružno raskrižje. Predloženo novo rješenje ovoga privoza posjeduje novitet u odnosu na postojeće stanje, a to je da je moguće skretanje vozila iz smjera privoza 4 u privoz 5. Navedni prometni tok vodi se pomoću kanalizirane trake širine 5 m, koja se spaja u privoz 5 neposredno prije početka trake za ubrzanje autoceste A7. Navedeno rješenje potrebno je kako bi se omogućilo vođenja vozila iz smjera budućeg kontejnerskog terminala na autocestu u smjeru graničnih prijelaza Rupa i Pasjak, kao o u smjeru Istre, odnosno autoceste A8.

Privoz 5 sastoji se od ukupno četiri prometne trake. Po jedna prometna traka služi za ulaz i izlaz vozila iz raskrižja. Preostale 2 prometne trake su već spomenute prometne trake kanaliziranih prometnih tokova iz smjera privoza 4 u privoz 5 i smjera privoza 5 u privoz 1.

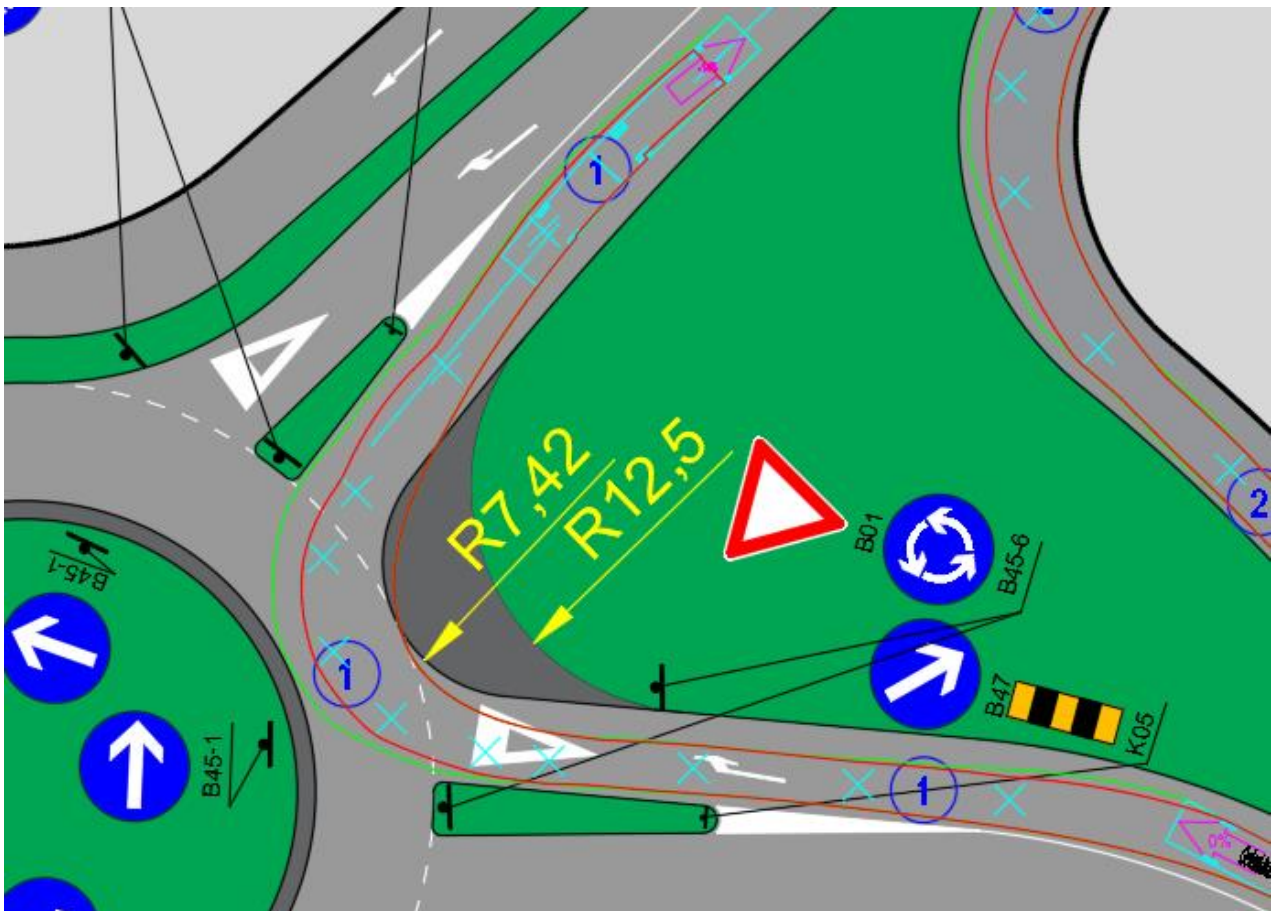
Gore opisano rješenje izrađeno je u programskom alatu AutoCAD 2023, a prometni znakovi i signalizacija postavljeni su prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19). Opisano rješenje prikazano je na slici 36. te u grafičkom prilogu.



Slika 36. Varijantno rješenje 1 - Kružna raskrižja

Prilikom izrade idejnog rješenja na vidjelo je izašao problem u usklađenosti geometrije raskrižja i traka za ubrzanje autoceste A7. Problem predstavlja os ceste privoza 5. Navedena os

ograničena je određenim kutom preko kojega se ne može ići kako se ne bi narušila geometrija trake za ubrzanje. Nastavno na to dolazi do premalog radijusa između privoza 5 i privoza 3, nedovoljnoga za prolaz mjerodavnog vozila. Kao mjerodavno vozilo uzima se kamion s prikolicom za kojega je potreban radijus od minimalno 12,5 m. Rješenje navedenog problema moguće je formiranjem povoznog dijela između privoza 5 i privoza 3. Navedeno rješenje neće narušiti vođenje ostalih prometnih tokova unutar raskrižja, a omogućiti će se manevar mjerodavnog vozila iz smjera privoza 5 u smjeru privoza 3. Navedeno rješenje i trajektorija mjerodavnog vozila prikazano je na slici 37.



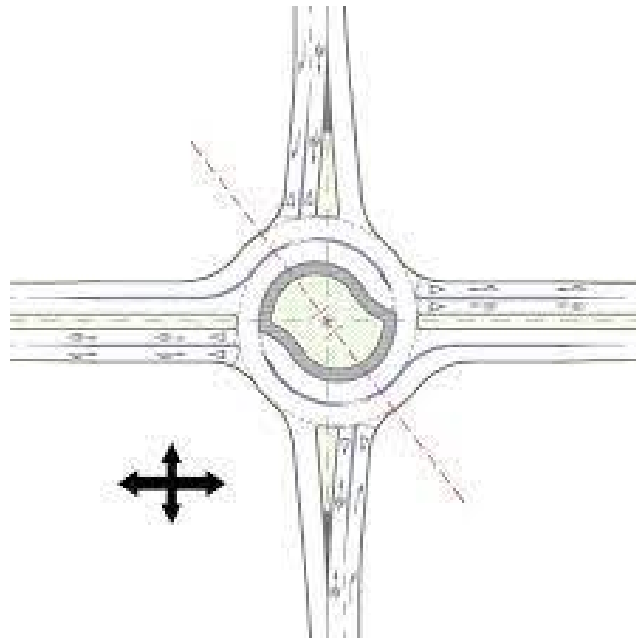
Slika 37. Proširenje između privoza 5 i 3

4.2. Varijanta 2 – Kružno raskrižje sa spiralnim tokom prometa

Drugi prijedlog idejnog rješenja raskrižja je rekonstrukcija raskrižja u dva kružna raskrižja sa spiralnim tokom prometa. Navedeno rješenje je moje osobno rješenje, temeljeno na iskustvima prikupljenim prilikom studiranja.

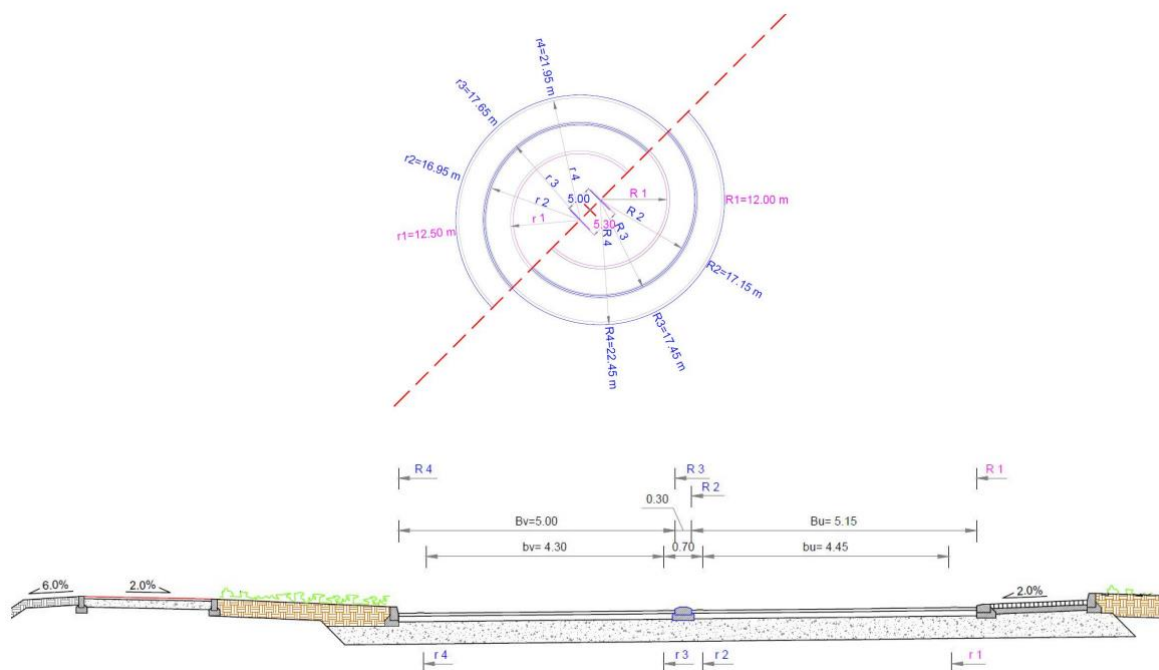
Kružno raskrižje sa spiralnim tokom prometa ili turbo kružno raskrižje je kanalizirano dvotračno ili trotračno kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika, na kojega se priključuju tri ili četiri priključne ceste, a vozni trakovi su međusobno odvojeni uzdignutim

razdjelnim elementima (delineatorima) koji sprječavaju promjenu voznog traka (preplitanje prometnih tokova) na kružnom kolniku.[19] Primjer takvog raskrižja prikazan je na slici 38.



Slika 38. Primjer četverokrakog turbo kružnog raskrižja, [19]

Projektiranje turbo kružnih raskrižja u Hrvatskoj izvodi se prema smjernicama za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama. Navedene smjernice izradio je Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. Smjernice sadrže sve parametre potrebne za dizajniranje turbo kružnih raskrižja, a temeljene su na inozemnim iskustvima iz Slovenije i Nizozemske. Na slici 39. prikazani su elementi turbo kružnog raskrižja. Projektiranje turbo kružnog raskrižja započinje postavljanjem translacijske osi i kreiranjem karakterističnih kružnica turbo kružnog raskrižja. Specifičnost ovoga oblika raskrižja je što u odnosu na klasična dvotračna kružna raskrižja ima smanjeni broj konfliktnih točaka radi vođenja prometa pomoću delineatora. Delineator je betonski element koji onemogućuje preplitanje prometnih tokova [19].



Slika 39. Elementi turbo kružnog raskrižja, [19]

Prijedlog rekonstrukcije raskrižja u turbo kružno raskrižje napravljen je u programskom alatu AutoCAD 2023. Na slici 40. prikazan je crtež prijedloga rekonstrukcije. Rekonstrukcijom bi bilo izvedeno turbo kružno raskrižje na mjestu postojećeg raskrižja.

Na sjeverni privoz, privoz 2, dodana je kanalizirana traka za desne skretače kako oni ne bi morali ulaziti u kružni tok. Vozila iz privoza 2 mogu sa obje trake doći u privoz 1. Za prometni tok iz smjera privoza 1 u privoz 2 izvedena je kanalizirana prometna traka koja ne ulazi u kružni tok. Ulaskom u kružni tok iz privoza 1 vozila mogu odabrati izlaz u privoz 2 ili izlaz u privoz 3. Vozila iz privoza 3 koja žele skrenuti desno prema privozu 1 mogu to učini iz desne trake privoza. Ta traka je kanalizirana denivelatorom pa iz te trake nije moguće nastaviti vožnju u nekom drugom smjeru osim u smjeru privoza 1. Vozila koja žele iz privoza 3 doći u privoz 2 uključuju se iz lijeve trake privoza i ulaze u kružni tok.

