Analiza s prijedlogom rekonstrukcije raskrižja Ulice Zrinskih-Ul. Alojzija Stepinca-Trg kralja Tomislava u Novoj Gradiški

Grbić, Krešimir

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:119:209812

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Krešimir Grbić

ANALIZA S PRIJEDLOGOM REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA ULICE ZRINSKIH – UL. ALOJZIJA STEPINCA – TRG KRALJA TOMISLAVA U NOVOJ GRADIŠKI

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 21. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Cestovne prometnice II**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3937

Pristupnik: **Krešimir Grbić (0135223960)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Analiza s prijedlogom rekonstrukcije raskrižja Ulice Zrinskih-Ul. Alojzija Stepinca-Trg kralja Tomislava u Novoj Gradiški**

Opis zadatka:

Analizom je potrebno utvrditi kretanje prometnih tokova po volumenu i strukturi u vrijeme vršnih opterećenja, te predložiti varijantna oblikovna rješenja rekonstrukcije raskrižja. Terenskim pregledom utvrđeno je nedostatak nogostupa te veća prometna zagušenja na području raskrižja. Prijedlogom varijantnih rješenja ispitati će se razina usluge postojećeg raskrižja te predloženih varijanata kao i njihova optimizacija.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

dr. sc. Hrvoje Pilko

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA S PRIJEDLOGOM REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA ULICE ZRINSKIH – UL. ALOJZIJA STEPINCA – TRG KRALJA TOMISLAVA U NOVOJ GRADIŠKI

ANALYSIS WITH PROPOSAL FOR RECONSTRUCTION OF INTERSECTION ZRINSKI STREET – ALOJZIJE STEPINAC STREET – KING TOMISLAV SQUARE IN NOVA GRADIŠKA

Mentor: dr. sc. Hrvoje Pilko

Student: Krešimir Grbić

JMBAG: 0135223960

Zagreb, kolovoz 2017.

SAŽETAK

U ovom radu izvršena je analiza i prijedlog rekonstrukcije raskrižja Ulice Zrinskih – Ulice Alojzija Stepinca- Trg kralja Tomislava u Novoj Gradiški. Raskrižje nije optimalno koncipirano i oblikovano te ima vrlo lošu preglednost. Analizirano je i utvrđeno postojeće stanje raskrižja, kretanje prometnih tokova po volumenu i strukturi u karakterističnim vremenskim intervalima. Izrađena su tri oblikovna varijantna rješenja rekonstrukcije raskrižja, od toga dva mala kružna raskrižja i jedno mini kružno raskrižje prema važećim smjernicama. Nakon analize sigurnosti raskrižja i izračuna razine usluge pomoću mikrosimulacijskog programskog alata PTV Vissim utvrđena je optimalna oblikovna varijanta.

KLJUČNE RIJEČI: raskrižje; kružno raskrižje; sigurnost prometa; funkcionalna učinkovitost; PTV Vissim, optimalna varijanta; Grad Nova Gradiška

SUMMARY

Master thesis analyzes with proposal for reconstruction of the intersection Street Zrinskih – Street A. Stepinca – Square kralja Tomislava in Nova Gradiška. Intersection in not optimally conceived and designed and has poor sight distance. The existing traffic design situation, movement of the traffic flow by volume and structure in peek hours was analyzed. Development of three design variants, two small and one mini roundabout was performed according to the existing design guidelines. After analyzing the intersection safety and level of service bymicro-simulation software tool PTV Vissim, the optimal design variant was determined.

KEY WORDS: intersection; roundabout; traffic safety; functional efficiency; PTV Vissim; optimal variant; City of Nova Gradiška

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OSNOVNE ZNAČAJKE RASKRIŽJA U RAZINI 3
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA 7
3.1. Prometni položaj Grada Nove Gradiške i dispozicija raskrižja 7
3.2. Analiza prometne infrastrukture 10
3.3. Analiza podataka o brojanju prometa u 2017. godini 16
4. PRIJEDLOZI RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA 22
4.1. Analiza projektno–oblikovnih elemenata varijantnih rješenja malih kružnih raskrižja 25
4.2. Analiza projektno-oblikovnih elemenata varijantnog rješenja mini kružnog raskrižja 31
4.3. Usporedba oblikovnih elemenata varijantnih rješenja 35
5. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI 37
5.1. Analiza prometnih nesreća 38
5.2. Konfliktne točke 39
6. ANALIZA FUNKCIONALNE UČINKOVITOSTI RASKRIŽJA 43
6.1. Evaluacija postojećeg stanja 44
6.2. Usporedba postojećeg stanja raskrižja i idejnih prometnih rješenja 46
6.3. Prognoza prometa 47
7. ZAKLJUČAK 50
Literatura 51
Popis slika 53
Popis tablica 54
Popis grafikona 55
Popis priloga 55

1. UVOD

Prometni sustav je vrlo bitan za razvoj određenog područja, regije ili države. Države i gradovi koji imaju razvijen i učinkovit prometni sustav pružaju svojoj populaciji pokretljivost i mobilnost kako bi oni mogli ispunjavati svoje aktivnosti. Sve veći broj stanovništva, kako na Zemlji tako i u gradovima, veliki je izazov za promet i prometnu infrastrukturu.

Cestovni promet je najraširenija prometna grana u Republici Hrvatskoj te predstavlja bitan element za njezin rast i gospodarski razvoj. Da bi cestovni promet bio učinkovit najvažnije je razviti kvalitetnu cestovnu infrastrukturu koja je u stanju odgovoriti na sva prometna opterećenja i trenutne uvjete u okolini. Prometna infrastruktura mora osigurati kvalitetan prijevoz ljudi i dobara uz visoku razinu funkcionalne učinkovitosti i prometne sigurnosti. Potrebno je neprestano ulaganje i razvoj cestovne infrastrukture, odnosno kvalitetni projekti za povećanje razine usluge i sigurnosti na raskrižjima i dionicama cesta koje predstavljaju povećanu opasnost prometovanja za sve sudionike u prometu kao i na lokacijama gdje se pojavljuju zagušenja zbog nedovoljne protočnosti prometnih trakova.

Najsloženija i najzahtjevnija mjesta na cestovnoj prometnoj mreži su raskrižja zbog presijecanja odnosno kolizije prometnih tokova. Zbog toga raskrižja treba izvesti tako da osiguraju visok stupanj uslužnosti i sigurnosti prometa jer zbog prometnih radnji koje se odvijaju na raskrižju rizik od prometne nesreće je vrlo velik. Prije same izvedbe ili rekonstrukcije raskrižja potrebna je kvalitetna studijska analiza prema odgovarajućim načelima i mjerilima optimalnosti jer ako je raskrižje nepravilno oblikovano smanjuje se učinkovitost i sigurnost prometa svih sudionika koji prometuju navedenim raskrižjem.

Cilj ovog rada je analizirati te predložiti rješenja raskrižja Ulice Zrinskih – Ul. Alojzija Stepinca – Trg kralja Tomislava u Novoj Gradiški koje ne zadovoljava sigurnosne uvjete prometovanja radi loše preglednosti raskrižja i potrebe povećanog prometa u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima. Svrha rada je izbor optimalnog rješenja koje bi povećalo stupanj uslužnosti i sigurnosti na raskrižju. Rad je podijeljen na sedam cjelina:

1. Uvod
2. Osnovne značajke raskrižja u razini
3. Analiza postojećeg stanja raskrižja
4. Prijedlog rekonstrukcije raskrižja
5. Analiza stanja sigurnosti
6. Analiza funkcionalne učinkovitosti raskrižja
7. Zaključak.

U drugom poglavlju navedene su osnovne značajke i tipovi raskrižja u razini. Opisani su elementi sigurnosti koji moraju biti osigurani kako bi se promet odvijao sigurno i učinkovito na raskrižjima. Također su navedeni oblikovni elementi raskrižja u razini.

U trećem poglavlju opisan je prometni položaj grada Nove Gradiške i povezanost s važnim prometnim pravcima Republike Hrvatske te položaj promatranog raskrižja u odnosu na prometnu mrežu Nove Gradiške. Također u trećem poglavlju obuhvaća analizu postojećeg stanja promatranog raskrižja. Analizirana je prometna infrastruktura te podaci o brojanju prometa 2017. godine u karakterističnim vremenskim intervalima.

Četvrto poglavlje sadrži predložena oblikovna rješenja za rekonstrukciju navedenog raskrižja. Predložena su tri varijantna rješenja s kružnim tokom prometa izvedena kao mala i mini kružna raskrižja. Napravljena je usporedba projektno-oblikovnih elemenata svih varijantnih rješenja.

U petom poglavlju analizirano je raskrižje s aspekta sigurnosti. Provedena je analiza prometnih nesreća, analiza konfliktnih točaka i preglednosti raskrižja.

Posljednje, šesto poglavlje opisuje postupak optimizacije funkcionalne učinkovitosti pomoću mikrosimulacijskog programskog alata PTV Vissim kroz evaluaciju postojećeg stanja, usporedbu varijantnih rješenja i postojećeg stanja.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE RASKRIŽJA U RAZINI

Raskrižje se može definirati kao točka u mreži prometnica, u kojima se prometni tokovi spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću. Zbog svih prometnih radnji i mogućih konflikata u raskrižju su naglašeni problemi propusnosti i sigurnosti prometa. Raskrižja u mreži javnih cesta pojavljuju se u više oblikovnih modaliteta, a mogu se razvrstati na:

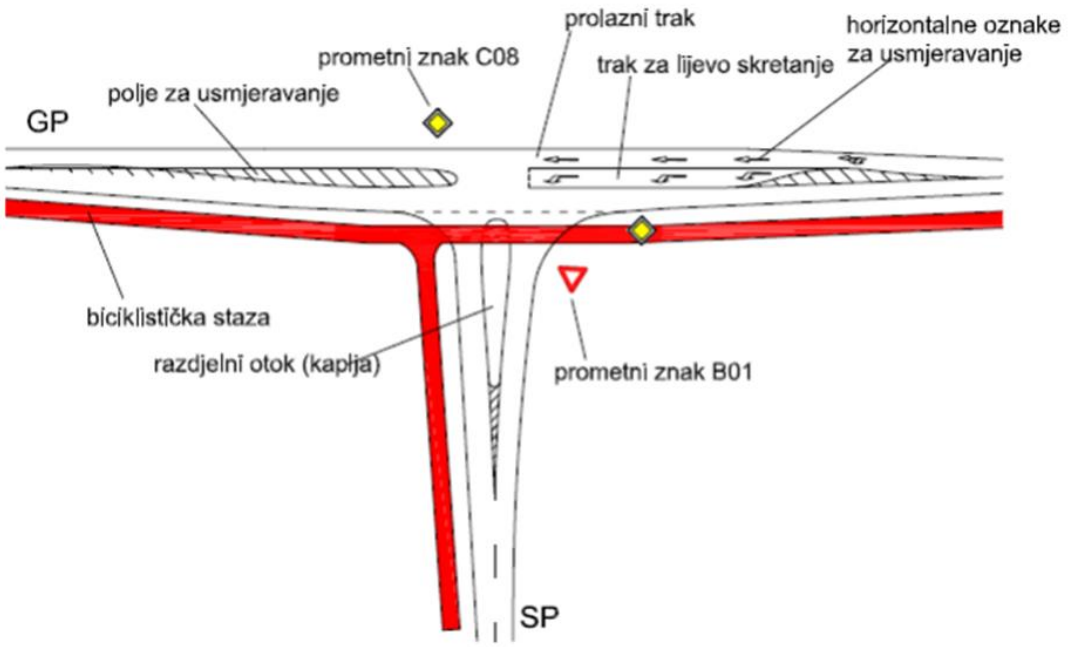
- raskrižja u razini
- raskrižja izvan razine
- raskrižja s kružnim tokom prometa
- kombinirana raskrižja.

Raskrižja izvan razine i sve kombinacije raskrižja izvan razina primjerenija su prostorima izvan naselja [1].

U radu je analizirano postojeće raskrižje u razini stoga je u ovom poglavlju obrađena teorijska podloga za tip raskrižja u jednoj razini.

Raskrižja u razini (RUR) su u velikom broju zastupljena u mreži javnih cesta, pri čemu su građevinska rješenja i prometni tokovi riješeni na istoj prometnoj plohi. To su klasična rješenja priključaka i križanja u užem smislu, a u novije vrijeme im se pridružuju i raskrižja s kružnim tokom u jednoj razini. [2]

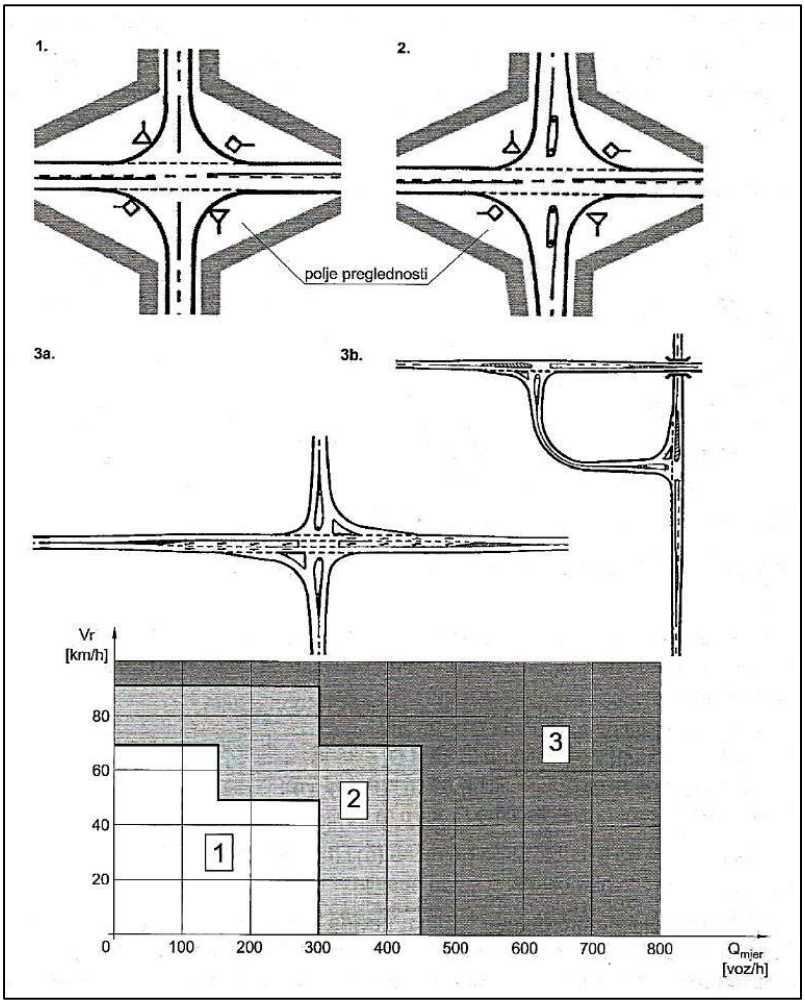
Na Slici 1. prikazi su elementi raskrižja u razini.



Slika 1. Raskrižje u razini [2]

Raskrižje u razini je raskrižje na kojemu se križaju ili spajaju dvije ili više cesta u istoj razini. Ona predstavljaju čvorna mjesta u cestovnoj mreži,a oblikovana su i uređena tako da omogućavaju funkcioniranje cestovnog prometa. Ovaj oblik raskrižja najbrojniji je u praksi. Zadovoljavaju prometna opterećenja do 800 voz/h po smjeru te vremenske praznine toka od 6 sekundi i više, što su značajke pretežito lokalnih, županijskih i djelomično državnih cesta. Po mjestu primjene izvode se izvan i unutar naselja. [2]

Raskrižja u razini trebaju se planirati tako da budu što manje štetna za okoliš što često povećava cijenu izvedbe odnosno ekonomičnost rješenja. Klasični tipovi raskrižja u razini podijeljeni su u tri osnovna tipa koji počivaju na prometno – tehničkim parametrima (raspored ceste, brzina, prometno opterećenje) odnosno na omjeru računske brzine (V_r) i mjerodavnog opterećenja glavnog kolnika (Q_{mjer}), prikazano na slici 2. [2]



Slika 2. Klasični svojstveni tipovi raskrižja u razini [2]

Tip 1 se preporuča za izrazito malo prometno opterećenje (do 300 voz/h iz glavnog smjera). Tip 2 odgovara manjem do srednjem prometnom opterećenju s količinom lijevog skretanja do 10% od Q_{mjer}, a pristup sa sporedne ceste se usmjerava manjim klinastim otokom. Tip 3a predstavlja standardno rješenje raskrižja cesta viših prometnih učinaka (npr. glavne provozne i sabirne ceste), a tip 3b predstavlja kombinirano rješenje s raskrižjem glavnih cesta izvan razine i s priključcima u istoj razini.

Pri koncipiranju raskrižja neophodno je utvrditi najbitnija polazišta i parametre. Prije svega to se odnosi na određivanje uloge ili značenja privoznih cesta u mreži te na dopuštenu brzinu u raskrižju, određivanje glavne ceste, na voznodinamičke i geometrijske okvire, propusnu moć, sigurnost prometa i razmak raskrižja. U sklopu određivanja rasporeda i razmaka raskrižja u cestovnoj mreži mora se voditi računa da učestalo čvoriranje smanjuje prometno – sigurnosnu vrijednost, a preveliki razmaci dovode do neravnomjernog i nepotrebnog opterećenja cestovne mreže. Također se pri projektiranju treba uzeti u obzir i prometne površine za javni promet.

Izbor glavne ceste s dominantnim prometnim tokom ključni je korak u koncipiranju raskrižja. Određivanje glavne ceste je tim jasnije što je više navedenih pokazatelja na što duljoj dionici. Glavna cesta je u pravilu s dominantnim prometnim tokom. Raskrižja (RUR) će udovoljiti uvjetima sigurne vožnje ako su u cijelosti ili djelomično: pravovremeno prepoznatljiva, pregledna, shvatljiva i prohodna. Raskrižja u razini se trebaju planirati tako da budu što manje štetna za okoliš, što je često u sukobu s cijenom izvedbe odnosno ekonomičnošću rješenja. Glavne osi cesta na raskrižju trebaju se zbog preglednosti položiti u što okomitiji odnos. [2]

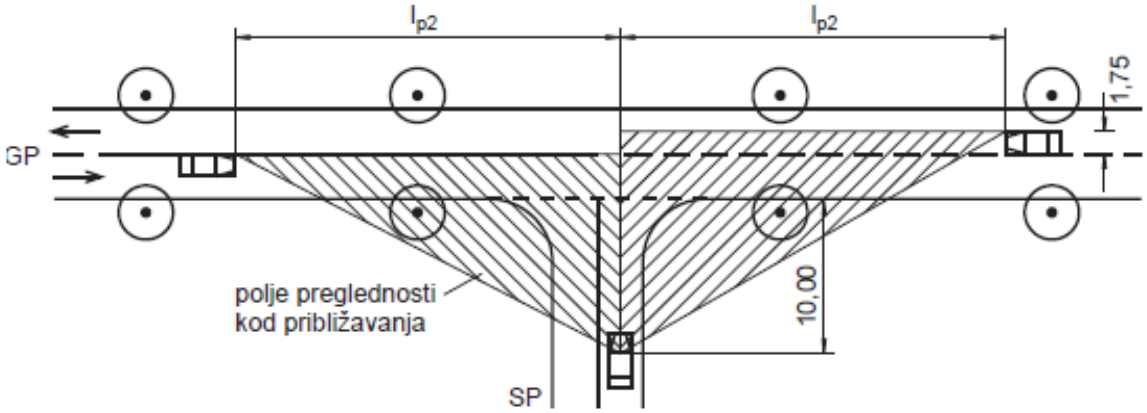
Za sigurno odvijanje prometa u raskrižju potrebno je provjeriti različite vidove doglednosti i polja preglednosti. To su prvenstveno polja za:

- zaustavnu preglednost;
- preglednost kod približavanja;
- privoznu preglednost;
- preglednost za bicikliste i pješake. [2]

U široj zoni raskrižja mora biti osigurana odgovarajuća površinska i prostorna preglednost. Pravodobno uočavanje te jasno prepoznavanje stanja na raskrižju od presudnog je značaja za prometnu sigurnost. Vozač treba pravovremeno prepoznati moguće konflikte i prosuditi na koje ih načine izbjeći.

