

Višekriterijska analiza varijanata rekonstrukcije raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju

Babić, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:705364>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Filip Babić

**VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUKCIJE
RASKRIŽJA STUBIČKE ULICE, ULICE MARIJE JURIĆ ZAGORKE I
ULICE ZAGORSKO NASELJE U OROSLAVJU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Zagreb, 5. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Vrednovanje cestovnih projekata**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4865

Pristupnik: **Filip Babić (0135225603)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Višekriterijska analiza varijanata rekonstrukcije raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju**

Opis zadatka:

Istraživanje treba obuhvatiti analizu postojećeg stanja raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju. Temeljem provedene analize postojećeg stanja potrebno je predložiti moguće varijante za rekonstrukciju predmetnog raskrižja. Za predložene varijante potrebno je izraditi SWOT analizu, a zatim varijante vrednovati višekriterijskom analizom primjenom AHP metode. U tu svrhu potrebno je definirati relevantne kriterije i potkriterije. Za vrednovanje varijanata AHP metodom predlaže se primjena programskog alata Expert Choice. Nakon utvrđene optimalne varijante, potrebno je izraditi analizu osjetljivosti. Zaključno, autor treba dati svoj osvrt na izabrano optimalno rješenje dobiveno temeljem rezultata višekriterijske analize te predložiti izvor financiranja investicije.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Danijela Barić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA
STUBIČKE ULICE, ULICE MARIJE JURIĆ ZAGORKE I ULICE ZAGORSKO
NASELJE U OROSLAVJU**

**MULTI CRITERIA ANALYSIS OF THE RECONSTRUCTION VARIANTS OF THE
INTERSECTION OF STUBIČKA ULICA, ULICA MARIJE JURIĆ ZAGORKE AND
ZAGORSKO NASELJE IN OROSLAVJE**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Danijela Barić

Student: Filip Babić, 0135225603

Zagreb, ožujak 2019.

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA STUBIČKE ULICE, ULICE MARIJE JURIĆ ZAGORKE I ULICE ZAGORSKO NASELJE U OROSLAVJU

SAŽETAK

Diplomski rad obuhvaća detaljnu analizu postojećeg stanja raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju na kojem zbog nedovoljne preglednosti, velikih prilaznih brzina, nedostatka pješačkih prijelaza, nedostataka nogostupa za pješake i drugih čimbenika, dolazi do velikog broja prometnih nesreća i smanjene prometne sigurnosti za sve sudionike. Na temelju analize postojećeg stanja predložene su četiri nove varijante raskrižja koje su izrađene i prikazane u programskom alatu AutoCAD. Za predložene varijante izrađena je SWOT analiza, a zatim su varijante vrednovane višekriterijskom analizom primjenom AHP metode uz programsku podršku Expert Choice. Nakon provedenih postupaka višekriterijske analize odabrana je optimalna varijanta te je provedena analiza osjetljivosti.

KLJUČNE RIJEČI: rekonstrukcija; raskrižje; SWOT analiza; višekriterijska analiza; AHP metoda; Expert Choice; analiza osjetljivosti.

MULTI CRITERIA ANALYSIS OF THE RECONSTRUCTION VARIANTS OF THE INTERSECTION OF STUBIČKA ULICA, ULICA MARIJE JURIĆ ZAGORKE AND ZAGORSKO NASELJE IN OROSLAVJE

SUMMARY

This thesis includes a detailed analysis of the current state of the intersection Stubička ulica, Ulica Marije Jurić Zagorke and street Zagorsko naselje in Oroslavje, where, because of poor visibility, high-speed vehicular access, no crosswalks and pedestrian paths, as well as other factors, a large number of road accidents and decreased traffic safety for all participants occur. Based on the analysis of existing state, four new variants of intersection were proposed and are presented in AutoCAD. SWOT analysis was made for the proposed variants and then the variants were evaluated by multi-criteria analysis using the AHP method with the program support of Expert Choice. After the multi-criteria analysis, the optimum variant was selected and sensitivity analysis was performed.

KEYWORDS: reconstruction; intersection; SWOT analysis; multi-criteria analysis; AHP method; Expert Choice; sensitivity analysis

SADRŽAJ

1	UVOD.....	1
2	DEFINIRANJE PROBLEMA.....	3
3	ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA	5
3.1	Analiza geoprometnog položaja grada Oroslavja	5
3.2	Analiza postojećih prometnih tokova	7
3.3	Analiza brojanja prometa na predmetnom raskrižju.....	13
3.3.1	Automatsko brojanje prometa	14
3.3.2	Brojanje prometa kamerom.....	16
3.4	Analiza prometnih nesreća na predmetnom raskrižju.....	22
4	PRIJEDLOZI NOVIH RJEŠENJA	27
4.1	Varijanta 1	27
4.2	Varijanta 2	30
4.3	Varijanta 3	35
4.4	Varijanta 4	38
5	VREDNOVANJE VARIJANATA SWOT ANALIZOM.....	40
5.1	SWOT analiza Varijante 1	42
5.2	SWOT analiza Varijante 2	43
5.3	SWOT analiza Varijante 3	44
5.4	SWOT analiza Varijante 4	45
6	VREDNOVANJE VARIJANATA AHP METODOM	46
6.1	Općenito o višekriterijskom odlučivanju i AHP metodi.....	46
6.2	Definiranje hijerarhijske strukture	49
6.3	Rangiranje kriterija i potkriterija	52
6.4	Vrednovanje varijanata.....	56
6.4.1	Vrednovanje varijanata prema kriteriju <i>Sigurnost</i>	56
6.4.2	Vrednovanje varijanata prema kriteriju <i>Tehničko-tehnološka rješenja</i> ..	62

