

Varijantna rješenja rekonstrukcije postojećeg semaforiziranog raskrižja "Bolnica" u Poreču

Šaina, Andrej

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:730817>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Andrej Šaina

**VARIJANTNA RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG
SEMAFORIZIRANOG RASKRIŽJA „BOLNICA“ U POREČU**

Diplomski rad

Rijeka, 2021.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Diplomski sveučilišni studij
Urbano inženjerstvo
Cestovna čvorišta**

**Andrej Šaina
JMBAG: 0114029055**

**VARIJANTNA RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG
SEMAFORIZIRANOG RASKRIŽJA „BOLNICA“ U POREČU**

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2021.

Naziv studija: **Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo**
Znanstveno područje: Tehničke znanosti
Znanstveno polje: Građevinarstvo
Znanstvena grana: Prometnice

Tema diplomskog rada

**VARIJANTNA RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG SEMAFORIZIRANOG RASKRIŽJA
„BOLNICA“ U POREČU
ALTERNATIVE SOLUTIONS FOR RECONSTRUCTION OF THE EXISTING TRAFFIC LIGHTS
INTERSECTION "BOLNICA" IN POREČ**

Kandidat: **ANDREJ ŠAINA**

Kolegij: **CESTIVNA ČVORIŠTA**

Diplomski rad broj: **UI-2021-21**

Zadatak:

U diplomskom radu je potrebno analizirati postojeće stanje na semaforiziranom klasičnom raskrižju „Bolnica“, te predložiti minimalno 3 varijantna rješenja za moguću rekonstrukciju raskrižja, pri tome uvažavajući postojeće uvjete odvijanja motornog ali i pješačkog prometa kao i uvjete sezonskog i izvansezonskog prometnog opterećenja. Varijantna rješenja je potrebno obrazložiti te popratiti primjerenim grafičkim priložima. Također, potrebno je predložiti optimalnu varijantu na temelju unaprijed definiranih kriterija.

U diplomskom radu je potrebno:

1. opisati i objasniti osnovna načela projektiranja kružnih raskrižja i alternativnih raskrižja
2. analizirati postojeću prometno-građevinsku situaciju na semaforiziranom raskrižju
3. predložiti varijantna rješenja rekonstrukcije
4. vrednovati rješenja na temelju unaprijed definiranih kriterija te odabrati optimalnu varijantu
5. grafički prikazati varijantna rješenja

Tema rada je uručena: 24. veljače 2021.

Mentorica:

doc. dr. sc. Sanja Šurdonja,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Diplomski rad sam izradio samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Andrej Šaina

U Rijeci, 23. kolovoza 2021.

Završni/Diplomski rad nastao je kao rezultat rada u okviru projekta
Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci

Voditelj projekta prof. dr. sc. Nevenka Ožanić
Šifra projekta RC.2.2.06-0001
Financijer projekta Europski fond za regionalni razvoj (EFRR)
Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta RH
Pravna nadležnost Republika Hrvatska

U Rijeci, 19.08.2021.

Mentorica:

SAŽETAK:

Zadatak ovog diplomskog rada bio je napraviti analizu postojećeg stanja raskrižja, napraviti varijantna rješenja za rekonstrukciju postojećeg raskrižja te naposljetku odabrati optimalno prometno-građevinsko rješenje.

Napravljena je analiza postojećeg stanja raskrižja te je utvrđeno kako raskrižje sadrži veliki broj kolizionih točaka koje smanjuju prometnu sigurnost raskrižja. Provozne brzine na glavnom smjeru su prevelike te preglednost za sporedne smjerove nije zadovoljena.

Na temelju analize postojećeg stanja prikazana su 3 varijantna rješenja za rekonstrukciju postojećeg raskrižja. Svako varijantno rješenje analiziralo se prema nekoliko unaprijed definiranih kriterija.

Varijantna rješenja su se vrednovala prema kriterijima te je naposljetku odabrano optimalno rješenje kao ono koje je postiglo najveći zbroj bodova prema definiranim kriterijima.

Ključne riječi: raskrižje, analiza postojećeg stanja, rekonstrukcija, varijantna rješenja, prometni kriteriji

ABSTRACT:

The task of this thesis is to make an analysis of the existing condition of the intersection, to make variant solutions for the reconstruction of the existing intersection and finally to choose the optimal traffic solution.

An analysis of the current condition of the intersection was made and it was determined that the intersection contains a large number of collision points that reduce the traffic safety of the intersection. Transit speeds on the main route are too high and visibility for side routes does not fulfill.

According to the analysis of the existing condition, 3 variant solutions for the reconstruction of the existing intersection are presented. Each variant solution was analyzed according to traffic criteria.

Variant solutions were evaluated according to the criteria and the optimal solution was selected, which ultimately had the largest sum of points.

Keywords: intersection, analysis of the existing situation, reconstruction, variant solutions, traffic criteria

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. RASKRIŽJA U RAZINI	2
2.1. Klasična raskrižja u razini.....	2
2.1.1. Prometna sigurnost	3
2.1.2. Kapacitet raskrižja.....	4
2.1.3. Provoznost mjerodavnog vozila	4
2.1.4. Provozna brzina raskrižja	5
2.2. Kružna raskrižja	6
2.3. Alternativni tipovi kružnih raskrižja	9
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA	12
3.1. Razina uslužnosti na raskrižju	13
3.1.1. Razina uslužnosti raskrižja za izvansezonsko prometno opterećenje	14
3.1.2. Razina uslužnosti raskrižja za sezonsko prometno opterećenje.....	15
3.2. Preglednost na raskrižju.....	16
3.2.1. Preglednost na raskrižju prema hrvatskoj normi HRN U.C4.O50	17
3.2.2. Preglednost na raskrižju prema smjernicama SAD	24
3.3. Kolizione točke	29
3.4. Provozna brzina	30
3.5. Provoznost.....	30
3.6. Zaključno o postojećem stanju raskrižja.....	32
4.VARIJANTNA RJEŠENJA	34
4.1. Varijantno rješenje 1 - postojeće klasično semaforizirano raskrižje uz povećanje prometnog opterećenja.....	34
4.1.1. Razina uslužnosti varijantnog rješenja 1	35
4.2. Varijantno rješenje 2 - klasično kružno raskrižje	37
4.2.1. Razina uslužnosti na varijantnom rješenju 2.....	38

4.2.2. Prometna sigurnost na varijantnom rješenju 2	39
4.2.3. Provozna brzina na varijantnom rješenju 2	42
4.2.4. Provoznost na varijantnom rješenju 2	44
4.3. Varijantno rješenje 3 - turbo kružno raskrižje	47
4.3.1. Razina uslužnosti na varijantnom rješenju 3.....	48
4.3.2. Prometna sigurnost na varijantnom rješenju 3	49
4.3.3. Provozna brzina na varijantnom rješenju 3	50
4.3.4. Provoznost na varijantnom rješenju 3	52
5. ODABIR OPTIMALNOG RJEŠENJA RASKRIŽJA	55
6. ZAKLJUČAK.....	58
7. Literatura	
8. Prilozi	

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Određivanje vremenskog intervala tg [3]

Tablica 2. Provozne brzine na raskrižju - postojeće stanje

Tablica 3. Varijantno rješenje 2 - provozne brzine

Tablica 4. Varijantno rješenje 3 - kapacitet

Tablica 5. Varijantno rješenje 3 - provozne brzine

Tablica 6. Vrednovanje varijanti po kriterijima

Tablica 7. Vrednovanje varijanti po kriterijima prema važnosti

POPIS SLIKA:

- Slika 1. Kolizione točke na klasičnom i jednostručnom kružnom raskrižju [2]
- Slika 2. Smjerovi kretanja mjerodavnog vozila - provjera provoznosti [2]
- Slika 3. Putanja osobnog vozila za kontrolu provozne brzine [3]
- Slika 4. "Flower" kružno raskrižje: simulacija raskrižja (lijevo) i kolizione točke (desno) [8]
- Slika 5. Turbo kružno raskrižje: primjer raskrižja (lijevo) i kolizione točke (desno) [8]
- Slika 6. Postojeće stanje raskrižja (Google maps)
- Slika 7. RU postojećeg raskrižja izvan sezone
- Slika 8. RU postojećeg raskrižja u sezoni
- Slika 9. Prikaz brzina i duljina prolaska raskrižjem [3]
- Slika 10. Potrebna preglednost desnih skretača sa sporednog smjera
- Slika 11. Potrebna preglednost lijevih skretača iz Ul. Maura Gioseffija
- Slika 12. Potrebna preglednost lijevih skretača iz Partizanske ulice
- Slika 13. Potrebna preglednost lijevih skretača s glavnog smjera
- Slika 14. Preglednost desnih skretača sa sporednih pravaca
- Slika 15. Preglednost lijevih skretača iz Ul. Maura Gioseffija
- Slika 16. Preglednost lijevih skretača s Partizanske ulice
- Slika 17. Preglednost lijevih skretača s glavnog smjera
- Slika 18. Kolizione točke na četverokrakom raskrižju
- Slika 19. Provoznost - lijevi skretači s glavnog smjera
- Slika 20. Provoznost - lijevi skretači sa sporednih smjerova
- Slika 21. Provoznost - desni skretači s glavnog smjera
- Slika 22. Analiza RU – izvan sezone (godišnji prirast 1%, period 10 g).
- Slika 23. RU (sezonska), godišnji rast 1%, PP 10 g.
- Slika 24. Varijantno rješenje 2 - klasično jednostručno kružno raskrižje
- Slika 25. Razina uslužnosti klasičnog kružnog raskrižja-PP 10 g.
- Slika 26. Varijantno rješenje 2 - kolizione točke
- Slika 27. Varijantno rješenje 2 - prilazna preglednost
- Slika 28. Varijantno rješenje 2 - Preglednost na ulazu
- Slika 29. Varijantno rješenje 2 - Preglednost ulijevo
- Slika 30. Varijantno rješenje 2 - preglednost u kružnom kolniku
- Slika 31. Varijantno rješenje 2 - trajektorije kretanja mjerodavnog vozila

- Slika 32. Varijantno rješenje 2 - proвозne brzine
- Slika 33. Provoznost - prolazak ravno s glavnog i sa sporednih smjerova
- Slika 34. Provoznost - desni skretači s glavnog smjera (lijevo) i sporednog smjera (desno)
- Slika 35. Provoznost - lijevi skretači s glavnog smjera
- Slika 36. Provoznost - lijevi skretači sa sporednog smjera
- Slika 37. Varijanta 2 - turbo - kružno raskrižje
- Slika 38. Odabrani elementi turbo - kružnog raskrižja [7]
- Slika 39. Količina prometnog opterećenja na pojedinim smjerovima kretanja
- Slika 40. Varijantno rješenje 3 - kolizione točke
- Slika 41. Varijantno rješenje 3 - proвозne brzine
- Slika 42. Varijantno rješenje 3 - proвозne brzine
- Slika 43. Provoznost - prolazak ravno
- Slika 44. Provoznost - desni skretači
- Slika 45. Provoznost - lijevi skretači s glavnog smjera
- Slika 46. Provoznost - lijevi skretači sa sporednog smjera
- Slika 47. Vrednovanje varijanti po kriterijima
- Slika 48. Vrednovanje varijanti po kriterijima prema važnosti

1. UVOD

U današnje vrijeme industrijalizacije i modernizacije cestovni promet jedan je od najraširenijih oblika transporta te je bez njega nemoguće zamisliti suvremeni svijet. Svakim danom se u promet uključuje sve veći broj sudionika te samim povećanjem broja sudionika, prometna sigurnost pada. Svima nama je cilj smanjiti nesreće i pogibeljnost ljudi na nulu pa se stoga sve više raskrižja rekonstruiraju i pronalaze rješenja kako povećati prometnu sigurnost istih.

U ovom diplomskom radu cilj je bio analizirati postojeće stanje klasičnog četverokrakog raskrižja na području grada Poreča te prikazati 3 varijantna rješenja za rekonstrukciju istog.

Nakon uvodnog dijela, u drugom dijelu diplomskog rada opisuju se raskrižja u razini, odnosno klasična raskrižja, kružna raskrižja te alternativni tipovi kružnih raskrižja. Također su opisani prometni kriteriji koji će biti analizirani u svakom od varijantnih rješenja.

U trećem dijelu diplomskog rada analizira se postojeće stanje klasičnog četverokrakog raskrižja. Analiziraju se prometni kriteriji prometne sigurnosti, razine uslužnosti, provoznosti i provoznih brzina.

U četvrtom dijelu diplomskog rada prikazana su 3 varijantna rješenja rekonstrukcije postojećeg raskrižja te su analizirani prometni kriteriji za sva 3 varijantna rješenja. Analizirani prometni kriteriji su jednaki kao kod analize postojećeg stanja raskrižja (prometna sigurnost, razina uslužnosti, provoznost i provozne brzine).

U posljednjem dijelu diplomskog rada vrednuju se sva 3 varijantna rješenja te se rješenje s najvećim zbrojem bodova odabire kao optimalno rješenje za rekonstrukciju postojećeg raskrižja.

2. RASKRIŽJA U RAZINI

Raskrižje je prometna površina na kojoj se križaju ili spajaju dvije ili više cesta. Raskrižja su mjesta na kojima dolazi do smanjenja prometne sigurnosti zbog velikog broja preplitanja, spajanja, razdvajanja ili križanja prometnih tokova. Raskrižja se dijele na raskrižja u razini, raskrižja izvan razine, kombinirana ili posebna.

2.1. Klasična raskrižja u razini

Raskrižje u razini podrazumijeva područje križanja dvaju ili više prometnih tokova u razini. Raskrižja u razini pogodna su za urbana područja zbog činjenice da ne zauzimaju puno prostora dok se raskrižja izvan razine smještaju u izvangradske prostore koje karakteriziraju veće brzine, veće prometno opterećenje te zauzimanje većeg dijela površine. Podjela raskrižja u razini može biti prema:

- a) načinu uređenja: nekanalizirana, kanalizirana
- b) broju krakova: trokraka, četverokraka, višekraka
- c) prema mogućnosti kretanja: potpuna, nepotpuna
- d) kutu križanja: pravokutna, kosokutna
- e) načinu oblikovanja: obična, kružni tokovi. [1]

Kod projektiranja novog ili rekonstrukcije postojećeg raskrižja nužno je analizirati i zadovoljiti 4 osnovna kriterija:

- a) prometna sigurnost (kolizione točke, preglednost)
- b) kapacitet raskrižja
- c) provoznost mjerodavnog vozila
- d) provozna brzina raskrižja

Opimalno rješenje je raskrižje koje zadovoljava sve navedene kriterije.

2.1.1. Prometna sigurnost

Prometna sigurnost raskrižja podrazumijeva prepoznatljivost raskrižja svakom sudioniku u prometu kako bi sa što manje napora i opasnosti prošli kroz zonu istog. Glavni cilj kod novoprojektiranih raskrižja ili rekonstrukcije postojećih je zadovoljavanje kriterija prometne sigurnosti. Prometna sigurnost dijeli se na dva podkriterija, a to su: kolizione točke i preglednost raskrižja.

Koliziona točka je mjesto križanja 2 prometna toka (Slika 1). U većini slučajeva ukoliko raskrižje ima manji broj kolizionih točaka, smatra se prometno sigurnijim od raskrižja s većim brojem istih.



Slika 1. Kolizione točke na klasičnom i jednotračnom kružnom raskrižju [2]

U slučaju klasičnih raskrižja provjerava se preglednost za lijeve i desne skretače sa sporednoga na glavni smjer i lijeve skretače s glavnog na sporedni smjer. Kako predmetno raskrižje na sporednim smjerovima ima obvezno zaustavljanje (znak „STOP“), proračun preglednosti će se provesti za slučaj raskrižja s obaveznim zaustavljanjem. Drugi slučaj je ukoliko se na sporednom smjeru nalazi znak za raskrižje s cestom s prednošću prolaza.

U slučaju kružnog raskrižja, potrebno je zadovoljiti sljedeće preglednosti:

- prilazna preglednost,
- preglednost na ulazu,
- preglednost lijevo
- preglednost u kružnom kolniku.

Ukoliko navedene preglednosti nisu zadovoljene smanjuje se prometna sigurnost raskrižja.

2.1.2. Kapacitet raskrižja

Kod projektiranja novog raskrižja ili rekonstrukcije starog, jedan od uvjeta koji mora biti zadovoljen jest razina uslužnosti raskrižja na kraju planiranog projektnog perioda. Razinu uslužnosti moguće je odrediti na 2 načina.

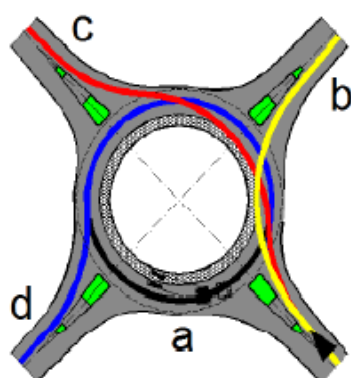
a) iterativna metoda - na temelju preporučenih elemenata raskrižja provjerava se njegov kapacitet. Elementi se kombiniraju i mijenjaju sve dok rezultati proračuna ne daju najveću moguću propusnu moć u planskom razdoblju.

b) drugi način temelji se na već poznatim parametrima te se u odnosu na njih traže projektni elementi. Jedan od najčešćih ulaznih parametara je prometno opterećenje koje se može dobiti brojanjem prometa ili postavljanjem brojača prometa koji konstantno prate promet u nekom određenom razdoblju.

Program koji je korišten u ovom radu za određivanje razine uslužnosti je SIDRA INTERSECTION.