Drugi dio rješenja predstavlja još jedno turbo kružno raskrižje. Predloženo rješenje bi se pomaknulo jugozapadno u odnosu na postojeće raskrižje. Kod ovoga raskrižja vođenje prometnih tokova je slično kao kod prethodnog raskrižja. Vozila iz privoza 3 u privoz 4 mogu doći preko vanjske kanalizirane trake ili preko ulaska u kružni tok. Ako bi vozila iz smjera 3 htjela ući u privoz 5 moraju ući u raskrižje. Iz smjera privoza 4 vozila mogu preko obje trake raskrižja ući u privoz 3. Za nastavak vožnje iz privoza 4 u privoz 5 vozila jednostavno skreću desno. Privoz 5 je korigiran iz razloga propusne moći. Vozila koja dolaze privozom 5 ako žele ići u smjeru centra grada Rijeke koriste dodatnu kanaliziranu traku za desne skretače koja ne

postoji u sadašnjem rješenju. Ovim rješenjem uklanjamo sva ta vozila iz nepotrebnog ulaska u kružni tok. Nadalje vozila iz smjera 5 ako žele krenuti u smjeru privoza 4 to mogu učiniti ulaskom u kružni tok. Ovaj prometni tok ne postoji u postojećem stanju, a iznimno je bitan zbog kretanja vozila prema lučkom terminalu kada se dovrši državna cesta D403. Posljednje ostaje još samo prometni tok iz smjera privoza 5 koji se kreće u smjeru privoza 2. Ta vozila ulaze u kružni tok i prestrojavaju se na privozu 3 u traku za ulazak u turbo kružno raskrižje i dalje prema privozu 2. Na sljedećim slikama i u grafičkom prilogu je prikazano projektirano rješenje.



Slika 40. Prijedlog rekonstrukcije



Slika 41. Prvo turbo kružno raskrižje



Slika 42. Drugo turbo kružno raskrižje

5. EVALUACIJA REZULTATA NOVE REGULACIJE PROMETNIH TOKOVA

Simulacije igraju važnu ulogu u prometnom inženjerstvu jer omogućuju proučavanje i analizu različitih aspekata prometnih sustava prije nego se fizički implementiraju. Simulacije prometa koriste matematičke modele kako bi oponašali kretanje vozila, putnika i ostalih elemenata prometa u stvarnom svijetu. Korištenje simulacija donosi brojne prednosti kao što su testiranje različitih scenarija i dizajna, te pružaju mogućnost izvođenja eksperimenata koji u stvarnom svijetu mogu biti skupi ili opasni

Za potrebe izrade ovoga rada korišten je simulacijski alat PTV Vissim. Navedeni alat nam koristi za izradu mikrosimulacija u prometu te nam pruža detaljne informacije o kretanjima vozila, ponašanju vozača i prometnom opterećenju. Softver omogućuje analize različitih scenarija prometnih uvjeta, promjene na infrastrukturi, semaforskim uređajima i signalnim planovima.

U svrhu dobivanja konkretnih podataka o kvaliteti predloženih rješenja u svim simulacijama promatrani su sljedeći parametri prometnog toka :

- ❖ Prosječna duljina repa čekanja
- ❖ Maksimalna duljina repa čekanja
- ❖ Razina usluge
- ❖ Vrijeme čekanja

5.1. Postojeće stanje

Izrada simulacije u programskom alatu PTV Vissim sastoji se od nekoliko koraka. Prvi korak u postupku izrade je kreiranje podloge na kojoj će se iscrtavati prometna mreža. Podloga je u ovome slučaju bila ortofoto snimka predmetnog raskrižja, na koju su zatim ucrtavani dijelovi mreže, odnosno linkovi i konektori. Nakon iscrtavanja prometne mreže potrebno je unesti podatke o prometnom toku. Najbitnije podaci o prometnom toku su u ovome slučaju „Vehicle input“, odnosno količina prometa po svakom privozu i „Vehicle Routes“, odnosno razdioba kretanja vozila. Nakon svega ostaje još definiranje reguliranja prometnih tokova i moguća razna podešavanja modela.

Prethodno dobiveni podaci iz brojanja prometa o količini, strukturi i pravcima kretanja prometnog toka sada nam služe kao ulazni podaci za simulaciju. Prema smjernicama za korištenje navedenog programskog alata preporučeno vrijeme trajanja simulacije iznosi 4500 s, od kojih 900 s otpada na vrijeme koje je potrebno modelu da se napuni vozilima, pa evaluacija kreće tek nakon spomenutog perioda. Kako bi podaci dobiveni iz simulacije što realnije

prikazivali prometni sustav iz stvarnosti preporuka je izvršiti veći broj simulacija, poželjno 10, a kao izlazni podaci koriste se prosječne vrijednosti iteracija. Izrađeni model postojećeg stanja prikazan je na slici 43.



Slika 43. Simulacija postojećeg stanja

Kako bi provjerili ispravnost izrađenog modela potrebno je usporediti podatke dobivene brojanjem prometa i one podatke koje je simulacija pokazala. U tu svrhu koristimo metodu naziva GEH statistika. Navedena metoda koristi se u prometnom inženjerstvu kako bi usporedili dva skupa podataka, onaj stvarni broj vozila na raskrižju i broj koji dobivamo preko simulacije. Na temelju rezultata GEH statistike može se procijeniti koliko dobro model opisuje stvarno stanje i odlučiti treba li prilagoditi model. Formula navedene metode glasi:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 * (X - Y)^2}{X + Y}}$$

Oznake X predstavlja ukupan broj vozila koji smo dobili unutar simulacije, a oznaka Y predstavlja broj vozila koja smo izbrojali u stvarnom sustavu. U tablici broj prikazan je prihvatljivost, odnosno neprihvatljivost rezultata. Potrebno je da vrijednost GEH koeficijenta bude manja od 3,0 na svakom pojedinom prometnom toku kako bi model bio validan, odnosno kako bi model kvalitetno prikazivao postojeće stanje. Ukoliko je vrijednost koeficijenta veća od 5,0 smatra se da je model neprihvatljiv, te ga je potrebno doraditi.

Tablica 19. GEH statistika

GEH	Uvjeti
< 3,0	Prihvatljivo
3,0 - 5,0	Uvjetno prihvatljivo
> 5,0	Neprihvatljivo

Unutar tablice 20. upisani su podaci o stvarnom prometnom opterećenju i opterećenju dobivenom preko simulacije. Preko ta dva podatka izračunat je GEH koeficijent za svaki pojedini prometni tok. Iz tablice je vidljivo kako je koeficijent manji od 3,0 za sve prometne tokove, pa možemo zaključiti kako model kvalitetno prikazuje sliku stvarnog stanja.

Tablica 20. GEH statistika modela postojećeg stanja

Tok	Stvarno opterećenje [voz/h]	Opterećenje iz simulacije [voz/h]	GEH
12	734	691	1,61093
14	186	170	1,19925
15	278	271	0,4225
21	558	547	0,46798
24	224	207	1,15804
25	336	321	0,82761
41	283	299	0,93794
42	345	334	0,597
51	122	134	1,06066
52	148	151	0,24536

Nakon validacije da je model u skladu s prometnom situacijom može se obaviti analiza parametara prometnog toka. U svrhu dobivanja razine usluge raskrižja bitan parametar je vrijeme kašnjenje, a kriteriji su propisani prema HCM-u, a prikazani su u tablici 21.

Tablica 21. Kriteriji za utvrđivanje razine usluge

Prosječno vrijeme kašnjenja (s/vozilo)	Razina usluge
0-10	A
>10-20	B
>20-35	C
>35-55	D
>55-80	E
>80	F

U sljedećoj tablici prikazani su podaci dobiveni iz simulacije postojećeg stanja. Iz tablice je vidljivo da je najveći prosječni rep čekanja na privozu 2. Na istome privozu dolazi i do najvećeg maksimalnog repa čekanja, što se zapravo i događa u stvarnom sustavu. Najslabiju razinu usluge, a time i najveće vrijeme čekanja ostvaruju vozila na privozu broj 5, a koja imaju tendenciju kretanja u smjeru privoza 2. Vrijeme čekanja za navedeni privoz iznosi 60,85 s. Prometni tok sa najboljom razinom usluge je tok iz smjera privoza 1 u smjeru privoza 2, sa razinom usluge B. Ukupno raskrižje je ocjenjena sa razinom usluge D, a to sugerira kako je na raskrižju potrebna rekonstrukcija kako bi se povećala razina usluge.

Tablica 22. Rezultati simulacije postojećeg stanja

Tok	Qlen [m]	QLenMax [m]	Vehs [EJA]	LOS	VehDelay [s]
12	37,51434	193,8126	691	LOS_B	11,89172
14	37,51434	193,8126	170	LOS_D	48,28998
15	37,51434	193,8126	271	LOS_D	52,84545
21	39,70802	150,4995	547	LOS_D	38,2684
24	39,70802	150,4995	207	LOS_C	31,43663
25	39,70802	150,4995	321	LOS_D	40,57265
41	26,78255	115,4805	299	LOS_D	37,58563
42	26,78255	115,4805	334	LOS_E	65,61667
51	3,459468	56,95257	134	LOS_C	23,09302
52	3,459468	56,95257	151	LOS_E	60,85455
R	26,8661	193,8126	3125	LOS_D	37,32774

U sljedećoj tablici prikazani su podaci o prometnom toku za 5 godina na postojećem raskrižju. Navedeni podaci potvrđuju činjenici kako je navedenom raskrižju potrebna hitna rekonstrukcija. Ukoliko se raskrižje ne rekonstruira kroz nekoliko godina doći će do razine usluge F gotovo na svim privozima, do velikih repova čekanja i dugog vremena čekanja.

Simulaciju prometa za 10 i 20 godina neće biti izrađena iz razloga što već sada raskrižje ne obavlja svoju funkciju.

Tablica 23. Rezultati simulacije postojećeg stanja – prognoza 5 godina

Tok	Qlen [m]	QLenMax [m]	Vehs [EJA]	LOS	VehDelay [s]
12	269,883	339,801	771	LOS F	127,758
14	269,883	339,801	181	LOS F	217,912
15	269,883	339,801	275	LOS F	219,222
21	96,7816	263,016	575	LOS E	74,1466
24	96,7816	263,016	228	LOS E	68,4223
25	96,7816	263,016	334	LOS E	81,9778
41	163,034	337,118	263	LOS F	195,983
42	163,034	337,118	314	LOS F	321,335
51	16,6045	92,6762	164	LOS E	57,4252
52	16,6045	92,6762	173	LOS F	135,984
R	136,576	375,803	3278	LOS F	140,976

5.2. Varijantno rješenje 1 – raskrižje s kružnim tokom prometa

Nakon izrade i analize simulacije postojećeg stanja potrebno je isto napraviti i za varijantna rješenja. Koraci kreiranja ovoga modela isti su kao i kod modela postojećeg stanja, osim što je kod kružnih raskrižja bitno definirati određene parametre unutar modela, a to su vremenske i prostorne praznine unutar kružnog kolnika. Također, kako bi model bio što realnija slika moguće je kreirati područja smanjene brzine, odnosno područja na kojima se vozila zbog prometno-tehničkih elemenata raskrižja ne mogu kretati određenom brzinom. Kao ulazni podaci koristiti će se podaci dobiveni brojanjem prometa, te podaci iz prometne prognoze za budućih 5, 10 i 20 godina. Model izrađen u programskom alatu PTV Vissim prikazan je na slici 44.



Slika 44. Varijantno rješenje 1 - kružni tok u programskom alatu PTV Vissim

Rezultati simulacije navedenog rješenja prikazani su unutar tablice 24. Simulacija je pokazala kako navedeno rješenje stvara određene probleme. U predloženom rješenju na privoza broj 2 stvaraju se ogromni repovi čekanja, a razina usluge je veoma loša. Uzrok navedenog problema leži u kanaliziranoj traci koja vodi desne skretače iz privoza 2. Ona je cijelom svojom putanjom odvojena do privoza broj 4, pa nju koriste samo vozila koja iz smjera privoza 2 nastavljaju u smjeru privoza 4. Navedeni prometni tok čini mali broj vozila, a vozila koja se kreću iz smjera privoza 2 u smjeru privoza 5 ne mogu je koristiti već moraju preko druge trake ući u prvi kružni tok i od tuda nastaviti svoj put prema susjednom kružnom toku. Osim privoza broja 2, privoz broj 4 također ima nisku razinu usluge. Pretpostavka je da je uzrok tome veliki broj lijevih skretača koji se kreću iz smjera privoza 1 i 2 u smjeru privoza 5.

Ukupna ocjena razina usluge raskrižja je E, i iz toga razloga neće biti provedena daljnja evaluacije raskrižja za buduća razdoblja od 5, 10 i 20 godina, već je potrebno razmatrati drugo rješenje koje će eliminirati uočene probleme.

Tablica 24. Rezultat simulacije predloženog rješenja – varijanta 1

Tok	Qlen [m]	QLenMax [m]	Vehs [EJA]	LOS	VehDelay [s]
12	5,3E-05	0,51962	659	LOS A	0,6546
14	25,9846	101,111	222	LOSA	7,22095
15	25,9846	101,111	213	LOS B	11,0666
21	220,658	293,444	454	LOS F	81,548
24	145,292	293,444	170	LOS F	51,6713
25	220,658	293,444	265	LOS F	92,1166
41	32,9657	116,15	163	LOS F	125,488
42	32,9657	116,15	164	LOS F	124,899
51	13,755	117,673	103	LOS B	13,0845
52	27,2533	117,673	53	LOS F	138,84
R	37,7536	303,085	2793	LOS E	48,2289

5.3. Varijantno rješenje 2 – kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika

Za drugo varijantno rješenje, kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika, također je izrađena simulacija odvijanja prometnih tokova. Koraci izgradnje modela su isti kao i kod izgradnje modela kružnog raskrižja. Navedeni model prikazan je na donjoj slici.