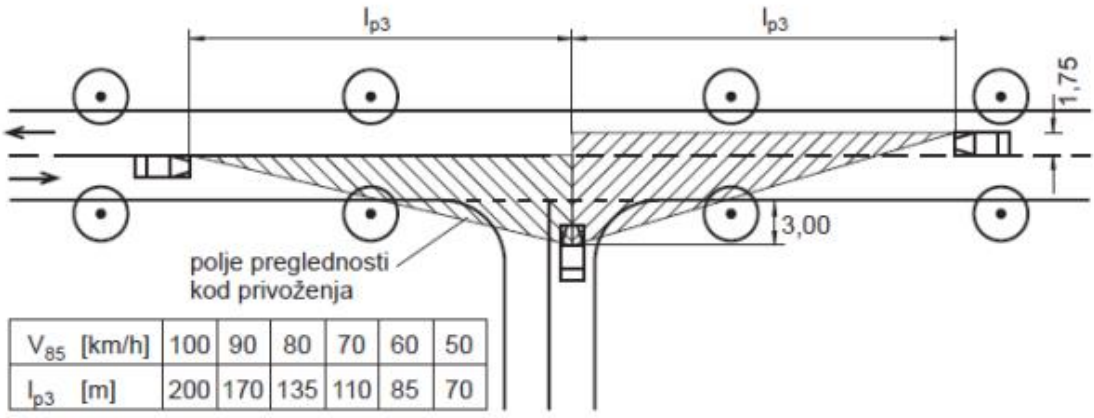
Pod zaustavnom preglednošću podrazumijeva se doglednost koja je potrebna za pravovremeno prepoznavanje raskrižja pred kojim se treba zaustaviti. Potrebne duljine zaustavnog puta ovise o vrsti/kategoriji ceste, odnosno o dopuštenoj brzini prilaženja i uzdužnom nagibu sporedne ceste. [2]

Preglednost kod približavanja raskrižju i glavnoj cesti podrazumijeva doglednost koja mora biti osigurana na određenoj udaljenosti od ruba glavne ceste za vozača koji prilazi iz sporedne ceste i to za slučaj kada bude trebalo na glavnu cestu ući bez zaustavljanja. U raskrižjima izvan rubnih zona mora biti zadržano vidno polje i doglednost l_{p2} s udaljenosti 10 m od ruba kolnika glavne ceste. Povećanje ovoga odmaka na najviše 20 metara može biti svrhovito ako je znatniji udio teretnih vozila. Cilj je da oblikovanje raskrižja omogućuje kvalitetno skretanje vozila, a da s tim poboljšanjem preglednosti nisu povezani znatniji troškovi tog zahvata.[2]



Slika 3. Polje preglednosti kod približavanja [2]

Pod privoznom preglednošću podrazumijeva se doglednost koju mora imati vozač kada čeka na razmaku 3 metra od ruba kolnika glavne ceste kako bi, unatoč prednosti i uz očekivano ometanje iz glavne ceste, mogao uvesti svoje vozilo. Navedeni uvjet bit će omogućen ako su osigurana polja preglednosti, čiji su dosezi vidljivosti l_{p3} u glavnoj cesti. Za slučaj odmaknute biciklističke staze potrebno je da razmak vozila bude povećan na 4,0 – 5,0 metara. [2]



V_{85} [km/h]	100	90	80	70	60	50
l_{p3} [m]	200	170	135	110	85	70

Slika 4. Privozna preglednost [2]

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA

Analiza postojećeg stanja je analiza svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa na širem području obuhvata. Analiza postojeće situacije nekog zatvorenog prometnog sustava bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno trenutno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se samo korekcija postojećeg sustava ili se planiraju neki veći investicijski zahvati. [11]

Analiza postojećeg stanja promatranog raskrižja u ovom radu obuhvaća:

- prometni položaj Grada Nove Gradiške i dispozicija raskrižja
- analizu prometne infrastrukture na području raskrižja
- analizu podataka o brojanju prometa u 2017. godini
- analizu strukture cestovnog motornog prometa
- analizu pješačkih tokova

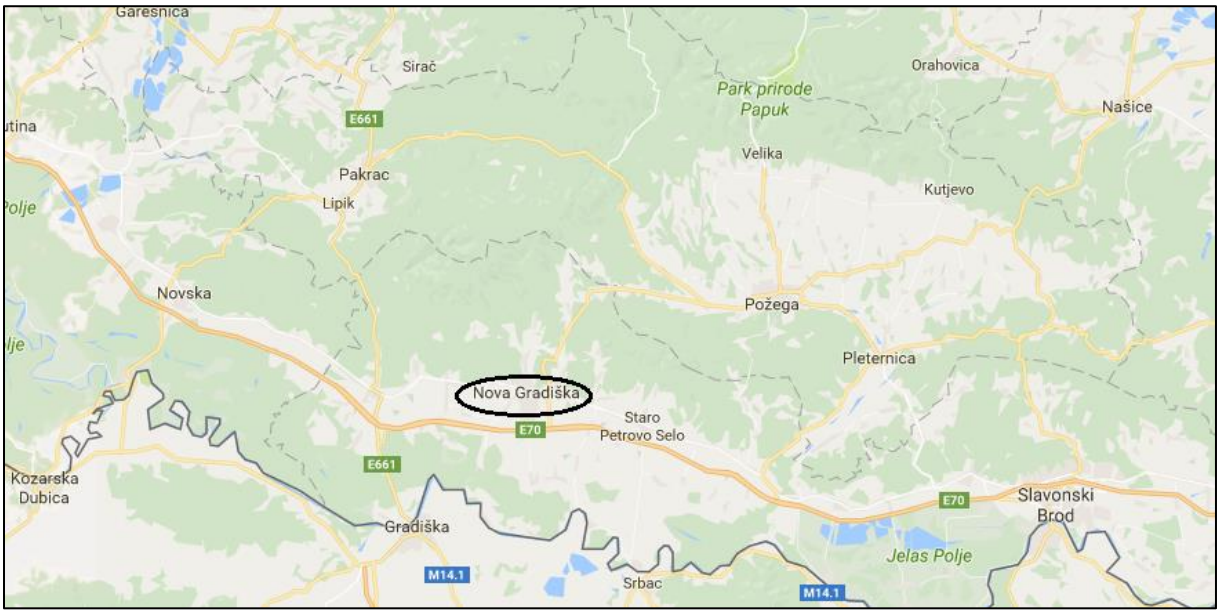
3.1. Prometni položaj Grada Nove Gradiške i dispozicija raskrižja

Nova Gradiška je grad u Hrvatskoj u Brodsko – posavskoj županiji, točnije smješten je u jugozapadnom dijelu istočne Hrvatske. Drugi je grad po veličini u Brodsko – posavskoj županiji, površina mu je 49,58 km^2, a prema popisu stanovništva iz 2011. godine u njemu živi 14 196 stanovnika.[6]

Grad ima izuzetno dobar prometni položaj što mu omogućava gospodarski i ekonomski razvoj. U cilju razvoja gospodarstva utemeljen je Industrijski park Nova Gradiška koji je smješten na izvanrednoj lokaciji uz međunarodnu autocestu E 70. Grad je povezan preko državne ceste D313 (N. Gradiška – Rešetari) i D51 (Gradište – Požega – čvorište N. Gradiška) na autocestu A3 (Zagreb – Lipovac). Sukladno Odluci o razvrstavanju željezničkih pruga (NN br. 3/14) unutar granica obuhvata grada Nove Gradiške prolazi trasa postojeće željezničke pruge za međunarodni promet Oznake M104: Novska – Vinkovci – Tovarnik – Državna granica – (Šid). Ona je jedna od glavnih (koridorskih) željezničkih pruga: Koridor RH1 (bivši X. paneuropski koridor): DG (Državna granica) – Savski Marof – Zagreb – Dugo Selo – Novska – Vinkovci – Tovarnik – DG. Ista služi i za gradski i prigradski željeznički promet na području od Zagreba – Nove Gradiške – Slavonskog Broda. Prugom se odvija mješovit promet. Postojeća pruga već danas ne zadovoljava potrebe visoke sigurnosti, brzine i opterećenja te je nužna njezina rekonstrukcija na dvokolosiječnu prugu za brzine do 160 km/h. Određenim zahvatima, kojima će se omogućiti povećanje brzine i nosivosti pruge znatno će se poboljšati uvjeti prometa. [8]

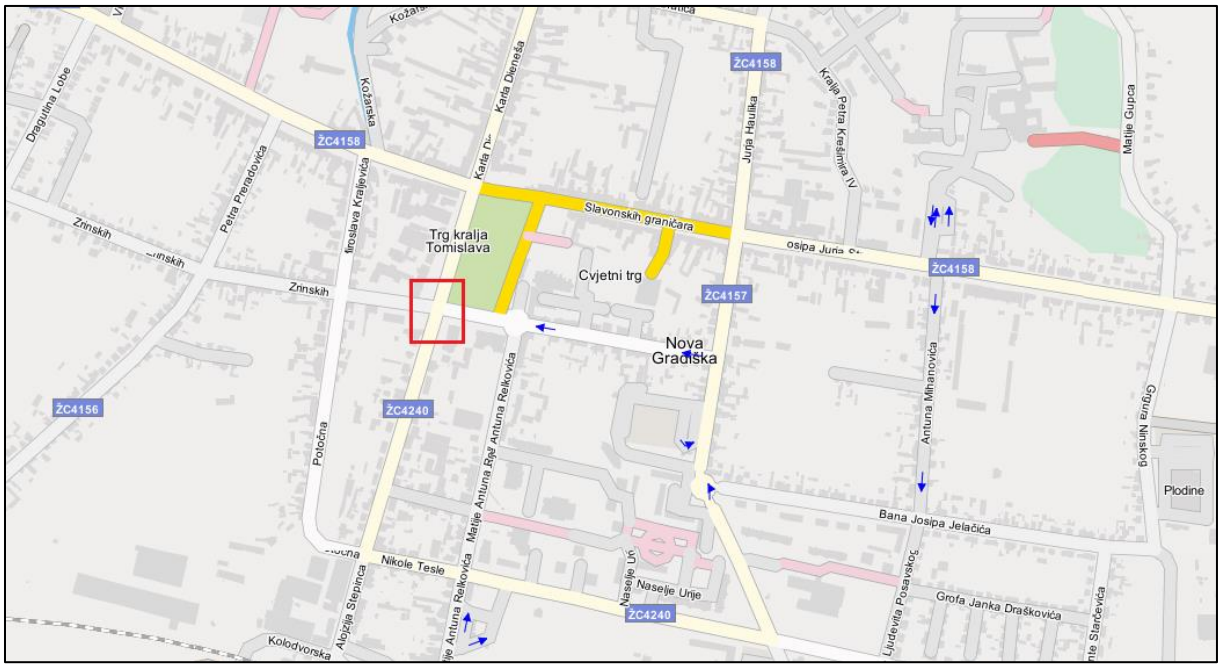
Nova Gradiška je bitna veza između Bosanske i Brodske Posavine sa Hrvatskom. Granični prijelaz sa BiH se nalazi 20ak kilometara dalje, u Staroj Gradiški. Također, preko Požege, Nova gradiška povezuje jug i sjever Slavonije.

Dio županijskih cesta također povezuje Novu Gradišku sa širim prostorom. To je prvenstveno županijska cesta Ž4158 koja se prostire od istoka županije, točnije Okučana preko Nove Gradiške , te se nastavlja na zapad županije do Batrine. U samom gradu se nalazi županijska cesta Ž4240 (Nova Gradiška) te predstavlja žilu kucavicu u gradu. Ostale županijske ceste u gradu su Ž4141 (Cernik – N. Gradiška) koja se proteže na sjever županije prema Gradu Požegi, te županijska cesta Ž4156 (N. Gradiška – Prvča – Mačkovac) koja povezuje naselja prema jugu sve do granice sa BiH. Na Slici 5. Prikazan je prometni položaj Nove Gradiške.



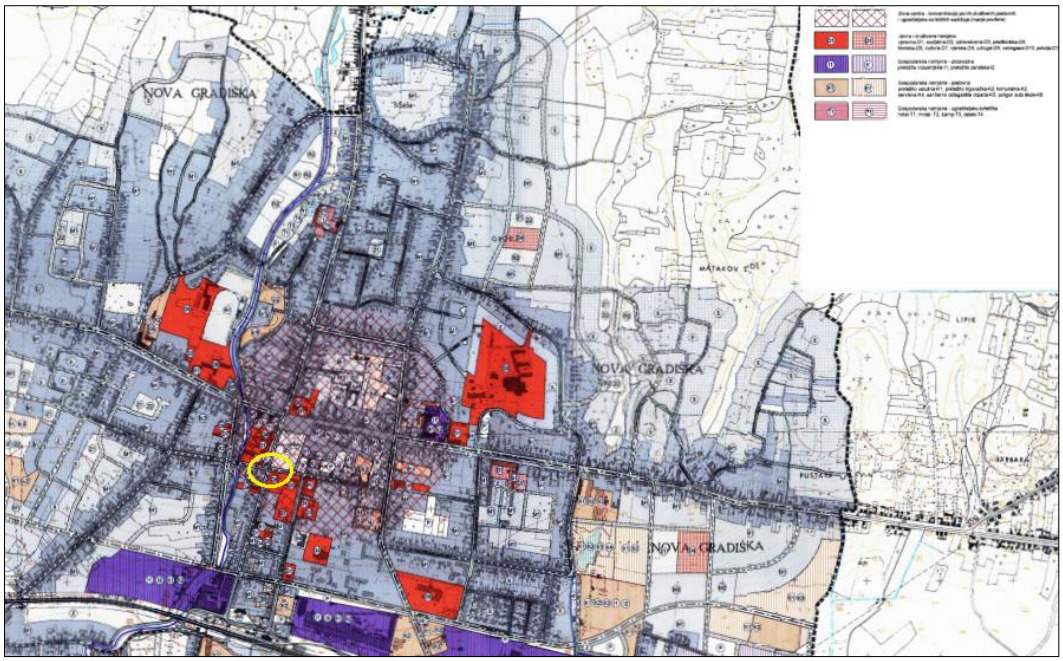
Slika 5. Prometni položaj Nove Gradiške [5]

Promatrano raskrižje nalazi se u blizini centra Grada Nove Gradiške te je jedno od najopterećenijih raskrižja u gradu. U neposrednoj blizini je Opća gimnazija Nova Gradiška, gradski park, Crkva BZBDM, zgrada Hrvatske pošte, Općinski sud, Policijska postaja Nova Gradiška, Gradski muzej N. Gradiška te su oni jedi od većih atraktora u gradu. Na Slici 6. prikazana je dispozicija promatranog raskrižja (u crvenom kvadratu).



Slika 6. Dispozicija promatranog raskrižja u prometnoj mreži grada [9]

Na Slici 7. prikazan je položaj promatranog raskrižja (u žutom krugu) u odnosu na mrežu društvenih i gospodarskih djelatnosti užeg područja Grada Nove Gradiške.



Slika 7. Dispozicija raskrižja s obzirom na mrežu društvenih i gospodarskih djelatnosti [7]

3.2. Analiza prometne infrastrukture

Analiza promatranog raskrižja obuhvaća terenski vizualni pregled općeg stanja te vrijednosti svih elemenata prometnice (kolnika, bankine, pješačkog nogostupa, biciklističke staze, razdjelnog otoka). Poseban naglasak stavlja se na analizu prometne signalizacije i prometne opreme.

Analiza postojeće prometne infrastrukture raskrižja (Varijanta 0) u ovom radu obuhvaća:

- cestovnu infrastrukturu i opremu ceste
- pješačke nogostupe

Promatrano raskrižje u ovom radu je četverokrako raskrižje upravljano prometnim znakovima. Privozi raskrižja su:

1. Ulica Zrinskih (nerazvrstana)
2. Ulica Alojzija Stepinca (županijska cesta ŽC4240)
3. Trg kralja Tomislava – istok (nerazvrstana)
4. Trg kralja Tomislava – sjever (županijska cesta ŽC4240) [4].

Glavni privozi su Ulica Alojzija Stepinca i Trg kralja Tomislava – sjever, odnosno privozi 2 i 4, dok su sporedni privozi Ulica Zrinskih i Trg kralja Tomislava – istok, odnosno privozi 1 i 3. Na Slici 8. prikazano je postojeće stanje analiziranog raskrižja.



Slika 8. Varijanta 0 - tlocrt postojećeg stanja

Legenda: 1, 2, 3, 4 – privozi raskrižja; P – parking površina; plava boja – pješački nogostup; zelena boja – zelena površina

Sve prometnice koje ulaze u raskrižje su dvosmjerne. Privoz 1 je nerazvrstana cesta i sastoji se od jedne prometne trake iz koja služi za skretanje u lijevo i desno te vožnju ravno. Privoz 2 je županijska cesta i sadrži trak za lijevo skretanje, te zajednički trak za vožnju ravno i desno skretanje. Na privozu 3 koji je nerazvrstana cesta nalazi se trak za lijevo skretanje te trak za vožnju ravno i desno. Privoz 4 je županijska ceta i ima kao i privoz 1 samo jedan trak kojim se prometuje ravno, desno i lijevo.

Tablica 1. prikazuje ručno izmjerene dimenzije prilaznih prometnih trakova izražene u metrima.

Tablica 1. Širina prilaznih trakova

Prometna traka	Privoz 1 (m)	Privoz 2 (m)	Privoz 3 (m)	Privoz 4 (m)
Desna	4	3	3	3,5
Lijeva	nema	3	3	nema

Privozni trakovi su zadovoljavajuće širine od kojih je najmanje širine privozi 2 i 3 i iznose 3 m. Dimenzije provoznih trakova prikazane su u sljedećoj tablici.