2.1.3. Provoznost mjerodavnog vozila

Provoznost se osigurava širinom vozne površine koja obuhvaća površinu omeđenu trajektorijama kretanja najisturenijih točaka gabarita vozila, obostrano uvećanu za zaštitnu širinu. Za svako novoprojektirano raskrižje potrebno je provjeriti provoznost mjerodavnog vozila. Program koji je korišten u ovom radu za provjeru provoznosti je AutoTURN. U slučaju klasičnih kružnih raskrižja provjeravaju se kritični smjerovi skretanja kao što su na primjer lijevi skretači s glavnih smjerova, lijevi skretači sa sporednih smjerova i drugi. U slučaju kružnih raskrižja postoje 4 provoznosti koje moramo osigurati: provoznost u punom krugu, provoznost lijevo, prolazak ravno te provoznost desno (Slika 2.). [2] Kao mjerodavno vozilo za provjeru provoznosti koristi se najveće motorno vozilo koje se pretpostavlja da bi moglo proći raskrižjem jer ukoliko isto zadovolji, znači da je osigurana provoznost i za sva ostala motorna vozila.

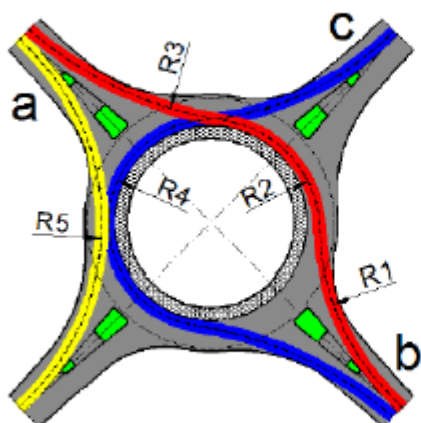


- a - vožnja u punom krugu
- b - desno skretanje
- c - prolaz kroz raskrižje
- d - lijevo skretanje

Slika 2. Smjerovi kretanja mjerodavnog vozila - provjera proвозnosti [2]

2.1.4. Provozna brzina raskrižja

Provozna brzina je najveća teoretska brzina kojom vozilo može proći kroz raskrižje. Provozna brzina jedan je od temelja pri projektiranju raskrižja, te se pomoću nje određuju osnovni elementi raskrižja. Provozna brzina određuje se za sve smjerove kretanja te nikako ne smije odstupati od projektirane brzine jer se pri tome smanjuje prometna sigurnost raskrižja. U slučaju klasičnih raskrižja očekivana provozna brzina je V85. Brzina V85 predstavlja brzinu vozila ispod koje prođe njih 85%. Kod postojećih raskrižja koriste se neke od metoda utvrđivanja te brzine, a u ovom slučaju brzina je mjerena na privozima raskrižja pomoću brojača prometa. U slučaju kružnih raskrižja, provozna brzina određuje se pomoću najmanje zakrivljenih putanja prolaza osobnih automobila (Slika 3). Kao mjerodavno vozilo smatra se automobil jer isti može razviti najveću brzinu prolaska kroz raskrižje. [3]



- a - desno skretanje
- b - prolaz kroz raskrižje
- c - lijevo skretanje

- R1 - polumjer ulazne putanje
- R2 - polumjer kružne putanje
- R3 - polumjer izlazne putanje
- R4 - polumjer lijevog skretanja
- R5 - polumjer desnog skretanja

Slika 3. Putanja osobnog vozila za kontrolu proвозne brzine [3]

2.2. Kružna raskrižja

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. U slučaju kružnih raskrižja, prvenstvo prolaza imaju vozila u kružnom toku u odnosu na vozila na prilazima u raskrižje. [4]

Kružno raskrižje povezuje minimalno 3 privoza u razini, a promet se odvija u smjeru suprotnom kazaljke na satu. Varijacije osnovnog koncepta raskrižja uključuju integraciju s tramvajskim ili vlakovnim linijama, dvosmjerni protok, veće brzine i mnoge druge.

Raskrižja s kružnim prometnim tokom imaju brojne prednosti u odnosu na ostala raskrižja, ali i neke nedostatke. Neke od prednosti kružnih raskrižja su:

- veća prometna sigurnost (manje kolizionih točaka)
- manje zauzimanje prostora
- manji troškovi održavanja u odnosu na semaforizirana raskrižja
- mogućnost propuštanja jačih prometnih tokova
- kraće čekanje na privozima
- dobro rješenje kod ravnomjernog opterećenja glavnog i sporednog smjera
- dobro rješenje u raskrižju s 5 ili više krakova.

Neki od nedostataka kružnih raskrižja:

- loše rješenje pri velikom broju lijevih skretača
- problemi pri velikom pješačkom i biciklističkom prometu
- veliko kružno raskrižje nije pogodno u blizini škola i vrtića gdje ima veliki broj djece
- prometna sigurnost pada s povećanjem prometnih trakova. [4]

Nerijetko se, prema potrebi većeg kapaciteta raskrižja, izvode i dvotračna kružna raskrižja. Dvotračna kružna raskrižja imaju nešto veći kapacitet, ali se zbog pojave dodatnih kolizionih točaka preplitanja i križanja u kružnom kolniku smanjuje prometna sigurnost te se njihova izvedba ne preporučuje u mnogim zemljama. [5]

Projektiranju kružnog raskrižja prethodi analiza pogodnosti određene lokacije za primjenu takvog raskrižja. Potrebno je kroz 8 osnovnih skupina kriterija analizirati i argumentirati potrebu izvedbe navedenog tipa raskrižja na određenoj lokaciji. Osnovne skupine kriterija su:

1. Funkcionalni kriterij
2. Prostorno-urbanistički kriterij
3. Prometni kriterij (kriterij prometnog toka)
4. Projektno-tehnički kriterij
5. Kriterij prometne sigurnosti
6. Kriterij propusne moći
7. Okolišni kriterij
8. Ekonomski kriterij [3]

1. Funkcionalni kriterij

Glavno pitanje funkcionalnog kriterija je koja je primarna uloga raskrižja koje se razmatra u cestovnoj mreži i općenito, odnosno njegova uloga u prometu.

Promatrano četverokrako raskrižje nalazi se u širem Centru grada Poreča te njegova primarna funkcija je ishodišno-odredišna. Raskrižje se nalazi unutar urbanog područja. Glavni smjer proteže se županijskom cestom D75. Tri od četiri privoza u nastavku se vežu na kružna raskrižja. [3]

2. Prostorno-urbanistički kriterij

Prostorno-urbanističkom analizom ispituje se prostorni potencijal lokacije na kojoj se planira izgraditi kružno raskrižje. Potrebno je analizirati koliko bi prostora zauzimalo novo prometno rješenje te kako bi utjecalo na okolni prostor. Glavno pitanje navedenog kriterija je da li na definiranoj lokaciji postoji dovoljno prostora za izvedbu kružnog raskrižja.

Promatrana lokacija za izvedbu kružnog raskrižja nalazi se na širokom prostoru sadašnjeg klasičnog četverokrakog raskrižja. Uz sadašnje klasično kružno raskrižje proteže se pojas minimalne širine 15 m javnog te se prema tom kriteriju zaključuje kako ima mjesta za izgradnju kružnog raskrižja i šireg od postojećeg klasičnog četverokrakog raskrižja. Izgradnjom kružnog raskrižja odnos korištenja pripadajućih gradskih struktura i vanjskog prostora ne bi se značajno promijenio. [3]

3. Prometni kriterij (kriterij prometnog toka)

Prometnim kriterijem analiziramo okolnosti na raskrižju, a odnose se na ukupnu razinu prometnog toka i na smjer kretanja prometnog toka na raskrižju. Glavno pitanje navedenog kriterija je koji tip raskrižja u postojećim i očekivanim okolnostima predstavlja prihvatljivo rješenje?

Prometni kriterij je opravdan ukoliko je količina prometa na prilaznim ulicama podjednaka što u ovom slučaju nije u potpunosti jer glavni smjer u odnosu na sporedne ima veću količinu za oko 3 puta. Najveći problem postojećeg raskrižja su lijevi skretači čija bi se RU značajno povećala u odnosu na sadašnju. [3]

4. Projektno-tehnički kriterij

Projektno-tehnički kriterij daje važnost uzdužnim nagibima na raskrižju. Naime kako bi se zadovoljio kriterij kružno raskrižje i uža zona kružnog raskrižja ne smiju biti na nagibu većem od 4%. U promatranom slučaju to je moguće izvesti uz sitne korekcije nagiba pojedinim prilazima. Provoznost mjerodavnog vozila na raskrižju je osigurana za sve tipove raskrižja, pa tako i za kružno raskrižje zbog određenog radijusa. [3]

5. Kriterij prometne sigurnosti

Glavno pitanje kriterija prometne sigurnosti je da li je kružno raskrižje u postojećim uvjetima rješenje koje jamči sigurnost svim sudionicima u prometu. [3]

Kako na promatranom postojećem klasičnom raskrižju nemamo velikih i čestih prometnih nesreća, prometna sigurnost se može samo povećati izgradnjom kružnog raskrižja stoga kriterij prometne sigurnosti zadovoljava.

6. Kriterij propusne moći

Kriterij propusne moći zahtjeva provjeru propusne moći, odnosno razine uslužnosti postojećeg i budućeg raskrižja. Raskrižje određene vrste moguće je primijeniti ako je maksimalni dnevni intenzitet prilaznog prometa manji od granične vrijednosti koju raskrižje može propustiti. [3]

Razina uslužnosti budućeg kružnog raskrižja analizirana je u programu SIDRA Intersection te je dobiveno povećanje razine uslužnosti za sve prilaze.

7. Okolišni kriterij

Glavno pitanje okolišnog kriterija je da li i koliko izvedba kružnog raskrižja doprinosi unaprijeđenu stanja okoliša zone.

Izgradnjom kružnog raskrižja smanjila bi se emisija štetnih tvari i buke te unaprijedio okoliš izgradnjom zelene površine unutar samog kružnog toka. [3]

8. Ekonomski kriterij

Glavni cilj ekonomskog kriterija je ekonomska isplativost izvedbe kružnog raskrižja na nekoj lokaciji. Pitanje navedenog kriterija je koliki će biti troškovi izvedbe u usporedbi s ostalim tipovima raskrižja te koliko će uštedjeti cjelokupno društvo zbog smanjenja broja prometnih nezgoda. Poželjno je cost-benefit analizom odrediti gospodarsku opravdanost pojedinog rješenja.

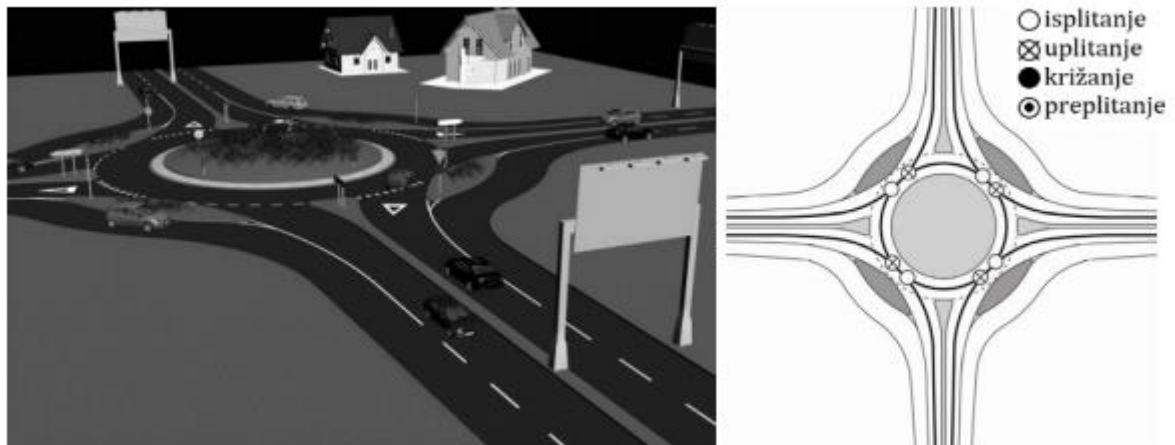
Vrednovanje opravdanosti primjene kružnog raskrižja provjerava se kroz analizu osam opisanih kriterija. Za prihvaćanje prijedloga o primjeni prometnog rješenja s kružnim raskrižjem mora biti pozitivno ocjenjen što veći broj pokazatelja, a neki od njih obavezno (pokazatelj prometne sigurnosti i propusna sposobnost raskrižja). [3]

2.3. Alternativni tipovi kružnih raskrižja

Jednotračno i dvotračno kružno raskrižje kao osnovni tipovi kružnih raskrižja imaju mnogo prednosti nad ostalim tipovima raskrižja u razini, ali imaju i mana koje se kroz desetljeće pokušavaju otkloniti alternativnim tipovima kružnih raskrižja. Ovisno koji kriterij se detaljnije analizira, na primjer prometna sigurnost, kapacitet ili neki drugi, svaki alternativni tip kružnog raskrižja predstavlja povoljno rješenje u odnosu na promatrani kriterij. [6]

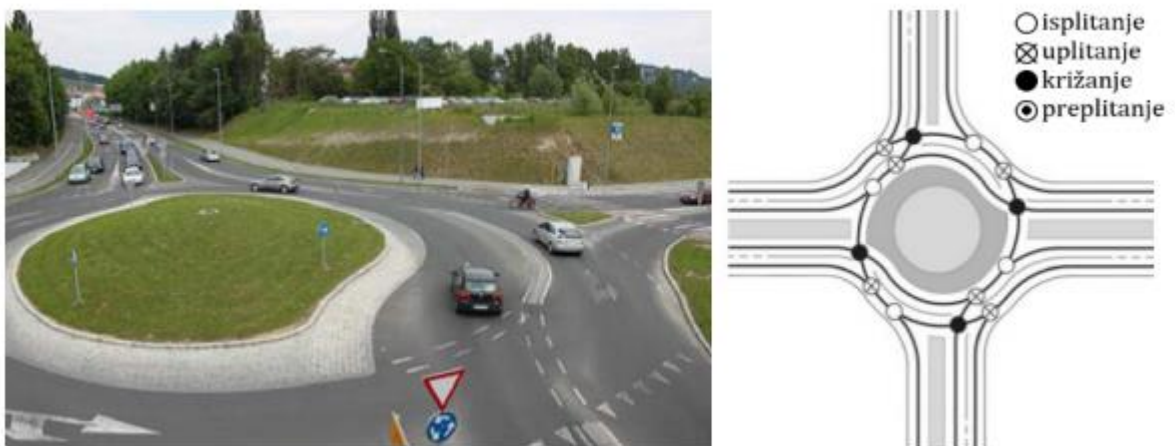
Danas u svijetu postoji veliki broj alternativnih kružnih raskrižja koja predstavljaju svojevrsnu kombinaciju jednotračnih i višetračnih kružnih raskrižja te eliminiraju nedostatke oba tipa kružnih raskrižje. Neki tipovi alternativnih kružnih raskrižja su već naveliko u upotrebi ili su u fazi analize njihove moguće primjene [7]:

- kružno raskrižje „hamburger“
- kružno raskrižje „dumb-bell“
- kružno raskrižje „dog-bone“
- kružno raskrižje „flower“ (Slika 4)



Slika 4. "Flower" kružno raskrižje: simulacija raskrižja (lijevo) i kolizijske točke (desno) [8]

- turbo-kružno raskrižje i sl. (Slika 5)



Slika 5. Turbo kružno raskrižje: primjer raskrižja (lijevo) i kolizijske točke (desno) [8]

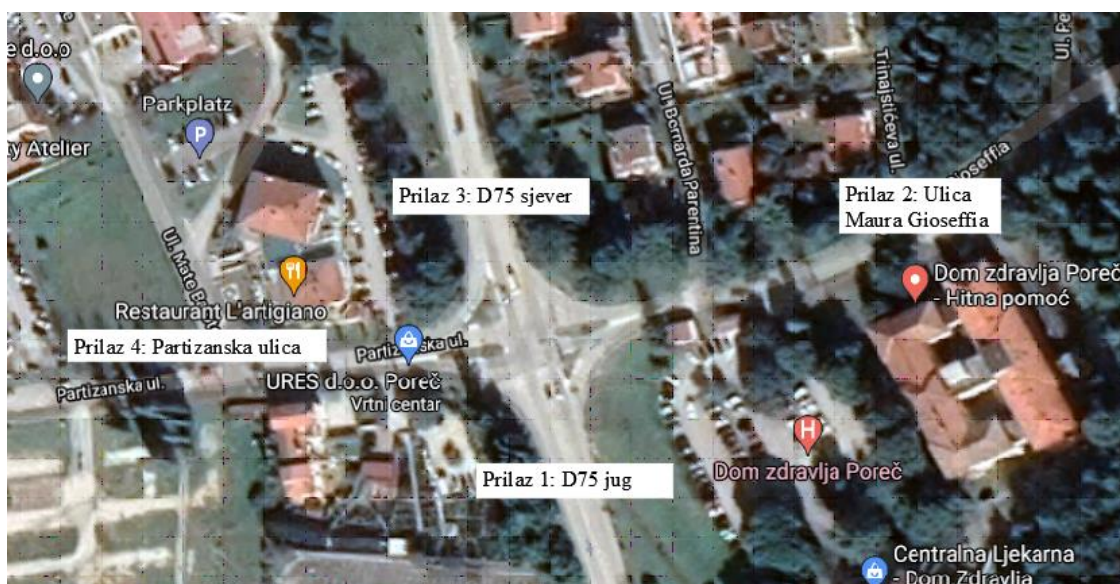
Turbo-kružno raskrižje se najčešće koristi kao rješenje za rekonstrukciju postojećeg dvotračnog kružnog raskrižja. Povećanje prometne sigurnosti kod turbo-kružnog raskrižja u odnosu na dvotračno kružno raskrižje postiže se fizičkim odvajanjem prometnih traka delineatorima (posebni rubnjaci) te se tako smanjuje i broj kolizijskih točaka. Delineatori sprječavaju promjenu trake u samom kružnom toku. Prometna sigurnost također je povećana time da vozilo na ulazu u raskrižje mora obratiti pozornost samo na vozila koja dolaze s njegove lijeve strane

u kružnom toku. Prije ulaska u kružno raskrižje, vozač mora odabrati traku jer jednom kada vozilo uđe u raskrižje nije moguće naknadno prestrojavanje.

U ovom radu biti će detaljnije analizirano turbo-kružno raskrižje kao oblik alternativnog kružnog raskrižja.