Slika 45. Varijantno rješenje 2 – kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog prometa

Rezultati simulacije varijantnog rješenja prikazani su u tablici 13. Iz tablice se vrlo lako da zaključiti kako predloženo rješenje zadovoljava potrebe sadašnjeg prometa. Razina usluge na svim privozima je maksimalna, dok su prosječni repovi čekanja vrlo mali. Najveći maksimalni rep čekanja zabilježen je na privozu broj 1, a to je privoz sa najvećim volumenom prometa. Prosječno vrijeme kašnjenja je vrlo malo iznosi otprilike 4 sekunde.

Tablica 25. Rezultati simulacije - varijantno rješenje 2

Tok	Qlen [m]	QLenMax [m]	Vehs [EJA]	LOS	VehDelay [s]
12	1,18262	74,1144	722	LOS A	1,00026
14	2,36524	74,1144	239	LOS A	6,15884
15	2,36524	74,1144	235	LOS A	6,66972
21	1,26263	61,6391	615	LOS A	4,28235
24	0,10182	39,9125	200	LOS A	5,17509
25	0,15201	39,9125	293	LOS A	6,44586
41	1,44491	50,7055	110	LOS A	4,75337
42	1,4394	50,7055	168	LOS A	6,71563
51	1,08966	50,7055	74	LOS A	3,37388
52	1,42787	50,7055	103	LOS A	6,23658
R	0,90761	77,6096	3165	LOS A	3,81624

U svrhu procjene da li će navedeno rješenje zadovoljavati potrebe budućeg prometa izrađena je i simulacija budućeg prometa za 5 godina. Rezultati simulacije prikazani su u tablici 26. Tablica prikazuje da predloženo rješenja i nakon 5 godina zadovoljava potrebe prometa. Na nekoliko privoza došlo je do pogoršanja razine usluge sa razine A na razinu B, no razina B je vrlo zadovoljavajuća.

Tablica 26. Rezultati simulacije - varijantno rješenje 2 nakon 5 godina

Tok	Qlen [m]	QLenMax [m]	Vehs [EJA]	LOS	VehDelay [s]
12	3,234149	97,68443	809	LOS A	1,850386
14	6,467932	97,68443	266	LOS B	10,64388
15	6,467932	97,68443	266	LOS B	11,59843
21	3,203276	81,37837	720	LOS B	10,75581
24	0,453771	78,9745	235	LOS B	11,36157
25	0,483997	59,48125	346	LOS B	13,32915
41	4,159613	64,98246	137	LOS A	7,223817

42	3,771942	64,98246	216	LOS B	11,94703
45	0,064342	23,62668	356	LOS A	1,106277
51	3,115426	64,49926	84	LOS A	4,91483
52	3,7076	64,49926	112	LOS B	11,29374
54	3,7076	64,49926	139	LOS A	0,225957
R	2,481931	107,1686	3686	LOS A	7,651579

Nadalje izrađena je simulacija sa prognozom prometa za 10 godina kako bi se vidjelo zadovoljava li raskrižje potrebe prometa i nakon 10 godina od rekonstrukcije. Rezultati simulacije prikazani su u tablici 27. Rezultati govore da i nakon 10 godina raskrižje još uvijek kvalitetno podnosi prometno opterećenje. Maksimalni repovi čekanja se povećavaju, no razina usluge još uvijek je zadovoljavajuća.

Tablica 27. Rezultati simulacije - varijantno rješenje 2 nakon 10 godina

Tok	Qlen [m]	QLenMax [m]	Vehs [EJA]	LOS	VehDelay [s]
12	4,945174	113,7273	836	LOS A	2,845095
14	9,881588	113,7273	274	LOS B	13,48471
15	9,881588	113,7273	277	LOS B	14,84441
21	5,435249	98,51147	745	LOS B	14,97523
24	0,639435	113,5035	243	LOS C	15,23048
25	0,671674	68,17966	357	LOS C	17,47939
41	7,965213	81,66488	161	LOS A	9,431109
42	6,815607	81,66488	246	LOS C	18,95984
45	0,120822	30,42683	408	LOS A	1,379609
51	5,941298	76,95056	90	LOS A	5,628138
52	6,695289	76,95056	118	LOS C	17,70057
54	6,695289	76,95056	148	LOS A	0,300416
R	4,324087	143,4002	3902	LOS B	10,45091

Posljednja analiza je analiza prometa nakon razdoblja od 20 godina. Nakon ovoga razdoblja dešava se očekivano dostizanje kapaciteta raskrižja pa tako razina usluga na prometnim tokovima 42 i 52 dostiže minimalnu razinu usluge, F. Maksimalni repovi čekanja

su poprilično veliki, a prosječno vrijeme kašnjenja iznosi 25 s. Ukupno opterećenje raskrižja iznosi 4389 voz/h.

Tablica 28. Rezultati simulacije - varijantno rješenje 2 nakon 20 godina

Tok	Qlen [m]	QLenMax [m]	Vehs [EJA]	LOS	VehDelay [s]
12	25,25884	187,4091	1010	LOS C	17,11872
14	50,03303	187,4091	336	LOS E	36,46244
15	50,03303	187,4091	340	LOS E	38,61577
21	22,68579	215,8868	768	LOS C	19,64817
24	3,628133	192,1993	250	LOS C	20,5666
25	5,028409	150,4674	368	LOS C	24,66707
41	36,11791	181,8057	181	LOS E	41,17581
42	29,77515	181,8057	272	LOS F	65,77032
45	2,926577	69,98507	459	LOS A	6,267758
51	25,6807	181,8057	104	LOS B	12,04688
52	26,87603	181,8057	136	LOS F	61,35266
54	26,87603	181,8057	167	LOS A	0,647225
R	19,28188	230,0886	4389	LOS D	25,01955

Uzimajući u obzir prethodno analizirane podatke jasno je kako predloženo rješenje kružnog raskrižja sa spiralnim tokom prometa zadovoljava trenutnu i buduću prometnu potražnju.

5.3. Komparacija predloženih rješenja i postojećeg stanja

U ovome odjeljku analizirati će se i usporediti predložena rješenja kako bi se donesao zaključak o optimalnom idejnom rješenju. Ova komparacija ima za cilj procijeniti prednosti, nedostatke i učinkovitost svakoga rješenja.

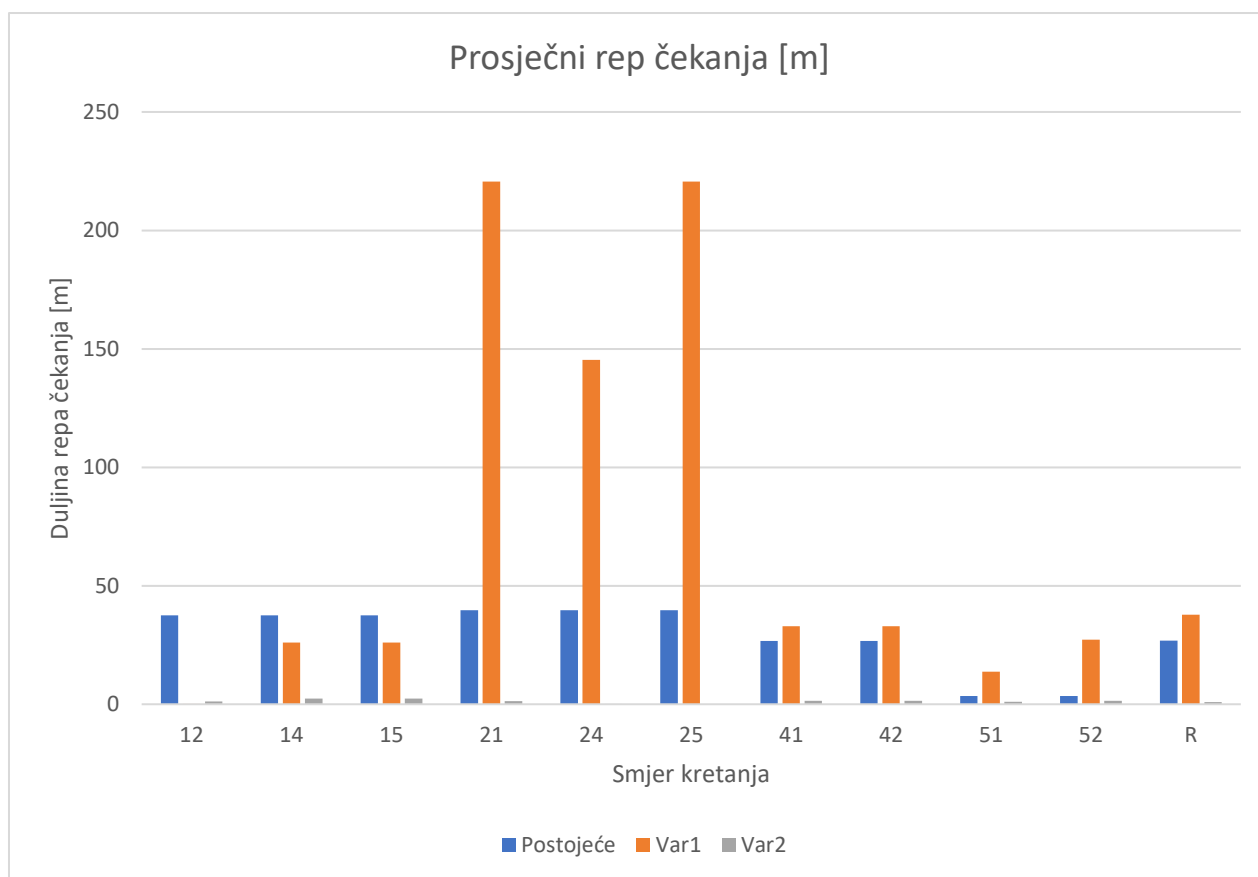
Prvi prometni parametar koji ćemo uspoređivati je prosječna duljina repa čekanja. Prosječne duljine čekanja prikazane su u tablici 29. Podaci iz tablice ukazuju na to da je varijantnim rješenjem 1, kružnim tokom, došlo do pogoršanja situacije na raskrižju. Duljine prosječnog repa čekanja su se znatno povećale, osim na smjeru kretanja 12 koji je kanaliziran pa na njemu zapravo ni nema repa čekanja. Iz tablice se također vide podaci o znatnom smanjenju prosječnih repova čekanja na varijantnom rješenju 2, odnosno kružni tok sa spiralnim tokom kružnog kolnika. Relativnom razlikom varijanata 1 i 2 je prikazano kako je došlo do

ukupnog smanjenja repova čekanja na raskrižju od 97,60% u korist kružnog raskrižja sa spiralnim tokom prometa, odnosno turbo kružnog raskrižja.

Tablica 29. Komparacija prosječnog repa čekanja

Tok	Postojeće [m]	Var1 [m]	Var2 [m]	Apsolutna razlika [m]	Relativna razlika [m]
12	37,51	0	1,18	1,18	2231258,49%
14	37,51	25,98	2,37	23,62	-90,90%
15	37,51	25,98	2,37	23,62	-90,90%
21	39,71	220,66	1,26	219,4	-99,43%
24	39,71	145,29	0,1	145,19	-99,93%
25	39,71	220,66	0,15	220,51	-99,93%
41	26,78	32,97	1,44	31,52	-95,62%
42	26,78	32,97	1,44	31,53	-95,63%
51	3,46	13,76	1,09	12,67	-92,08%
52	3,46	27,25	1,43	25,83	-94,76%
R	26,87	37,75	0,91	36,85	-97,60%

Podaci iz gornje tablice vizualno su prikazani na grafikonu 14.