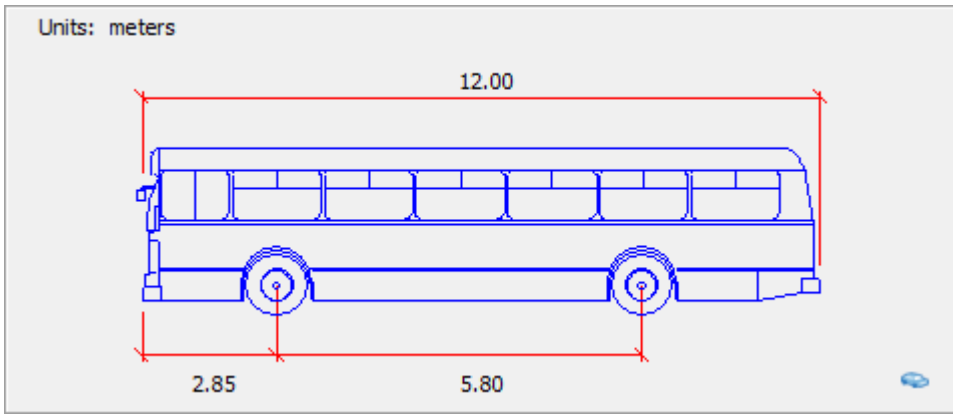
Tablica 2. Širina provoznih trakova

Prometni trak	Privoz 1 (m)	Privoz 2 (m)	Privoz 3 (m)	Privoz 4 (m)
Provozni	4,5	4,2	4	3,5

Vizualnim pregledom na terenu ustanovljeno je da je vertikalna signalizacija dobro postavljena osim na privozu 2 gdje nedostaje prometni znak za cestu s prednošću prolaska. Na privozu 1 nalazi se stup sa dva prometna znaka od kojih je jedan znak obaveznog zaustavljanja (B02), a drugi znak obilježen pješački prijelaz (C02). Na privozu 2 nalazi se jedan prometni znak a to je znak obilježen pješački prijelaz (C02). Na privozu 3, kao i kod privoza 1, nalazi se stup sa dva prometna znaka od kojih je jedan znak obaveznog zaustavljanja (B02). Na privozu 4 nalazi se jedan stup s prometnim znakovima cesta s prednošću prolaska (C08) i prometni znak obilježen pješački prijelaz (C02). Horizontalna signalizacija je u dobrom stanju te je pravilno postavljena. Na svakom od privoza nalaze se obilježeni pješački prijalazi preko kolnika. Na privozima 1 i 3 nalaze se pune crte zaustavljanja, dok su na privozu 2 i privozu 4 isprekidane crte. Na privozu 2 i privozu 4 obilježene su strelice za usmjeravanje prometa.

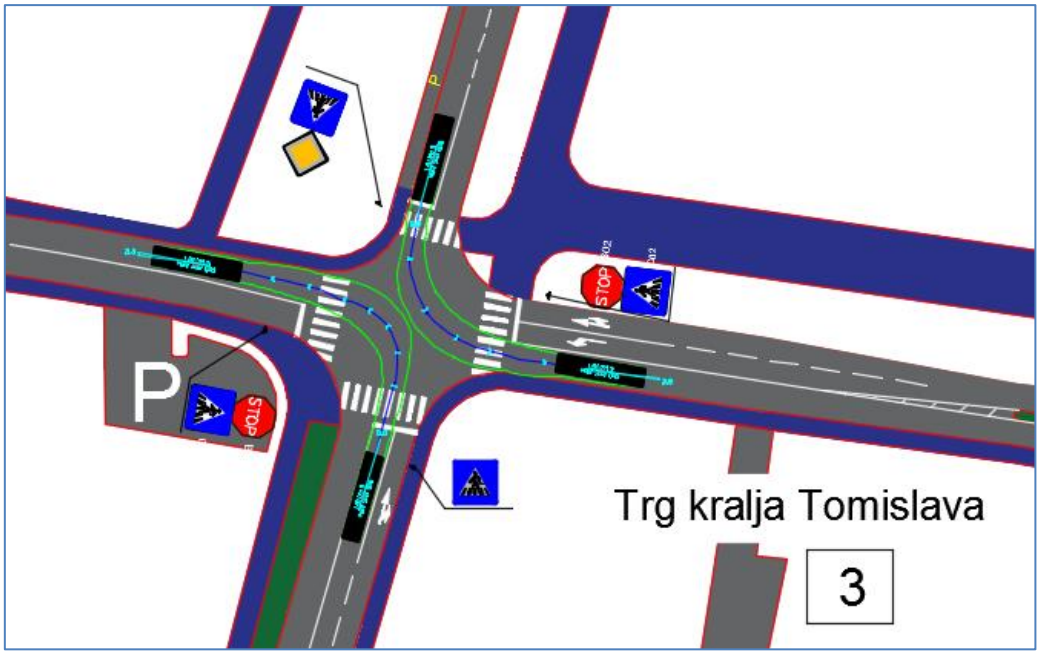
Provjera provoznosti mjerodavnog vozila kroz raskrižje izvedena je pomoću alata AutoTURN koji služi za označavanje putanje kretanja vozila (trajektorije vozila). AutoTURN nije samostalan program te je stoga na računalu potrebno imati instalirani jedan od sljedećih programa: „AutoCAD“, „Bricscad“, „ZwCAD +“ ili „MicroStation“ [16]. Može se koristiti za definiranje vozila i praćenje traka pneumatika vozila, trajektorije gabarita vozila, polja preglednosti, vizualni prikaz animacije i dr. Radi u mjernim jedinicama: mm, cm, m, inčima ili stopama. Program se može koristiti u dizajnu cestovnih raskrižja, garaže, utovarnih rampi i većine vrta prometnih objekata. Uključuje listu standardnih vozila različitih dimenzija za nekoliko zemalja. Sve relevantne dimenzije vozila mogu se mijenjati prema korisnikovoj potrebi [16]. U ovom radu mjerodavno vozilo za određivanje provoznosti raskrižja postojećeg

stanja i raskrižja oblikovnih rješenja je autobus. Na Slici 9. prikazane su sve relavantne dimenzije mjerodavnog vozila.



Slika 9. Dimenzije mjerodavnog vozila [16]

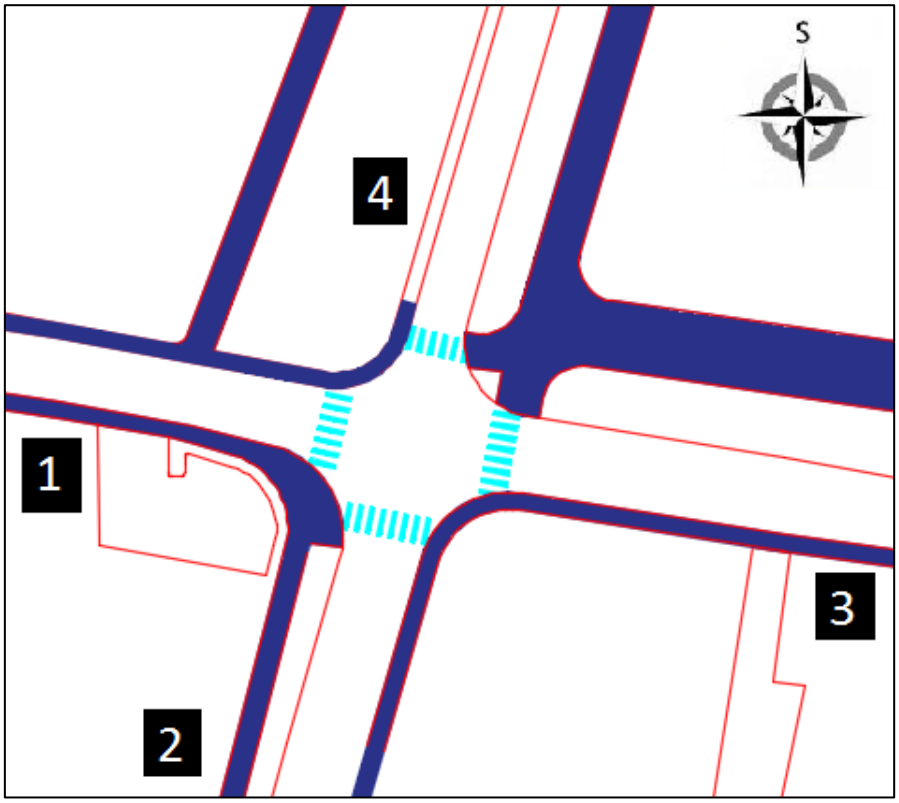
Na Slici 10. prikazane su trajektorije mjerodavnog vozila. Vidljivo je da vozila koja skreću ulijevo iz privoza 2 u privoz 1 te privoza 4 u privoz 3 mogu mogu proći bez poteškoća te imaju mjesta za mimoliaženje.



Slika 10. Trajektorije vozila – postojeće stanje

Legenda: P – parking površina; tamnoplavo – pješački nogostup, bijelo – oznake na kolniku, zeleno – nepovozna površina; crno – mjerodavno vozilo, svijetlozeleno – trajektorija vozila

Na Slici 11. položaj pješačkih nogostupa označen je plavom bojom, a pješački prijelazi označeni su svijetloplavom bojom.



Slika 11. Položaj pješačkih nogostupa i prijelaza

Legenda: 1, 2, 3, 4 – privozi; plava boja – pješački nogostup; svijetloplava boja – pješački nogostup

U Tablici 3. prikazane su dimenzije pješačkih nogostupa za svaki privoz raskrižja dobivene ručnim mjerenjem nogostupa izraženih u metrima.

Tablica 3. Širina pješačkih nogostupa

Privoz	Širina pješačkog nogostupa s desne strane (m)	Širina pješačkog nogostupa s lijeve strane (m)
1	2,5	2
2	2,3	3
3	9	2,3
4	nema	5,6

Pješaci i biciklisti koriste zajedničke pješačke nogostupe, tj. nema izgrađenih biciklističkih staza. Desno od privoza 3 i lijevo od privoza 4 nisu standardni nogostupi nego su putovi kroz park koji se nalazi u neposrednoj blizini analiziranog raskrižja. Najviše se pješaka pojavljuje prije i nakon završetka mise u Crkvi, odnosno prije i nakon završetka nastave u Gimnaziji koje se nalaze u neposrednoj blizini promatranog raskrižja. Pješački prijelazi zadovoljavajućih su dimenzija.

Preglednost analiziranog raskrižja

Vizualnim pregledom ustanovljena je vrlo loša preglednost raskrižja, posebice na sporednim privozima pri uključivanju u promet na glavnom smjeru. Na privozu 1 je izuzetno loša vidljivost radi zelenog raslinja i parkirališta koje se nalazi uz privoz 4, što se najbolje vidi iz Slike 12.



Slika 12. Prikaz preglednosti sa privoza 1 [5]

Glavni privozi 2 i 4 protežu se u dugačkom pravcu te vozači koriste i nerijetko razvijaju brzine veće od dopuštenih prilikom prolaska kroz samo raskrižje što smanjuje sigurnost na raskrižju.

Preglednost raskrižja na privozu 3 također je loša radi drveća i parka koji se nalazi sa desne strane i drastično smanjuje preglednost, što se može uočiti na Slici 13.



Slika 13. Prikaz preglednosti sa privoza 3 [5]

3.3. Analiza podataka o brojanju prometa u 2017. godini

Brojanje prometa predstavlja jedan od glavnih ulaznih podataka pri prometnom planiranju i projektiranju. Podaci dobiveni brojanjem prometa predstavljaju stvarnu trenutačnu sliku dinamike prometnih tokova. Ti podaci se mogu sastojati od informacija kao što su: prometna opterećenja na cestovnim prometnicama, struktura prometnog toka, brzina kretanja vozila u prometnom toku, razmak između vozila u prometnom toku, smjerovi kretanja vozila u cestovnoj mreži, vršna opterećenja u određenim vremenskim rasponima i sl. Iz takvih podataka dobiva se točna slika o prometnim zahtjevima unutar neke zone obrade. Na temelju toga mogu se odrediti budući prometni pravci, rekonstrukcija postojeće prometne infrastrukture i napraviti reorganizacija prometnih tokova. [11]

Postojeća podjela načina brojanja prometa je:

- ručno;
- automatsko;
- kamerom;
- naplatno;
- satelitsko;
- brojanje vozila prevezenih trajektima;
- brojanje na parkirališnim površinama. [11]

U svrhu izrade ovoga rada izvršeno je ručno brojanje prometa na raskrižju Ulice Zrinskih – Trga kralja Tomislava – Ul. A. Stepinca u Novoj Gradiški tijekom četiri vršna sata u danu, u utorak 11. travnja 2017. godine u vremenu od 07:00 do 9:00 sati i od 14:00 do 16:00 kako je prikazano u Tablici 4.

Rezultati dobiveni brojanjem prometa predstavljaju referentan uzorak koji se temelji na stabilnim vremenskim prilikama i kao takvi mogu se upotrijebiti za kvalitetnu analizu

prometne potražnje. Vremenski intervali u kojima je brojan promet, izabrani su tako da predstavljaju relevantan primjer vršnog i izvanvršnog prometnog opterećenja tijekom tipičnog radnog dana. [11]

Tablica 4. Razdoblja ručnog brojanja prometa [11]

RB.	Vrijeme (h)	Karakteristično prometno opterećenje
1.	07:00 – 08:00	Jutarnje
2.	08:00 – 09:00	Jutarnje
3.	14:00 – 15:00	Popodnevno
4.	15:00 – 16:00	Popodnevno

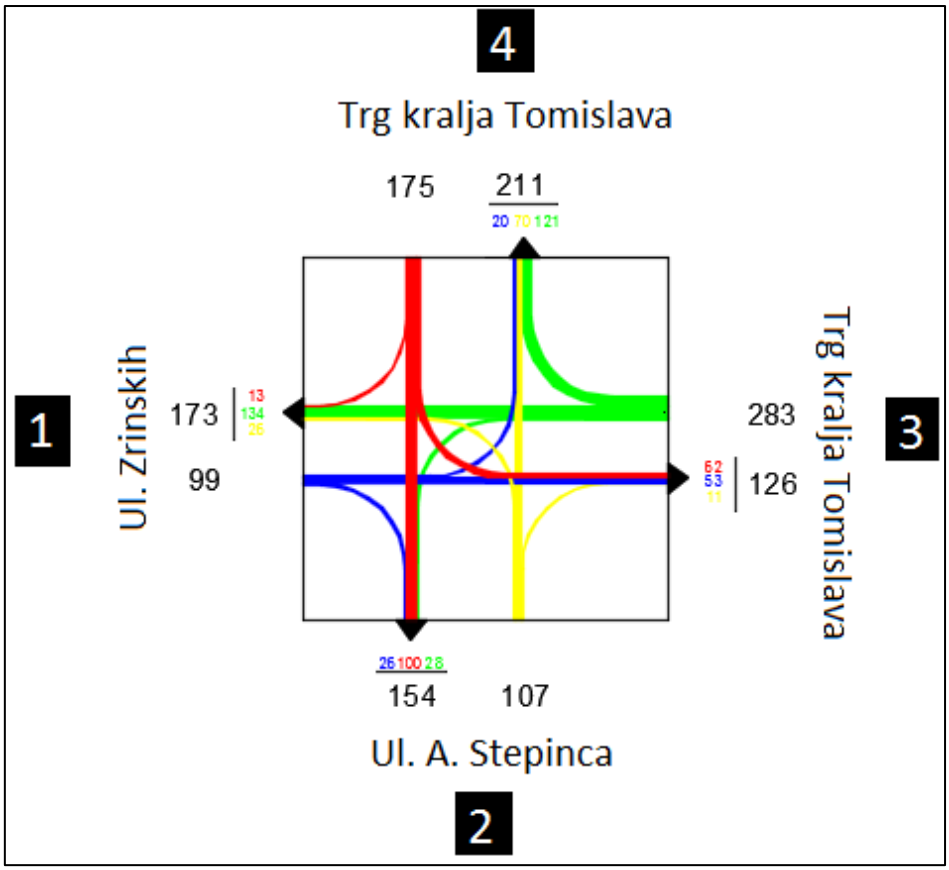
Ručno brojanje prometa obavljaju pripremljeni i educirani brojitelji prometa koji zapisuju izlazne tokove iz raskrižja u brojačke listove prema zadanim kategorijama vozila po 15-minutnim intervalima. Na brojačkim listovima bilježena vozila su svrstana u pet kategorija te svedena na ekvivalentnu jedinicu osobnog automobila. Osim brojanja vozila, na raskrižju brojan je pješački i biciklistički promet.

Tablica 5. Proračun vozila u ekvivalentne jedinice putničkih automobila [11]

Kategorija vozila	Koeficijent za pretvaranje broja vozila u EJA
Osobni automobil	1
Teretno vozilo	2
Autobus	2
Motocikl	0,7
Bicikl	0,3

U ovome radu obuhvaćeno je prometno opterećenje između 08:00 i 09:00 sati kao mjerodavno zbog većeg prometnog opterećenja od 6,5% u odnosu na popodnevna opterećenja.

Na Slici 14 prikazani su rezultati analize ručnog brojanja prometa promatranog raskrižja po svim privozima i tokovima odnosno smjerovima kretanja izraženim u EJA/h.

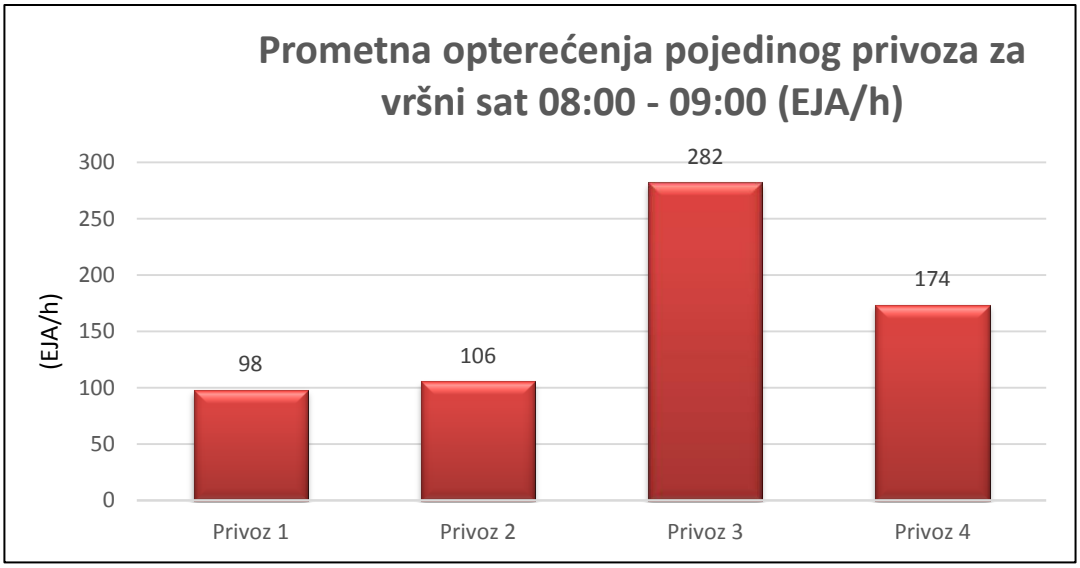


Slika 14. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja

Prometni tokovi privoza 1 označeni su plavom bojom, privoza 2 žutom, privoza 3 zelenom bojom i privoza 4 crvenom bojom.