6.4.3	Vrednovanje varijanata prema kriteriju <i>Troškovi</i>	68
6.4.4	Vrednovanje varijanata prema <i>Ekološkom kriteriju</i>	76
6.4.5	Vrednovanje varijanata prema Prostorno-urbanističkom kriteriju	81
6.4.6	Vrednovanje varijanata prema kriteriju <i>Kompleksnost rekonstrukcije raskrižja</i>	83
6.4.7	Vrednovanje varijanata prema kriteriju <i>Potrebno vrijeme za rekonstrukciju</i> 86	
7	IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE I ANALIZA OSJETLJIVOSTI	88
7.1	Izbor optimalne varijante	88
7.2	Analiza osjetljivosti	89
8	ZAKLJUČAK.....	91
	LITERATURA	93
	POPIS SLIKA	96
	POPIS TABLICA.....	99
	POPIS GRAFIKONA	101
	POPIS PRILOGA.....	102
	Prilog 1. Varijanta 1.....	103
	Prilog 2. Varijanta 2.....	104
	Prilog 3. Varijanta 3.....	105
	Prilog 4. Varijanta 4.....	106

1 UVOD

Istraživanje u diplomskom radu *Višekriterijska analiza varijanata rekonstrukcije raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju* obuhvatilo je detaljnu analizu postojećeg stanja raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju na kojemu je zbog loše preglednosti, velikih prilaznih brzina i drugih čimbenika zabilježen značajan broj prometnih nesreća. Samo u posljednjih šest godina, od 2013. do 2018. godine dogodilo se 20 prometnih nesreća s teže i lakše ozlijeđenim osobama te s velikom materijalnom štetom [1]. S obzirom da se na području u nadležnosti PU Krapinsko-zagorske u 2017. godini sveukupno dogodilo 726 nesreća, a PU Krapinsko-zagorska s udjelom od 2,1% svih nesreća spada u III. kategoriju policijskih uprava po udjelu u prometnim nesrećama, 20 prometnih nesreća na predmetnom raskrižju predstavlja značajan broj [2]. Stoga se nametnula potreba za rekonstrukcijom predmetnog raskrižja u svrhu sigurnijeg odvijanja prometa što bi trebalo doprinijeti smanjenju prometnih nesreća.

Temeljem analize postojećeg stanja u radu su predložene četiri nove varijante za rekonstrukciju raskrižja za koje je izrađena SWOT analiza. S ciljem izbora optimalne varijante za rekonstrukciju, varijante su potom vrednovane višekriterijskom analizom primjenom AHP metode uz programsku podršku Expert Choice-a.

Diplomski rad se sastoji od sljedećih osam poglavlja:

1. Uvod
2. Definiranje problema
3. Analiza postojećeg stanja
4. Prijedlozi novih rješenja
5. Vrednovanje varijanata SWOT analizom
6. Vrednovanje varijanata AHP metodom
7. Izbor optimalne varijante i analiza osjetljivosti
8. Zaključak

Nakon Uvodnog poglavlja u kojemu je dan kratki opis zadatka i cilja diplomskog rada, u drugom poglavlju definirana je problematika diplomskog rada, određena je mikro i makrolokacija područja istraživanja predmetnog raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju.

Treće poglavlje analizira predmetno raskrižje sa stajališta geoprometnog položaja grada Oroslavja, postojećih prometnih tokova, brojanja prometa provedeneog na predmetnom raskrižju i statističkih povijesnih podataka o prometnim nesrećama na predmetnom raskrižju u zadnjih šest godina.

U četvrtom poglavlju predložene su i detaljno opisane četiri varijante raskrižja koje autor predlaže za moguću rekonstrukciju postojećeg raskrižja. Za svaku od predloženih varijanata nastavno će se izraditi SWOT matrice te će se vrednovati jednom od metoda višekriterijske analize u svrhu izbora optimalne varijante za rekonstrukciju.

Peto poglavlje prikazuje SWOT matrice svake predložene varijante koje su rezultat provedene metode SWOT analize za svaku od predloženih varijanata.

U šestom su poglavlju predložene varijante vrednovane metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP metodom) uz primjenu programskog alata Expert Choice. Definirana je hijerarhijska struktura AHP modela, rangirani su kriteriji i potkriteriji te su varijante vrednovane po svakom kriteriju i potkriteriju.

U sedmom poglavlju prikazani su rezultati provedene višekriterijske analize, izabrana je optimalna varijanta, kao rješenje rekonstrukcije raskrižja te je provedena analizu osjetljivosti izabrane optimalne varijante.