Grafikon 14. Komparacija rezultata - prosječni rep čekanja

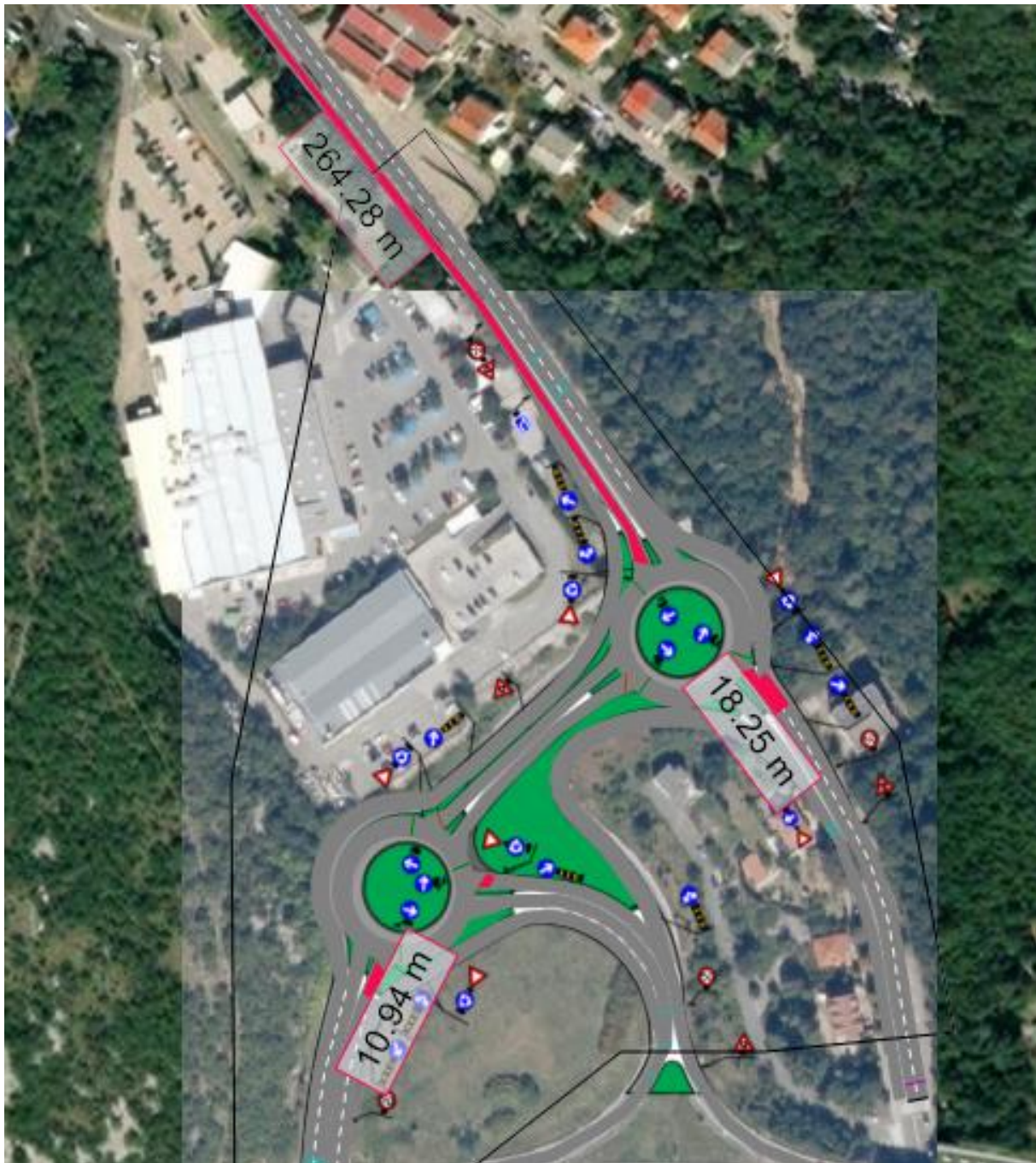
Na sljedećim slikama prikazana je vizualizacija prosječnih repova čekanja u programskom alatu PTV Vissim. Iz slika se može lako uočiti problem na privozu broj 2 varijantnog rješenja 1. Također, iz slika se jasno vidi kako su prosječni repovi čekanja u varijantnom rješenju 2 minimalni.



Slika 46. Prosječni rep čekanja - postojeće stanje

Iz sljedeće slike je vidljiva nepravilnost prilikom projektiranja varijantnog rješenja 1, što uzrokuje velike repove čekanja na privozu 2. Navedeno rješenje kanalizira relativno slab prometni tok iz smjera privoza 2 u privoz 4. Kako je kanalizirana traka odvojena cijelom svojom dužinom prometnim otokom, ne postoji mogućnost da istu koriste vozila koja se kreću

iz smjera privoza 2 u smjeru privoza 5, kao što to čine u postojećem stanju. Slijedom toga, vozila koja se kreću u smjeru privoza 5 primorana su koristiti istu traku kao i vozila koja namjeravaju nastaviti kretanje u smjeru privoza 1, čime dolazi do zagušenja prometne trake.



Slika 47. Prosječni rep čekanja - Varijanta 1

Varijantnim rješenjem 2 spomenuti problem je otklonjen kanaliziranjem prometnog toka 24 i 25 preko trake za desne skretače te puštanjem prostora za manevar preplitanja vozila u dužini od 80 metara između dva turbo kružna raskrižja, odnosno na području privoza broj 3

u postojećem stanju. Na sljedećoj slici vidljivo je poboljšanje situacije u odnosu na varijantno rješenje 1.



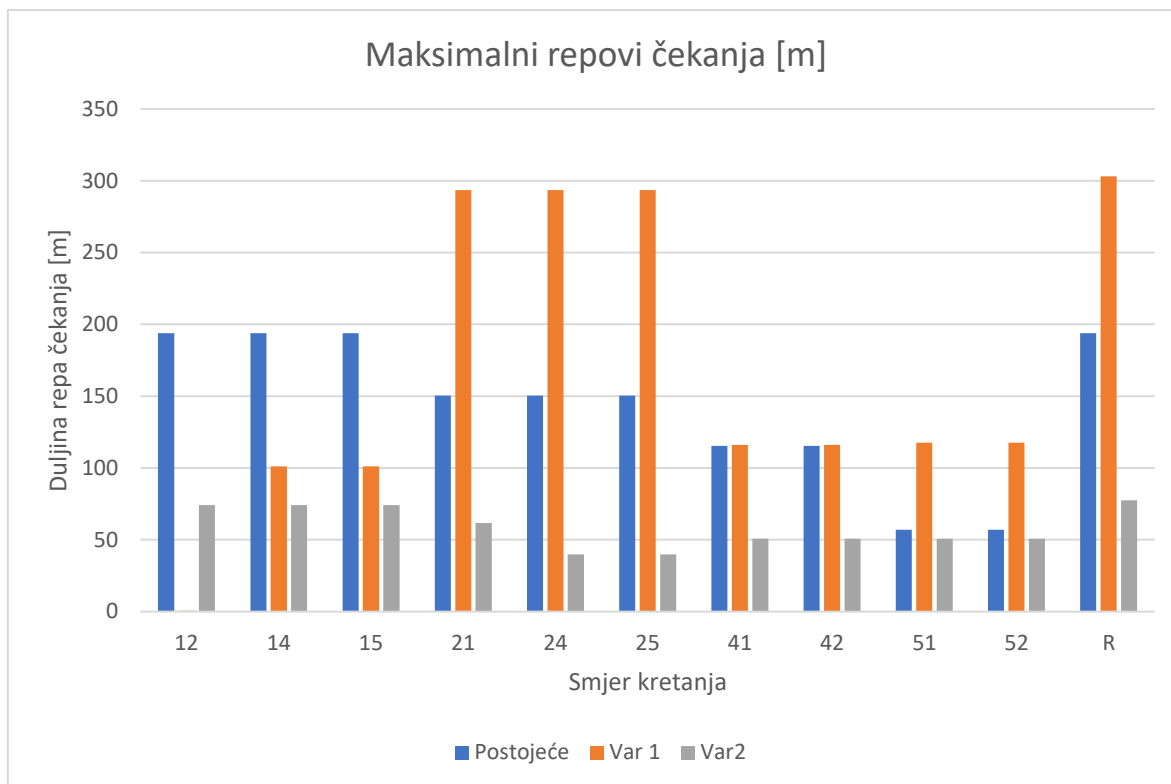
Slika 48. Prosječni rep čekanja - Varijanta 2

Sljedeći prometni parametar koji analiziramo u svrhu donošenja zaključka o najboljem rješenju je maksimalni rep čekanja na privozima. U sljedećoj tablici prikazani su podaci o maksimalnom repu čekanja na privozima kod svakog od rješenja.

Tablica 30. Komparacija rezultata - maksimalni rep čekanja

Tok	Postojeće [m]	Var 1 [m]	Var2 [m]
12	193,813	0,51962	74,1144
14	193,813	101,111	74,1144
15	193,813	101,111	74,1144
21	150,5	293,444	61,6391
24	150,5	293,444	39,9125
25	150,5	293,444	39,9125
41	115,481	116,15	50,7055
42	115,481	116,15	50,7055
51	56,9526	117,673	50,7055
52	56,9526	117,673	50,7055
R	193,813	303,085	77,6096

Podaci iz tablice prikazani su u sljedećem grafikonu. Iz grafikona je vidljivo kako su najmanji maksimalni repovi čekanja kod varijantnog rješenja 2, odnosno kružnog toka sa spiralnim tokom kružnog kolnika. Iz grafikona se lako da vidjeti veliki problem na privozu 2, prvog varijantnog rješenja.



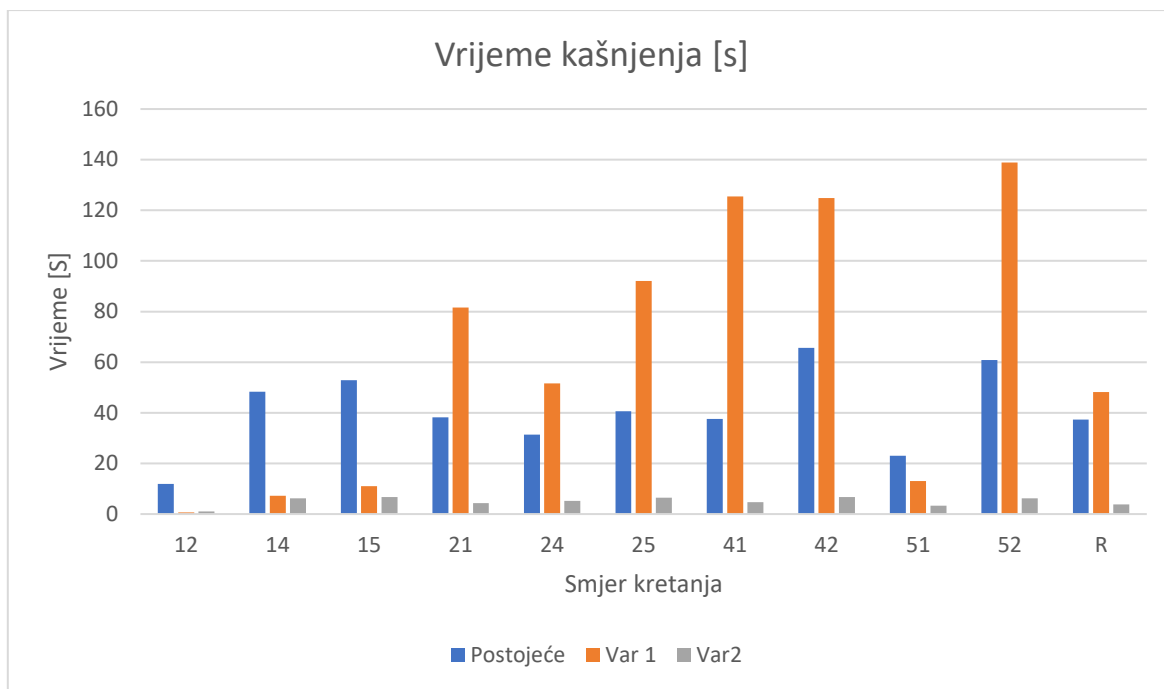
Grafikon 15. Komparacija rezultata - maksimalni repovi čekanja

Sljedeći prometni parametar koji se promatra je vrijeme kašnjenja. Vrijeme kašnjenja igra bitnu ulogu jer se na temelju njega donosi ocjena razine usluge raskrižja. Idejnim rješenjima bitno je minimizirati vrijeme kašnjenja kako bi se poboljšala protočnost i učinkovitost prometa. U tablici 31 prikazani su podaci o vremenima kašnjenja pojedinih prometnih tokova.

Tablica 31. Komparacija rezultata - vrijeme kašnjenja

Tok	Postojeće [m]	Var 1 [m]	Var2 [m]
12	11,8917	0,6546	1,00026
14	48,29	7,22095	6,15884
15	52,8455	11,0666	6,66972
21	38,2684	81,548	4,28235
24	31,4366	51,6713	5,17509
25	40,5727	92,1166	6,44586
41	37,5856	125,488	4,75337
42	65,6167	124,899	6,71563
51	23,093	13,0845	3,37388
52	60,8546	138,84	6,23658
R	37,3277	48,2289	3,81624

Grafikon 16. prikazuje podatke o vremenu kašnjenja postojećeg stanja i predloženih rješenja. Iz njega je vidljivo kako se najveća vremena kašnjenja ostvaruju na varijantnom rješenju 1, dok su najmanja vremena kašnjenja kod varijantnog rješenja 2, odnosno kružni tok sa spiralnim tokom prometa.



Grafikon 16. Komparacija rezultata - vrijeme kašnjenja

Na temelju vremena kašnjenja dobiva se razina usluge raskrižja. Razina usluge nam govori o procjeni učinkovitosti i sposobnosti raskrižja da zadovolji prometne zahtjeve i osigura siguran i učinkovit protok vozila. U sljedećoj tablici prikazane su razine usluge za svaki pojedini privoz pri postojećem volumenu prometa. Unutar tablice zelenom bojom su označena polja koja predstavljaju poboljšanje u odnosu na postojeće stanje postignuto varijantnim rješenjima, dok crvena boja predstavlja pogoršanje u odnosu na postojeće stanje. Vidljivo je da varijantno rješenje 2 donosi poboljšanja na svim privozima i pruža najveću razinu usluge. Također iz tablice je vidljivo pogoršanje situacije varijantnim rješenjem 1 na privozu broj 2. Vidljivo je kako razina usluge prometnog toka 21, 24 i 25 pada na razinu usluge F. U spomenutom varijantnom rješenju dolazi i do pogoršanja na privozima 4 i 5, odnosno prometnom toku 41, 42 i 52.