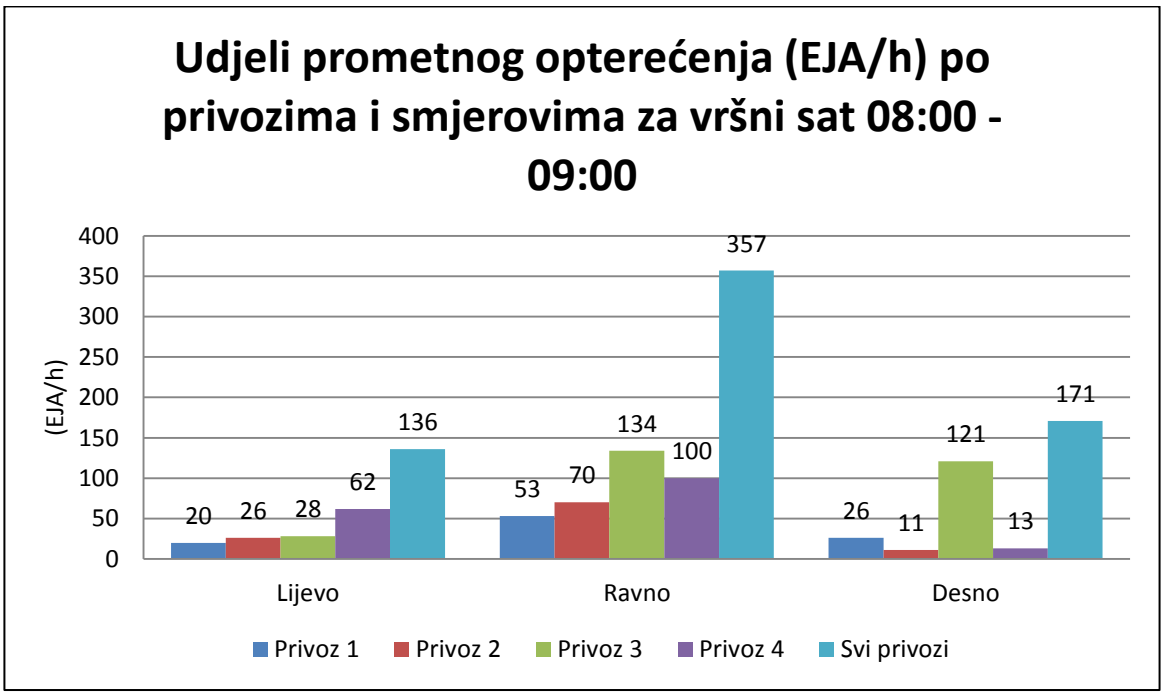
Najveće dolazno opterećenje u raskrižje je na privozu 3 koje iznosu 283 EJA/h, a najveće odlazno opterećenje iz raskrižja na privozu 4 iznosi 211 EJA/h. Najopterećeniji prometni tok je iz privoza 3 u privoz 1 i iznosi 134 EJA/h.

Grafikon 1. Prikazuje prometna opterećenja EJA/h po privozima i njihove udjele. Najveći udio opterećenja od 43% cijelog raskrižja otpada na privoz 3 dok je privoz 1 opterećen sa svega 15%. Privoz 2 je opterećen 16%, a privoz 4 ima opterećenje od 26% u odnosu na ukupno opterećenje raskrižja.



Grafikon 1. Prometno opterećenje pojedinog privoza

Na Grafikonu 2. prikazani su udjeli prometnog opterećenja (EJA/h) po privozima i smjerovima.



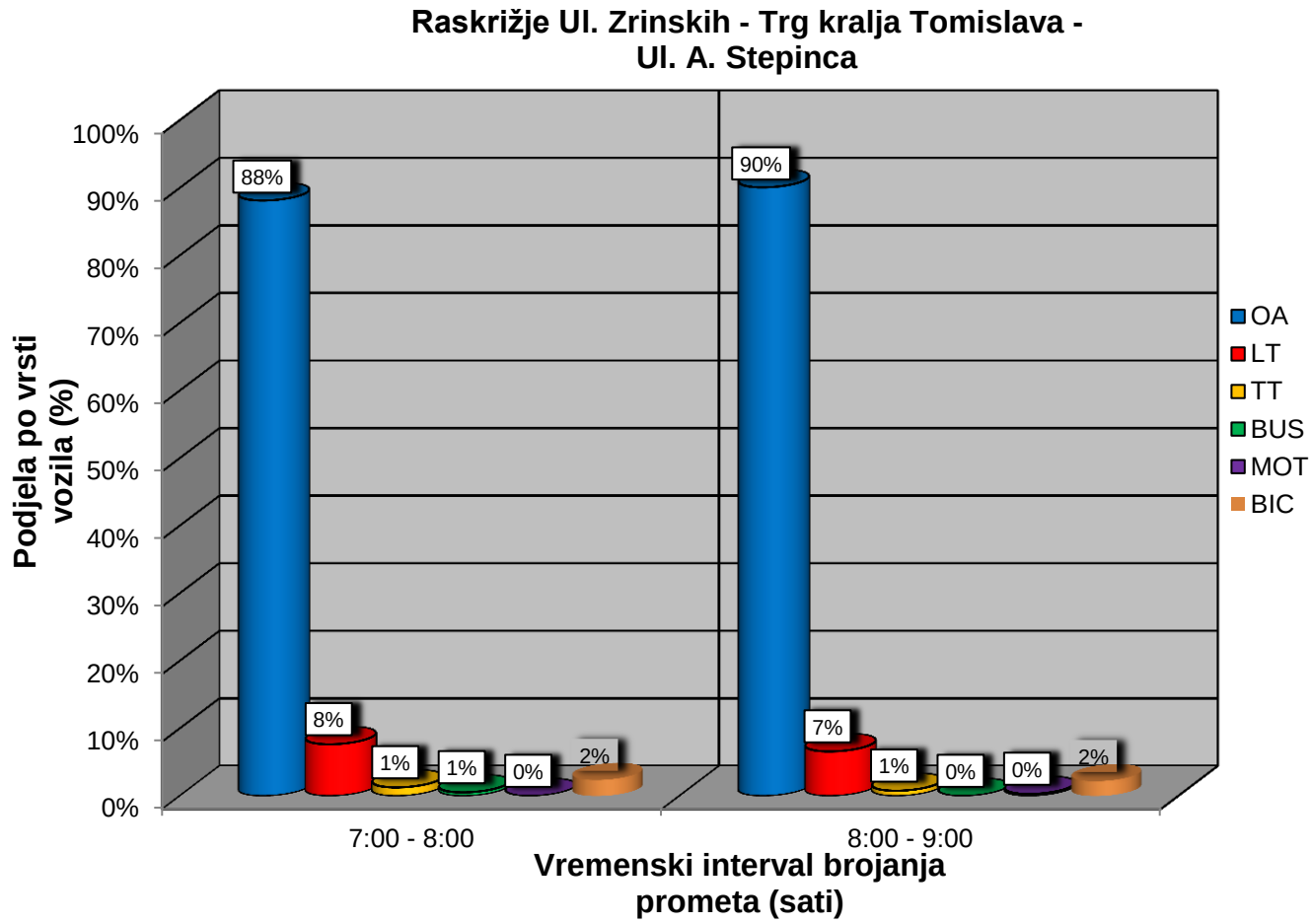
Grafikon 2. Udjeli prometnog opterećenja po privozima i smjerovima

Vozila koja skreću lijevo imaju 20% udjela na analiziranom raskrižju od kojih najviše ima privoz 4 sa 45%, a najmanje lijevih skretača ima privoz 1 sa 14%. Vozila koja prometuju ravno kroz raskrižje ima najveći broj, odnosno 54% od svih vozila koja prometuju raskrižjem.

Privoz 3 ima najviše vozila koja prolaze raskrižjem ravno od svih privoza i iznosi 38%. Desnih skretača na promatranom raskrižju ima 26%, a najveći postotak ima privoz 3 koji ima čak 70% udjela u ukupnom broju desnih skretača.

Analiza strukture cestovnog motornog prometa

U Grafikonu 3. prikazan je postotni udio vozila na analiziranom raskrižju prema kategorijama u promatranom vršnom satu. Kategorije su osobni automobil, lako teretno vozilo, teško teretno vozilo, autobus, motocikl, bicikl.



Grafikon 3. Struktura prometa na raskrižju

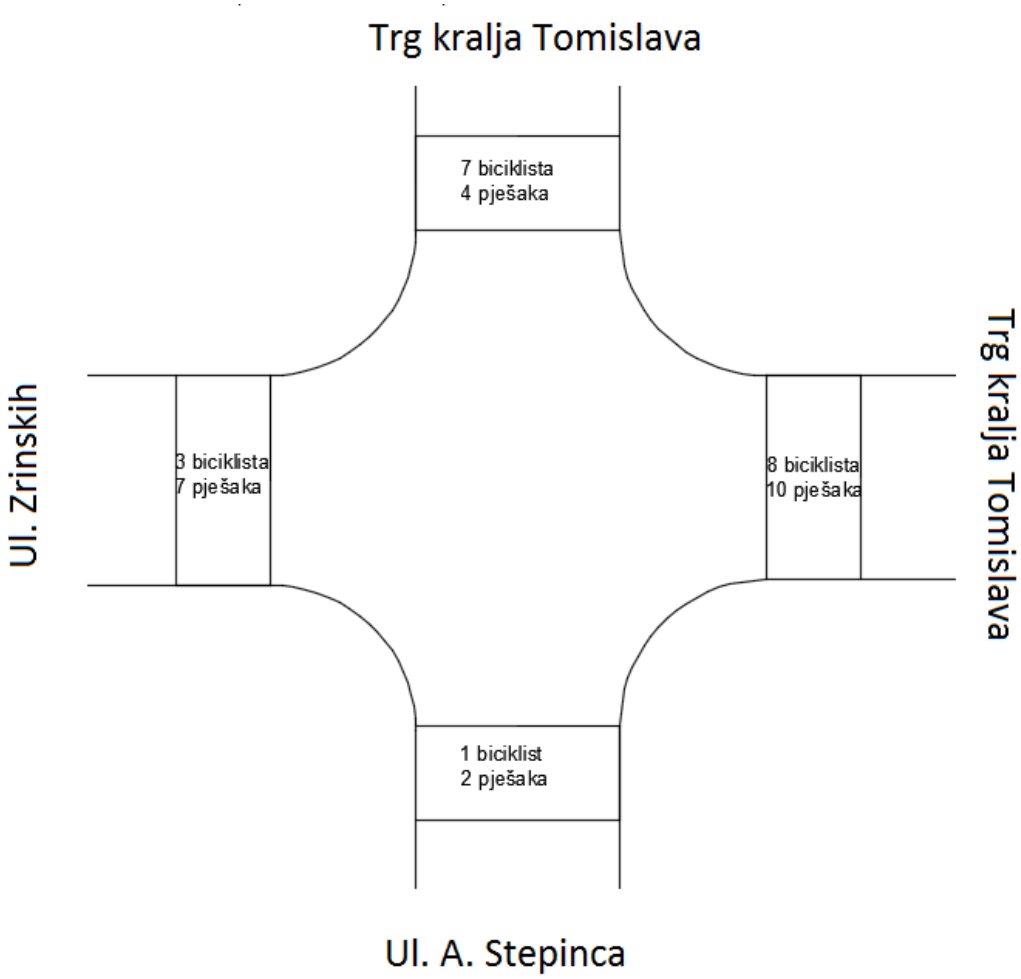
Legenda: OA – osobni automobili, LT – laka teretna vozila, TT – teška teretna vozila, BUS – autobus, MOT – motocikl, BIC - bicikl

Najveći udio imaju osobi automobili od čak 90%, što je i razumljivo jer se radi o gradskom području. Zatim slijede laka teretna vozila sa 7%, teških teretnih vozila ima svega 1%. U vršnom satu ima 0% buseva i 0% motociklista, a biciklista je zabilježeno 2%.

Analiza pješačkih i biciklističkih tokova

Pješaci i biciklisti na pješačkim prijelazima brojani su u intervalima od 07:00 – 09:00 i od 14:00 – 16:00. Na analiziranom raskrižju nije zapažen veliki broj pjašaka niti biciklista. Biciklistički promet u Novoj Gradiški je jako malo zastupljen.

Interval u kojem se najviše pojavljuju je između 15:00 i 16:00 sati. Rezultat brojanja pješaka i biciklista prikazan je na Slici 15.



Slika 15.Opterećenje pješačkih i biciklističkih tokova u intervalu od 15:00 - 16:00 sati

U promatranom vremenu prošlo je 19 biciklista i i 23 pješaka. Najviše je opterećen privoz 3 gdje je prošlo 8 biciklista i 10 pješaka. Navedeni pješački prijelaz je najbliže parku stoga najviše ljudi prelazi baš tim pješačkim prijelazom.

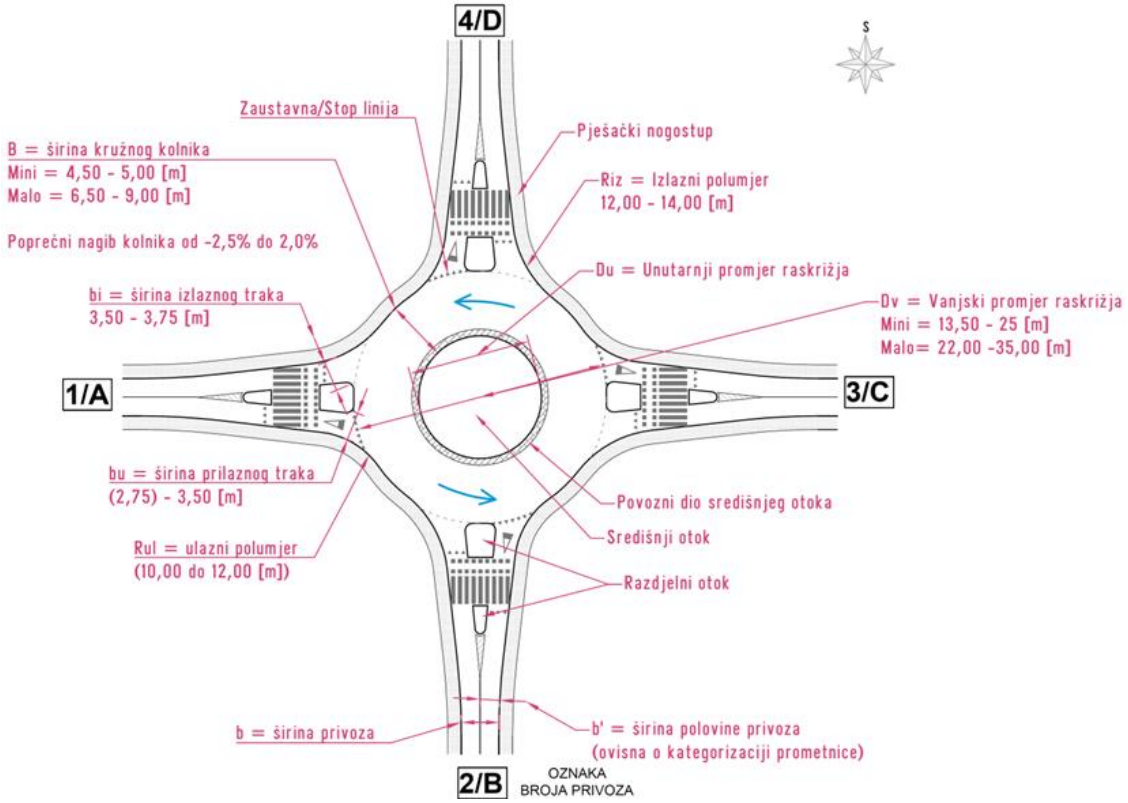
4. PRIJEDLOZI RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA

Oblikovna rješenja, koja su izrađena u ovome radu, na razini su idejnog rješenja čime se daju osnovna inženjerska, funkcionalna i prostorna rješenja građevine. Idejno rješenje izrađuje se na temelju projektnog zadatka i parametara koji proizlaze iz prethodno izrađene prometne studije prostorno – planske dokumentacije ili ostale postojeće projektne dokumentacije u zoni objekta za koji se radi idejno prometno rješenje. Idejnim prometnim rješenjem prikazuje se tehničko rješenje prometnog objekta usklađeno s propisima, uvjetima konkretne lokacije i pravilima struke tako da uvjetima budu ispunjeni zahtjevi od javnog interesa. Izabrano idejno rješenje je podloga za daljnju razradu projektne dokumentacije. Idejno rješenje može se izrađivati za nekoliko varijanti te poslužiti kao podloga za izbor najprikladnije varijante. [11]

U nastavku rada navedeni su prijedlozi oblikovnih rješenja promatranog raskrižja. Kao moguća rješenja odabrana su kružna raskrižja. Predstavljeno je tri moguća rješenja raskrižja s kružnim tokom prometa koja su izvediva zbog dimenzija, odnosno prostornog oblika raskrižja. Izrada prijedloga oblikovanja prometne infrastrukture za rekonstrukcije raskrižja u ovom radu obuhvaća:

- cestovnu infrastrukturu i opremu ceste
- pješačke nogostupe.

Kao i što je navedeno, moguća rješenja rekonstrukcije su kružna raskrižja. Prema suvremenoj definiciji raskrižje s kružnim tokom prometa (RKT) je prometna građevina kružnoga oblika s neprovoznim, djelomično provoznim ili provoznim središnjim otokom i kružnim prometnim kolnikom na koji se vežu tri priključne ceste (privozi) ili više njih, i u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu. Potreba za kružnim kretanjem prometnoga toka pojavila se ponajprije u urbanim sredinama sa izrazito naglim porastom motoriziranoga prometa. S ciljem smirivanja prometa te povećanja propusne moći i stupnja sigurnosti postojećih klasičnih raskrižja, primjena prvih oblikovnih rješenja raskrižja s kružnim tokom prometa nije se bitno promijenila do danas. [2] Na slici x prikazan je osnovni oblik mini/malog raskrižja s kružnim tokom prometa sa svim oblikovnim elementima i dimenzijama.



Slika 16. Osnovni oblik mini/malog raskrižja s kružnim tokom prometa s oblikovnim elementima [2]

Kružna raskrižja se mogu razvrstati po više kriterija, a uobičajena je podjela po lokaciji i veličini, po broju privoza i prometnim trakovima, po svrsi ili namjeni. Podjela prema lokaciji i veličini dijeli kružna raskrižja na ona unutar i izvan naselja. Unutar naselja se razlikuju mini, mala i srednje velika kružna raskrižja, dok izvan naselja postoji podjela na srednje velika, srednje velika dvotračna i velika kružna raskrižja. Podjela prema namjeni dijeli ih na raskrižja koja smiruju promet, ograničavaju ga i ona koja služe za postizanje što veće propusne moći uz dostatnu sigurnost prometa. U pogledu broja privoza, kružni tokovi se dijele na one s tri, četiri, pet ili više privoza, a s obzirom na broj prometnih trakova u kružnom kolniku, postoje jednotračna, dvotračna ili višetračna kružna raskrižja. [2]

Osnovne značajke raskrižja s kružnim tokom prometa su:

- kružna raskrižja su raskrižja s kombinacijom prekinutog i neprekinutog toka;
- prvenstvo prolaza imaju vozila u kružnom toku pred vozilima na privozima;
- vozilo na ulazu u kružno raskrižje se, u slučaju slobodnog kružnog toka, ne treba zaustavljati, već smanjenom brzinom ući u kružni tok
- u kružnim raskrižjima je zabranjena vožnja unatrag;

- dugim vozilima je tijekom vožnje dopušteno koristiti i prošireni dio kružnog kolničkog traka (tzv. povozni dio središnjeg otoka);
- za pješake i bicikliste vrijede jednaka pravila kao i za druge oblike raskrižja u razini. [2]

Kao i svaki oblik raskrižja, raskrižje s kružnim tokom prometa ima svojih prednosti i nedostataka. Prednosti su: puno veća sigurnost prometa uz manje posljedice prometnih nesreća, manje čekanje na privozima i mogućnost propuštanja jačih prometnih tokova, manji troškovi održavanja, veća propusna moć, manje štetnih plinova, mjera za smirivanje prometa i sl. Nedostaci su: loše rješenje kod velikog prometnog toka sa skretanjem ulijevo, s povećanjem broja kružnih prometnih trakova smanjuje se razina prometne sigurnosti, produljenje putanje pješaka i vozila s obzirom na izravno kanalizirana klasična raskrižja. [2]

Varijantna oblikovna rješenja raskrižja koja su u nastavku rada detaljnije opisana su:

- Varijanta 1 – malo kružno raskrižje (V1)
- Varijanta 2 – malo kružno raskrižje s obilaznim desnim skretanjem (V2)
- Varijanta 3 – mini kružno raskrižje (V3).