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA

Promatrano četverokrako semaforizirano raskrižje nalazi se u blizini centra grada u Poreču. Raskrižje se sastoji od glavnog smjera koji se proteže od sjevera prema jugu te sporednih smjerova koji se protežu od zapada prema istoku. Glavni smjer (prilaz 1, prilaz 3) nalazi se na nekadašnjoj državnoj, a danas županijskoj cesti D75 dok su sporedni smjerovi Ulica Maura Gioseffia (prilaz 2) i Partizanska ulica (prilaz 4) (Slika 6).



Slika 6. Postojeće stanje raskrižja (Google maps)

Raskrižje povezuje sjeverni i južni dio grada te je najviše opterećeno u jutarnjim satima od 7 do 8 te popodnevnim od 15 do 16 sati. U neposrednoj blizini raskrižja nalazi se Dom zdravlja te Vrti centar koji značajno privlače promet u tom dijelu grada.

Svaki od 4 prilaza je dvosmjernan. Tri od 4 prilaza vežu se na kružna raskrižja u neposrednoj blizini dok se Ulica Maura Gioseffija u produžetku spaja na Ulicu Tina Ujevića. Glavni smjer karakterizira značajno veće prometno opterećenje te veće brzine na prilazima.

Prilaz 1 nalazi se na županijskoj cesti D75. Prilaz se sastoji od 3 prometne trake od kojih je jedna za lijeve skretače te druga za ravne i desne. Prilaz 1 ima omogućeno uključivanje u Ulicu Maura Gioseffia pomoću dodatnog bypassa s desne strane prilaza. Dužina trake za lijeve skretače iznosi 45 m. Širina prometnih trakova je 3,5 m.

Prilaz 2 je Ulica Maura Gioseffia. Prilaz se sastoji od 2 prometne trake širine 3,5 m.

Prilaz 3 nalazi se na županijskoj cesti D75. Prilaz se sastoji od 4 prometne trake. Dužina prometne trake za lijeve skretače iznosi 60 m. Prilaz 3 ima omogućeno skretanje u Partizansku ulicu pomoću trake za desne skretače koja se spaja na bypass. Širina prometnih traka iznosi 3,5 m.

Prilaz 4 je Partizanska ulica. Prilaz se sastoji od 2 prometne trake širine 3,5 m.

3.1. Razina uslužnosti na raskrižju

Razina uslužnosti (nadalje RU) je odnos propusne moći i opterećenja na raskrižju. Potrebno je napraviti detaljnu analizu prije projektiranja novog raskrižja kako bi se izbjegla neadekvatna RU na raskrižju.

Na svakoj prometnici pa tako i raskrižju, očekuje se da će njima proći određeni broj motornih vozila. Takvo opterećenje na raskrižju zovemo prometno opterećenje. Ubacivanjem tehničkih karakteristika raskrižja te prometnog opterećenja raskrižja u program SIDRA INTERSECTION moguće je kao izlazni podatak računalnog programa dobiti podatak o razini uslužnosti. RU raskrižja dijeli se u 6 skupina: A, B, C, D, E i F.

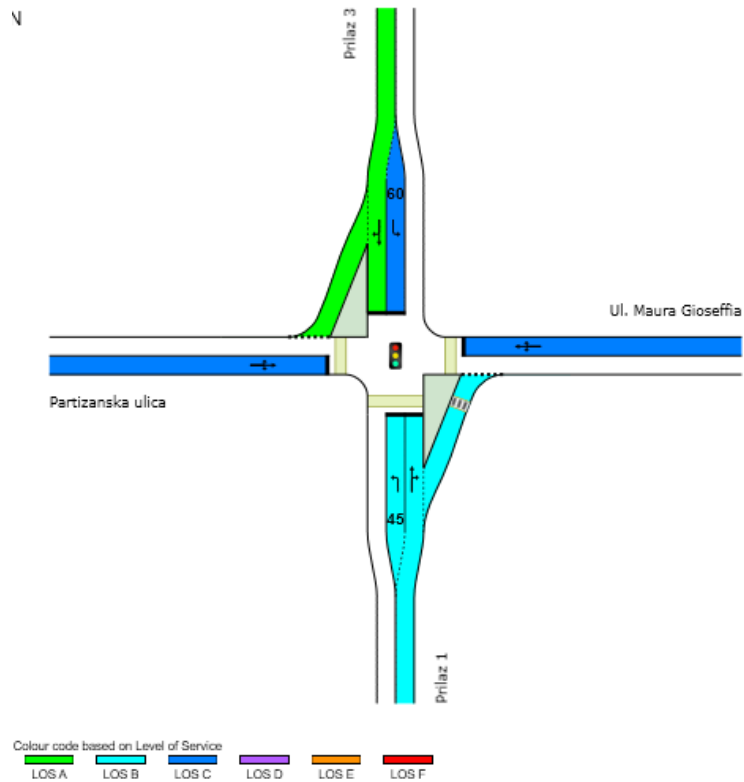
RU A je stanje na raskrižju u kojem vlada slobodni protok te promet teče iznad postavljenog ograničenja brzine. Kod razine uslužnosti B protok je relativno slobodan, brzine se održavaju ali je manevarska sposobnost donekle ograničena. RU C predstavlja stanje stabilnog protoka blizu slobodnog, sposobnost manevriranja je primjetno ograničena dok promjene traka zahtijevaju od vozača višu razinu koncentracije. Kod razine uslužnosti D prometni tok se približava nestabilnom, brzine se lagano smanjuju kako se promet povećava. Sloboda manevriranja unutar prometnog toka je više ograničena te se smanjuje razina udobnosti vozača. RU E je stanje nestabilnog toka, brzine se brzo mijenjaju te svaki poremećaj u protoku stvara ozbiljna kašnjenja. Razina udobnosti vozača postaje loša. Posljednja i najlošija RU je F ili prisilni tok. Svako vozilo kreće se ovisno o vozilu ispred uz često usporavanje. Vrijeme putovanja se ne može predvidjeti. [9]

Kod projektiranja novog raskrižja, RU trebala bi biti C ili viša kako bi se osigurala prihvatljiva uslužnost namijenjena sudionicima u prometu. U slučaju rekonstrukcije raskrižja, minimalna RU na kraju projektnog perioda je D ili viša. [9]

Zbog izrazito velikog sezonskog (ljetnog) prometnog opterećenja, napraviti će se dvije analize za razinu uslužnosti raskrižja. Prva analiza biti će s podacima o prometu u mjesecu travnju (izvansezonsko prometno opterećenje), a druga analiza biti će s povećanim prometnim opterećenjem od 40% što odgovara sezonskom (ljetnom) prometnom opterećenju.

3.1.1. Razina uslužnosti raskrižja za izvansezonsko prometno opterećenje

Za potrebe dobivanja izvansezonske razine uslužnosti postojećeg raskrižja, potrebno je izvršiti brojanje prometa na raskrižju. U brojanje se uključuje sva motorna vozila, bicikle te pješake. Brojanje prometa potrebno je odraditi radnim danom utorak, srijedu ili četvrtak. Dani ponedjeljak, petak, subota i nedjelja nisu reprezentativni zbog toga jer je to početak i kraj radnog tjedna i tada su migracije ljudi drukčije u odnosu na sredinu radnog tjedna. Brojanje prometa izvršilo se četvrtak, 18.3.2021. u popodnevnom vršnom satu od 15.30 do 16.30. Dnevni vršni sat je vremensko razdoblje od 60 min koje karakterizira najveće prometno opterećenje u 24 sata. Postoje jutarnji i popodnevni vršni sat. Jutarnji vršni sat najčešće nastaje migracijom ljudi na radna mjesta dok popodnevni migracijom ljudi svojim domovima. Brojanje kao takvo ulazi u izvansezonsko brojanje. Nakon ubacivanja podataka u program SIDRA INTERSECTION, dobiveni su podaci o razini uslužnosti postojećeg raskrižja (Slika 7).

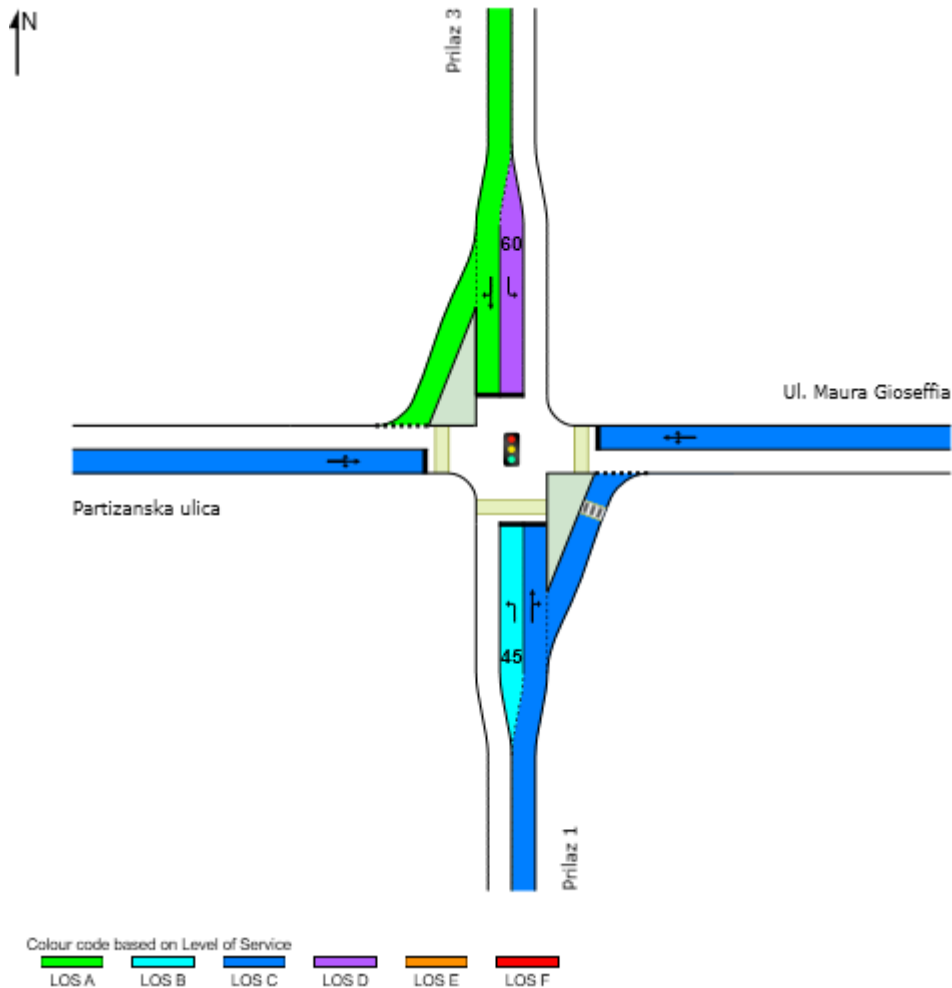


Slika 7. RU postojećeg raskrižja izvan sezone

Na slici 7, zelenom bojom prikazana je RU A, svijetloplavom B te tamnoplavom C. RU A dobivena je na sjevernom prilazu za ravne i desne skretače. RU B dobivena je za cjelokupni južni prilaz. RU C dobivena je za lijeve skretače sa sjevernog prilaza, na Partizanskoj ulici te Ulici Maura Gioseffija. Prema dobivenim podacima primjećuje se potreba za povećanjem razine uslužnosti za lijeve skretače sa sjevernog prilaza u Ulicu Maura Gioseffia te za sve smjerove sa sporednih pravaca.

3.1.2. Razina uslužnosti raskrižja za sezonsko prometno opterećenje

RU postojećeg stanja raskrižja u sezoni dobila se tako da se postojeće prometno opterećenje izbrojano u mjesecu ožujku povećalo za 40% (Slika 8). Postotak od 40% opravdava se činjenicom da je grad Poreč turistička destinacija te u ljetnim mjesecima prometno opterećenje uvelike raste.



Slika 8. RU postojećeg raskrižja u sezoni

Slika 8 prikazuje razinu uslužnosti postojećeg raskrižja u sezoni. U odnosu na razinu uslužnosti izvan sezone dogodile su se blage promjene, snizila se RU na pojedinim smjerovima. Lijevim skretačima s prilaza 3, RU smanjila se sa C na D, a ravnim i desnim skretačima s prilaza 1 također se smanjila s B na C. Ostale razine uslužnosti ostale su jednake. Iz dobivenih RU zaključuje se da je najkritičniji smjer lijevi skretači s prilaza 3 u Ulicu Maura Gioseffia.

3.2. Preglednost na raskrižju

Proračun duljine preglednosti provesti će se prema hrvatskoj normi i prema američkim smjernicama The Greenbook. Provjerena će biti preglednost za lijeve i desne skretače sa sporednoga na glavni i lijeve skretače s glavnog na sporedni smjer.

3.2.1. Preglednost na raskrižju prema hrvatskoj normi HRN U.C4.050

Kako predmetno raskrižje na sporednim smjerovima ima obvezno zaustavljanje (znak „STOP“), proračun prema hrvatskoj normi će se provesti za slučaj raskrižja s obaveznim zaustavljanjem.

Prema hrvatskoj normi provjera preglednosti vrši se samo za prolazak vozila kroz raskrižje. U slučaju da je raskrižje regulirano znakom obaveznog zaustavljanja, pretpostavlja se da je položaj vozila koje se uključuje u glavni smjer ispred stop linije. Duljina preglednosti P_g računa se prema formuli:

$$P_g = v_g * t_s = v_g \left(t_r + \sqrt{\frac{2D}{a_s}} \right);$$

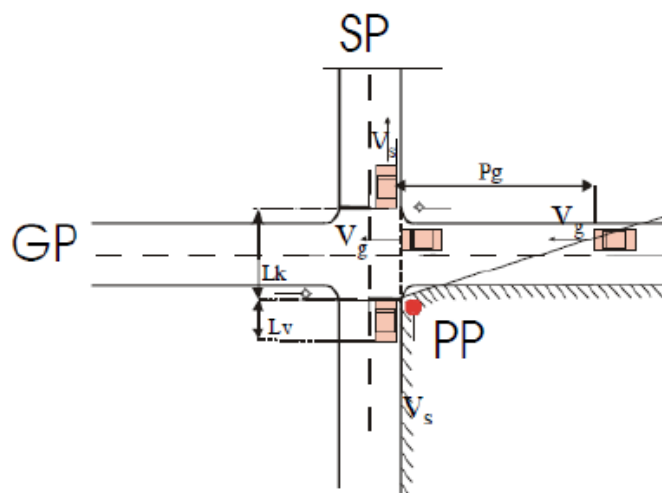
gdje je: v_g - brzina vozila na glavnom smjeru, 50 km/h u urbanom području

t_s - vrijeme prolaska sporednog vozila kroz raskrižje, a ovisi o:

t_r - vrijeme reagiranja, usvaja se 1,5 s

D - duljina prolaska raskrižjem sporednog vozila; $D = L_v + L_k$; L_v – duljina prosječnog vozila (5,5 m), L_k – duljina prelaska vozila preko zone raskrižja (skretanje desno L_k = izmjerena duljina od STOP linije do razdjelne linije; skretanje lijevo L_k = izmjerena duljina od STOP linije do rubnjaka na glavnom smjeru)

a_s - ubrzanje vozila koje prolazi raskrižjem, $a_s = 1,5 \text{ m/sek}^2$ [3]



Slika 9. Prikaz brzina i duljina prolaska raskrižjem [3]

Potrebna preglednost za desne skretače sa sporednog smjera

Ul. Maura Gioseffija

Ulazni parametri za izračun potrebne preglednosti:

- brzina na glavnom smjeru $v_g = 50 \text{ km/h} = 13,89 \text{ m/s}$
- brzina na sporednom smjeru $v_s = 40 \text{ km/h}$
- širina zone konflikta $L_k = 10,5 \text{ m}$
- duljina vozila $L_v = 5,5 \text{ m}$
- ubrzanje vozila $a_s = 1,5 \text{ m/s}^2$
- vrijeme reakcije $t_r = 1,5 \text{ s}$

$$D = L_k + L_v = 10,5 + 5,5 = 16 \text{ m}$$

$$Pg, desno = v_g * t_s = v_g * \left(t_r + \sqrt{\frac{2D}{a_s}} \right) = 13,89 * \left(1,5 + \sqrt{\frac{2 * 16}{1,5}} \right) = 85 \text{ m}$$

Partizanska ulica

Ulazni parametri za izračun potrebne preglednosti:

- brzina na glavnom smjeru $v_g = 50 \text{ km/h} = 13,89 \text{ m/s}$
- brzina na sporednom smjeru $v_s = 40 \text{ km/h}$
- širina zone konflikta $L_k = 16 \text{ m}$
- duljina vozila $L_v = 5,5 \text{ m}$
- ubrzanje vozila $a_s = 1,5 \text{ m/s}^2$
- vrijeme reakcije $t_r = 1,5 \text{ s}$

$$D = L_k + L_v = 16 + 5,5 = 21,5 \text{ m}$$

$$Pg, desno = v_g * t_s = v_g * \left(t_r + \sqrt{\frac{2D}{a_s}} \right) = 13,89 * \left(1,5 + \sqrt{\frac{2 * 21,5}{1,5}} \right) = 95,2 \text{ m}$$



Slika 10. Potrebna preglednost desnih skretača sa sporednog smjera

Na slici 10 vidi se da je potrebna preglednost za desne skretače sa sporednog na glavni smjer zadovoljena.