Tablica 32. Komparacija rezultata - razina usluge

Tok	Postojeće	Var 1	Var2
12	LOS B	LOS A	LOS A
14	LOS D	LOSA	LOS A
15	LOS D	LOS B	LOS A
21	LOS D	LOS F	LOS A
24	LOS C	LOS F	LOS A
25	LOS D	LOS F	LOS A
41	LOS D	LOS F	LOS A
42	LOS E	LOS F	LOS A
51	LOS C	LOS B	LOS A
52	LOS E	LOS F	LOS A
R	LOS D	LOS E	LOS A

Uzimajući u obzir da postojeće rješenje i varijantno rješenje 1 ne zadovoljavaju potrebe postojećeg prometa analiza razine usluge u budućnosti biti će izrađena samo za varijantno rješenje 2. Tablica 33. prikazuje podatke o razini usluge varijantnog rješenja 2 za period od 5, 10 i 20 godina. Za očekivati je da će sa konstantnim porastom prometa razina usluge lagano opadati, a navedeno rješenje i u 20 godini zadovoljava potrebe prometa s razinom usluge D. Nakon 20 godina samo na privozu 4 dolazi do razine usluge F i na privozu 5 odnosno prometno toku 51.

Tablica 33. Razina usluge - prometna prognoza za varijantno rješenje 2

Tok	5 godina	10 godina	20 godina
12	LOS A	LOS A	LOS C
14	LOS B	LOS B	LOS E
15	LOS B	LOS B	LOS E
21	LOS B	LOS B	LOS C
24	LOS B	LOS C	LOS C
25	LOS B	LOS C	LOS C
41	LOS A	LOS A	LOS E
42	LOS B	LOS C	LOS F
45	LOS A	LOS A	LOS A
51	LOS A	LOS A	LOS B
52	LOS B	LOS C	LOS F
54	LOS A	LOS A	LOS A
R	LOS A	LOS B	LOS D

6. ZAKLJUČAK

Grad Rijeka kao jedno od najvažnijih prometnih čvorišta u Hrvatskoj svakodnevno se suočava s raznim prometnim izazovima. Najveća luka u državi i treći najveći grad neprestano generiraju određenu količinu prometa koja sa sobom donosi određene probleme.

U ovome diplomskom radu provedeno je sveobuhvatno istraživanje raskrižja Osječke ulice i čvora Škurinje u gradu Rijeci s ciljem poboljšanja protočnosti prometa i povećanja sigurnosti sudionika u prometu. Analizom postojećeg stanja koja je obuhvaćala analizu prometnih tokova, prometne infrastrukture i prometnih nesreća identificirani su određeni problemi s kojima se suočava navedeno raskrižje.

Nakon obavljene analize postojećeg stanja pristupilo se projektiranju varijantnih idejnih prometnih rješenja. Izrađena su dva prijedloga varijantnih rješenja. Prvo varijantno rješenje predstavlja dva srednje velika kružna raskrižja s kanaliziranim desnim skretanjima. Drugo varijantno rješenje je izrađeno kao dva kružna raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika (turbo kružna raskrižja).

Nadalje, uz primjenu metoda prometnih simulacija napravljene su evaluacije i komparacije postojećeg stanja i navedenih idejnih rješenja u programskom alatu PTV Vissim. Rezultati simulacija varijantnih rješenja su pokazali kako je sa stajališta propusne moći optimalno rješenje izgradnja dva kružna toka sa spiralnim tokom prometa, odnosno turbo raskrižja. Turbo raskrižja odlikuje veći kapacitet od klasičnih kružnih raskrižja i smanjenje konfliktnih točaka što uzrokuje povećanje sigurnosti. Simulacija je pokazala kako navedeno rješenje smanjuje vrijeme kašnjenja, prosječan i maksimalan rep čekanja, a samim time i podiže razinu usluge raskrižja. Simulacija je također pokazala važnost svoje primjene u prometnom inženjerstvu prikazavši nam određene probleme kod varijantnog rješenja 1, kružnog toka. Naizgled građevinski prihvatljivo rješenje, nakon simulacije je bilo odbačeno iz razloga što je uočena pogreška pri projektiranju, odnosno uočen je krivo kanaliziran prometni tok iz smjera privoza 2 u privoz 4. Navedenim prometnim tokom služi se manja količina vozila, te je nepotrebno kanaliziran cijelom svojom putanjom. Spomenutom kanaliziranom trakom se spriječili njezino korištenje za prometni tok iz smjera privoza 2 u privoz 5, koja zatim moraju koristiti istu traku kao i vozila koja iz smjera 2 nastavljaju u smjeru privoza 1, a učinak navedenoga je da se stvaraju veliki repovi čekanja na privozu 2.

U konačnici treba naglasiti potrebu za kontinuiranim ulaganjem u prometnu infrastrukturu i implementaciju inovativnih prometnih rješenja kako bi se osigurala sigurnost, učinkovitost i održivost prometa na raskrižjima.

POPIS LITERATURE

- [1] Državni zavod za statistiku, Popis stanovništva 2021. Preuzeto s: <https://podaci.dzs.hr/hr/podaci/stanovnistvo/popis-stanovnistva/> [Pristupljeno: 23.5.2023.]
- [2] OpenStreetMap, Preuzeto s: <https://www.openstreetmap.org/#map=13/45.3510/14.4439> [Pristupljeno: 17.5.2023.]
- [3] Google Maps, Preuzeto s: <https://www.google.com/maps/@45.3466279,14.4231511,465m/data=!3m1!1e3?entry=ttu> [Pristupljeno: 17.5.2023.]
- [4] Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije. Preuzeto s: https://zavod.pgz.hr/planovi_i_izvjesca/prostorni_plan_pgz [Pristupljeno: 23.5.2023.]
- [5] Grad Rijeka, Prostorni planovi. Preuzeto s: <https://www.rijeka.hr/teme-za-gradane/stanovanje-i-gradnja/urbanisticko-planiranje/prostorni-planovi/> [Pristupljeno: 23.5.2023.]
- [6] Studija opravdanosti državne ceste D403. Preuzeto s: <https://hrvatske-ceste.hr/hr/eu-projekti/faze-projekta/11-studija-opravidnosti-drzavne-cestes-d403-od-cvora-skurinja-do-luke-rijeka> [Pristupljeno: 24.5.2023.]
- [7] Studija o utjecaju na okoliš – državna cesta D403 od čvora Škurinje do luke Rijeka. Preuzeto s: https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20PUO/2017/studija_o_utjecaju_na_okolis_39.pdf [Pristupljeno: 24.5.2023.]
- [8] Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017.-2023.). Preuzeto s: <https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/MMPI%20Strategija%20prometnog%20razvoja%20RH%202017.-2030.-final.pdf> [Pristupljeno: 24.5.2023.]
- [9] Zakon o cestama (NN 04/23)
- [10] Remote Monitoring System, Peek Traffic.
- [11] Dokumentacija izvedenog stanja raskrižja R61 Čvor Škurinje, Rijeka Plus.
- [12] DJI Specifikacija. Preuzeto s: <https://www.dji.com/hr/mini-2/specs> [Pristupljeno: 30.5.2023.]
- [13] DataFromSky. Preuzeto s: <https://datafromsky.com/> [Pristupljeno: 30.5.2023.]
- [14] Ministarstvo unutarnjih poslova, Postaja prometne policije Rijeka.
- [15] Autotrolej k.d., Preuzeto s: <https://www.autotrolej.hr/> [Pristupljeno: 5.6.2023.]
- [16] Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

[17] Dadić, I., i suradnici,: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.

[18] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, srpanj 2014.

[19] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, rujan 2014.

POPIS KRATICA

EJA – Ekvivalent jedinica automobila

PGDP – Prosječni godišnji dnevni promet

HCM – Highway Capacity Manual

LOS – Level of Service

POPIS SLIKA

Slika 1. Makrolokacija čvora Škurinje,	4
Slika 2. Mikrolokacija čvora Škurinje,	5
Slika 3. Prostorni plan PGŽ na području grada Rijeke	7
Slika 4. Ortofoto snimak predmetnog raskrižja	12
Slika 5. Pogled s privoza 1	13
Slika 6. Polje za usmjeravanje prometa	13
Slika 7. Pješački prijelaz na privozu 1	14
Slika 8. Pogled s privoza 2	15
Slika 9. Odvajanje trake za desno skretanje - privoz 2	15
Slika 10. Rep čekanja na privozu 2	16
Slika 11. Pješački prijelaz udaljen od raskrižja	17
Slika 12. Pogled na privoz 2 i pješački prijelaz	18
Slika 13. Pogled s privoza 3	19
Slika 14. Rep čekanja na privozu 3	20
Slika 15. Rep čekanja na privozu 3	20
Slika 16. Pogled s privoza 4	21
Slika 17. Pogled s privoza 5	22
Slika 18. Postojeće stanje raskrižja	23
Slika 19. Lokacija raskrižja unutar šire zone obuhvata	25
Slika 20. Regulacija i organizacija prometnih tokova postojećeg stanja	26
Slika 21. 1. Faza	27
Slika 22. 2. Faza	28
Slika 23. 3. faza	29
Slika 24. Položaj detektorskih uređaja	30
Slika 25. Signalni plan - ciklus 90 s	31
Slika 26. Signalni plan - ciklus 105 s	32
Slika 27. Signalni plan -ciklus 120 s	33
Slika 28. Grafički prikaz volumena prometa	38
Slika 29. Izrezak iz snimke bespilotne letjelice	42
Slika 30. Sučelje aplikacije DataFromSky	43
Slika 31. Prikaz virtualnih brojača prometa	43
Slika 32. Prikaz klasifikacija vozila	45
Slika 33. Prikaz brzina vozila	46
Slika 34. Konfliktne točke na raskrižju	49
Slika 35. Mreža gradskih autobusnih linija	55
Slika 36. Varijantno rješenje 1 - Kružna raskrižja	65
Slika 37. Proširenje između privoza 5 i 3	66
Slika 38. Primjer četverokrakog turbo kružnog raskrižja	67
Slika 39. Elementi turbo kružnog raskrižja	68
Slika 40. Prijedlog rekonstrukcije	70
Slika 41. Prvo turbo kružno raskrižje	71
Slika 42. Drugo turbo kružno raskrižje	71
Slika 43. Simulacija postojećeg stanja	73
Slika 44. Varijantno rješenje 1 - kružni tok u programskom alatu PTV Vissim	77
Slika 45. Varijantno rješenje 2 – kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog prometa	78
Slika 46. Prosječni rep čekanja - postojeće stanje	84
Slika 47. Prosječni rep čekanja - Varijanta 1	85
Slika 48. Prosječni rep čekanja - Varijanta 2	86