S obzirom da se raskrižje nalazi u urbanom području namjena navedenog kružnog raskrižja je smirivanje prometa, povećanje sigurnosti prometa i smanjenje prometnih nesreća te postizanje veće propusne moći.

U Tablici 6. prikazana je osnovna podjela kružnih raskrižja s obzirom na veličinu vanjskog polumjera te okvirni kapaciteti različitih tipovi kružnih raskrižja. Navedeni kapaciteti predstavljaju okvirne vrijednosti za jednotračna kružna raskrižja s jednoliko opterećenim privozima.

Tablica 6. Empirijski podaci o propusnoj moći različitih tipova kružnih raskrižja [12]

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

Varijanta 1 i Varijanta 2 u ovom radu bit će izvedena kao mala kružna raskrižja, a Varijanta 3 kao mini kružno raskrižje. Sukladno tome, u nastavku su analizirani projektno – oblikovni elementi najprije malih kružnih raskrižja, a potom i mini kružnih raskrižja.

4.1. Analiza projektno–oblikovnih elemenata varijantnih rješenja malih kružnih raskrižja

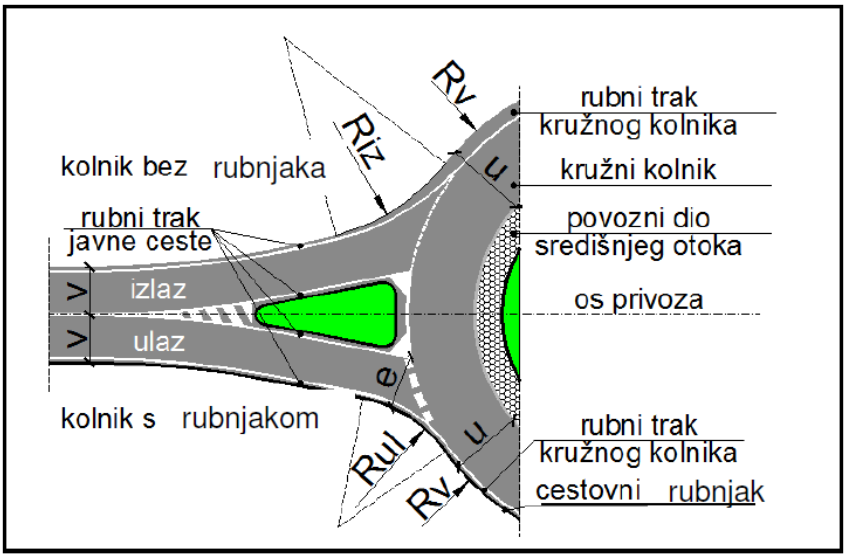
Mala kružna raskrižja u načelu se izvode samo u urbanim sredinama. Očekivana brzina vožnje kroz mala kružna raskrižja je do 30 km/h. Veoma često se ovakva kružna raskrižja izvode na ulazima u manja naselja, gdje, pored upozorenja vozačima o promjeni uvjeta vožnje, nude i velike mogućnosti arhitektonskog i drugog oblikovanja okolice i središnjeg otoka. [12]

Tablica 7. prikazuje granične preporučene vrijednosti geometrijskih elemenata za jednotračna mala i srednje velika kružna raskrižja u granicama koje proizlaze iz prometno-tehničkih uvjeta.

Tablica 7. Granične i preporučene vrijednosti geometrijskih elemenata za jednotračna mala i srednje velika kružna raskrižja [12]

Element	Simbol (jedinica)	Granično	Preporučeno
Vanjski polumjer	Rv (m)	11,0 – 25,0	13,5 – 22,5
Širina kružnog kolnika	u (m)	4,0 – 9,0	4,5 – 6,0
Širina ulaza/izlaza	e (m)	3,6 – 10,0	4,0 – 7,0
Širina voznog traka	v (m)	2,5 – 7,0	3,0 – 3,5
Ulazni polumjer	Rul (m)	6 – 25	8 – 20
Izlazni polumjer	Riz (m)	8 – 50	10 – 25
Duljina razdjelne površine	m (m)	7 - 10	15 - 50

Na Slici 17. prikazani su rubni elementi na kružnim raskrižjima koji se odnose na građevinsko oblikovanje i sadrže sve elemente poprečnog presjeka kolnika javne ceste uključujući i rubni trak javne ceste.

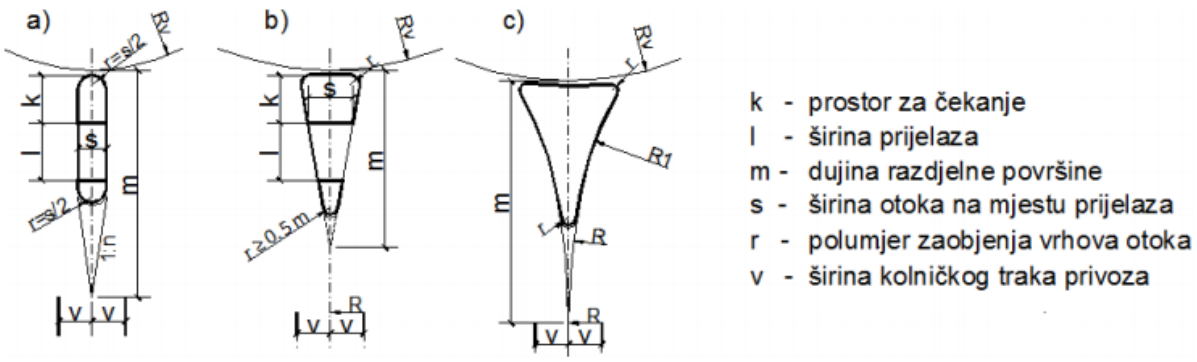


Slika 17. Položaj geometrijskih elemenata za jednotračna mala i srednje velika kružna raskrižja [12]

Kružni kolnik je prostor opisan polumjerima vanjskog (Rv) i unutarnjeg (Ru) ruba kolnika. Vanjski polumjer i širina kružnog kolnika „u“ su međusobno vezane veličine izborom mjerodavnog vozila. Zadaća kružnog kolnika je da omogući provoznost mjerodavnog vozila. Povozni dio središnjeg otoka je prometna površina u pravilu denivelirana i drugačije površinske obrade od kružnog kolnika s kojim graniči. Na državnim cestama izvedba povoznog dijela središnjeg otoka je obvezna na malim i srednje velikim kružnim raskrižjima.

Izlazni polumjer Riz osigurava primjerenu propusnost i sigurnost pri izlaznoj brzini. Izlazni polumjer treba biti veći ili jednak ulaznom Rul, a u pravilu ne manji od ulaznog polumjera (Riz ≥ Rul). Širina kolničkog traka „V“ značajan je element kojim se bitno utječe na propusnost ulaza. Širina kolničkog traka ne smije biti manja od širine voznog traka prilazne ceste. Središnji otok je u pravilu kružnog tlocrtnog oblika s vanjskim povoznim pojasom konstantne širine. Za zaustavljanje biciklista i osoba s kolicima preporuča se širina otoka od najmanje 2 metra na mjestu zaustavljanja pješaka i biciklista. [12] Ove navedene smjernice su se poštovale na oblikovnim varijantnim rješenjima.

Na Slici 18. prikazani su elementi razdjelnog otoka koji su korišteni u varijantnim rješenjima.

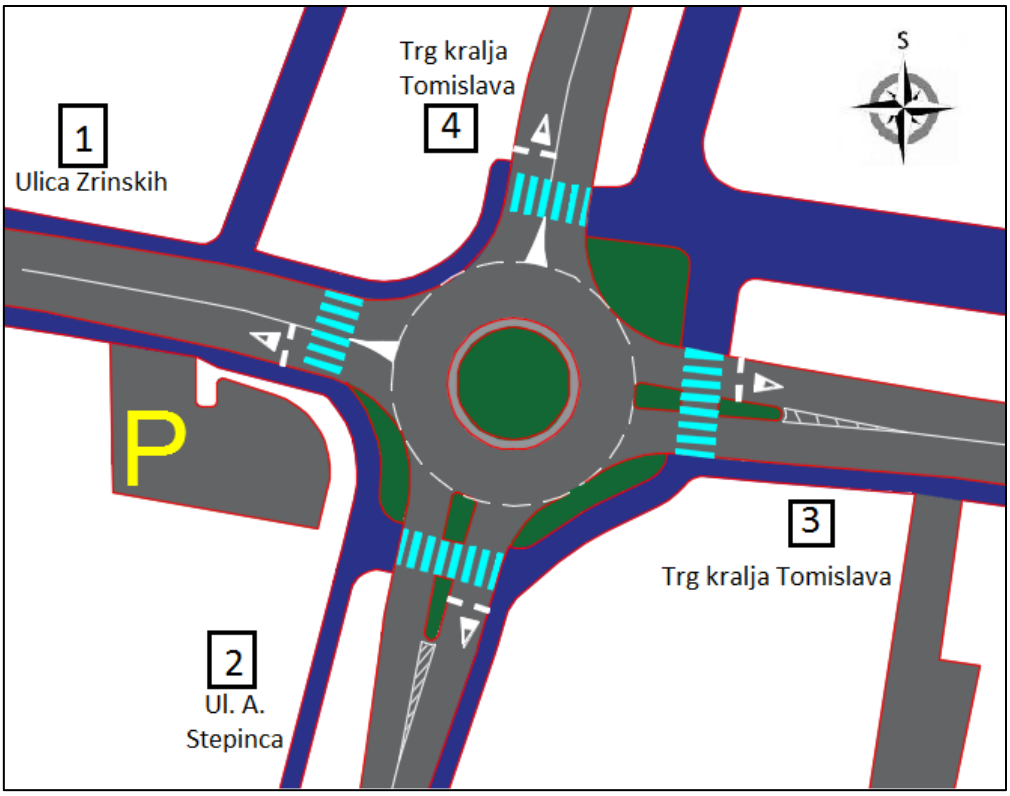


Slika 18. Kapljasti - izduženi (a), trokutasti (b) i ljevkasti (c) oblik razdjelnog otoka [12]

Pješački prijelaz treba biti izmaknut najmanje 5 metara od produžetka vanjskog ruba kružnog dijela kolnika u raskrižju što je na slici označeno kao prostor za čekanje. Ovo izmicanje je potrebno kako bi se osigurao prostor za najmanje jedno vozilo koje pri prolasku iz raskrižja čeka prelazak pješaka preko pješačkog prijelaza. [12] Na svim varijantama je poštovana navedena udaljenost.

Varijanta 1 – malo kružno raskrižje

Na Slici 19. prikazano je oblikovno rješenje Varijante 1 malog kružnog raskrižja.



Slika 19. Varijanta 1 - malo kružno raskrižje

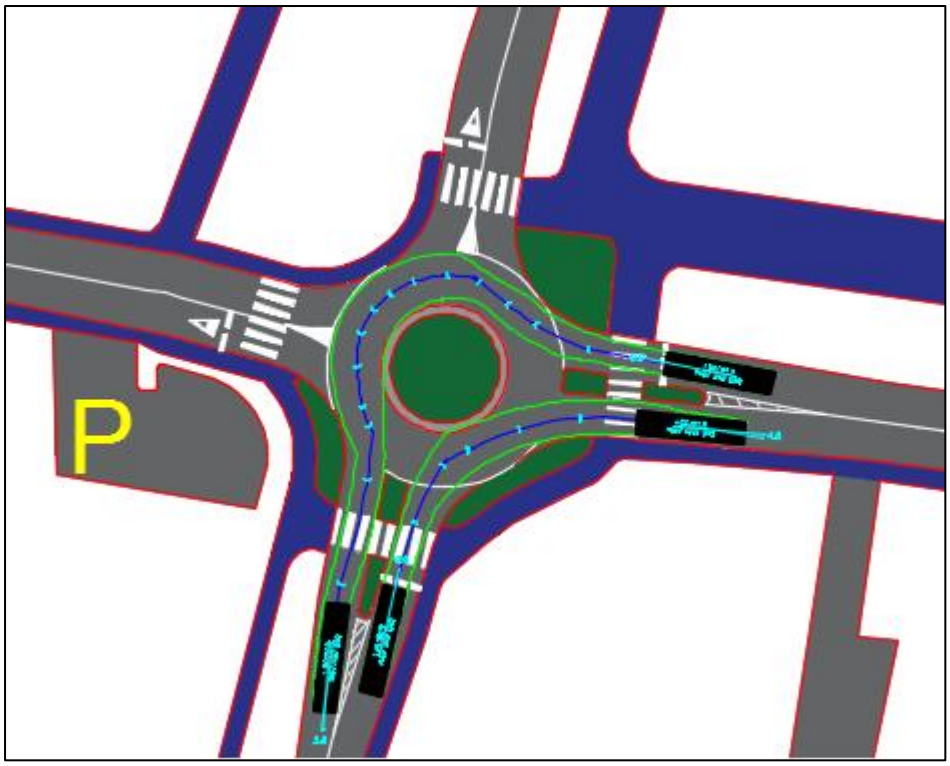
Legenda: 1, 2, 3, 4 – oznake privoza; P – parking površina; tamnoplavo – pješački nogostup, bijelo – oznake na kolniku; svijetlosivo – povozna površina, zeleno – nepovozna površina; svijetloplavo – pješački prijelaz

Na svakom privozu je jedna prometna traka za ulazak i jedna za izlazak iz raskrižja. Potrebno je malo proširenje kolnika u odnosu na postojeće stanje ali s obzirom da je zemljište u javnom vlasništvu nije potreban otkup zemljišta. Tamnoplavom bojom označeni su pješački nogostupi, a svijetloplavom pješački prijelazi preko kolnika. Zelenom bojom označeni su nepovozni razdjelni i središnji otoci, svijetlosivom povozni dio središnjeg otoka. Sve ostale varijante označene su istim bojama.

Razdjelni otoci širine su 2 metra kako bi biciklisti i pješaci s kolicima mogli stajati na otoku radi propuštanja vozila. Na privozima 1 i 4 nema razdjelnih otoka. Središnji otok ima povozni dio od jednog metra radi lakšeg prolaska teretnih vozila sa prikolicama kroz samo raskrižje. Na svim varijantama predlaže se ukidanje parking površine s desne strane privoza 4 čime se postiže veća preglednost raskrižja i povećava se sigurnost raskrižja.

Sve dimenzije oblikovnih elemenata raskrižja prikazane su u prilogu P 2.

Na Slici 20. prikazana je trajektorija mjerodavnog vozila pojedinih smjerova za Varijantu 1. Vidljivo je da mjerodavno vozilo ima dovoljno prostora za prolazak raskrižjem.

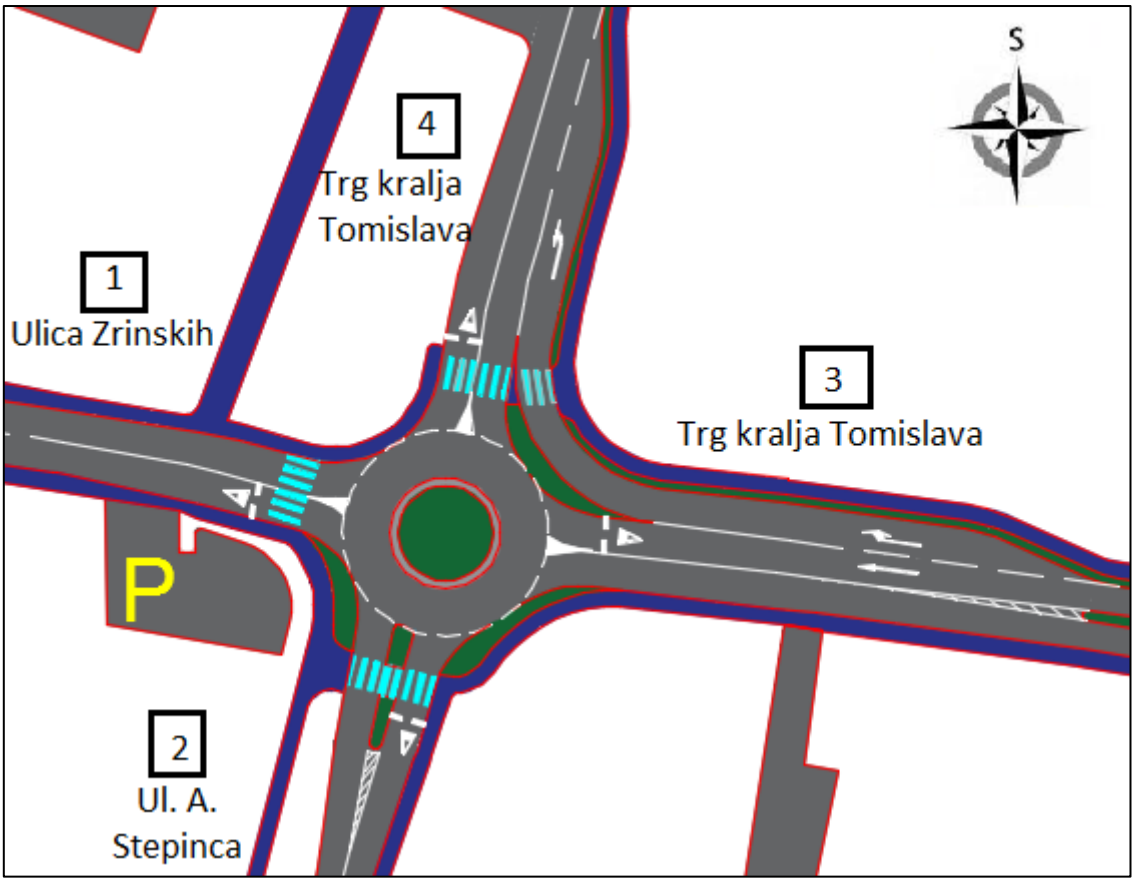


Slika 20. Trajektorija mjerodavnog vozila - Varijanta 1

Legenda: P – parking površina; tamnoplavo – pješački nogostup, bijelo – oznake na kolniku; svijetlosivo – povozna površina, zeleno – nepovozna površina; crno – mjerodavno vozilo, svijetlozeleno – trajektorija vozila

Varijanta 2 – malo kružno raskrižje s odvojenim desnim skretanjem

Slika 21. prikazuje Varijantu 2 odnosno malo kružno raskrižje s odvojenim desnim skretanjem iz privoza 3 u privoz 4.