Potrebna preglednost lijevih skretača sa sporednog smjera

Ul. Maura Gioseffia

Ulazni parametri za izračun potrebne preglednosti:

- brzina na glavnom smjeru $v_g = 50 \text{ km/h} = 13,89 \text{ m/s}$
- brzina na sporednom smjeru $v_s = 40 \text{ km/h}$
- širina zone konflikta $L_k = 19 \text{ m}$
- duljina vozila $L_v = 5,5 \text{ m}$
- ubrzanje vozila $a_s = 1,5 \text{ m/s}^2$
- vrijeme reakcije $t_r = 1,5 \text{ s}$

$$D = L_k + L_v = 19 + 5,5 = 24,5 \text{ m}$$

$$P_{g, \text{lijevo}} = v_g * t_s = v_g * \left(tr + \sqrt{\frac{2D}{a_s}} \right) = 13,89 * \left(1,5 + \sqrt{\frac{2 * 24,5}{1,5}} \right) = 100,2 \text{ m}$$



Slika 11. Potrebna preglednost lijevih skretača iz Ul. Maura Gioseffija

Na slici 11 crvenom bojom je označena prepreka koja onemogućava preglednost lijevih skretača iz Ulice Maura Gioseffija na glavni smjer stoga preglednost nije zadovoljena.

Partizanska ulica

Ulazni parametri za izračun potrebne preglednosti:

- brzina na glavnom smjeru $v_g = 50 \text{ km/h} = 13,89 \text{ m/s}$
- brzina na sporednom smjeru $v_s = 40 \text{ km/h}$
- širina zone konflikta $L_k = 23,5 \text{ m}$
- duljina vozila $L_v = 5,5 \text{ m}$
- ubrzanje vozila $a_s = 1,5 \text{ m/s}^2$

- vrijeme reakcije $t_r = 1,5$ s

$$D = L_k + L_v = 23,5 + 5,5 = 29 \text{ m}$$

$$P_{g, \text{ lijevo}} = v_g * t_s = v_g * \left(t_r + \sqrt{\frac{2D}{as}} \right) = 13,89 * \left(1,5 + \sqrt{\frac{2 * 29}{1,5}} \right) = 107,2 \text{ m}$$



Slika 12. Potrebna preglednost lijevih skretača iz Partizanske ulice

Na slici 12, crvenom bojom označena je zapreka koja onemogućava preglednost za lijeve skretače iz Partizanske ulice na glavni smjer stoga preglednost nije zadovoljena.

Potrebna preglednost lijevih skretača s glavnog smjera

Prilaz 3

Ulazni parametri za izračun potrebne preglednosti:

- brzina na glavnom smjeru $v_g = 50$ km/h = 13,89 m/s
- brzina na sporednom smjeru $v_s = 40$ km/h
- širina zone konflikta $L_k = 10$ m

- duljina vozila $L_v = 5,5$ m
- ubrzanje vozila $a_s = 1,5$ m/s²
- vrijeme reakcije $t_r = 1,5$ s

$$D = L_k + L_v = 10 + 5,5 = 15,5 \text{ m}$$

$$Pg, \text{ lijevo} = vg * ts = vg * \left(tr + \sqrt{\frac{2D}{as}} \right) = 13,89 * \left(1,5 + \sqrt{\frac{2 * 15,5}{1,5}} \right) = 84 \text{ m}$$

Prilaz 1

Ulazni parametri za izračun potrebne preglednosti:

- brzina na glavnom smjeru $v_g = 50$ km/h = 13,89 m/s
- brzina na sporednom smjeru $v_s = 40$ km/h
- širina zone konflikta $L_k = 17,5$ m
- duljina vozila $L_v = 5,5$ m
- ubrzanje vozila $a_s = 1,5$ m/s²
- vrijeme reakcije $t_r = 1,5$ s

$$D = L_k + L_v = 17,5 + 5,5 = 23 \text{ m}$$

$$Pg, \text{ lijevo} = vg * ts = vg * \left(tr + \sqrt{\frac{2D}{as}} \right) = 13,89 * \left(1,5 + \sqrt{\frac{2 * 23}{1,5}} \right) = 97,8 \text{ m}$$



Slika 13. Potrebna preglednost lijevih skretača s glavnog smjera

Na slici 13 vidi se da preglednost za lijeve skretače s glavnog na sporedni smjer zadovoljava.

Potrebna preglednost prema hrvatskim smjernicama nije zadovoljena za lijeve skretače sa sporednih na glavni smjer dok ostale preglednosti zadovoljavaju.

3.2.2. Preglednost na raskrižju prema smjernicama SAD

Raskrižja s obaveznim zaustavljanjem

Prema američkim smjernicama, preglednost za raskrižja s obaveznim zaustavljanjem, izračunava se za skretanja lijevo i desno sa sporednog smjera pomoću formule:

$$P_g = 0,278 \cdot v_g \cdot t_g$$

gdje je: v_g - brzina vozila na glavnom smjeru [km/h]

t_g - vremenski interval za obavljanje radnje skretanja ovisno o vrsti vozila i manevru skretanja [s]

Pretpostavljamo da se vozilo nalazi na udaljenosti od 4,4 m od ruba kolnika glavne ceste kojoj prilazi te za određivanje vremena t_g koristimo tablicu 1. [3]

Tablica 1. Određivanje vremenskog intervala t_g [3]

Manevar	Vremenski intervali (s)		
	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Teretno + priključno vozilo
skretanje ulijevo*	7,5	9,5	11,5
skretanje udesno*	6,5	8,5	10,5
prijelaz *	6,5	8,5	10,5
skretanje ulijevo s glavne ceste	5,5	6,5	7,5

Za proračun preglednosti lijevih i desnih skretača sa sporednog na glavni smjer uzeti će se kao mjerodavno vozilo osobni automobil zbog toga jer njihov udio uvelike prevladava u odnosu na druga vozila. Dobiveni rezultat zaokružuje se na bliži višekratnik broja 5.

Desni skretači - Ul. Maura Gioseffija i Partizanska ulica

$$P_{g,desno} = 0,278 * v_g * t_g = 0,278 * 50 * 6,5 = 90 \text{ m}$$



Slika 14. Preglednost desnih skretača sa sporednih pravaca

Na slici 14 vidi se da preglednost za desne skretače sa sporednih pravaca na glavni zadovoljavaju.

Lijevi skretači - Ul. Maura Gioseffija

$$P_{g, \text{lijevo}} = 0,278 * v_g * t_g = 0,278 * 50 * 7,5 = 105 \text{ m}$$



Slika 15. Preglednost lijevih skretača iz Ul. Maura Gioseffija

Na slici 15, crvenom bojom označena je zapreka koja onemogućava preglednost za lijeve skretače iz Ulice Maura Gioseffia na glavni smjer stoga preglednost nije zadovoljena.

Lijevi skretači - Partizanska ulica

$$P_{g,lijevo} = 0,278 * v_g * t_g = 0,278 * 50 * 7,5 = 105 \text{ m}$$



Slika 16. Preglednost lijevih skretača s Partizanske ulice

Na slici 16, crvenom bojom označena je zapreka koja onemogućava preglednost za lijeve skretače iz Partizanske ulice na glavni smjer stoga preglednost nije zadovoljena.

Lijevi skretači - prilaz 1, prilaz 3

$$P_{g,lijevo} = 0,278 * v_g * t_g = 0,278 * 50 * 5,5 = 75 \text{ m}$$

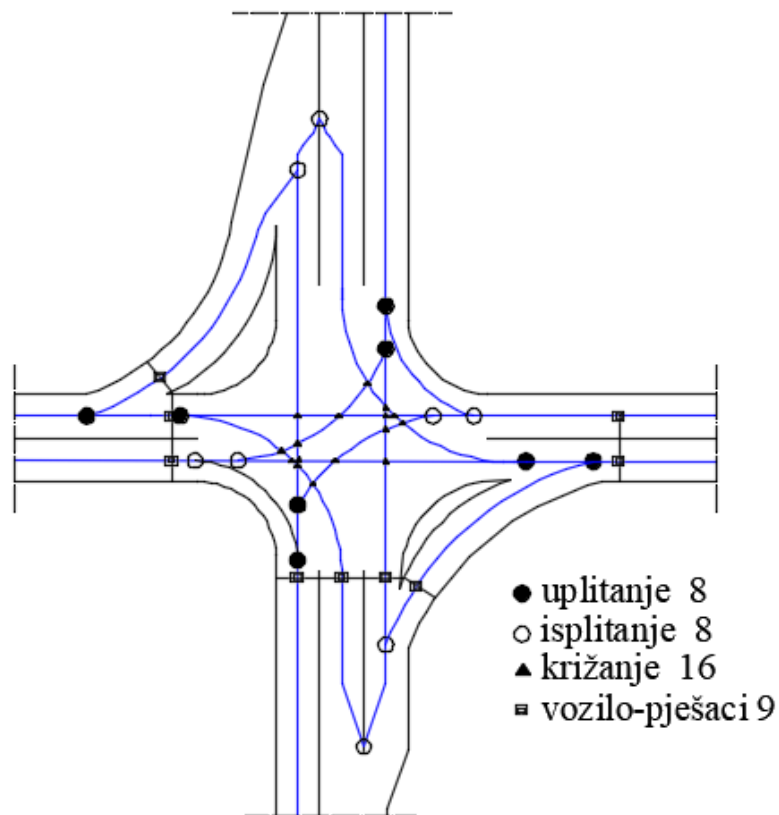


Slika 17. Preglednost lijevih skretača s glavnog smjera

Na slici 17 vidi se da potrebna preglednost lijevih skretača s glavnog na sporedni smjer zadovoljava.

3.3. Kolizione točke

Kolizione ili konfliktne točke su potencijalna mjesta na raskrižju kod kojih može doći do međusobnog sudara vozila. Iste točke su također mjesta ugrožene sigurnosti te smanjenog protoka. Razlikuju se četiri vrste kolizionih točaka, a to su: uplitanje, isplitanje, križanje i kolizione točke s pješacima na pješačkim prijelazima.



Slika 18. Kolizione točke na četverokrakom raskrižju

Na promatranom raskrižju nalazi se 8 točki uplitanja, 8 točki isplitanja, 16 točki križanja ili presijecanja te 9 kolizionih točaka između vozila i pješaka (sveukupno 41) (Slika 18). Kako bi se smanjila vjerojatnost pojave sudara potrebno je osigurati dovoljnu preglednost te postaviti adekvatnu i dobro vidljivu prometnu signalizaciju.

3.4. Provozna brzina

Kako bi se mogla provesti kvalitetna analiza postojećeg stanja raskrižja, u prvoj fazi bila su postavljena 4 brojača prometa na raskrižju. Svaki brojač prometa postavljen je na jedan od privoza raskrižja. Na svakoj od 4 lokacije mjerenja su vršena kontinuirano u periodu od 24 sata u tijeku radnog tjedna, točnije na datum 25. veljače 2020. (utorak), kontinuirano u periodu od 24 sata. Vrijeme i dan brojanja odabrano je na način da se prikaže jedan tipični radni dan izvan ljetne sezone. Vremenski uvjeti su bili stabilni, a na samom raskrižju nije bilo netipičnih uvjeta odvijanja prometa. [10]

Postavljeni brojači mjerili su količinu prometa na raskrižju i provoznu brzinu (Tablica 2).

Tablica 2. Provozne brzine na raskrižju - postojeće stanje

	V85 (km/h)
Prilaz 1	55
Prilaz 2	32
Prilaz 3	60
Prilaz 4	44

U tablici 2 prikazane su provozne brzine za sve smjerove koju su zabilježili brojači prometa. Podaci su mjereni neprekidno, 24 sata, te prikazuju brzinu V85 na pojedinom privozu, odnosno brzinu ispod koje je prošlo 85 % vozila.

3.5. Provoznost

Provoznost na postojećem raskrižju provjerena je u programu AutoTURN. Kao mjerodavno vozilo koristilo se vozilo iz njemačke baze FGSV 2001, tegljač s prikolicom. Ispitana je provoznost za kritična skretanja, a to su:

- lijevi skretači s glavnog smjera (Slika 19)



Slika 19. Provoznost - lijevi skretači s glavnog smjera

- lijevi skretači za sporednih smjerova (Slika 20)



Slika 20. Provoznost - lijevi skretači sa sporednih smjerova

- desni skretači s glavnog smjera (Slika 21)



Slika 21. Provoznost - desni skretači s glavnog smjera

Provoznost za postojeće stanje zadovoljava za sve kritične smjerove kretanja.

3.6. Zaključno o postojećem stanju raskrižja

Na temelju analize postojećeg stanja raskrižja, koja je obuhvatila analizu prometnog opterećenja, prometnu sigurnost, preglednost, provozne brzine, zaključuje se sljedeće:

- razina uslužnosti za lijeve skretače iz prilaza 3 i za sve smjerove sporednih prilaza je C
- potrebne preglednosti prema jednim i drugim smjernicama nisu zadovoljene kod lijevih skretača iz ulice Maura Gioseffia i Partizanske ulice na glavni smjer, ostale dobivene preglednosti zadovoljavaju za sve slučajeve skretanja
- provozne brzine na glavnom smjeru su veće od propisanih
- postojeće klasično četverokrako raskrižje sadrži velik broj kolizionih točaka što utječe na smanjenje prometne sigurnosti
- provoznost postojećeg raskrižja zadovoljava za kritična skretanja.

Na temelju postojećeg stanja može se zaključiti da postoji potreba za rekonstrukcijom raskrižja te se kao varijantna rješenja predlažu :

- varijantno rješenje 1 – postojeće klasično raskrižje uz povećanje prometnog opterećenja
- varijantno rješenje 2 - klasično jednotračno kružno raskrižje
- varijantno rješenje 3 - turbo - kružno raskrižje.

4.VARIJANTNA RJEŠENJA

Potreba za rekonstrukcijom postojećeg raskrižja proizlazi iz analize postojećeg stanja raskrižja. Na postojećem raskrižju uočeno je kako postoji veliki broj kolizionih točaka te to uvelike utječe na prometnu sigurnost. Također nisu zadovoljene pojedine preglednosti te je brzina na pojedinim privozima prevelika. Navedeni nedostaci pokušati će se riješiti varijantnim rješenjima te će se analizom svih kriterija odabrati optimalno. U nastavku slijedi prijedlog i analiza tri varijantna rješenja raskrižja.

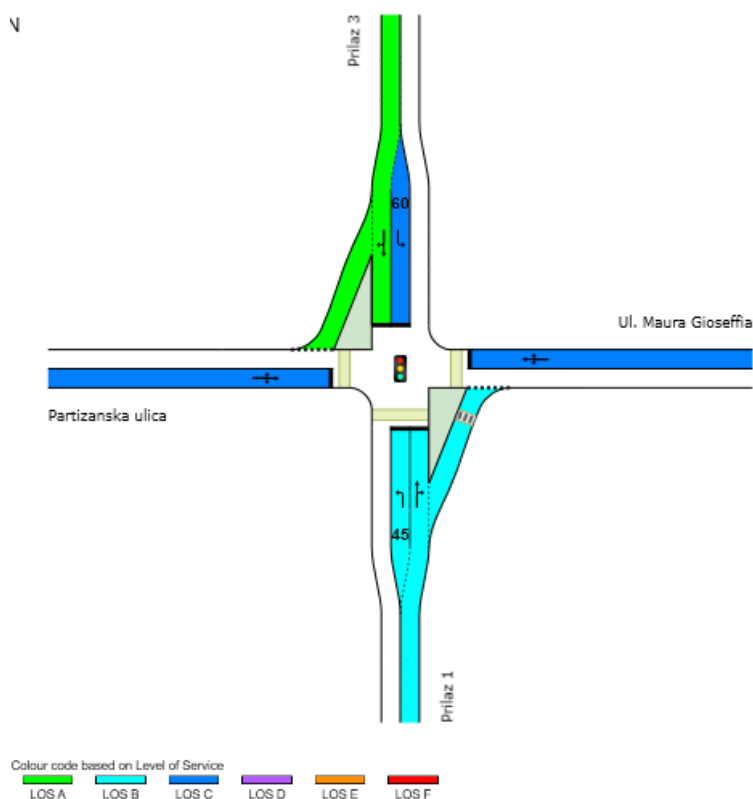
4.1. Varijantno rješenje 1 - postojeće klasično semaforizirano raskrižje uz povećanje prometnog opterećenja

Rekonstrukcija postojećeg raskrižja temelji se na ulaznim podacima dobivenim brojanjem prometa u ožujku 2021. godine (izvan sezone). Na temelju podataka o prometnom opterećenju te geometrijskih podataka o raskrižju određena je razina uslužnosti postojećeg raskrižja izvan sezone. Obzirom da je Poreč jedno od atraktivnijih turističkih destinacija u Istri, potrebno je projektirati raskrižje koje je, osim izvansezonskog prometnog opterećenja, u mogućnosti prihvatiti prometno opterećenje i u ljetnim mjesecima, kada je prometno opterećenje značajno povećano zbog velikog priljeva turista.

Kod ovog varijantnog rješenja podrazumijeva se ista geometrija raskrižja ali se analizira kapacitet raskrižja za sezonsko prometno opterećenje uvećano za 1% na projektni period od 10 godina. Ostali kriteriji (kolizione točke, provozna brzina, provoznost i preglednost) jednaki su kao u analizi postojećeg stanja raskrižja te se zaključuje da nije potrebna njihova ponovna analiza.