POPIS TABLICA

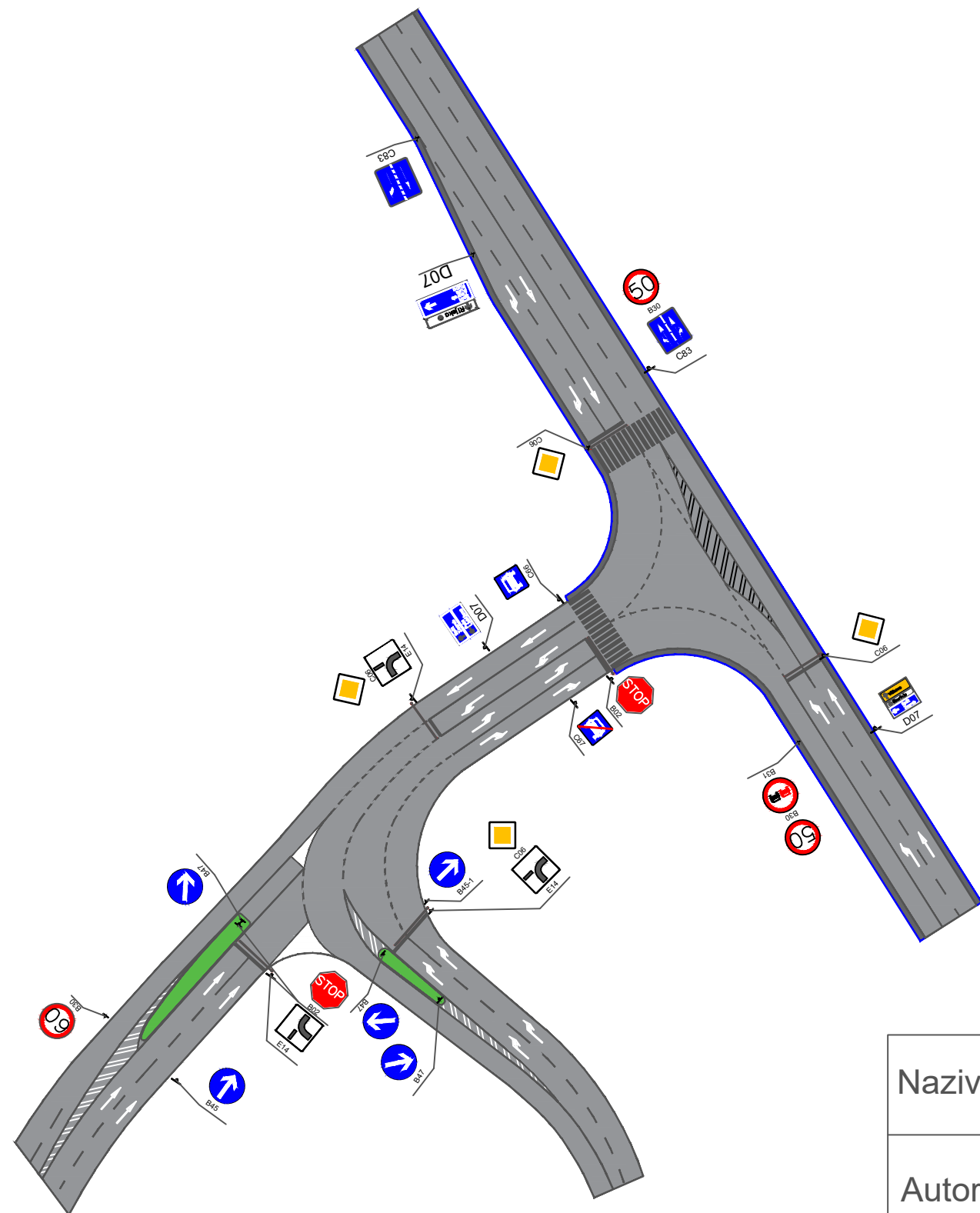
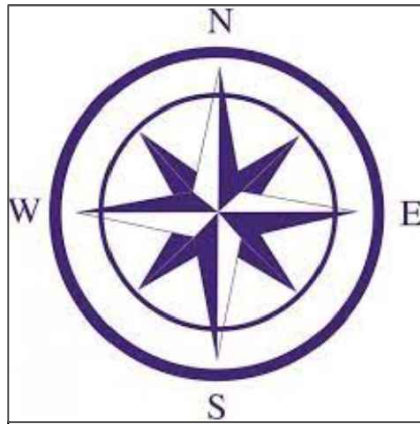
Tablica 1. Opis raskrižja unutar šire zone obuhvata.....	25
Tablica 2. Ekvivalent jedinice automobila	35
Tablica 3. Brojanje prometa - smjer 12	35
Tablica 4. Brojanje prometa - smjer 13	35
Tablica 5. Brojanje prometa - smjer 21	36
Tablica 6. Brojanje prometa - smjer 23	36
Tablica 7. Brojanje prometa - smjer 31	36
Tablica 8. Brojanje prometa - smjer 32	37
Tablica 9. Brojanje prometa - smjer 34	37
Tablica 10. Brojanje prometa - smjer 35	37
Tablica 11. Broj pješaka i biciklista na privozu broj 2.....	40
Tablica 12. Broj pješaka i biciklista na privozu broj 3.....	40
Tablica 13. Podaci dobiveni brojanjem prometa bespilotnom letjelicom	44
Tablica 14. Podatci o brzinama u raskrižju	47
Tablica 15. Klasifikacija ozljeda zadobivenih u prometnim nesrećama	51
Tablica 16. Prognoza prometa na temelju PGDP-a.....	57
Tablica 17. Prognoza prometa po privozima.....	58
Tablica 18. Odnos vanjskog polumjera i kapaciteta kružnih raskrižja.....	63
Tablica 19. GEH statistika.....	74
Tablica 20. GEH statistika modela postojećeg stanja	74
Tablica 21. Kriteriji za utvrđivanje razine usluge	75
Tablica 22. Rezultati simulacije postojećeg stanja.....	75
Tablica 23. Rezultati simulacije postojećeg stanja – prognoza 5 godina	76
Tablica 24. Rezultat simulacije predloženog rješenja – varijanta 1	78
Tablica 25. Rezultati simulacije - varijantno rješenje 2	79
Tablica 26. Rezultati simulacije - varijantno rješenje 2 nakon 5 godina.....	79
Tablica 27. Rezultati simulacije - varijantno rješenje 2 nakon 10 godina.....	80
Tablica 28. Rezultati simulacije - varijantno rješenje 2 nakon 20 godina.....	81
Tablica 29. Komparacija prosječnog repa čekanja.....	82
Tablica 30. Komparacija rezultata - maksimalni rep čekanja	87
Tablica 31. Komparacija rezultata - vrijeme kašnjenja	88
Tablica 32. Komparacija rezultata - razina usluge	90
Tablica 33. Razina usluge - prometna prognoza za varijantno rješenje 2	90


POPIS GRAFIKONA

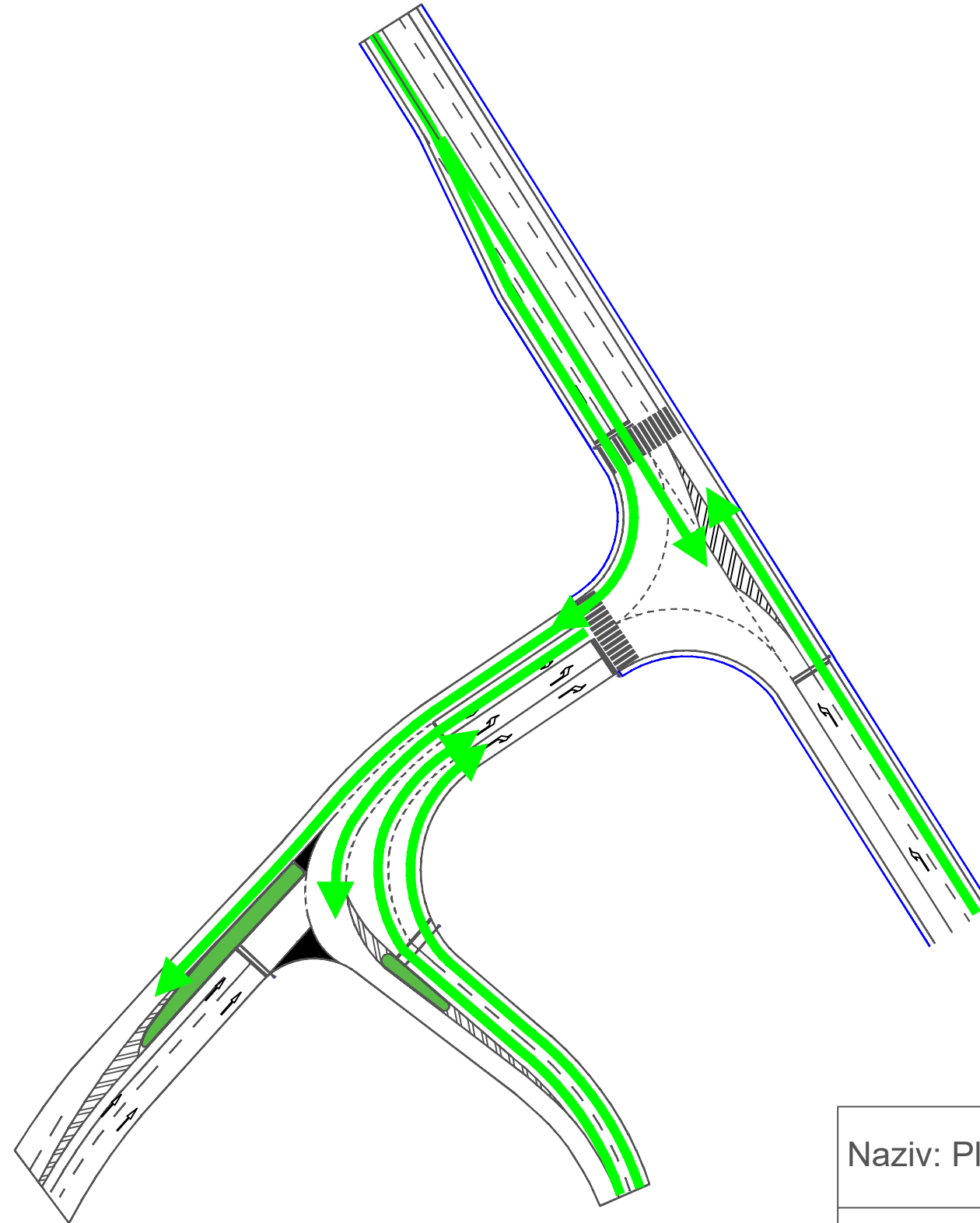
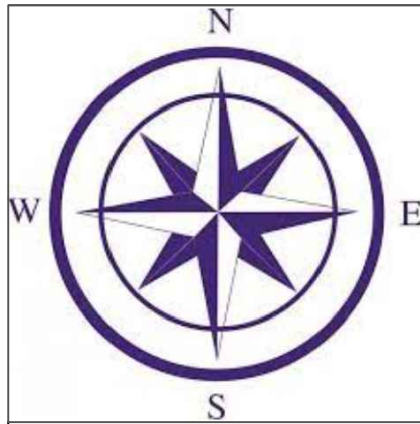
Grafikon 1. Količina EJA po privozima	39
Grafikon 2. Struktura prometnog toka	40
Grafikon 3. Količina EJA po pravcima kretanja	44
Grafikon 4. Struktura prometnog toka po pravcima kretanja	46
Grafikon 5. Brzine u raskrižju	47
Grafikon 6. Broj prometnih nesreća u razdoblju od 2017. do 2020.	50
Grafikon 7. Posljedice prometnih nesreća unutar analiziranog perioda	51
Grafikon 8. Razdioba prometnih nesreća prema danu u tjednu	52
Grafikon 9. Razdioba prometnih nesreća prema satu u danu	52
Grafikon 10. Vrste prometnih nesreća	53
Grafikon 11. Okolnosti nastanka prometne nesreće	54
Grafikon 12. Prognoza PGDP-a.....	58
Grafikon 13. Prognoza prometa po privozima.....	59
Grafikon 14. Komparacija rezultata - prosječni rep čekanja	83
Grafikon 15. Komparacija rezultata - maksimalni repovi čekanja	88
Grafikon 16. Komparacija rezultata - vrijeme kašnjenja	89

POPIS PRILOGA

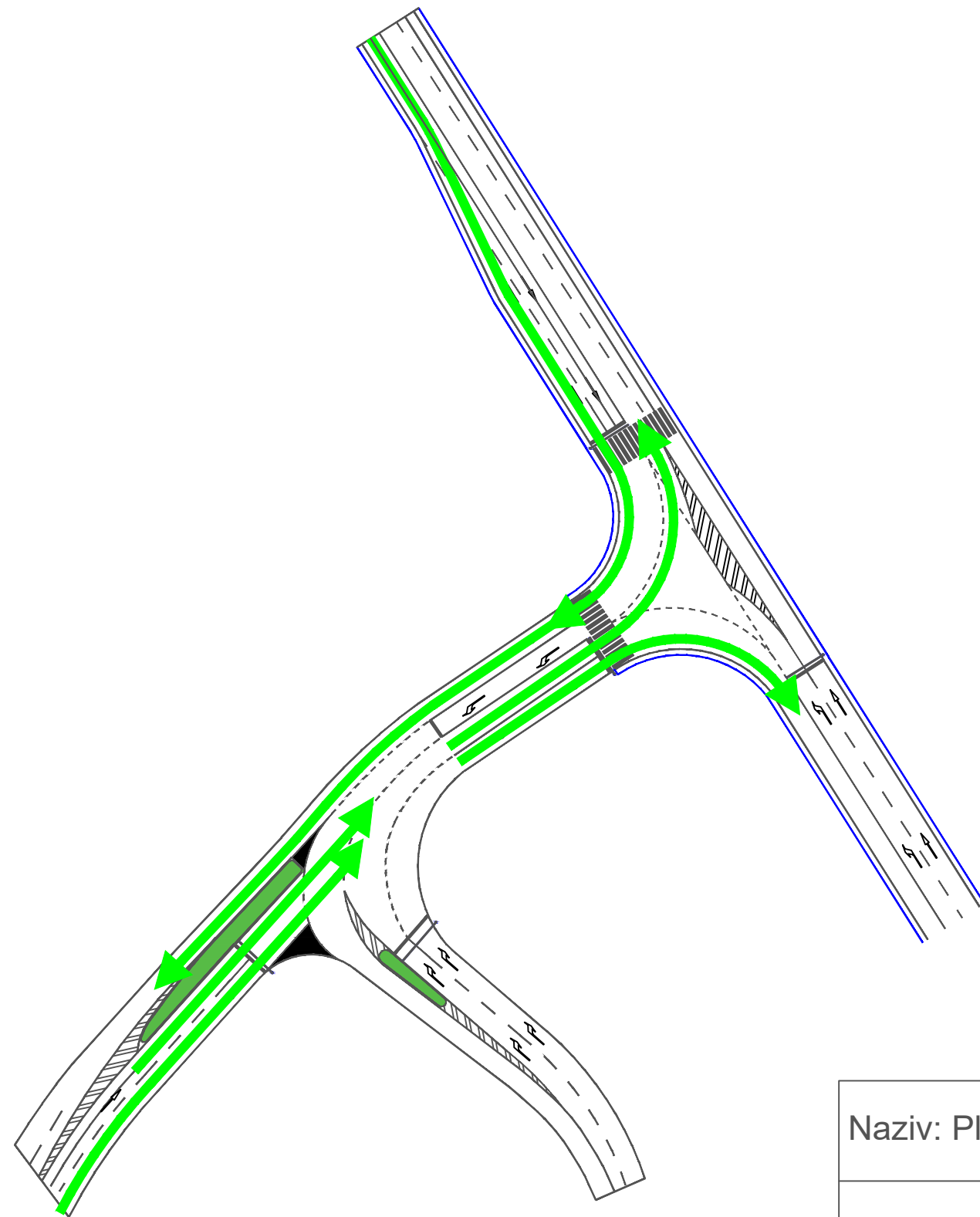
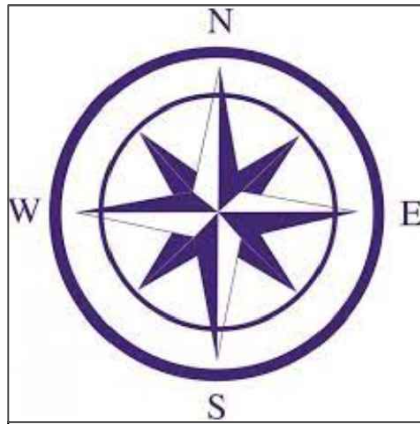
Prilog 1. Postojeće stanje raskrižja.....	99
Prilog 2. Plan faza – 1. faza.....	100
Prilog 3. Plan faza – 2. faza.....	101
Prilog 4. Plan faza – 3. faza.....	102
Prilog 5. Položaj detektora.....	103
Prilog 6. Grafički prikaz volumena prometa.....	104
Prilog 7. Konfliktne točke.....	105
Prilog 8. Kružno raskrižje.....	106
Prilog 9. Kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika.....	107



Naziv: Postojeće stanje raskrižja			
Autor: Matija Ezgeta, 0135253528			
	Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti Diplomski rad		Akadska godina: 2022./2023.
	Broj priloga: 1	Mjerilo M 1:1000	Datum: lipanj, 2023.