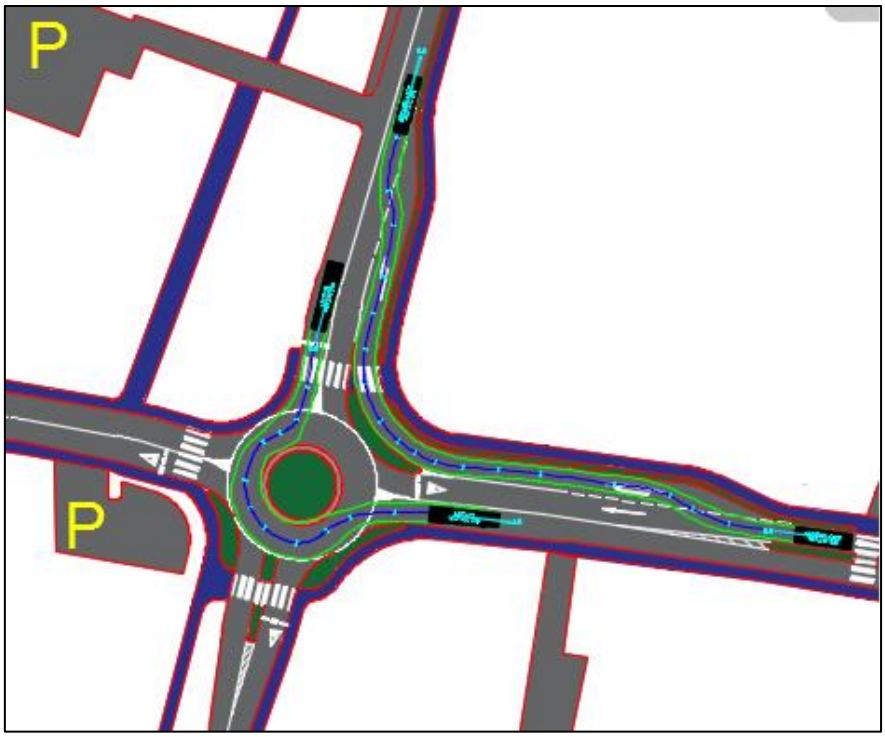


Slika 21. Varijanta 2 - malo kružno raskrižje s obilaznim desnim skretanjem

Legenda: 1, 2, 3, 4 – oznake privoza; P – parking površina; tamnoplavo – pješački nogostup, bijelo – oznake na kolniku; svijetlosivo – povozna površina, zelen – nepovozna površina; svijetloplavo – pješački prijelaz

Sve dimenzije oblikovnih elemenata Varijante 2 jednake su Varijanti 1 osim privoza 3 koji je izmijenjen. Na privozu 3 dodana je traka za desno skretanje zbog većeg broja desnih skretača. Također se predlaže ukidanje pješačkog prijelaza preko privoza 3 da ne bih nastajala kolona na najopterećenijem privozu. Sve dimenzije oblikovnih elemenata prikazane su u prilogu P 3.

Na Slici 22. prikazana je trajektorija mjerodavnog vozila na Varijanti 2.



Slika 22. Trajektorija mjerodavnog vozila - Varijanta 2

Legenda: P – parking površina; tamnoplavo – pješački nogostup, bijelo – oznake na kolniku; svijetlosivo – povozna površina, zeleno – nepovozna površina; crno – mjerodavno vozilo, svijetlozeleno – trajektorija vozila

4.2. Analiza projektno-oblikovnih elemenata varijantnog rješenja mini kružnog raskrižja

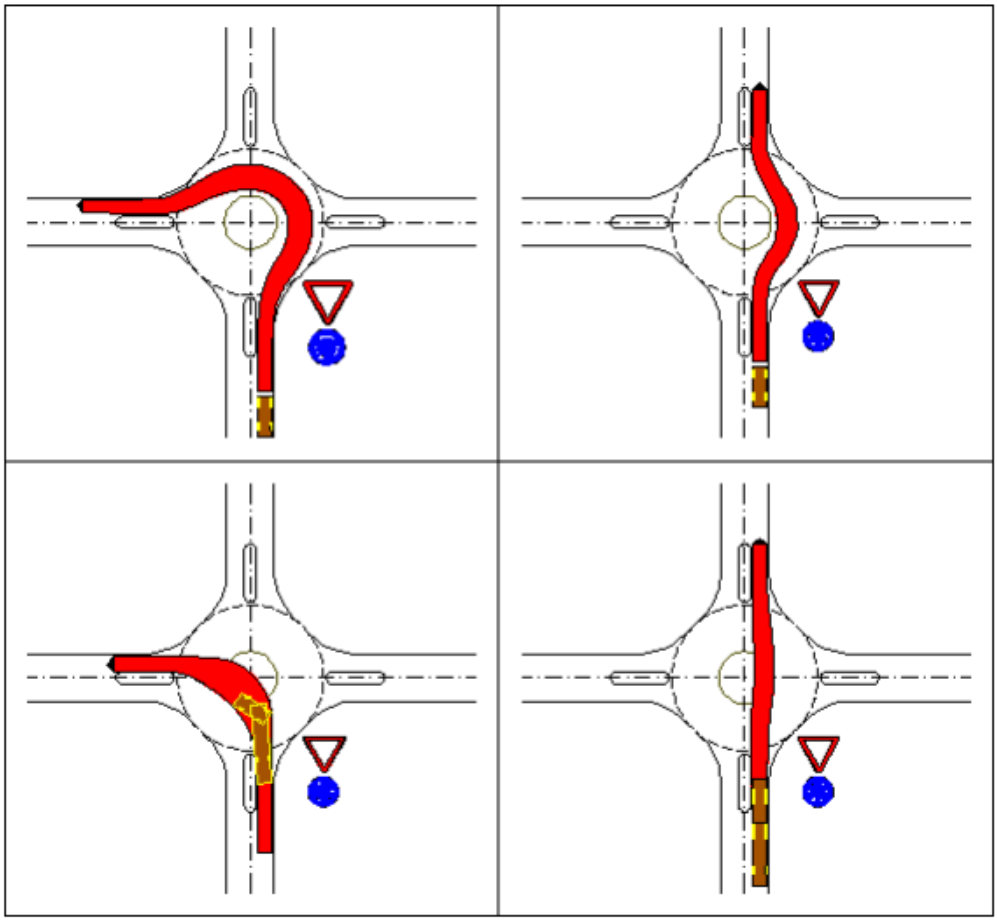
Mini kružno raskrižje je jednotračno kružno raskrižje s provoznim središnjim otokom. Za razliku od klasičnih jednotračnih kružnih raskrižja, kod mini kružnih raskrižja središnji otok je izveden tako da omogućava provoznost većim, odnosno, dužim motornim vozilima. U pravilu je mini kružno raskrižje trajno projektno rješenje, izvedeno unutar gabarita postojećeg klasičnog raskrižja. Izvedeno je s elementima, prometnom signalizacijom i opremom koja je u skladu s zakonskom regulativom i prometno – sigurnosnim zahtjevima za kružna raskrižja. Namjena mini kružnog raskrižja može biti smirivanje prometa, poboljšanje protočnost i/ili prometne sigurnosti. [2]

Mini kružna raskrižja je dozvoljeno izvoditi samo na cestama unutar naselja. Očekivana brzina prolaska vozila kroz mini kružno raskrižje je do 25 km/h. U usporedbi s klasičnim nesemaforiziranim raskrižjima mini kružna raskrižja imaju u pravilu veću propusnu moć i višu razinu prometne sigurnosti te manje troškove izvedbe.[12]

Pravila vožnje u mini kružnim raskrižjima su jednaka kao i kod ostalih tipova kružnih raskrižja. Očekuje se da automobili prate kružnu putanju oko središnjeg otoka i da ga

zaobilaze jer se u suprotnom povećava mogućnost sudara. Dulja vozila, koja zbog premalog radijusa ne mogu zaobići središnji otok, moraju preko njega dijelom ili u potpunosti proći.[12]

Na Slici 23. prikazan je prolazak osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje.



Slika 23. Skica prolaska osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje [12]

Mini kružno raskrižje pogodno je rješenje u slučaju rekonstrukcije postojećih raskrižja i to:

- raskrižja nepovoljnih rasporeda privoza (oblika)
- raskrižja oblika „F“ i „H“ (dva trokraka „T“ raskrižja na maloj međusobnoj udaljenosti)
- u slučaju približno jednakog prometnog opterećenja na glavnom i sporednom prometnom smjeru
- u slučaju kada semaforizacija nije opravdana, a kapacitet nesemaforiziranog raskrižja premašen
- kada nema dovoljno prostora za izvedbu urbanog jednotračnog kružnog raskrižja

- kada smjer glavnog ili prevladavajućeg prometnog toka nije usklađen s postojećom geometrijom (tipom) raskrižja. [12]

Mini kružno raskrižje nije pogodno rješenje u situaciji kada se na nekoj lokaciji očekuje značajniji udio većih motornih vozila, teretnih vozila i/ili autobusa. Ujedno se izvedba mini kružnog raskrižja ne preporuča na značajnijim linijama JGP, u industrijskim i trgovačkim zonama i na svim drugim mjestima na kojima se očekuje prometovanje većeg broja većih vozila. [12] Na promatranom raskrižju, u vršnom satu, zabilježeno je vrlo malo teretnih vozila i autobusa što predstavlja pogodnost za implementaciju mini kružnog raskrižja.

Središnji otok mora biti izveden uzdignuto i u obliku kupole, pri čemu je vanjski rub otoka uzdignut za 2 – 3 cm s obzirom na visinu kružnog kolnika, a na sredini je kupola visinu 10 – 12 cm. Zbog bolje uočljivosti mini kružnog raskrižja, preporučljivo je da je središnji otok izveden od drugog materijala (kamene ili betonske kocke), ukoliko je središnji otok izveden od asfalta, mora barem uzdignuti rub otoka biti izveden od kamenih ili betonskih kocaka ili rubnjaka. [12]

U Tablici 8. prikazane su preporučene vrijednosti određenih geometrijskih elemenata za mini kružna raskrižja.

Tablica 8. Preporučene vrijednosti određenih geometrijskih elemenata za mini kružna raskrižja [12]

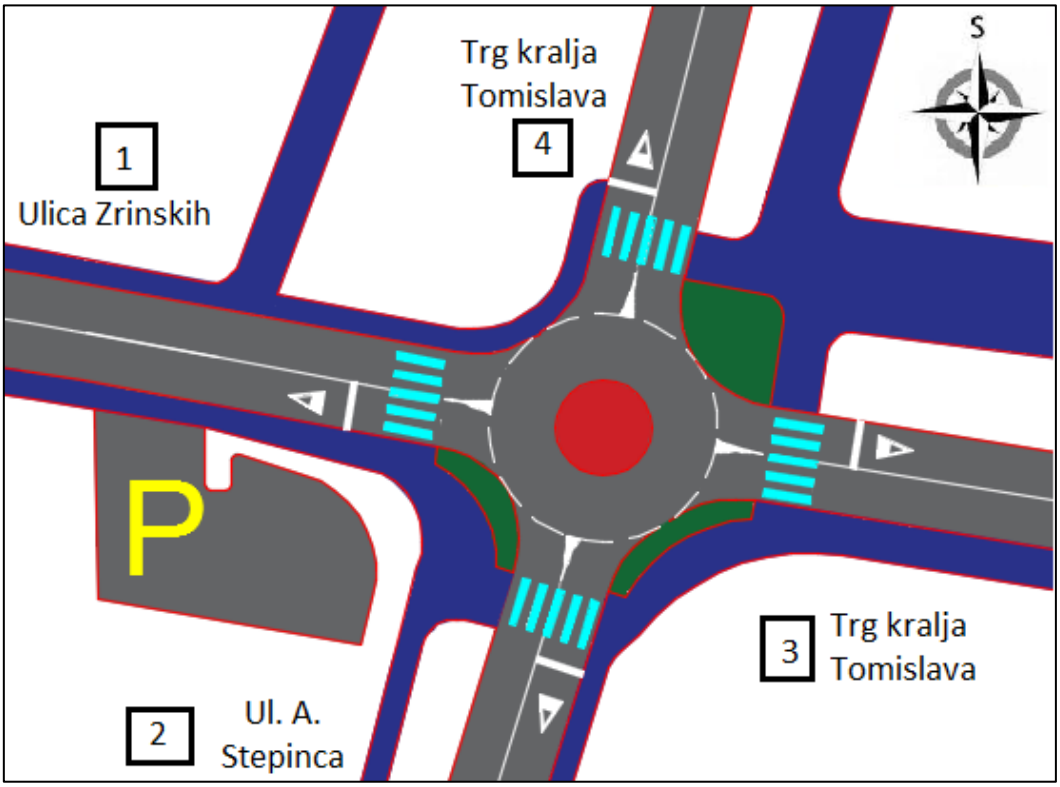
ELEMENT	SIMBOL (jedinica)	PREPORUČENO
Vanjski polumjer	Rv (m)	6,5 – 12,5
Širina kružnog kolnika	u (m)	4,5 – 5,0
Širina ulaza/izlaza	e (m)	2,75 – 3,3
Polumjer središnjeg otoka	Dn (m)	3,5 – 4,5

Zbog činjenice da središnji otok mini kružnog raskrižja ne predstavlja "vizualne prepreke" za vozače, potrebno je omogućiti vidljivost i prepoznatljivost mini kružnog raskrižja. To se postiže pogodnim vođenjem priključnih cesta (defleksija), prometnom signalizacijom, dodatnim označavanjem središnjeg i razdjelnih otoka i javnom rasvjetom. [12]

Bitno je da se na privozima mini kružnom raskrižju osigura duljina preglednosti (ovisna o dozvoljenoj brzini na prilaznoj cesti) te da se na definiranoj duljini preglednosti uklone sve fizičke zapreke kako bi vozač mogao na vrijeme uočiti mini kružno raskrižje te tome prilagoditi brzinu i način kretanja. [2]

Varijanta 3 – mini kružno raskrižje

Na Slici 24. prikazana je Varijanta 3 prijedloga rješenja rekonstrukcije raskrižja a to je mini kružno raskrižje s provoznim središnjim otokom.



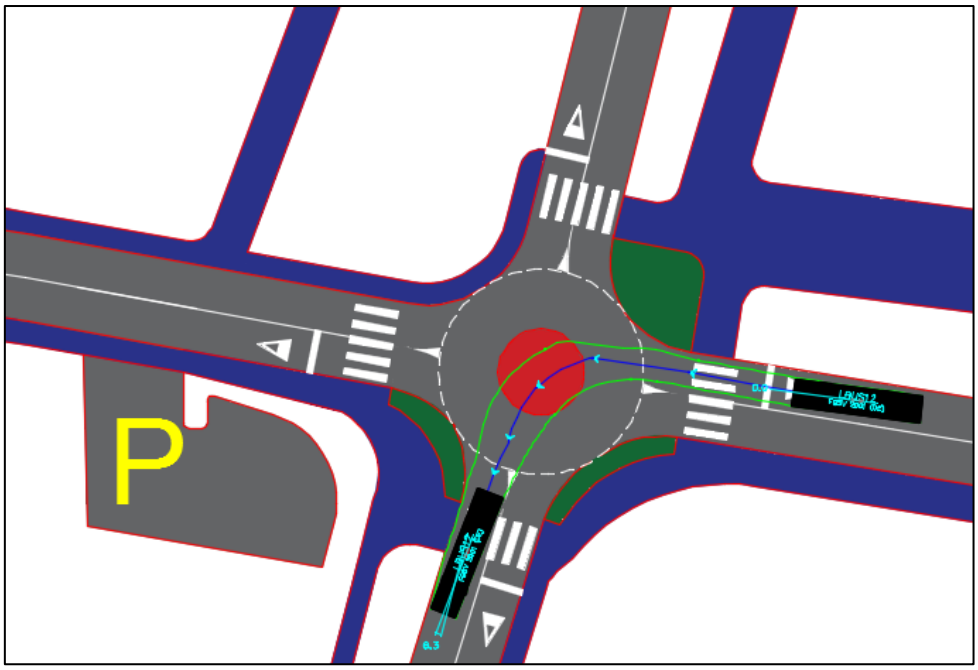
Slika 24. Varijanta 3 - mini kružno raskrižje

Legenda: 1, 2, 3, 4 – oznake privoza; P – parking površina; tamnoplavo – pješački nogostup, bijelo – oznake na kolniku; crveno – povozni središnji otok, zelen – nepovozna površina; svijetloplavo – pješački prijelaz

S obzirom da je mini kružno raskrižje manjih dimenzija nego kružno raskrižje, Varijanta 3 ne zahtjeva nikakva proširenja na postojećem stanju. Središnji otok je u potpunosti povozan i uzdignut stoga autobusi i teretna vozila prelaze preko njega, a time im se skraćuje i vrijeme prolaska raskrižjem. Uzdignuće središnjeg otoka izaziva smetnje vozačima osobnih automobila i motocikala da se kreću preko njega.

Sve dimenzije oblikovnih elemenata Varijante 3 prikazane su u prilogu P 4.

Na Slici 25. prikazana je trajektorija mjerodavnog vozila za Varijantu 3. Iz slike je vidljivo da teška vozila moraju prelaziti preko središnjeg povoznog otoka.



Slika 25. Trajektorija mjerodavnog vozila - Varijanta 3

Legenda: P – parking površina; tamnoplavo – pješački nogostup, bijelo – oznake na kolniku; crveno – povozni središnji otok, zeleno – nepovozna površina; crno – mjerodavno vozilo, svijetlozeleno – trajektorija vozila

4.3. Usporedba oblikovnih elemenata varijantnih rješenja

Dimenzije oblikovnih elemenata koji su važniji za sigurno odvijanje prometa prikazani su u Tablici 9.

Tablica 9. Dimenzije pojedinih oblikovnih elemenata varijantnih rješenja

SIMBOL (jedinica)	V1	V2	V3
Rv (m)	13	13	9,5
u (m)	6	6	5,5
e (m)	4,8 – 7,2	5,8 – 7,2	5 – 5,6
v (m)	3,5 – 4,5	3,5 – 4,5	4
Rul (m)	12	12	9,5
Riz (m)	13	13	9,5

Varijanta 1 i Varijanta 2 imaju jednak vanjski radijus (Rv) od 13 metara dok je kod Varijante 3 taj radijus 9,5 metara. Širina kružnog kolnika (u) iznosi 6 metara kod Varijante 1 i Varijante 2 širina je 5,5 metara. Širina ulaza (e) kreće se u rasponu od 4,8 – 7,2 metra kod

malih kružnih raskrižja dok je kod mini kružnog raskrižja, odnosno Varijante 3 širina 5 – 5,6 metara. Širine voznih trakova (v) kod Varijante 1 i Varijante 2 iznose od 3,5 – 4,5 metara, a kod Varijante 3 je 4 metra. Ulazni polumjeri (Rul) iznose 12 metrara kod malih kružnih raskrižja, dok je na mini kružnom raskrižju 9,5 metara što je u granicama preporučenog. Izlazni radijusi (Riz) Varijante 1 i Varijante 2 su 13 metara, a Varijante 3 9,5 metara.

U nastavku su analizirane širine pješačkih nogostupa. U Tablici 10. prikazane su širine pješačkih nogostupa po privozima za postojeće stanje i nova varijantna rješenja. Izgradnja biciklističkih staza nije potrebna zbog malog broja biciklista stoga se pješaci i biciklisti koriste zajedničkom pješačko-biciklističkom stazom.