4.1.1. Razina uslužnosti varijantnog rješenja 1

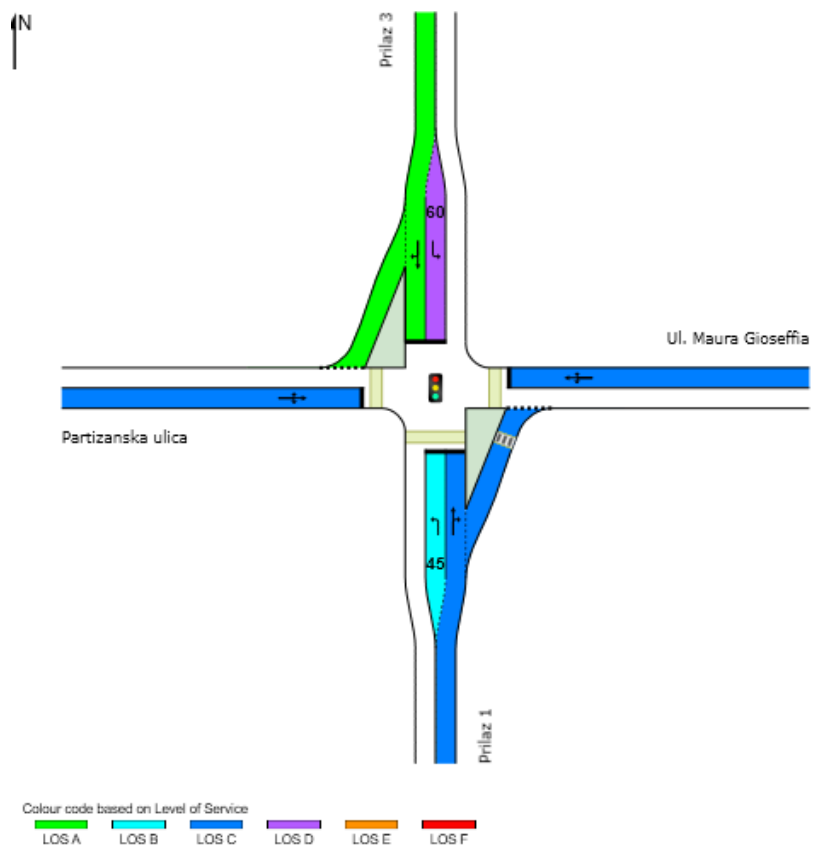
Kao ulazni podatak za buduće izvansezonsko prometno opterećenje uzeti će se trenutno prometno opterećenje uvećano za godišnji prirast od 1% te projektni period od 10 godina. U nastavku je određena RU za izvansezonsko prometno opterećenje, prikazana na Slici 22.



Slika 22. Analiza RU – izvan sezone (godišnji prirast 1%, period 10 g)

Na slici 22 vidi se kako nema razlike u dobivenoj razini uslužnosti u odnosu na postojeću RU za izvansezonsko prometno opterećenje. Prilaz 1 zadržao je razinu uslužnosti B. Prilazi 2, 4 i lijevi skretači iz prilaza 3 zadržali su razinu uslužnosti C te ravni i desni skretači iz prilaza 3 razinu uslužnosti A.

Kao mjerodavno prometno opterećenje za analizu razine uslužnosti u sezoni, za projektni period 10g. u programu SIDRA Intersection povećati će se prometno opterećenje za 40% te kao takvo simulirati prometno opterećenje raskrižja u ljetnim mjesecima (Slika 23).



Slika 23. RU (sezonska), godišnji rast 1%, PP 10 g.

Na slici 23 vidi se kako se RU raskrižja smanjila povećanjem prometnog opterećenja za 40%. Lijevim skretačima s prilaza 3, RU smanjila se sa C na D, a ravnim i desnim skretačima s prilaza 1 smanjila se s B na C. Ostale razine uslužnosti ostale su jednake.

4.2. Varijantno rješenje 2 - klasično kružno raskrižje

Kao varijantno rješenje 2 obrađuje se prijedlog za izgradnju klasičnog jednostranog kružnog raskrižja (Slika 24). Usvojeni su sljedeći elementi kružnog raskrižja:

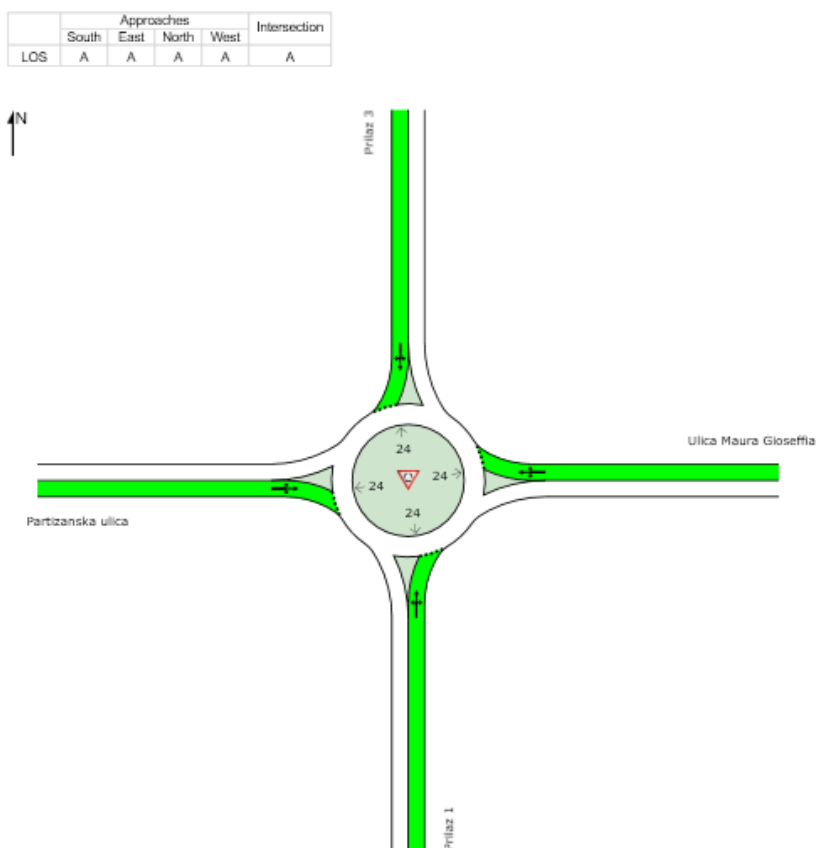
- vanjski radijus: 20 m
- radijus središnjeg otoka: 12 m
- širina povoznog dijela središnjeg otoka: 2 m
- širina prometnog traka u kružnom toku: 6 m
- širina prometnih trakova prilaza: 3,5 m
- ulazni radijusi: 14 m
- izlazni radijusi: 16 m
- širina pješačkih prijelaza: 4 m
- širina pješačkih nogostupa: 2 m



Slika 24. Varijantno rješenje 2 - klasično jednostrančno kružno raskrižje

4.2.1. Razina uslužnosti na varijantnom rješenju 2

Razina uslužnosti za klasično kružno raskrižje dobivena je na temelju ulaznog podatka o geometriji planiranog raskrižja te podatka o sezonskom prometnom opterećenju postojećeg raskrižja (uvećanje postojećeg prometnog opterećenja za 40%) uvećanog za godišnji prirast od 1% u projektom periodu od 10 godina. Slika 25 prikazuje RU novoprojektiranog klasičnog kružnog raskrižja.

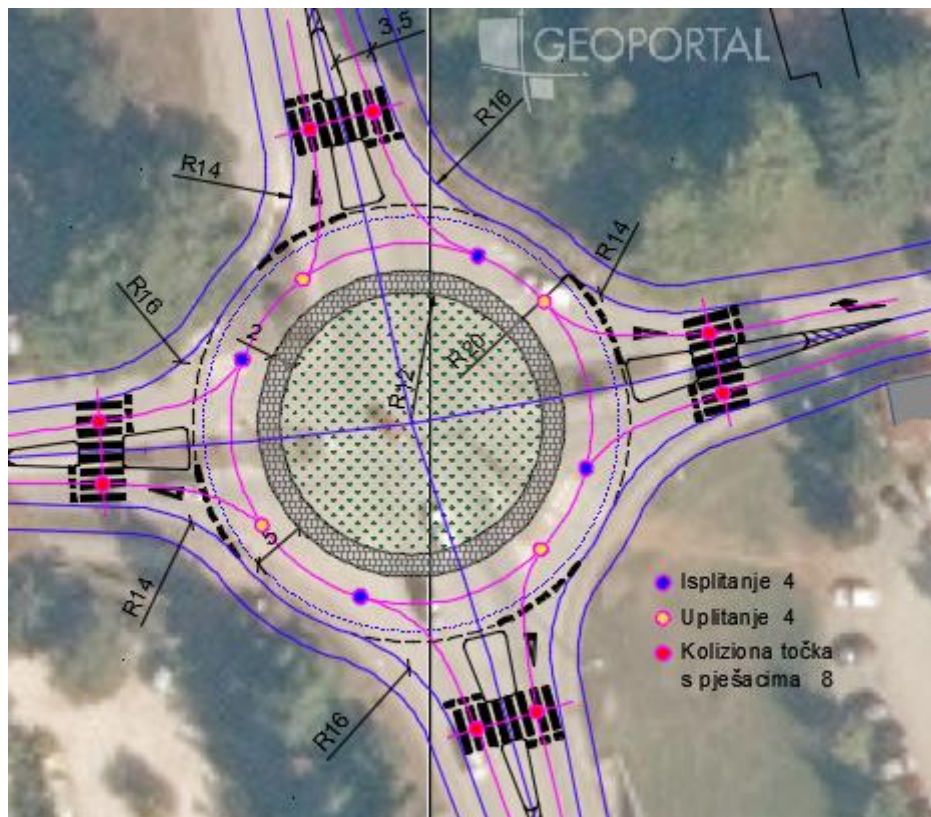


Slika 25. Razina uslužnosti klasičnog kružnog raskrižja-PP 10 g.

Razina uslužnosti, u odnosu na postojeće stanje, povećana je na prilazu 1 s razine B i C na razinu A, sporedni prilazi podignuti su s razine B na razinu A. Klasičnim kružnim raskrižjem najviše bi profitirali lijevi skretači na prilazu 3 kojima se RU podigla s razine D na razinu A. Iz dobivene razine uslužnosti zaključuje se kako kapacitet zadovoljava, te ima veliku rezervu, za ovo varijantno rješenje.

4.2.2. Prometna sigurnost na varijantnom rješenju 2

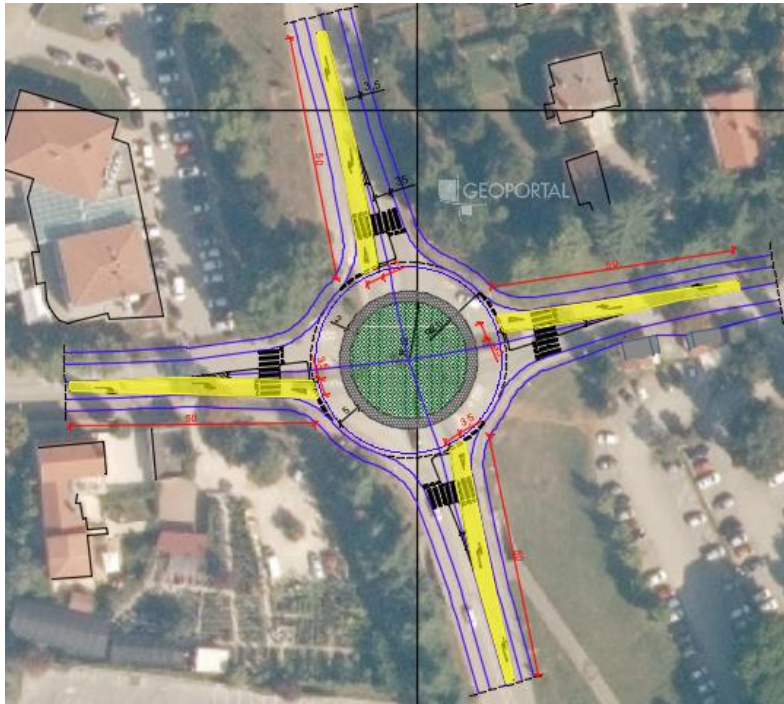
Varijantno rješenje 2, odnosno klasično jednostručno kružno raskrižje, ukazuje na 4 točke isplitanja, 4 točke uplitanja te 8 kolizionih točaka s pješacima što ukupno daje 16 kolizionih točaka (Slika 26).



Slika 26. Varijantno rješenje 2 - kolizionne točke

Prilikom izgradnje novog ili rekonstrukcije postojećeg raskrižja, potrebno je osigurati zaustavnu preglednost. Zaustavna preglednost je put koji vozilo prijeđe od trenutka kada uoči opasnost do trenutka kada se zaustavlja. Kod kružnog raskrižja potrebno je osigurati 4 preglednosti: prilazna preglednost, preglednost lijevo, preglednost desno te preglednost u kružnom kolniku.

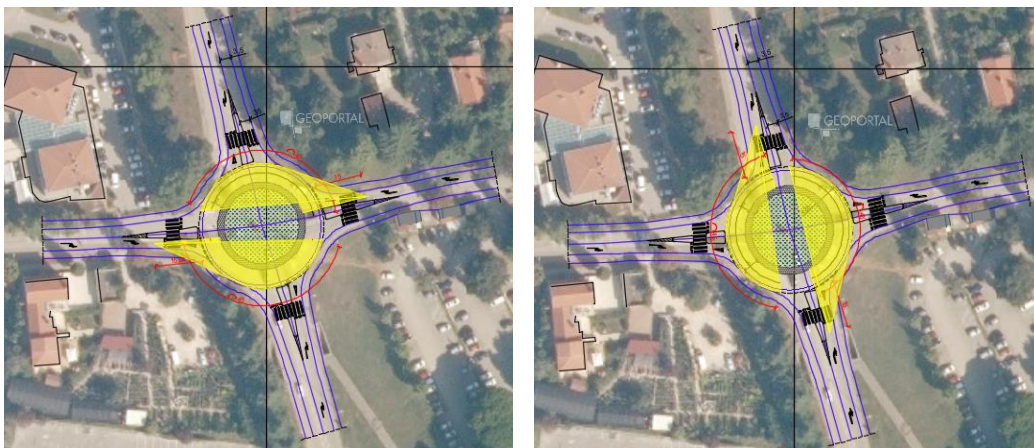
Prilazna preglednost



Slika 27. Varijantno rješenje 2 - prilazna preglednost

Na slici 27 vidi se da je prilazna preglednost za varijantno rješenje 2 zadovoljena.

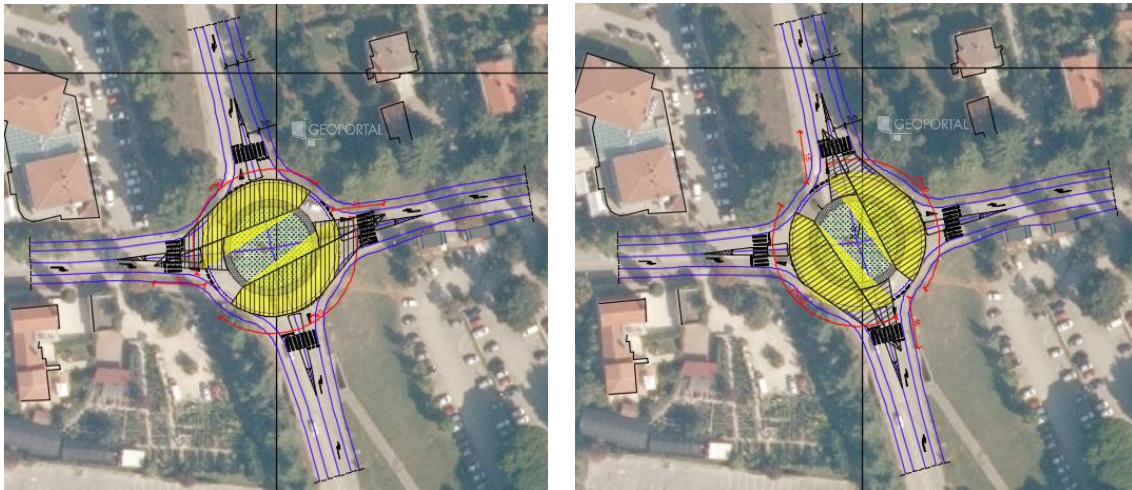
Preglednost na ulazima



Slika 28. Varijantno rješenje 2 - Preglednost na ulazu

Slika 28 pokazuje kako su preglednosti na ulazima zadovoljene.

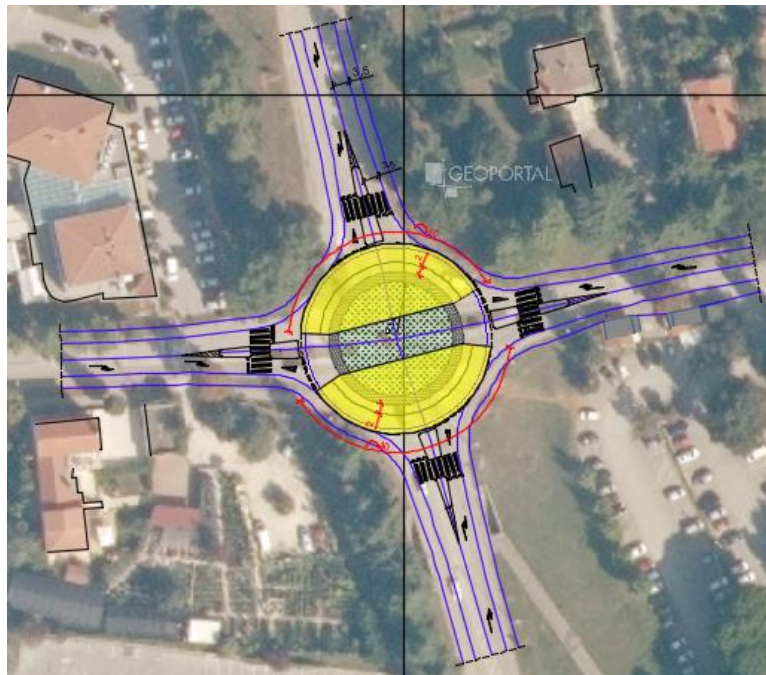
Preglednost lijevo



Slika 29. Varijantno rješenje 2 - Preglednost ulijevo

Slika 29 pokazuje kako su preglednosti ulijevo na glavnim i sporednim pravcima zadovoljene.