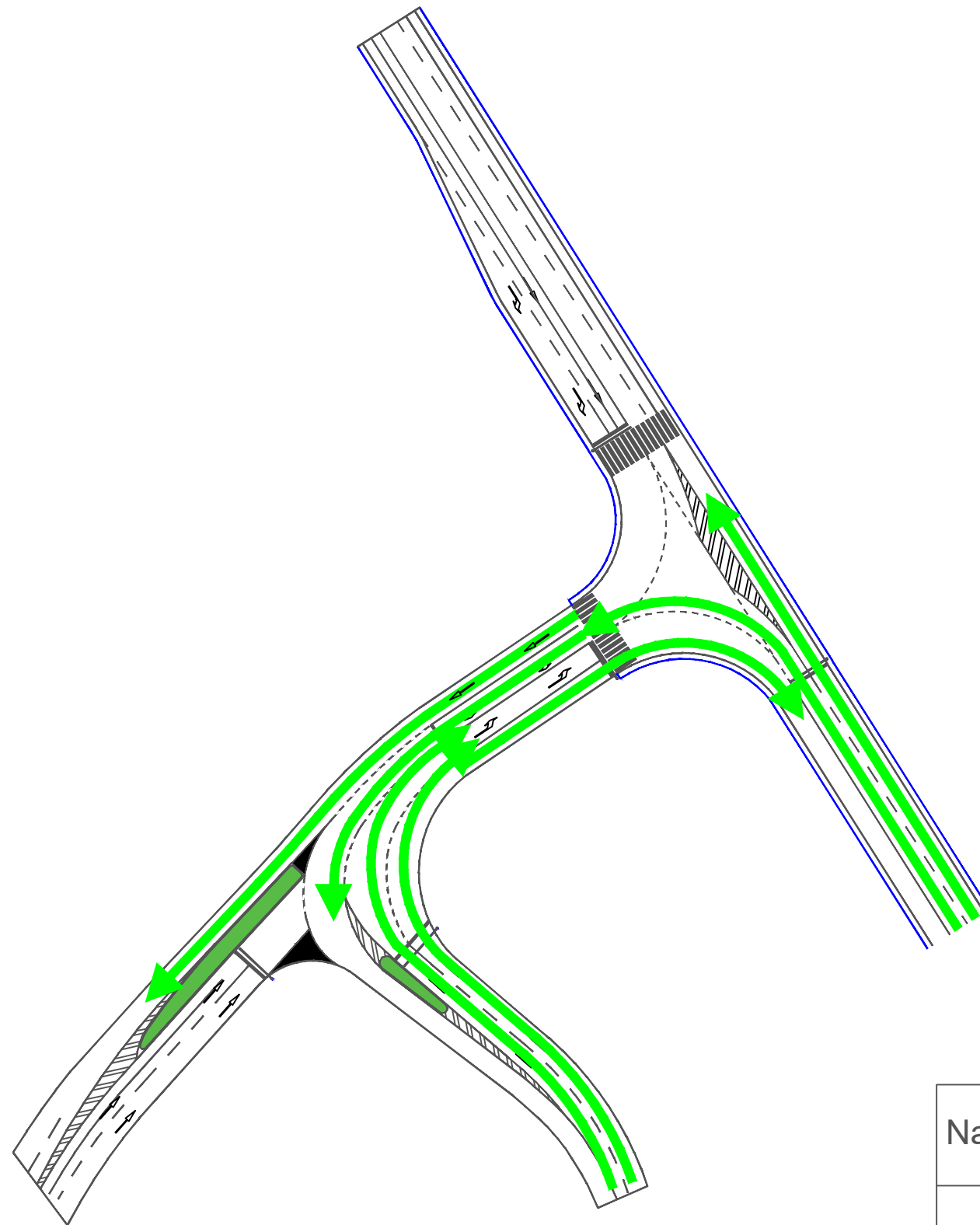
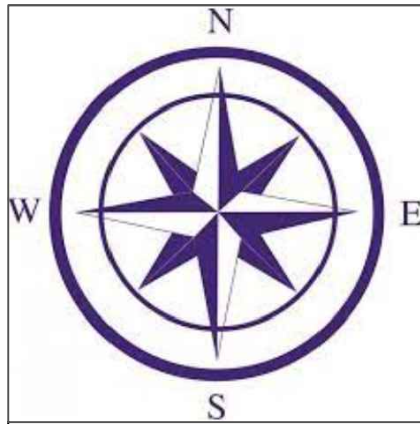
Naziv: Plan faza - 1. faza		
Autor: Matija Ezgeta, 0135253528		
	Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti Diplomski rad	Akadska godina: 2022./2023.
	Broj priloga: 2	Mjerilo M 1:1000




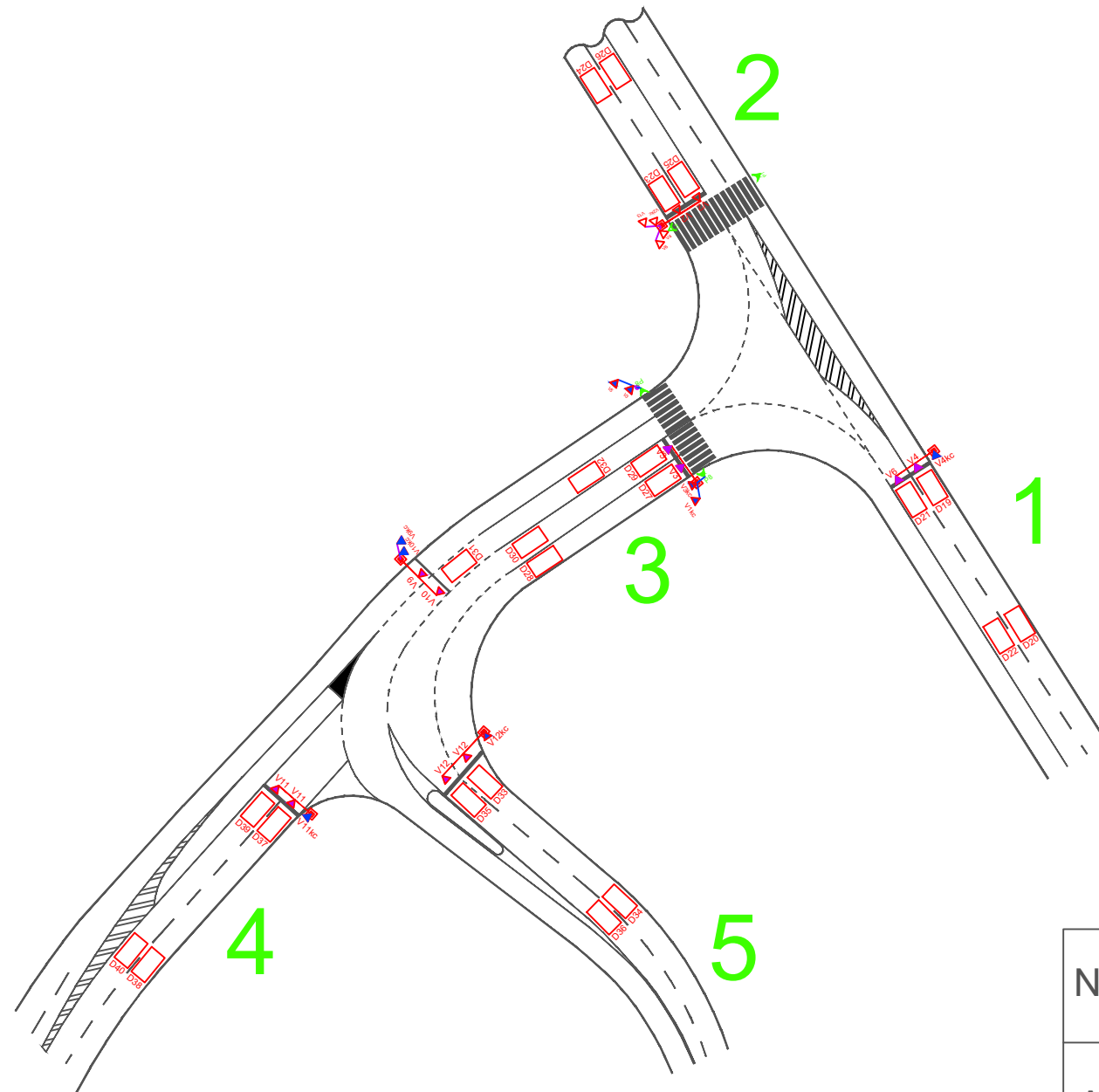
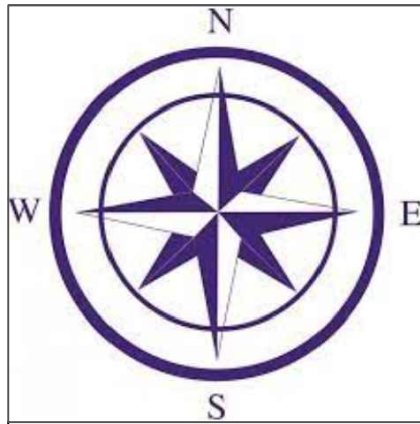
Naziv: Plan faza - 2. faza

Autor: Matija Ezgeta, 0135253528

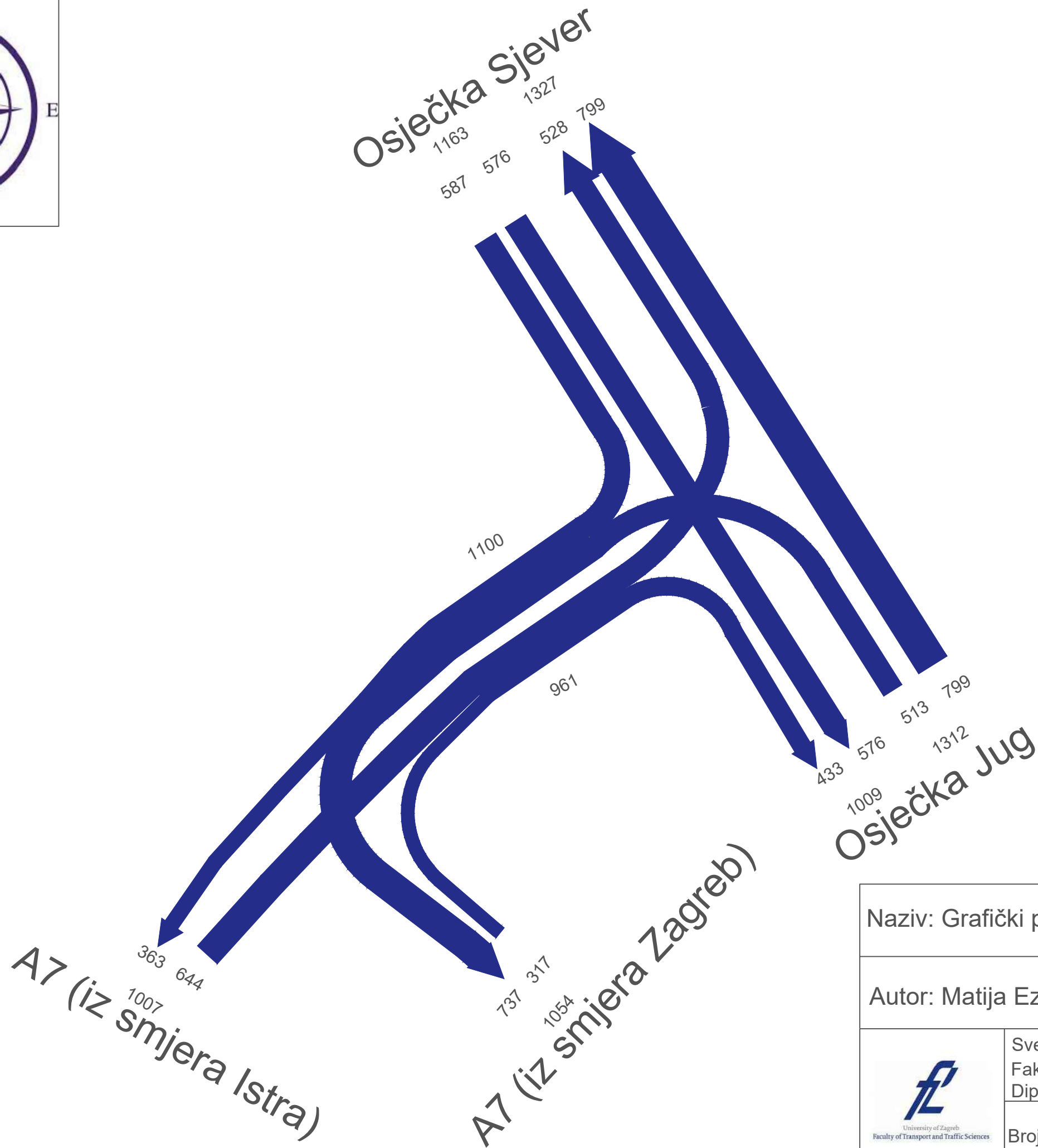
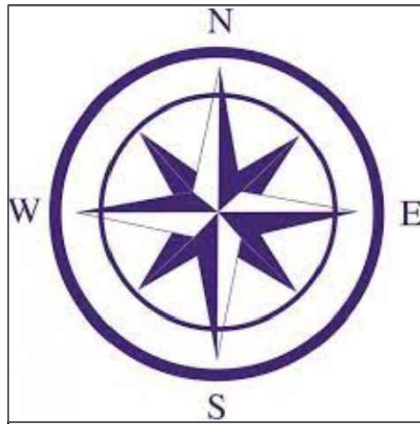
	Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti Diplomski rad		Akademsko godina: 2022./2023.
	Broj priloga: 3	Mjerilo M 1:1000	Datum: lipanj, 2023.