Tabela 10. Usporedba širina pješačkih nogostupa po privozima

Privoz	Širina pješačkog nogostupa s desne strane (m)		Širina pješačkog nogostupa s lijeve strane (m)		Širina pješačkog prijelaza (m)	
	Postojeće	V1, V2 i V3	Postojeće	V1, V2 i V3	Postojeće	V1, V2 i V3
1	2,7	2	2	2	4	4
2	2,3	2	3	2	4	4
3	8,9	8,9 (2)	2,28	2	4	4 (0)
4	0	0	5,5	5,5 (2)	4	4

Na privozu 1 s desne strane nogostup je širine 2,7 metara, s lijeve iznosi 2 metra. Predlaže se smanjenje širine nogostupa s desne strane na širinu od 2 metra da bih se dobio prostor za rekonstrukciju raskrižja. Kod privoza 2 s desne strane nalazi se pješački nogostup širine 2,3 metra, a s lijeve strane od 3 metra te predlaže rekonstrukcija oba nogostupa na širinu od 2 metra. Na privozu 3 s desne strane ima nogostup koji se nalazi u obližnjem parku i širine je 8,9 metara. Prijedlog je da taj nogostup ostane nepromijenjen osim kod Varijante 2 gdje bi se izgradio novi uz desnu obilaznu traku u širini od 2 metra. Na privozu 4 s desne strane ne postoji nogostup nego parking za vozila. Prijedlog je da se parking zatvori jer smanjuje preglednost raskrižja te se pretvori u zelenu površinu. S lijeve strane na privozu 4 je također nogostup, koji prolazi kroz park, širine 5,5 metara koji bi se rekonstruirao jedino u Varijanti 2 i to na širinu od 2 metra. Širine pješačkih prijelaza iznose 4 metra na svim privozima. Prijedlog je ukidanje pješačkog prijelaza na privozu 3 kod Varijante 2.

5. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI

Jedna od ključnih odrednica cestovnog prometa svake države je i sigurnost u prometu. U svakoj je mirnodopskoj ljudskoj aktivnosti rizik prisutan, no daleko najveći je upravo u cestovnom prometu, u kojem sudjeluje praktički svaki čovjek. Stupanj cestovno-prometne sigurnosti pokazatelj je prometne kulture, ali i odraz složenosti odnosa u društvu. Stoga je prevencija cestovno-prometnih nezgoda vrlo kompleksna djelatnost. Da bi se u toj djelatnosti postigli rezultati bitno je poznavanje uzroka nezgoda, načina povećanja sigurnosti i načina utjecaja na sudionike u prometu da bi se postigli rezultati. Iako u sustavu sigurnosti prometa ima mnogo čimbenika, preventivne i represivne uglavnom se usmjeravaju na vozača, jer je na temelju dosadašnjih analiza i ocjena stanja utvrđeno da je upravo on ključna osoba u izbjegavanju nezgode. Dugoročni pristup treba se provesti koordinirano kroz sljedeće načine djelovanja, u područjima prometa, obrazovanja, zakonodavstva i zdravstva:

- školski programi i obrazovanje, posebno u predškolskim ustanovama i osnovnim školama i u dobi kad još nije moguće polaganje vozačkog ispita,
- programi osposobljavanja vozača, polaganje vozačkih ispita i izdavanje vozačkih dozvola,
- programi usavršavanja vožnje,
- kontrola i programi za smanjenje alkohola u prometu,
- sustav zdravstvenih pregleda vozača,
- sustav prometnih pravila i provođenje zakona,
- osobine cesta i vozila,
- programi u svezi sadržaja reklame i promidžbe. [18]

U cestovnom prometu dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Da bi se povećala sigurnost cestovnog prometa i smanjile opasnosti potrebno je provesti mnoge mjere, od kojih je prva, detaljna analiza uzroka i posljedica prometnih nesreća na prometnicama. Iskustva razvijenih zemalja potvrđuju da je istraživanje problema sigurnosti na cestama isplativ način sprečavanja prometnih nesreća. To je bitno i za gospodarski razvoj budući da troškovi prometnih nesreća čine znatan postotak bruto domaćeg proizvoda. [11] U nastavku poglavlja analizirana je sigurnost postojećeg stanja na raskrižju i sigurnost varijantnih rješenja.

Izvršena je analiza:

- broj prometnih nesreća koje su se dogodile na promatranom raskrižju u razdoblju 2012. - 2016. godine
- broj konfliktnih točaka postojećeg stanja i svake varijante
- preglednost raskrižja.

5.1. Analiza prometnih nesreća

Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Nije prometna nesreća kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnulo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta. [19]

Prema nastalim posljedicama prometne nesreće možemo podijeliti na:

- prometne nesreće sa teže ozlijeđenim ili poginulim osobama,
- prometne nesreće sa lakše ozlijeđenim osobama,
- prometne nesreće u kojima je nastala manja materijalna šteta,
- prometne nesreće sa imovinsko-materijalnom štetom velikih razmjera.[13]

Podaci o prometnim nesrećama zabilježenim od strane Policijske uprave Brodsko-posavske na promatranom raskrižju, za razdoblje od 2012. do 2016. godine, prikazani su u Tablici 11.

Tablica 11. Broj prometnih nesreća s posljedicama [14]

Godina	Prometne nesreće			
	Poginule osobe	Ozlijeđene osobe	Materijalna šteta	Ukupno
2012.	0	2	3	5
2013.	0	5	1	6
2014.	0	4	2	6
2015.	0	1	3	4
2016.	0	2	3	5
Ukupno	**0**	**14**	**12**	**26**

Na promatranom raskrižju u razdoblju 2012. – 2016. godine zabilježeno je ukupno 26 prometnih nesreća od kojih 14 prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama i 12 prometnih nesreća s materijalnom štetom. Na svu sreću nije zabilježena niti jedna poginula osoba, dok je jedna osoba zadobila teške tjelesne ozljede, a 24 osobe su zadobile lake tjelesne ozljede. [14]

5.2. Konfliktne točke

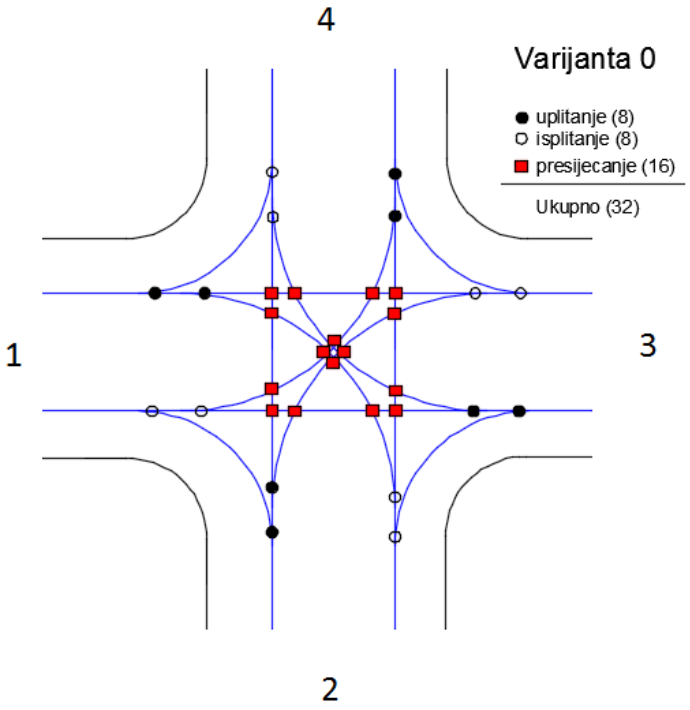
Konfliktne točke ili mjesta presijecanja između prometnih tokova su posljedica odvijanja prometa u razini. Točke presijecanja između prometnih tokova uvijek su posljedica same biti odvijanja prometa u mreži i na raskrižjima. Spajanje i razdvajanje, odnosno ulijevanje i izlijevanje u prometni tok moguće je samo na istoj razini.[20]

Broj točaka presijecanja između prometnih tokova na raskrižjima ovisi o broju prilaza i usmjerenosti tokova na prilazima te od načina vođenja tokova u raskrižjima. Postoje dva načina vođenja tokova kroz raskrižja, i to:

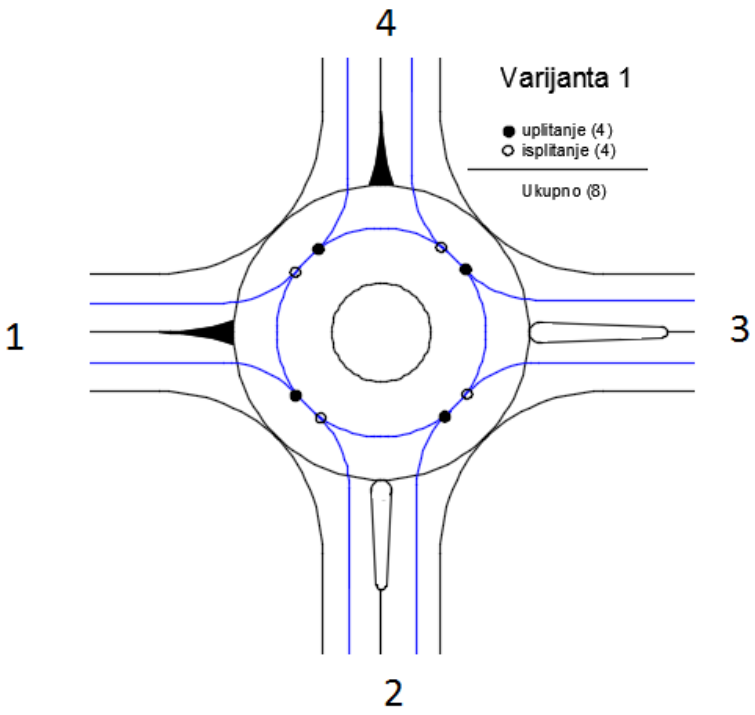
- direktno vođenje tokova (direktno kanalizirana raskrižja),
- kružno kretanje tokova oko centra raskrižja (razni oblici raskrižja: kružna raskrižja bez presijecanja tokova, kružna raskrižja s presijecanjem tokova, raskrižja nastala sustavom vođenja tokova jednosmjernim ulicama i sl.). [20]

Kod kružnih kretanja s dovoljno velikim radijusom kretanja, presijecanje tokova se događa pod veoma malim kutom tako da se umjesto jedne točke presijecanja između dva toka dobije jedna točka ulijevanja i jedna točka izlijevanja. Kod kružnih raskrižja tendencija je da se najveći broj točaka presijecanja pretvara u točke ulijevanja i izlijevanja. [20]

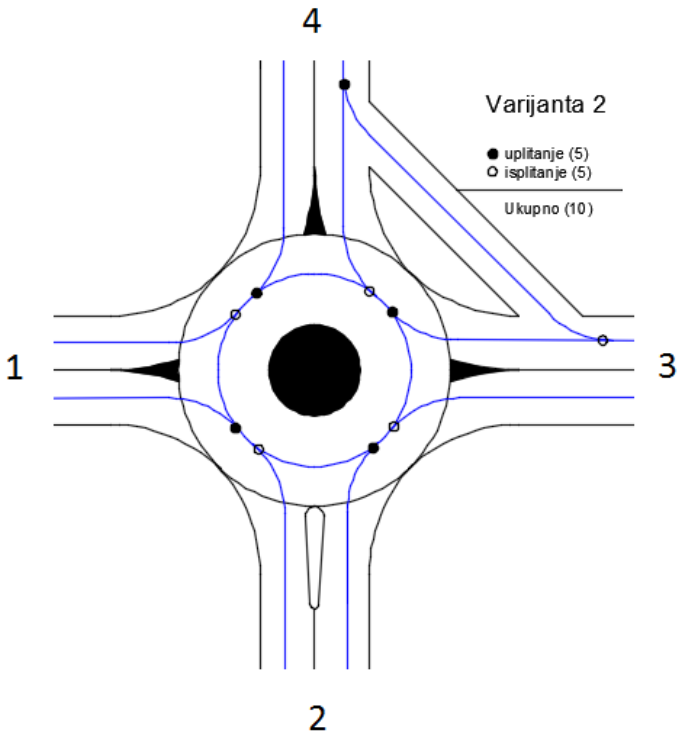
Teoretske konfliktne točke postojećeg stanja i oblikovnih varijantnih rješenja prikazane su na slijedećim slikama.



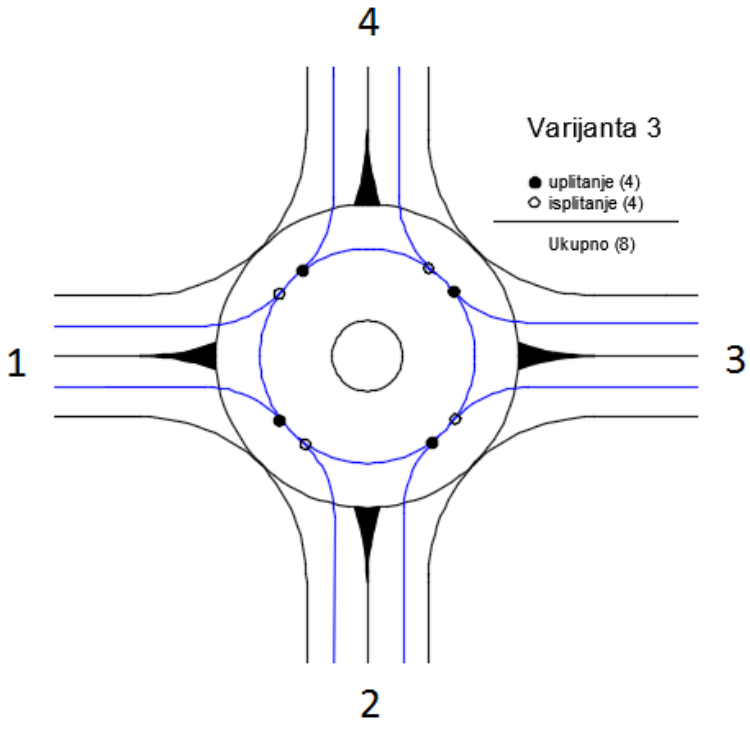
Slika 26. Konfliktne točke postojećeg stanja



Slika 27. Konfliktne točke Varijante 1



Slika 28. Konflikte točke Varijante 2



Slika 29. Konflikte točke Varijante 3

Najopasnije radnje su preplitanje i presijecanje. Na Varijanti 0, odnosno postojećem stanju, ima 16 točaka presijecanja, što ju čini najmanje sigurnom. Varijanta 0 ima ukupno 32 konflikte točke, od toga 8 uplitanja, 8 isplitanja i 16 presijecanja. Varijanta 1 ima 8 konfliktnih točaka, a to su 4 uplitanja i 4 isplitanja. Kod Varijante 2 pojavljuju se 10 konfliktnih točaka od kojih su 5 točaka uplitanja i 5 točaka isplitanja. Varijanta 3 ima, kao i Varijante 1, 8 konfliktih točaka odnosno 4 uplitanja i 4 isplitanja.

Prema ukupnom broju konfliktnih točaka može se odrediti stupanj sigurnosti po slijedećem redoslijedu:

1. Varijanta 1; 8 konfliktnih točaka
2. Varijanta 3; 8 konfliktnih točaka
3. Varijanta 2; 10 konfliktnih točaka
4. Varijanta 0; 32 konfliktne točke.

Varijantna rješenja nemaju točke preplitanja niti presijecanja što ih čini daleko sigurnijim od postojećeg stanja.

Po broju konfliktnih točaka jednako optimalna rješenja su Varijanta 1 i Varijanta 3, zatim Varijanta 2 i na kraju Varijanta 0, odnosno postojeće stanje.

6. ANALIZA FUNKCIONALNE UČINKOVITOSTI RASKRIŽJA

Da bi se dobila optimalna varijanta potrebno je, na temelju ulaznih podataka, simulacijom modela na računalu i analizom prikupljenih izlaznih podataka nakon izvršene simulacije, izvršiti analizu funkcionalne učinkovitosti raskrižja. Simulacija se provodi korištenjem mikrosimulacijskog programskog alata Vissim.

Simulacija je metoda ili način modeliranja ponašanja nekog stvarnog sustava na računalu, radi eksperimentiranja i testiranja reakcija statičkog i dinamičkog karaktera na određene unijete promjene ili radi praćenja ponašanja sustava tijekom vremena u cilju rješavanja konkretnih problema. [15] Vissim je mikrosimulacijski alat za modeliranje gradske prometne mreže i operacija javnog gradskoga prijevoza te tokova pješaka. Točnost i vjerodostojnost simulacijskog modela najviše ovisi o kvaliteti modeliranja ponašanja vozila u simuliranoj prometnoj mreži. Za razliku od ostalih simulacijskih alata koji koriste konstantne brzine vozila i deterministička logiku slijeđenja, Vissim koristi psihofizički model ponašanja vozača kojeg je razvio Rainer Wiedemann 1974. godine na Sveučilištu u Karlsruheu. Osnovni koncept Wiedemannovog modela je taj da vozač bržeg vozila (u jednom prometnom traku, bez mogućnosti izlaska iz mreže), počinje usporavati kada percipira sporije vozilo u istom prometnom traku. Budući da vozač u bržem vozilu ne može točno utvrditi brzinu sporijeg vozila, on usporava ispod brzine sporijeg vozila te postepeno počinje ubrzavati do brzine sporijeg vozila. [17] Na temelju ulaznih podataka i simulacije, mikrosimulacijski program Vissim, na izračunava razne izlazne podatke vezane za promet. U ovom radu odabrani podaci iz Vissima su prosječno vrijeme čekanja (razina usluge) i duljina repa čekanja.

Razina usluge (eng. level of service – LOS) je kvalitativna mjera koja opisuje operativne uvjete prometnog toka prema percepciji odnosno opažanjima korisnika, a određuje se prema izračunatim i izmjerenim prosječnim vremenima čekanja za pojedine prometne trakove. [2] U Tablici 12. prikazane su točne vrijednosti intervala prosječnog vremena čekanja za različite razine usluge na nesemaforiziranom raskrižju.

Tablica 12. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena čekanja [2]

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

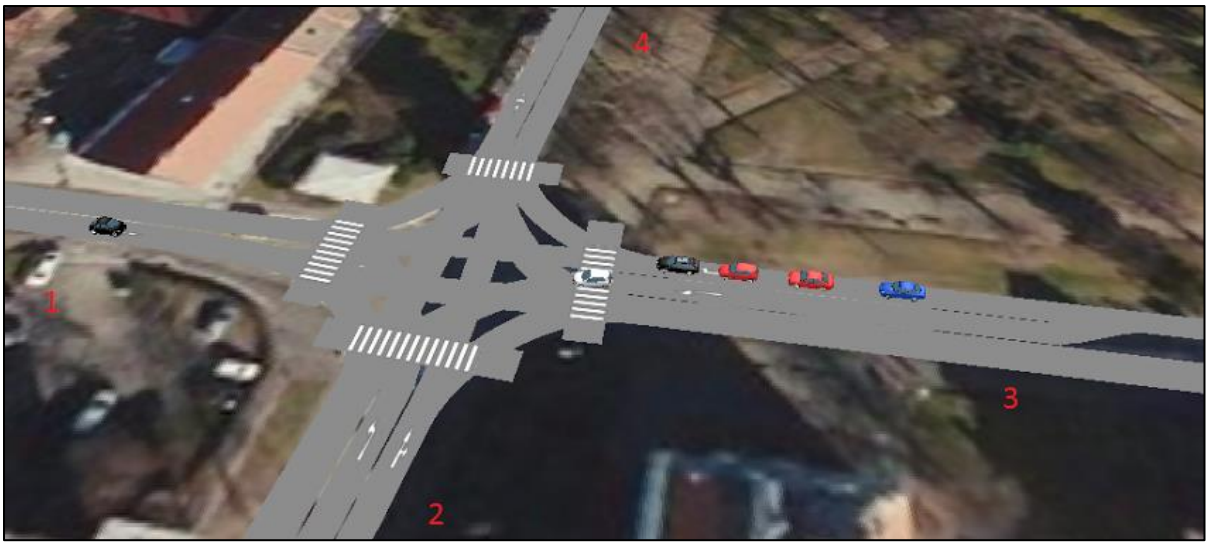
Razina usluge se procjenjuje kroz šest stupnjeva (A – najbolje, F – najlošije), prema američkoj metodologiji (eng. *Highway Capacity Manual* – HCM) i njemačkoj (njem. *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen* – HBS). [2]

6.1. Evaluacija postojećeg stanja

U mikrosimulacijskom alatu Vissim napravljena je simulacija i evaluacija za vremenski interval 08:00 – 09:00 sati. Evaluacijom su dobiveni podaci prosječno vrijeme kašnjenja iz kojeg se određuje razina usluge te duljina repa čekanja.