Preglednost u kružnom kolniku

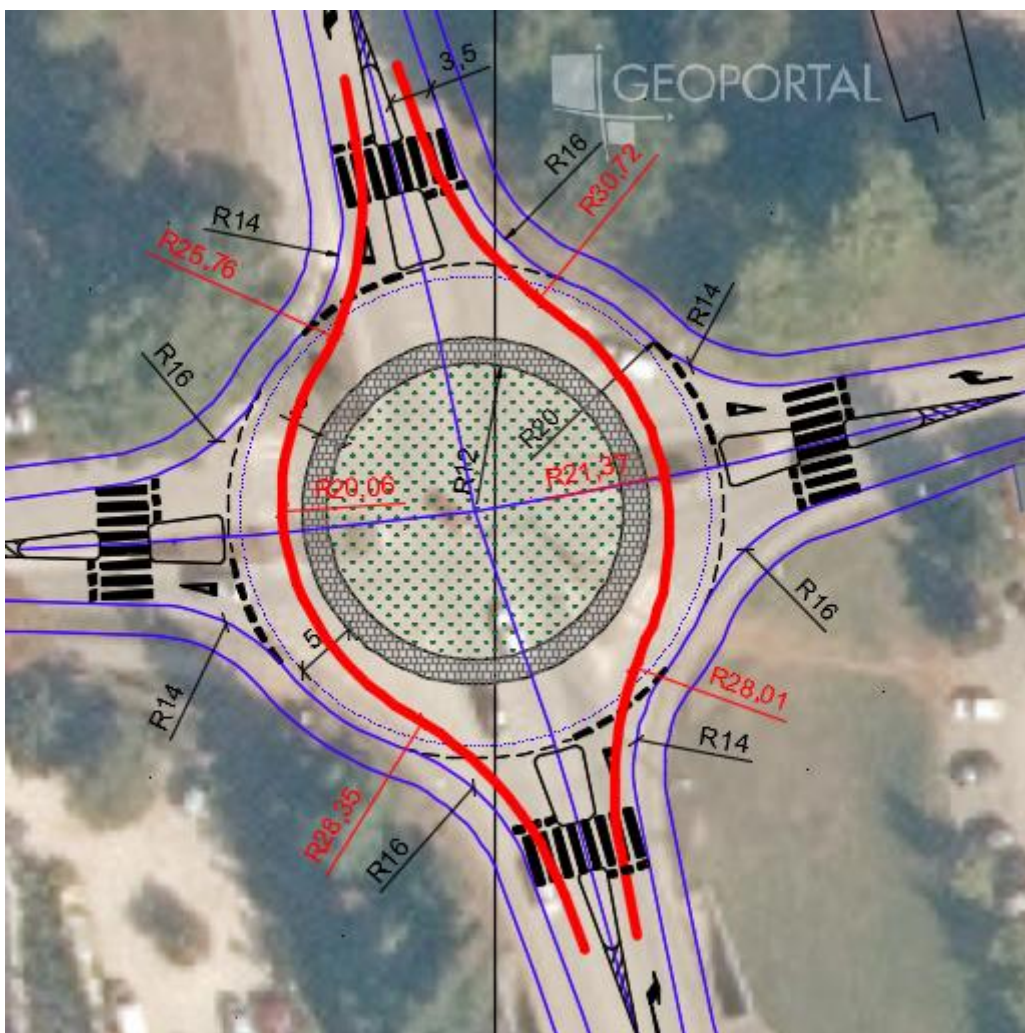


Slika 30. Varijantno rješenje 2 - preglednost u kružnom kolniku

Slika 30 pokazuje kako je preglednost u kružnom kolniku zadovoljena.

4.2.3. Provozna brzina na varijantnom rješenju 2

Provozna brzina je najveća teoretska brzina kojom vozilo može proći kružnim raskrižjem. U ovom radu, provozna brzina se provjeravala za ravni smjer na potezu prilaz 1 - prilaz 3 i prilaz 3 - prilaz 1. Navedeni potez predstavlja glavni smjer raskrižja te se na njemu razvijaju najveće brzine. Trajektorije kretanja mjerodavnog vozila pretpostavljene su tako da su od uzdignutih, rubnih dijelova raskrižja odmaknute 1,5 m na ulazu u raskrižje, na sredini i na izlazu iz raskrižja. Ukoliko trajektorija vozila prolazi mimo rubnih dijelova raskrižja koja nisu uzdignuta, ista se udaljava za 1,0 m. Na slici 31, crvenom bojom prikazane su trajektorije kretanja osobnog automobila kao mjerodavnog vozila kroz jednostručno kružno raskrižje.



Slika 31. Varijantno rješenje 2 - trajektorije kretanja mjerodavnog vozila

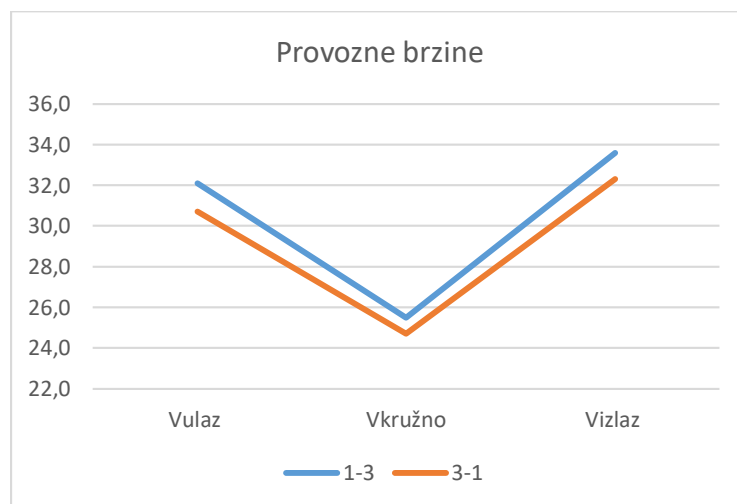
Nakon što su ucrtane trajektorije kretanja vozila, svakoj liniji očitaju se tri radijusa: na ulazu, u sredini te na izlazu iz kružnog raskrižja. Na osnovu sljedećeg izraza izračuna se provozna

brzina: $V = \sqrt{127 * R * (e + f_r)} * 7,4 * \sqrt{R_{vl}}$, gdje je V - provozna brzina, R - radijus trajektorije kretanja vozila, e - poprečni nagib kolnika te f_r - koeficijent trenja između gume i kolnika. Tablica 3 prikazuje očitane radijuse i dobivene provozne brzine u kružnom raskrižju. [4]

Tablica 3. Varijantno rješenje 2 - provozne brzine

SMJER	Rulaz (m)	Rkružno (m)	R izlaz (m)	Vulaz (km/h)	Vkružno (km/h)	Vizlaz (km/h)
1-3	28,01	21,37	30,72	32,1	25,5	33,6
3-1	25,76	20,06	28,35	30,7	24,7	32,3

Slika 32 prikazuje dobivene provozne brzine na varijantnom rješenju 2. Provozne brzine prema preporukama Smjernica za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama moraju biti manje od 40 km/h. Dobivene su provozne brzine između 24,7 km/h i 33,6 km/h što zadovoljava preporučene vrijednosti.

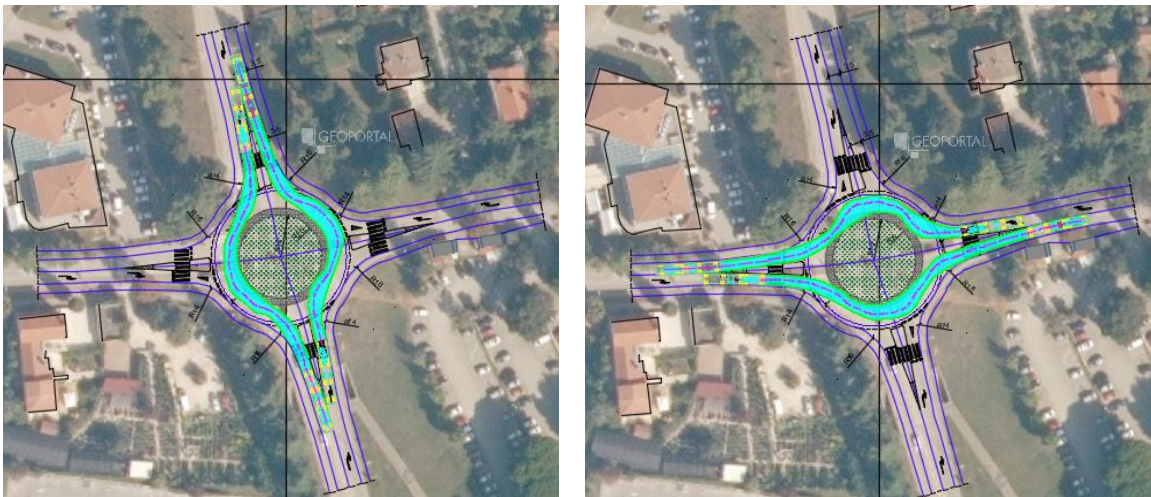


Slika 32. Varijantno rješenje 2 - provozne brzine

4.2.4. Provoznost na varijantnom rješenju 2

Provoznost za sve smjerove kretanja provjerena je u programu AutoTURN. Kao mjerodavno vozilo koristilo se vozilo iz baze FGSV 2001, tegljač s prikolicom. Ispitana je provoznost za sve smjerove kretanja.

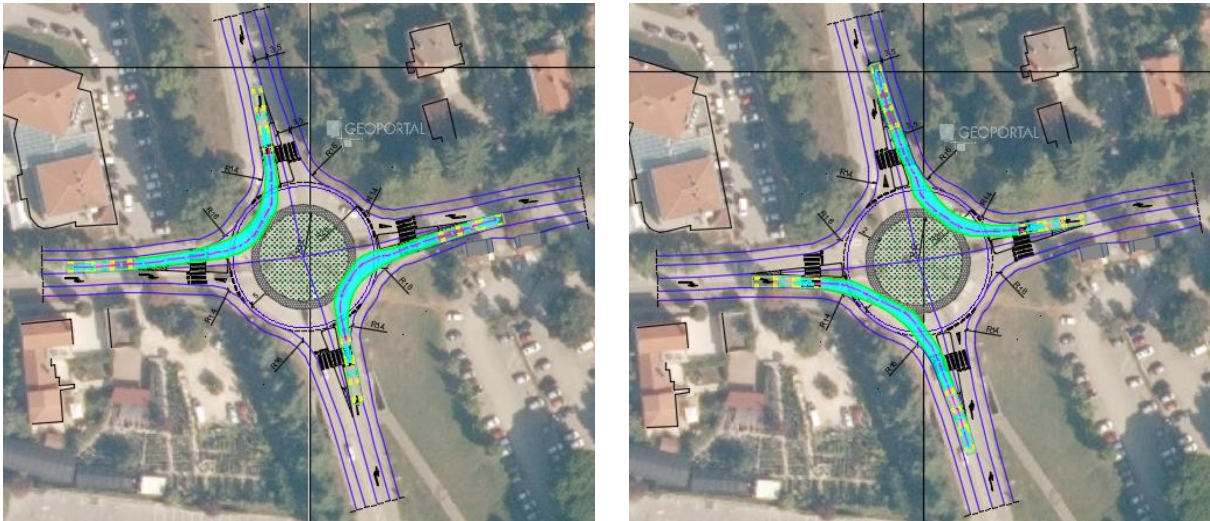
Prolazak ravno



Slika 33. Provoznost - prolazak ravno s glavnog i sa sporednih smjerova

Na slici 33 vidi se kako je provoznost za prolazak ravno s glavnog i sa sporednih smjerova zadovoljena.

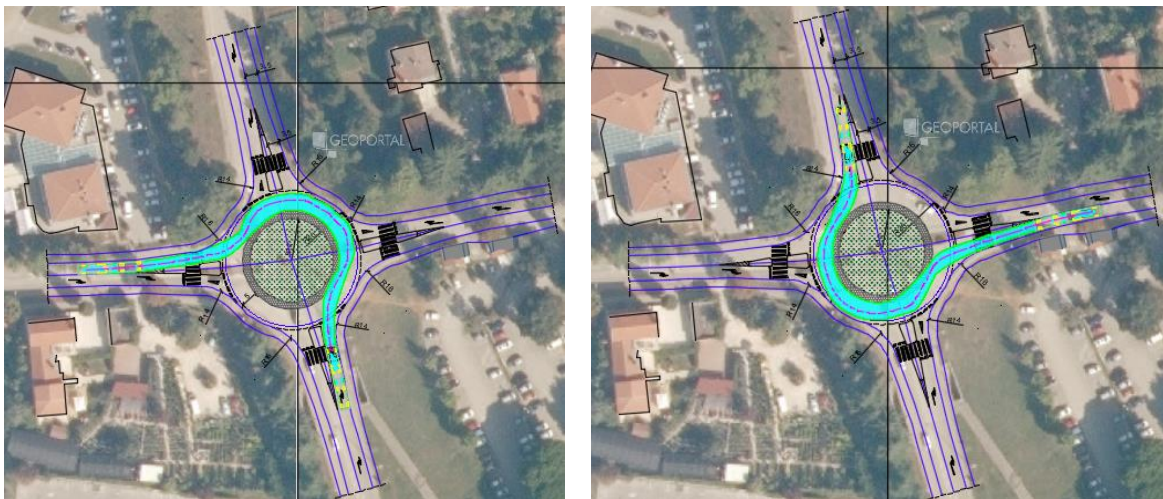
Desni skretači



Slika 34. Provoznost - desni skretači s glavnog smjera (lijevo) i sporednog smjera (desno)

Sa slike 34 vidi se kako je provoznost za desne skretače zadovoljena.

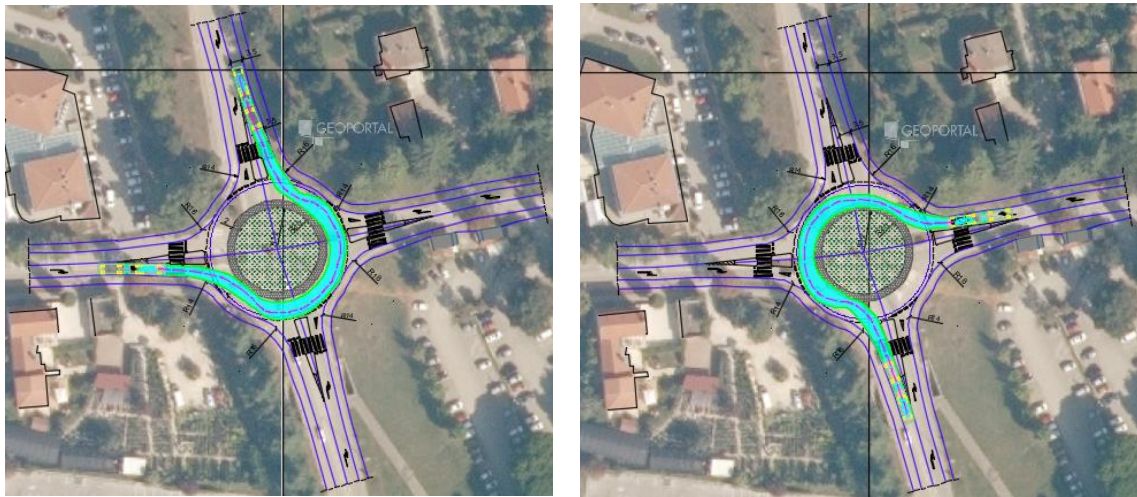
Lijevi skretači s glavnog smjera



Slika 35. Provoznost - lijevi skretači s glavnog smjera

Na slici 35 vidi se kako je provoznost za lijeve skretače s glavnog u sporedni smjer zadovoljena.

Lijevi skretači sa sporednog smjera



Slika 36. Provoznost - lijevi skretači sa sporednog smjera

Na slici 36 vidi se kako je provoznost za lijeve skretače sa sporednog u glavni smjer zadovoljena.

4.3. Varijantno rješenje 3 - turbo kružno raskrižje

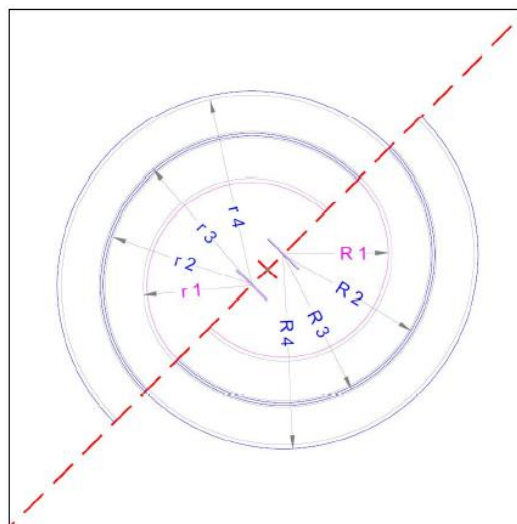
Kao treća varijanta obrađuje se prijedlog za izgradnju turbo-kružnog raskrižja, kao tip alternativnog kružnog raskrižja (Slika 37).