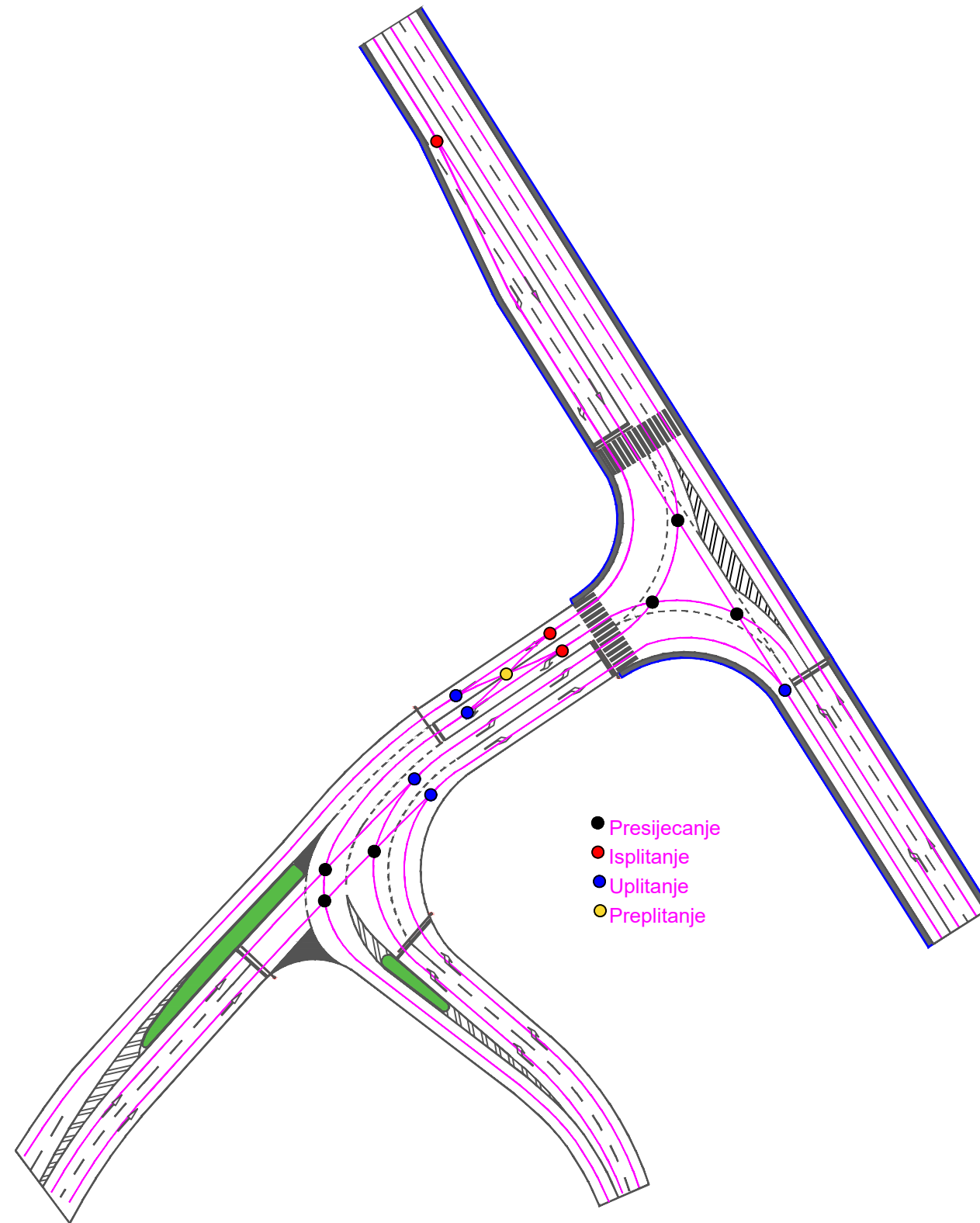
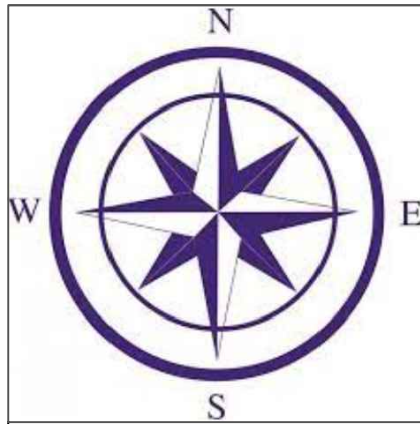
Naziv: Plan faza - 3. faza		
Autor: Matija Ezgeta, 0135253528		
	Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti Diplomski rad	Akadska godina: 2022./2023.
	Broj priloga: 4	Mjerilo M 1:1000



Naziv: Položaj detektora		
Autor: Matija Ezgeta, 0135253528		
	Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti Diplomski rad	Akadska godina: 2022./2023.
	Broj priloga: 5	Mjerilo M 1:1000



Naziv: Grafički prikaz volumena prometa		
Autor: Matija Ezgeta, 0135253528		
	Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti Diplomski rad	Akademski godina: 2022./2023.
	Broj priloga: 6	Mjerilo M 1mm = 100 EJA



Naziv: Konfliktne točke

Autor: Matija Ezgeta, 0135253528



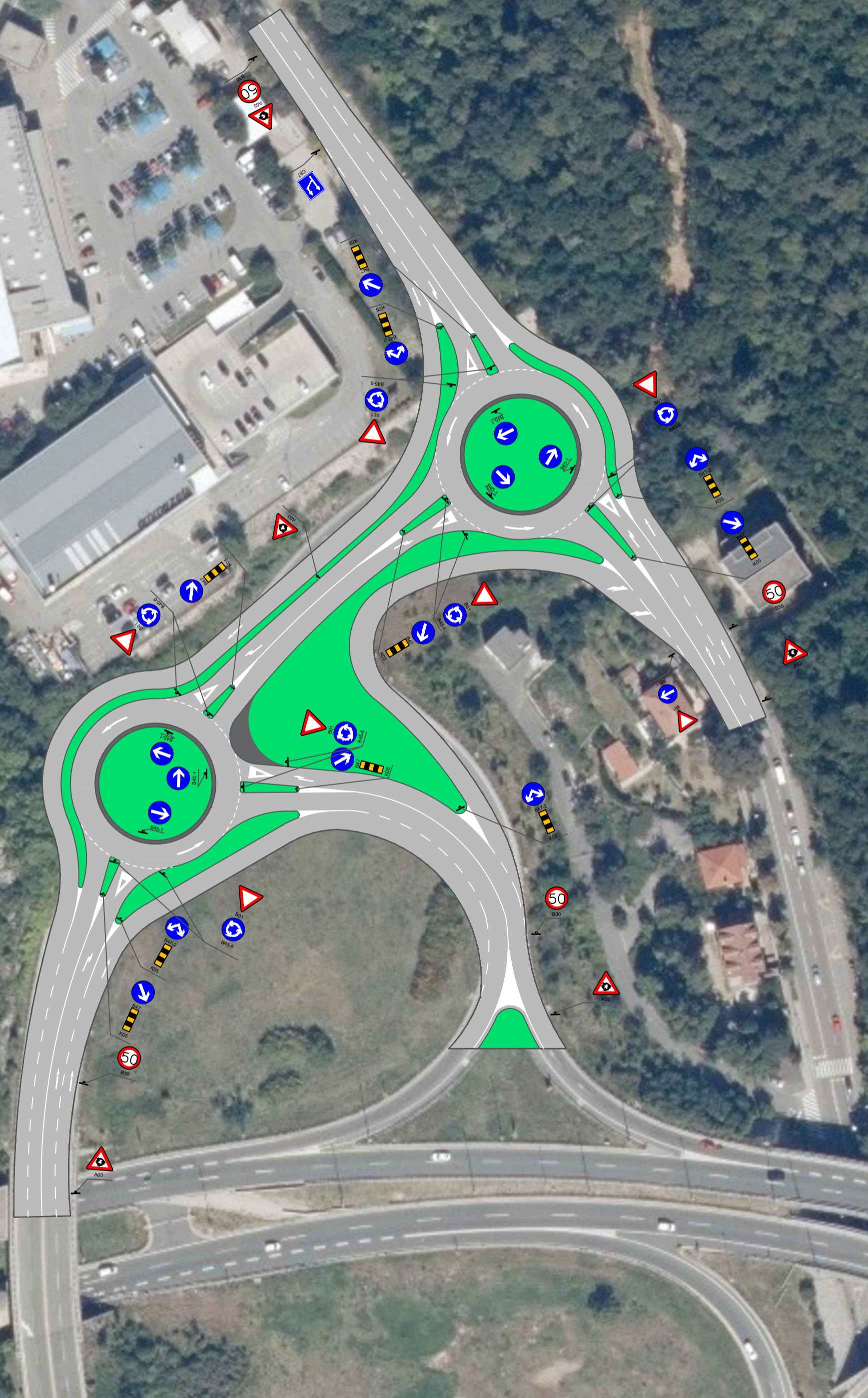
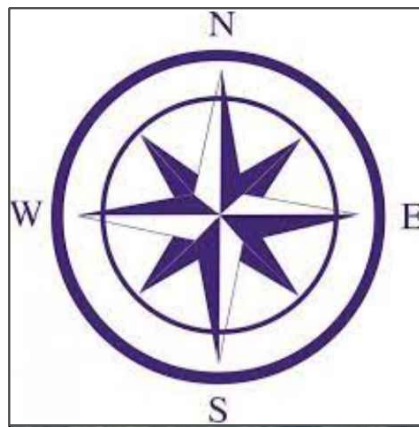
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Diplomski rad

Akadska
godina:
2022./2023.

Broj priloga: 7


Mjerilo
M 1:1000

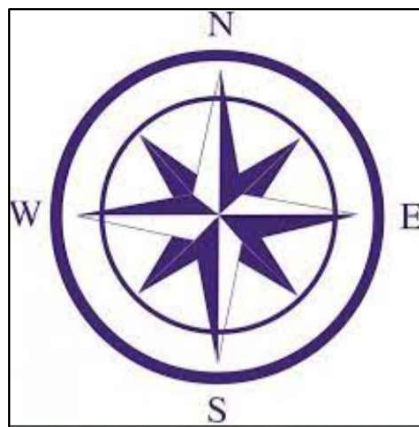
Datum:
lipanj, 2023.



Naziv: Varijantno rješenje 1 - kružno raskrižje


Autor: Matija Ezgeta, 0135253528

	Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti Diplomski rad		Akadska godina: 2022./2023.
	Broj priloga: 8	Mjerilo: M 1:1000	Datum: lipanj, 2023.



Naziv: Varijantno rješenje 2 - kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika

Autor: Matija Ezgeta, 0135253528

	Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti Diplomski rad		Akadska godina: 2022./2023.
	Broj priloga: 9	Mjerilo: M 1:1000	Datum: lipanj, 2023.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je

diplomski rad

(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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 završnog/diplomskog rada pod naslovom **Idejno prometno rješenje raskrižja Osječke ulice i čvora Škurinje (A7) u gradu Rijeci**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, **27.6.2023.**

Matija Ezgeta

(ime i prezime, *potpis*)