Raskrižjem se upravlja prometnim znakovima te se na temelju toga analizirana funkcionalna učinkovitost raskrižja.

Na Slici 30. je vizualni prikaz (animacija) izvođenja simulacije odnosno odvijanje prometa na raskrižju. Vidljivo je kako se stvara rep čekanja na privozu 3 koji je najopterećeniji privoz.



Slika 30. Izvođenje simulacije postojećeg stanja u Vissim-u

U Tablici 13. prikazano je prosječno vrijeme kašnjenja i razina usluge po privozima Varijante 0 odnosno postojećeg stanja.

Tablica 13. Prosječno vrijeme kašnjenja i razina usluge Varijante 0

Privoz	Prosječno vrijeme kašnjenja i razina usluge (s/voz)	
1	10,62	B
2	0,06	A
3	9,1	A
4	0,09	A
Prosjek	**4,97**	**A**

Rezultati pokazuju da je prosječno vrijeme kašnjenja na privozu 1, 10,62 s/voz, što je razina usluge B, na privozu 2 prosječno kašnjenje je 0,06 s/voz odnosno razina usluge A. Privoz 3, koji je najopterećeniji ima prosječno vrijeme kašnjenja od 9,1 s/voz, odnosno razinu usluge A, ali je vrlo blizu granice razine usluge B, te privoz 4 koji ima prosječno vrijeme kašnjenja 0,09 s/voz, odnosno razinu usluge A. Prosjek vremena kašnjenja na cijelom raskrižju je 4,97 s/voz, i cijelo raskrižje ima razinu usluge A. S obzirom da su privozi 2 i 4 glavni privozi i imaju prvenstvo prolaza njihovo vrijeme kašnjenja je vrlo malo i ono ovisi o broju pješaka koji prelaze prometnicu.

Slijedeći podatak koji nam je bitan za analizu funkcionalne učinkovitosti raskrižja je i duljina repa čekanja. U Tablici 14. prikazana je prosječna duljina repa čekanja po privozima.

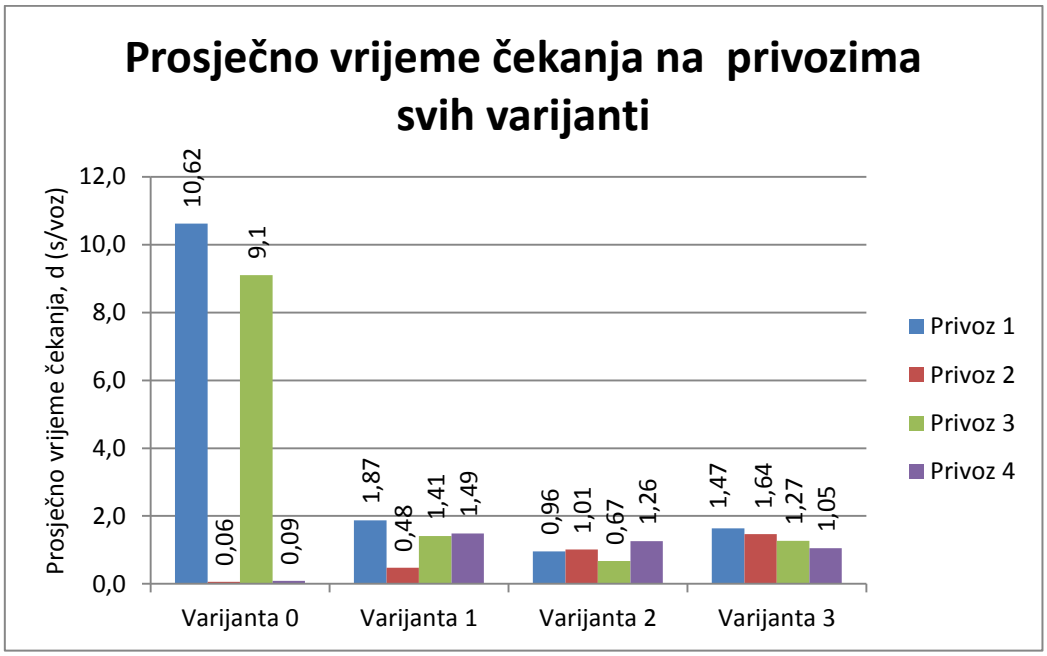
Tablica 14. Prosječni rep čekanja Varijante 0

Privoz	Duljina repa čekanja Q_{95} (vozila)
1	0,68
2	0
3	1,4
4	0

Iz tablice je vidljivo da je prosječna duljina repa čekanja na privozu 2 i 4 0 vozila jer su to glavni privozi. Na privozu 1 rep čekanja je 0,68 vozila dok je na privozu 3 prosječna duljina repa čekanja 1,4 vozila.

6.2. Usporedba postojećeg stanja raskrižja i idejnih prometnih rješenja

Na Grafikonu 4. prikazana je usporedba prosječnog vremena čekanja na privozima postojećeg stanja i svih varijantnih rješenja.



Grafikon 4. Usporedba prosječnog vremena čekanja na privozima za sve varijante

U Tablici 15. Prikazano je prosječno vrijeme čekanja za svaku varijantu

Tablica 15. Prosječno vrijeme čekanja svih varijanti

Privoz	Varijanta 0	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Privoz 1	10,62	1,87	0,96	1,47
Privoz 2	0,06	0,48	1,01	1,64
Privoz 3	9,1	1,41	0,67	1,27
Privoz 4	0,09	1,49	1,26	1,05
Prosjek	**4,967**	**1,312**	**0,975**	**1,357**

Iz Grafikona 4. i Tablice 15. je vidljivo da sve varijante imaju prosječno vrijeme čekanja ispod dvije sekunde, što znači da imaju razinu usluge A, osim Varijante 0 odnosno postojećeg stanja. U prosjeku najduže vrijeme čekanja ima Varijanta 0, a ono iznosi 4,96 s/voz, dok najkraće vrijeme čekanja ima Varijanta 2 od 0,975 s/voz. Prema tome Varijanta 2 je optimalno rješenje.

Zbog velikog opterećenja privoza 3, na Varijanti 2 dodana je traka za desno skretanje što je vidljivo i na rezultatima simulacije gdje je vrijeme čekanja na privozu 3 upravo najkraće na Varijanti 2.

Rekonstrukcijom raskrižja, jednim od navedena tri rješenja, prosječno vrijeme čekanja značajno bi se smanjilo te ne bih bilo većih odstupanja po privozima, tj. prosječno vrijeme čekanja bih se izjednačilo na svim privozima za razliku od početnog stanja.

6.3. Prognoza prometa

Prognoza prometa je predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova. U praksi postoje razni matematički, statistički i ekspertni modeli za izradu prognoze prometa temeljem navedenih ulaznih podataka. Najčešće korišteni model je „model jednakih budućih faktora rasta za sve promatrane cestovne presjeke u zoni obuhvata, na bazi višekriterijske trend analize vremenske serije“. [11] U Tablici 16. prikazana su prometna opterećenja za petogodišnja razdoblja na način da je procijenjen rast prometnog opterećenja u jutarnjem vršnom satu od 2% godišnje na svakom privozu.

Tablica 16. Prometna opterećenja za petogodišnja razdoblja

Privoz	Prometno opterećenje (voz/h)				
	2017. godina	2022. godina	2027. godina	2032. godina	2037. godina
1	99	109	121	133	147
2	107	118	130	144	159
3	283	312	345	381	420
4	175	193	213	236	260

U programskom alatu Vissim napravljena je simulacija i evaluacija za sva petogodišnja razdoblja na osnovi godišnjeg rasta prometnog opterećenja za 2%. Prosječno vrijeme kašnjenja i razina usluge varijanti prikazani su u Tablici 17.

Tablica 17.Usporedba prosječnog vremena čekanja varijanti za prognozirano razdoblje

Varijanta	Period	Prosječno vrijeme čekanja (s/voz) i razina usluge			
		Privoz 1	Privoz 2	Privoz 3	Privoz 4
1	5	2,17	0,77	1,02	1,76
2		1,99	0,88	0,82	1,34
3		1,15	1,67	2,36	1,55
1	10	1,99	0,98	1,79	2,31
2		2,86	0,97	1,36	1,71
3		2,01	2,53	2,98	2,12
1	15	2,25	0,92	1,58	2,46
2		1,78	1,76	1,18	2,16
3		1,9	2,09	3,82	2,54
1	20	2,37	1,55	2,41	3,16
2		2,67	1,42	1,22	3,12
3		3,16	3,47	4,15	2,88

Zelenom bojom označena su kraća vremena čekanja po privozima. Iz tablice je vidljivo da Varijanta 2 ima najmanje prosječno vrijeme čekanja u svim petogodišnjim razdobljima.

Prema tome, može se zaključiti da je Varijanta 2 optimalno oblikovno varijantno rješenje iz aspekta propusne moći odnosno funkcionalne učinkovitosti.



Slika 31. Izvođenje simulacije u Vissim-u Varijante 2

Na Slici 31. prikazana je simulacija Varijante 2 na kojoj se vidi kako se crno vozilo kreće trakom za desno skretanje iz privoza 3 u privoz 4.

Varijanta 1 i 3 su optimalna prema sigurnosti odnosno broju konfliktnih točaka (8) u odnosu na Varijantu 2 (10), dok Varijanta 2 ima kraće prosječno vrijeme čekanja, posebno na privozu 3 koji je najopterećeniji, što je sveukupno čini optimalnom.

7. ZAKLJUČAK

Raskrižja s kružnim tokom su sigurnija i pružaju veću propusnu moć u odnosu na klasična raskrižja. Pored toga, estetski su vrlo pogodna za gradske sredine, s brojnim mogućnostima uređenja središnjeg otoka. S obzirom na brojna pozitivna iskustva izgradnje kružnih raskrižja te njihovih prednosti u odnosu na klasična raskrižja, za očekivati je da će se u Hrvatskoj njihova izgradnja i dalje intenzivirati. Posebno uvažavajući činjenicu da je na našim cestama sve veći broj vozila, a da propusna moć postojećih raskrižja, pogotovo u gradskim sredinama, postaje nedostatna.

U ovom radu analizirano je postojeće stanje jednog od najnesigurnijih raskrižja u gradu Nova Gradiška kako bi se mogla izvršiti optimizacija funkcionalne učinkovitosti raskrižja. Loša preglednost sa sporednih privoza predstavlja najveći problem za sigurnost prometa na raskrižju.

U svrhu povećanja sigurnosti i propusne moći raskrižja predložena su tri idejna varijantna rješenja raskrižje s kružnim tokom prometa. Varijanta 1 i Varijanta 2 izvedena su kao mala kružna raskrižja, a Varijanta 3 kao mini kružno raskrižje. To su sljedeća varijantna rješenja:

- Varijanta 1 – malo kružno raskrižje,
- Varijanta 2 – malo kružno raskrižje s obilaznim desnim skretanjem,
- Varijanta 3 – mini kružno raskrižje s povoznim središnjim otokom.

Odabir optimalne varijante izvršio se na temelju ulaznih podataka, simulacijom modela na računalu i analizom prikupljenih izlaznih podataka korištenjem mikrosimulacijskog programskog alata Vissim te analizom stanja sigurnosti postojećeg stanja i predloženih varijanti.

Na temelju analize dobivenih podataka može se zaključiti da su optimalni rezultati vezani uz Varijantu 2 – malo kružno raskrižje s obilaznim desnim skretanjem. Posebna traka za desno skretanje je iz privoza 3, koji je najopterećeniji privoz, u privoz 4, u koji odlazi 40% prometa iz navedenog privoza. Najkraće prosječno vrijeme čekanja cijelog raskrižja kod ove Varijante iznosi 0,975 s/voz (RU A) što je čini optimalnom iz aspekta propusne moći. Ova je Varijanta optimalno oblikovno rješenje i u budućim petogodišnjim razdobljima do 2037. godine. Bez obzira što Varijanta 1 i Varijanta 3 imaju manje konfliktnih točaka (8) u odnosu na Varijantu 2 (10), što nije značajna razlika, proizlazi da je Varijanta 2 – malo kružno raskrižje s obilaznim skretanjem optimalni odabir u rekonstrukciji promatranog raskrižja.

Literatura

[1] Legac, I.: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

[2] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta/Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

[3] Pilko, H.: Optimiziranje oblikovne i sigurnosne komponente raskrižja s kružnim tokom prometa (doktorska disertacija), Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2014.

[4] Odluka o razvrstavanju javnih cesta, Narodne novine br. 66/2015, Zagreb, 2015.

[5] https://www.google.hr/maps (lipanj 2017.)

[6] http://tzgng.hr/ (lipanj 2017.)

[7] Izmjene i dopune GUP-a grada Nove Gradiške, 2015. (mreža društvenih i gospodarskih djelatnosti)

[8] Upravni odjel za urbanizam i komunalne poslove: Izvješće o stanju u prostoru grada Nove Gradiške, 2015.

[9] https://map.hak.hr (lipanj 2017.)

[10] https://geoportal.dgu.hr (lipanj 2017.)

[11] Brlek, P.; Dadić, I.; Šoštarić, M.: Prometno tehnološko projektiranje (autorizirana predavanja); Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.

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

[13] Zovak, G.; Šarić, Ž.: Prometno tehničke ekspertize (autorizirana predavanja); Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2016.

[14] Podaci o prometnim nesrećama, Policijska uprava Brodsko-posavska, Nova Gradiška, 2017.

[15] Peraković, D.: Simulacije u prometu (autorizirana predavanja), Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2016.

[16] AutoTURN 9.0, Uputstva za uporabu, Transoft Solutions Inc., Richmond, Kanada, 2014.

[17] PTV Vissim User manual, Karlsruhe, Germany, 2015.

[18] https://www.pgz.hr (lipanj 2017.)

[19] Zakon o sigurnosti prometa na cestama NN, broj 67/08, Zagreb, 2008.

[20] Dadić, I.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, 2014.

Popis slika

Slika 1. Raskrižje u razini [2] 3
Slika 2. Klasični svojstveni tipovi raskrižja u razini [2] 4
Slika 3. Polje preglednosti kod približavanja [2] 6
Slika 4. Privozna preglednost [2] 6
Slika 5. Prometni položaj Nove Gradiške [5] 8
Slika 6. Dispozicija promatranog raskrižja u prometnoj mreži grada [9] 9
Slika 7. Dispozicija raskrižja s obzirom na mrežu društvenih i gospodarskih djelatnosti [7] 9
Slika 8. Varijanta 0 - tlocrt postojećeg stanja 11
Slika 9. Dimenzije mjerodavnog vozila [16] 13
Slika 10. Trajektorije vozila – postojeće stanje 13
Slika 11. Položaj pješačkih nogostupa i prijelaza 14
Slika 12. Prikaz preglednosti sa privoza 1 [5] 15
Slika 13. Prikaz preglednosti sa privoza 3 [5] 16
Slika 14. Prikaz prometnog opterećenja raskrižja 18
Slika 15.Opterećenje pješačkih i biciklističkih tokova u intervalu od 15:00 - 16:00 sati 21
Slika 16. Osnovni oblik mini/malog raskrižja s kružnim tokom prometa s oblikovnim elementima [2] 23
Slika 17. Položaj geometrijskih elemenata za jednotračna mala i srednje velika kružna raskrižja [12] 26
Slika 18. Kapljasti - izduženi (a), trokutasti (b) i ljevkasti (c) oblik razdjelnog otoka [12] 27
Slika 19. Varijanta 1 - malo kružno raskrižje 28
Slika 20. Trajektorija mjerodavnog vozila - Varijanta 1 29
Slika 21. Varijanta 2 - malo kružno raskrižje s obilaznim desnim skretanjem 30
Slika 22. Trajektorija mjerodavnog vozila - Varijanta 2 31
Slika 23. Skica prolaska osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje [12] 32
Slika 24. Varijanta 3 - mini kružno raskrižje 34
Slika 25. Trajektorija mjerodavnog vozila - Varijanta 3 35
Slika 26. Konfliktne točke postojećeg stanja 40
Slika 27. Konfliktne točke Varijante 1 40
Slika 28. Konflikte točke Varijante 2 41
Slika 29. Konflikte točke Varijante 3 41
Slika 30. Izvođenje simulacije postojećeg stanja u Vissim-u 45
Slika 31. Izvođenje simulacije u Vissim-u Varijante 2 49

Popis tablica

Tablica 1. Širina prilaznih trakova 12
Tablica 2. Širina provoznih trakova 12
Tablica 3. Širina pješačkih nogostupa 14
Tablica 4. Razdoblja ručnog brojanja prometa [11] 17
Tablica 5. Proračun vozila u ekvivalentne jedinice putničkih automobila [11] 17
Tablica 6. Empirijski podaci o propusnoj moći različitih tipova kružnih raskrižja [12] 24
Tablica 7. Granične i preporučene vrijednosti geometrijskih elemenata za jednotračna mala i srednje velika kružna raskrižja [12] 25
Tablica 8. Preporučene vrijednosti određenih geometrijskih elemenata za mini kružna raskrižja [12] 33
Tablica 9. Dimenzije pojedinih oblikovnih elemenata varijantnih rješenja 35
Tabela 10. Usporedba širina pješačkih nogostupa po privozima 36
Tablica 11. Broj prometnih nesreća s posljedicama [14] 38
Tablica 12. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena čekanja [2] 44
Tablica 13. Prosječno vrijeme kašnjenja i razina usluge Varijante 0 45
Tablica 14. Prosječni rep čekanja Varijante 0 46
Tablica 15. Prosječno vrijeme čekanja svih varijanti 47
Tablica 16. Prometna opterećenja za petogodišnja razdoblja 48
Tablica 17.Usporedba prosječnog vremena čekanja varijanti za prognozirano razdoblje 48

Popis grafikona

Grafikon 1. Prometno opterećenje pojedinog privoza 19
Grafikon 2. Udjeli prometnog opterećenja po privozima i smjerovima 19
Grafikon 3. Struktura prometa na raskrižju 20
Grafikon 4. Usporedba prosječnog vremena čekanja na privozima za sve varijante 46

Popis priloga

Prilog 1. Varijanta 0 – postojeće stanje raskrižja

Prilog 2. Varijanta 1 – malo kružno raskrižje

Prilog 3. Varijanta 2 – malo kružno raskrižje s obilaznim desnim skretanjem

Prilog 4. Varijanta 3 – mini kružno raskrižje

PRILOG 1

PRILOG 2

PRILOG 3

PRILOG 4

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Analiza s prijedlogom rekonstrukcije raskrižja Ulice Zrinskih - Ul. A. Stepinca - Trg kralja Tomislava u Novoj Gradiški** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 10.7.2017.

(potpis)