Slika 37. Varijanta 2 - turbo - kružno raskrižje

Elementi raskrižja (slika 37, slika 38), odabrani za standardno kružno raskrižje, su:

- R1: 12,00 m
- R2: 17,15 m
- R3: 17,45 m
- R4: 22,45 m
- r1: 12,50 m
- r2: 16,95 m
- r3: 17,65 m
- r4: 21,95 m



Slika 38. Odabrani elementi turbo - kružnog raskrižja [7]

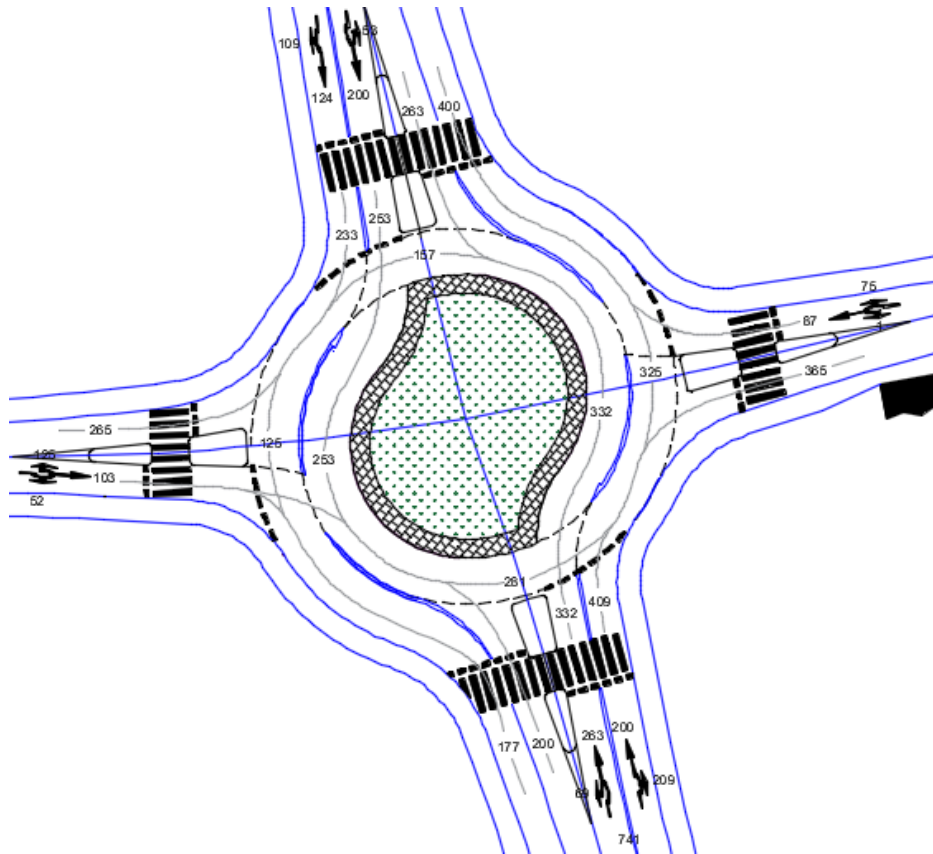
- širina povoznog dijela središnjeg otoka: 2 m
- širina prometnog traka u kružnom toku: 4,50 - 5,50 m
- širina prometnih trakova prilaza: 3,5 m
- ulazni radijusi: 12 m
- izlazni radijusi: 15 m
- širina pješačkih prijelaza: 4 m
- širina pješačkih nogostupa: 2 m

4.3.1. Razina uslužnosti na varijantnom rješenju 3

Za proračun kapaciteta turbo kružnih raskrižja koristila se modificirana Bovyjeva jednadžba preporučena Smjernicama [7]. Iz tablice 4 vidi se kako stupanj zasićenja ne prelazi 80% (najveći je 32%) te se zaključuje kako ova varijanta zadovoljava u pogledu kapaciteta. Na slici 39 prikazana je količina prometnog opterećenja na pojedinim smjerovima kretanja koja se koristila pri proračunu kapaciteta. Iz dobivenih podataka (tablica 4) vidi se kako postoji velika rezerva u kapacitetu te iz toga proizlazi kako je razina uslužnosti A za varijantno rješenje 3.

Tablica 4. Varijantno rješenje 3 - kapacitet

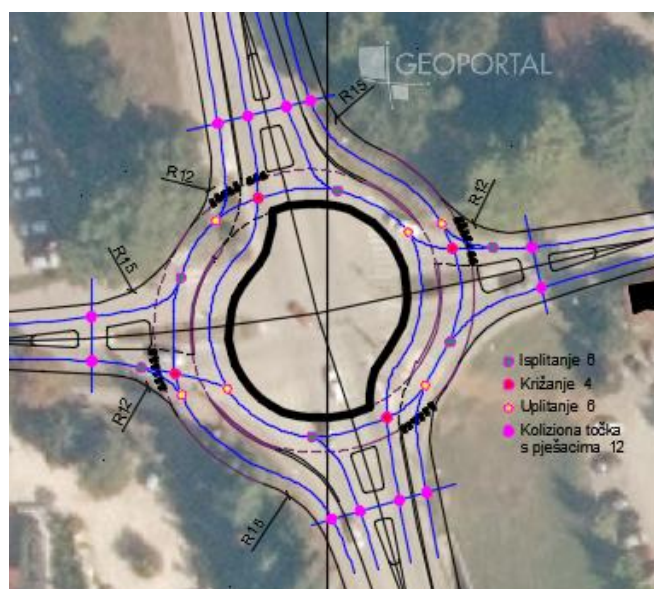
	maksimalni kapacitet voznog traka na ulazu	ukupno prometno opterećenje u kružnom kolniku	slabiji tok u kružnom kolniku	jači tok u kružnom kolniku	koeficijent - broj traka u kružnom		koeficijent - broj traka na izlazu		izlaz			kapacitet ulaza		stvarno opterećenje na ulazu		stupanj zasićenja	
					b,m	b,M	a1	a2	ukupno	bliža (unutarnja)	dalja	lijeva	desna	lijeva	desna	lijeva	desna
privoz	C0	QR	QR,m	QR,M	b,m	b,M	a1	a2	Qex	Qex	Qex	CE,1	CE,2	Cul,1	Cul,2	LL	LD
1	1550	281		281	0,68	0,82	0,21	0,14	377	200	177	1240,41	1266,8	332	409	27%	32%
2	1550	657	325	332	0,68	0,82	0,21	0,14	365	365		980,11	1226,66	163		17%	
3	1550	157		157	0,68	0,82	0,21	0,14	663	263	400	1282,03	1328,44	253	233	20%	18%
4	1550	378	125	253	0,68	0,82	0,21	0,14	265	265		1201,89	1305,44	280		23%	



Slika 39. Količina prometnog opterećenja na pojedinim smjerovima kretanja

4.3.2. Prometna sigurnost na varijantnom rješenju 3

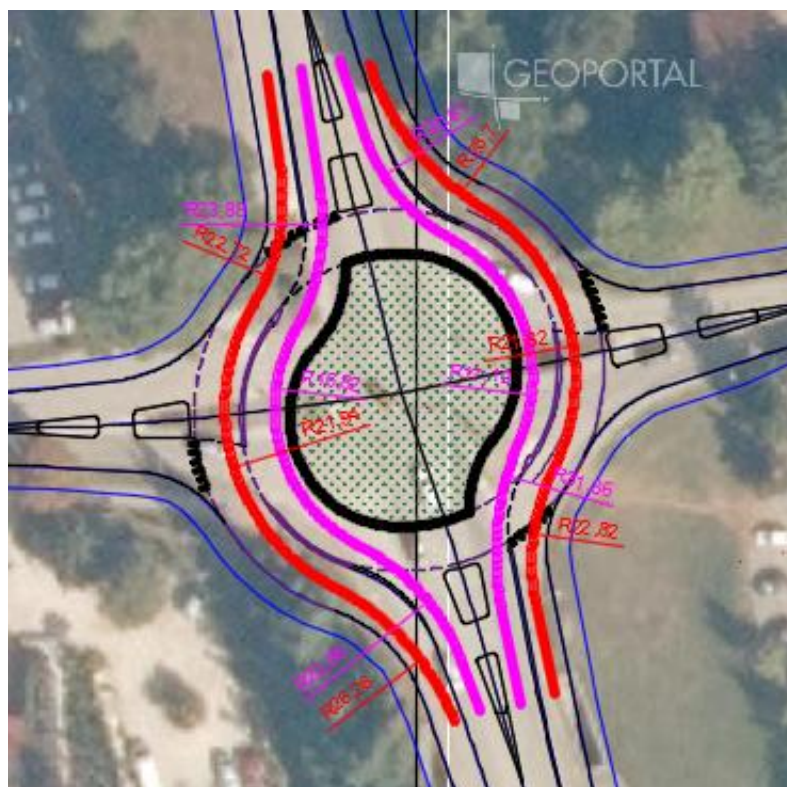
Varijantno rješenje 3, odnosno turbo - kružno raskrižje, ukazuje na 6 točaka isplitanja, 4 točke križanja, 6 točaka uplitanja te 12 kolizionih točaka s pješacima što ukupno daje 28 kolizionih točaka (Slika 40).



Slika 40. Varijantno rješenje 3 - kolizione točke

4.3.3. Provozna brzina na varijantnom rješenju 3

U ovom radu, provozna brzina se provjeravala za ravni smjer na potezu prilaz 1 - prilaz 3 i prilaz 3 - prilaz 1. Navedeni potez predstavlja glavni smjer raskrižja te se na njemu razvijaju najveće brzine. Trajektorije kretanja mjerodavnog vozila pretpostavljene su tako da su od uzdignutih, rubnih dijelova raskrižja odmaknute 1,5 m na ulazu u raskrižje, na sredini i na izlazu iz raskrižja. Ukoliko trajektorija vozila prolazi mimo rubnih dijelova raskrižja koja nisu uzdignuta, ista se udaljava za 1,0 m. Na slici 41, crvenom i rozom bojom prikazane su trajektorije kretanja osobnog automobila kao mjerodavnog vozila kroz jednotračno kružno raskrižje.



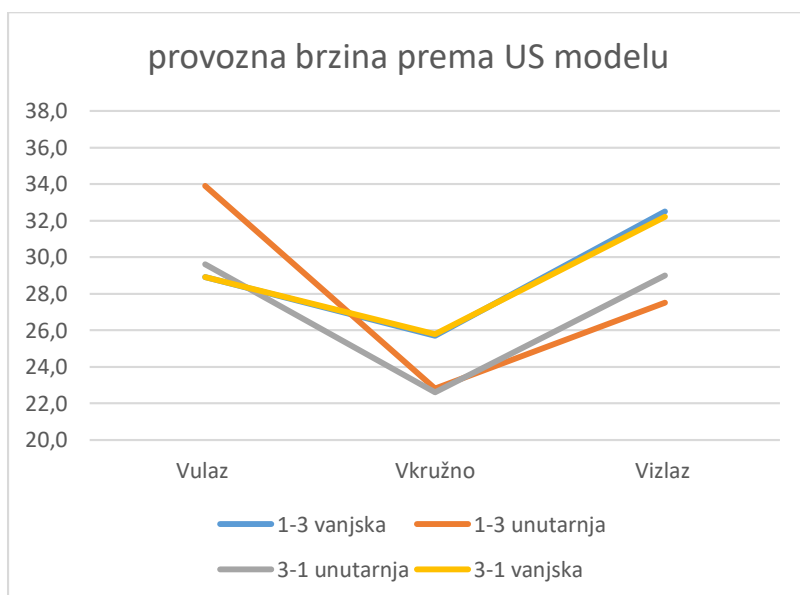
Slika 41. Varijantno rješenje 3 - provozne brzine

Nakon što su ucrtane trajektorije kretanja vozila, svakoj liniji očitaju se tri radijusa: na ulazu, u sredini te na izlazu iz kružnog raskrižja. Na osnovu sljedećeg izraza izračuna se provozna brzina: $V = \sqrt{127 * R * (e + f_r)7,4 * \sqrt{R_{vl}}}$, gdje je V - provozna brzina, R - radijus trajektorije kretanja vozila, e - poprečni nagib kolnika te f_r - koeficijent trenja između gume i kolnika. Tablica 5 prikazuje očitane radijuse i dobivene provozne brzine u turbo-kružnom raskrižju. [7]

Tablica 5. Varijantno rješenje 3 - provozne brzine

SMJER i prometna traka	Rulaz (m)	Rkružno (m)	R izlaz (m)	Vulaz (km/h)	Vkružno (km/h)	Vizlaz (km/h)
1-3 vanjska	22,82	21,82	28,7	28,9	25,7	32,5
1-3 unutarnja	31,36	17,19	20,61	33,9	22,8	27,5
3-1 unutarnja	23,88	16,82	22,86	29,6	22,6	29,0
3-1 vanjska	22,72	21,94	28,26	28,9	25,8	32,2

Slika 42 prikazuje dobivene provozne brzine. Provozne brzine prema preporukama Smjernica za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama moraju biti manje od 40 km/h. Dobivene su provozne brzine između 22,6 km/h i 33,9 km/h što zadovoljava preporučene smjernice.

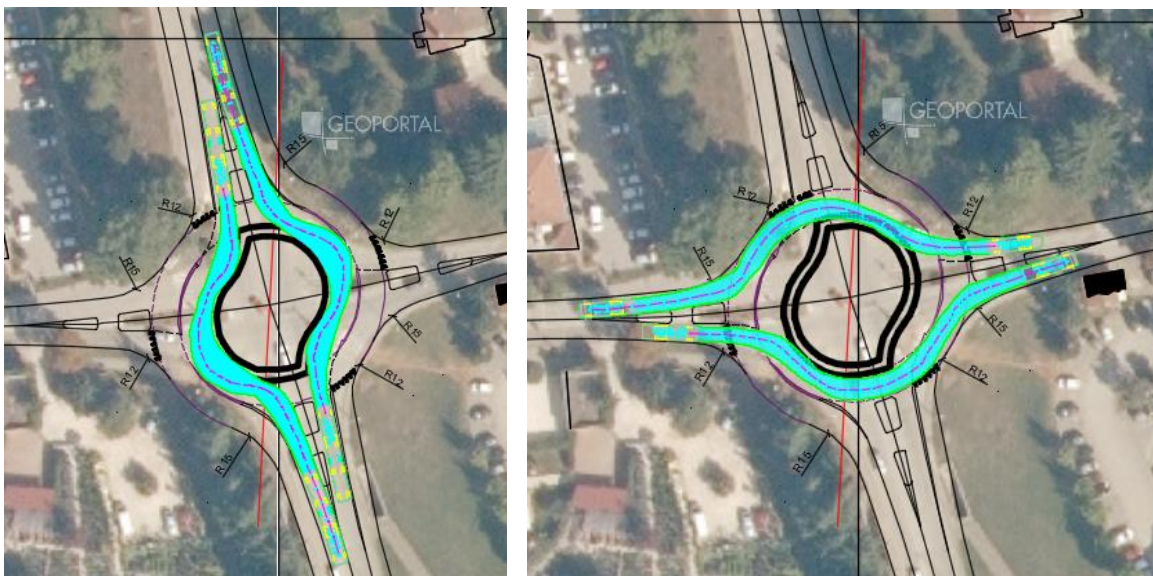


Slika 42. Varijantno rješenje 3 - provozne brzine

4.3.4. Provoznost na varijantnom rješenju 3

Provoznost za sve smjerove kretanja provedena je u programu AutoTURN. Kao mjerodavna vozila koristila su se vozila iz baze FGSV 2001, tegljač s prikolicom te kamion težine do 5 tona. Kao mjerodavno vozilo za glavni smjer (prilaz 1 i prilaz 3) koristio se tegljač s prikolicom dok je za sporedne smjerove (prilaz 2 i prilaz 4) provedena provoznost za kamion do 5 tona. Prema uvidu brojanja prometa i geometriji raskrižja pretpostavlja se da veliko vozilo kao tegljač s prikolicom nema potrebu koristiti sporedne smjerove te se prema tome kao mjerodavno vozilo uzima kamion do 5t. Ispitana je provoznost za sve smjerove kretanja.

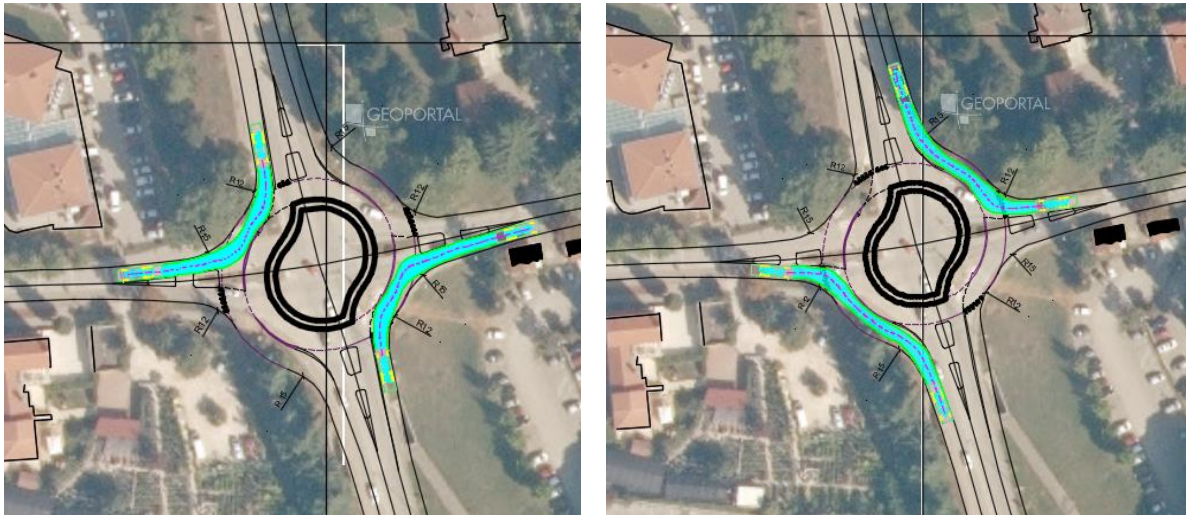
Prolazak ravno



Slika 43. Provoznost - prolazak ravno

Slika 43 prikazuje provoznosti na raskrižju za prolazak ravno. Lijevi dio slike prikazuje prolazak ravno u smjeru 1-3 i 3-1 tegljača s prikolicom dok desni dio prikazuje prolazak ravno kamiona do 5 tona u smjeru 2-4 i 4-2.

Desni skretači



Slika 44. Provoznost - desni skretači

Na slici 44 vidi se da provoznost za desne skretače zadovoljava.

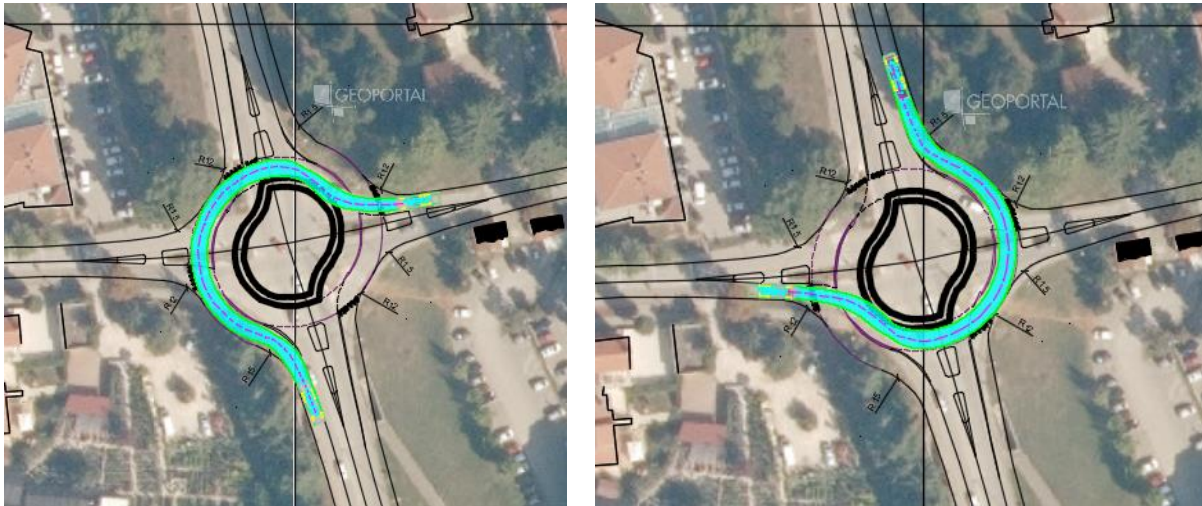
Lijevi skretači s glavnog smjera



Slika 45. Provoznost - lijevi skretači s glavnog smjera

Na slici 45 vidi se da provoznost za lijeve skretače s glavnog smjera zadovoljava.

Lijevi skretači sa sporednog smjera



Slika 46. Provoznost - lijevi skretači sa sporednog smjera

Na slici 46 vidi se da provoznost za lijeve skretače sa sporednog smjera zadovoljava.

5. ODABIR OPTIMALNOG RJEŠENJA RASKRIŽJA

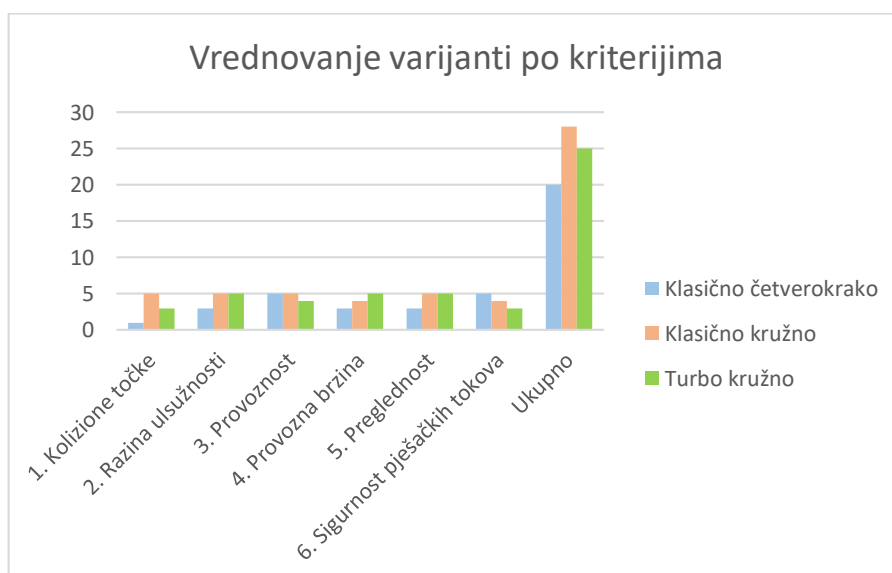
Predložena varijantna rješenja vrednovati će se po unaprijed odabranim kriterijima. Svaki kriterij ocijeniti će se ocjenom od 1 (najlošije zadovoljava) do 5 (najbolje zadovoljava). Vrednovati će se slijedećih 6 kriterija:

1. kolizione točke
2. razina uslužnosti
3. provoznost
4. provozna brzina
5. preglednost
6. sigurnost pješaačkih tokova

Naposljetku, kao optimalno rješenje biti će odabrano ono koje prema predloženim kriterijima ima najveći broj bodova odnosno najbolje ocjene. U tablici 6 prikazano je vrednovanje po kriterijima tri varijante raskrižja.

Tablica 6. Vrednovanje varijanti po kriterijima

Situacija	Tip raskrižja	Kriterij						Ukupno
		1. Kolizione točke	2. Razina uslužnosti	3. Provoznost	4. Provozna brzina	5. Preglednost	6. Sigurnost pješaačkih tokova	
Varijanta 1	Klasično četverokrako	1	3	5	3	3	5	20
Varijanta 2	Klasično kružno	5	5	5	4	5	4	28
Varijanta 3	Turbo kružno	3	5	4	5	5	3	25



Slika 47. Vrednovanje varijanti po kriterijima

Prvi kriterij su kolizione točke. U varijantnom rješenju 1 pojavljuje se najveći broj kolizionih točaka (41 točka) te je isto najlošije ocijenjeno. Kod varijantnog rješenja 2 pojavljuje se samo 16 kolizionih točaka te je isto najbolje ocijenjeno po tom kriteriju. U varijantnom rješenju 3, turbo-kružno raskrižje, pojavljuje se 28 kolizionih točaka zbog pojave dviju prometnih traka u kružnom toku.

Drugi kriterij je razina uslužnosti i najlošije je ocijenjena u klasičnom četverokrakom raskrižju, odnosno u varijantnom rješenju 1. I kod prvog i kod drugog varijantnog rješenja razina uslužnosti je A i stoga je objema dodijeljena najviša moguća ocjena.

Treći kriterij, odnosno provoznost, zadovoljava kod sva 3 varijantna rješenja ali je najlošije ocijenjeno varijantno rješenje 3 zbog odabranog manjeg mjerodavnog vozila koji se kreće u ili iz prilaza 2 i prilaza 4.

Četvrti kriterij je kriterij provozne brzine. Najlošije je ocijenjeno varijantno rješenje 1 zbog velikih brzina koje se javljaju na prilazu 1 i prilazu 3. Kod varijantnog rješenja 3 pojavljuju se najmanje provozne brzine u kružnom toku te je isto ocijenjeno najvišom ocjenom.

Peti kriterij je kriterij preglednosti. Najlošije je ocijenjeno varijantno rješenje 1 jer kod istog nije zadovoljena preglednost za lijeve skretače iz prilaza 2 i prilaza 4 na glavni smjer. Preostala dva varijantna rješenja zadovoljavaju kriterij preglednosti te su ocijenjena najvišom ocjenom.

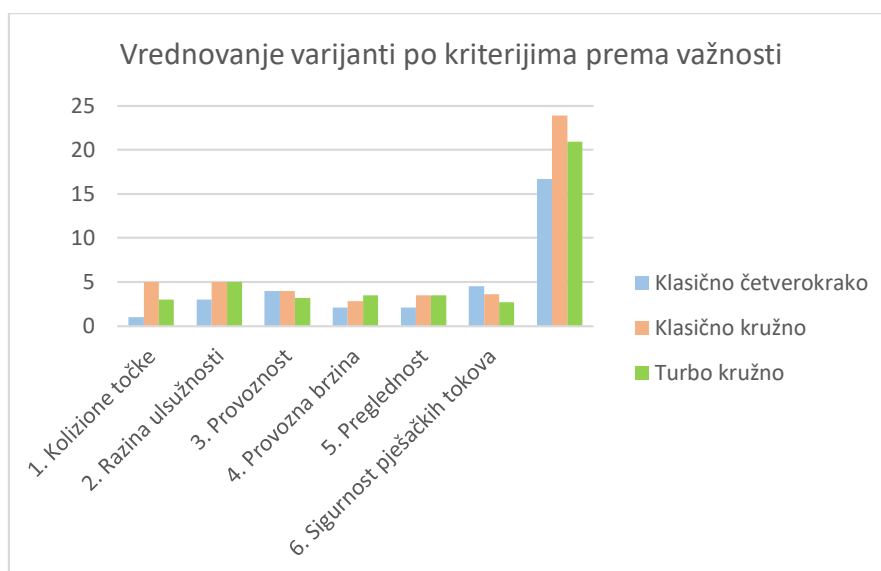
Posljednji, šesti, kriterij je sigurnost pješćkih tokova. Pošto su pješćci u varijantnom rješenju 1, zaštićeni zelenim svjetlom za pješćake koje im omogućuje bezbrižan prelazak preko prometnice, isto je ocijenjeno najvišom ocjenom. Varijantno rješenje 2 ocijenjeno je ocjenom 4 zbog toga jer prelazak pješćaka preko prometnice nije zaštićen zelenim svjetlom ali je itekako sigurniji u odnosu na varijantno rješenje 3 u kojem se pojavljuju dodatne kolizione točke između pješćaka i vozila zbog pojave dodatnog prometnog traka na prilazima 1 i 3. Varijantno rješenje 3, kao najnesigurnije u usporedbi s ostala 2 rješenja, ocijenjeno je ocjenom 3.

Analizom svakog pojedinog kriterija utvrđeno je kako varijantno rješenje 2, odnosno klasično kružno raskrižje, ima najveći zbroj bodova u usporedbi s ostala 2 te se isto odabire kao optimalno rješenje.

Za odabiranje optimalnog rješenja napravljeno je i dodatno vrednovanje po kriterijima tako da se svakom kriteriju dodijelio određeni koeficijent važnosti (s kojim se ocjene množe) koji je po mojem mišljenju više ili manje bitan kod rekonstrukcije postojećeg raskrižja. Koeficijent 1 predstavlja veću važnost kriterija, dok niži kriteriji predstavljaju manju važnost kriterija. Tako je kolizionim točkama i razini uslužnosti dodijeljen koeficijent 1, proвозnosti 0,8, proвозnoj brzini i preglednosti 0,7 te sigurnosti pješćkih tokova 0,9. U tablici 7 vide se ocjene pomnožene s navedenim koeficijentima te njihov ukupni zbroj.

Tablica 7. Vrednovanje varijanti po kriterijima prema važnosti

Situacija	Tip raskrižja	Kriterij						Ukupno
		1. Kolizione točke	2. Razina uslužnosti	3. Provoznost	4. Provozna brzina	5. Preglednost	6. Sigurnost pješćkih tokova	
Varijanta 1	Klasično četverokrako	1	3	4	2,1	2,1	4,5	16,7
Varijanta 2	Klasično kružno	5	5	4	2,8	3,5	3,6	23,9
Varijanta 3	Turbo kružno	3	5	3,2	3,5	3,5	2,7	20,9
	koeficijent	1	1	0,8	0,7	0,7	0,9	



Slika 48. Vrednovanje varijanti po kriterijima prema važnosti

Na slici 48 vidi se kako i dalje varijantno rješenje 2 ima najveći zbroj bodova te se ponovno isto odabire kao optimalno rješenje.

6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je analizirati postojeće raskrižje i pronaći optimalno rješenje koje bi podiglo razinu sigurnosti na raskrižju te povećalo kapacitet samog raskrižja.

Analizom postojećeg stanja utvrđeno je kako postojeće raskrižje nema kapacitet dovoljan za prihvatiti veliki broj vozila tijekom sezone, u ljetnim mjesecima. Osim kapaciteta, prometna sigurnost raskrižja smanjena je velikim brojem kolizionih točaka na raskrižju. Analizom je također utvrđeno kako nisu zadovoljene potrebne preglednosti na raskrižju te da su brzine na glavnom smjeru prevelike.

Ovim diplomskim radom predložene su 3 varijantna rješenja rekonstrukcije postojećeg raskrižja:

- varijantno rješenje 1 – postojeće klasično raskrižje uz povećanje prometnog opterećenja
- varijantno rješenje 2 - klasično jednotračno kružno raskrižje
- varijantno rješenje 3 - turbo-kružno raskrižje.

Svako od navedenih varijantnih rješenja analizirano je prema kriterijima razine uslužnosti, prometne sigurnosti, provoznosti i provozne brzine. Nakon analize po kriterijima, rješenja su se vrednovala i odabrano je optimalno rješenje.

U varijantnom rješenju 1 najveći problem predstavljao je veliki broj kolizionih točaka što smanjuje prometnu sigurnost na raskrižju. Potrebne preglednosti na raskrižju ne zadovoljavaju te je provozna brzina na glavnom smjeru prevelika.

Varijantno rješenje 3 je bolja opcija, međutim kod te varijante ugrožena je sigurnost pješaka te i dalje sadrži velik broj kolizionih točaka zbog dvije prometne trake na glavnom smjeru.

Kao optimalno rješenje odabire se varijantno rješenje 2. Varijantno rješenje 2 zadovoljava sve analizirane kriterije te sadrži najmanji broj kolizionih točaka što povećava prometnu sigurnost koja je jedan od važnijih kriterija pri rekonstrukciji postojećeg raskrižja.

7. Literatura

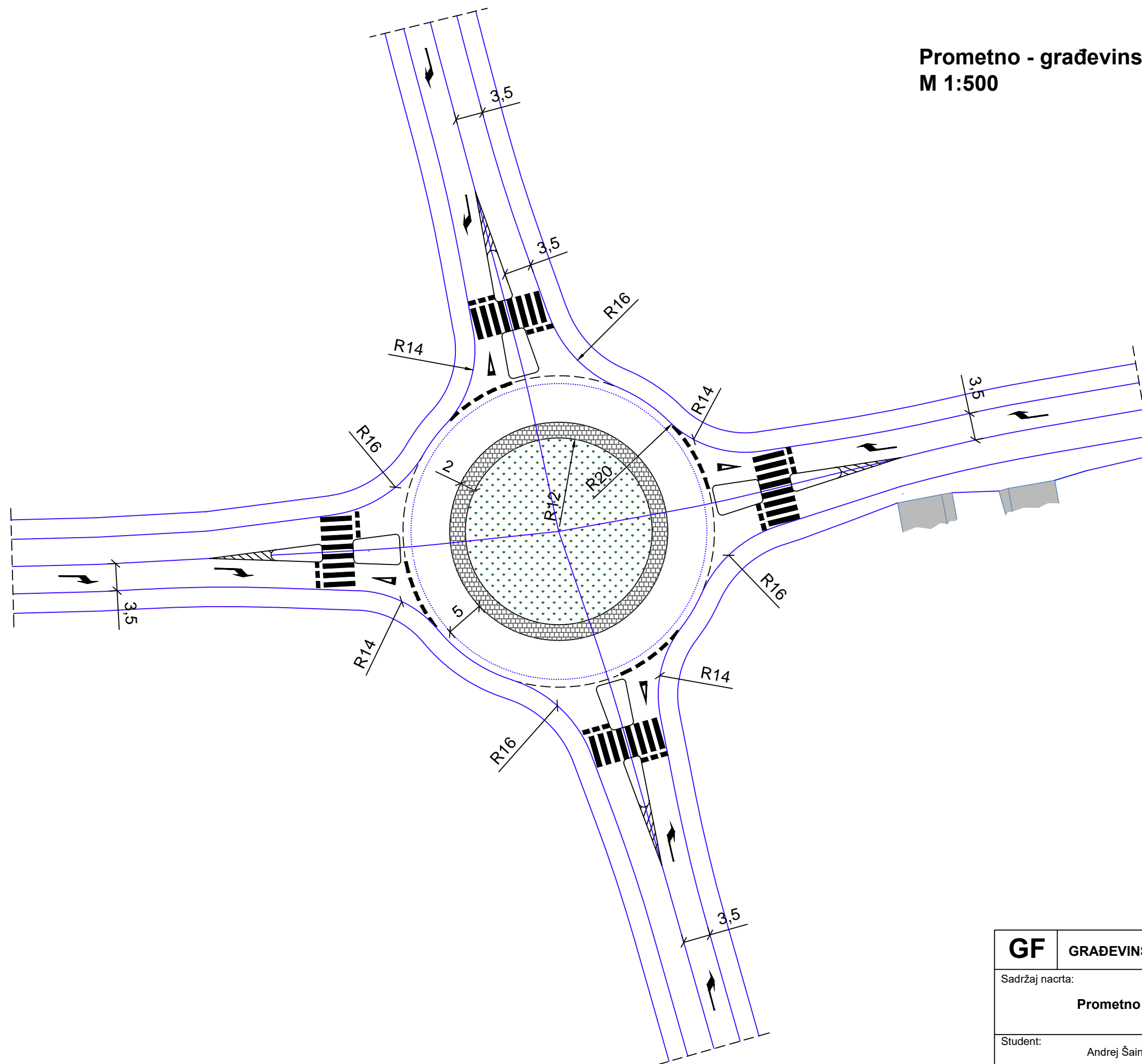
- [1] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Fakultet prometih znanosti, Zagreb, 2007
- [2] Deluka – Tibljaš, A. (2018.), Cestovna čvorišta, materijali s predavanja, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka
- [3] Deluka – Tibljaš, A. (2018.), Promet u gradovima, materijali s predavanja, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka
- [4] Deluka-Tibljaš A., Tollazzi T., Bariši I., Babi S., Šurdonja S., Renčelj M., Pranjić I., 2014., Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka
- [5] Šurdonja S., Rutko I., Deluka-Tibljaš A., (2020.) - Alternativna kružna raskrižja kao mjera poboljšanja sigurnosti prometa na raskrižjima,
- [6] www.pfri.uniri.hr/Predavanje.7.raskrizja.ppt_
- [7] Tollazzi, T., et al, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama. Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2014
- [8] Tollazzi T.; Alternative Types of Roundabouts, 2015.
- [9] Papacostas - Prevedouros (2001) - Transportation Engineering and Planning, New Jersey
- [10] Sanja Šurdonja, doc.dr.sc., mag. ing. aedif., Marijana Cuculić, mag. ing. aedif., (2020.) - Analiza prometnog opterećenja raskrižja "Bolnica" u Poreču

8. Prilozi

Prilog 1: Prometno - građevinska situacija: Varijanta 2

Prilog 2: Prometno - građevinska situacija: Varijanta 3

Prometno - građevinska situacija: Varijanta 2
M 1:500



GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI		
Sadržaj nacrt:			
Prometno - građevinska situacija: Varijanta 2			
Student:	Andrej Šaina	Kolegij:	Diplomski rad
Mentor:	Doc.dr.sc. Sanja Šurdonja	Datum:	23.08.2020.
		Mjerilo:	1 : 500
		List:	1