Osmo poglavlje predstavlja zaključna razmatranja, u kojemu je sažeta misao cjelokupnog diplomskog rada.

2 DEFINIRANJE PROBLEMA

Predmetno raskrižje se nalazi na križanju Stubičke ulice, ulice Zagorsko naselje i Ulice Marije Jurić Zagorke u gradu Oroslavju te je izrađeno kao četverokrako raskrižje koje nije upravljano prometnim svjetlima.

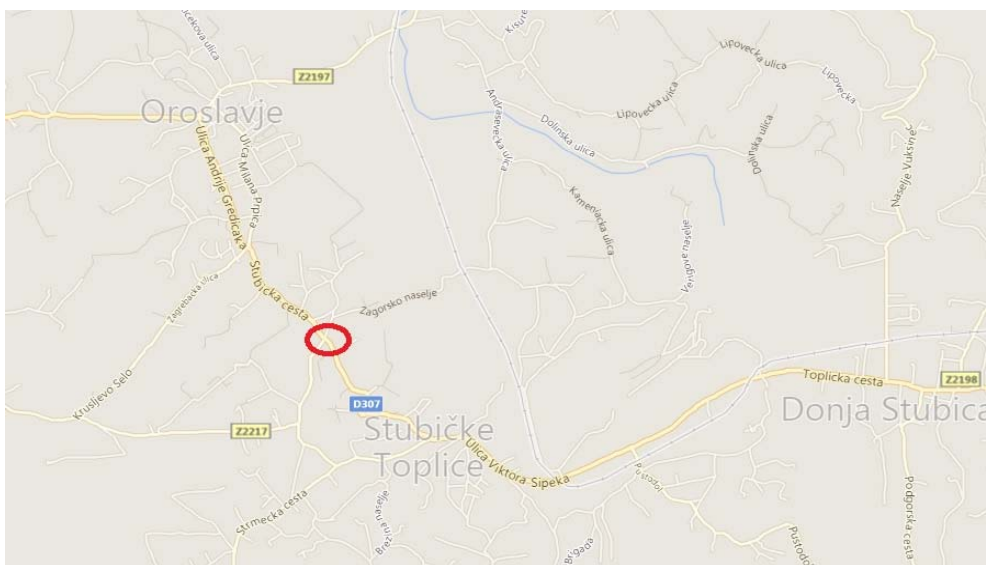
Ulica Stubička ulica dominira kao glavna cesta, odnosno cesta s većim PGPD¹-om u odnosu na Ulicu Marije Jurić Zagorke i ulicu Zagorsko naselje. U zoni raskrižja nalaze se obiteljske kuće, odnosno privatni posjed, što predstavlja određena ograničenja pri projektiranju, ali nije presudan čimbenik u izboru tehničkih elemenata novog rješenja. Problematika ovog raskrižja je višestruka: klasično raskrižje koje nije upravljano kvalitetnom prometnom signalizacijom, nedostatak pješačkog prijelaza na svim privozima kao i nogostupa za pješake na sporednim privozima, slaba osvjetljenost samog raskrižja u noćnim uvjetima, velika brzina na glavnom smjeru te loša preglednost zbog čega je smanjena prometna sigurnost. Veliki broj lijevih skretača sa sporednih privoza također umanjuje prometnu sigurnost na predmetnom raskrižju jer vozila na raskrižju da bi skrenula lijevo na glavni smjer moraju propustiti sva ostala vozila u raskrižju i iskoristiti vremensku prazninu kako bi sigurno prošla raskrižjem. Raskrižje svojim tehničkim elementima omogućava veliku brzinu prolaska vozila kroz isto i zbog toga te nedovoljne preglednosti s na sporednim privozima, je postalo mjesto učestalih prometnih nesreća, što za posljedicu ima velike materijalne štete te veći broj lakše i teže ozlijeđenih osoba. Najveći problem nastaje zbog nedostatka preglednosti sa sporednih privoza u odnosu na glavni privoz. Ako se uzme u obzir utjecaj četverokrakog klasičnog raskrižja u razini koje nije upravljano prometnim svjetlima, veliki broj konfliktnih točaka, lošu preglednost, veliki broj lijevih skretača, nedostatak pješačkog prijelaza, nedostatak nogostupa za pješake i omogućene velike brzine prolaska kroz samo raskrižje može se zaključiti da predmetno raskrižje ima značajke tzv. "crne točke" na prometnoj mreži i najviši stupanj ugroženosti svih sudionika u prometu.

Na Slici 1. prikazana je mikrolokacija predmetnog raskrižja u Oroslavju, a na Slici 2. prikazana je njegova makrolokacija.

¹ PGPD- Prosječni godišnji dnevni promet



Slika 1. Mikrolokacija predmetnog raskrižja [3]



Slika 2. Makrolokacija predmetnog raskrižja [3]

Stanje na predmetnom raskrižju može se poboljšati na razne načine, koji će biti opisani u sljedećim poglavljima.

3 ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analiza postojećeg stanja predmetnog raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju podrazumijeva analizu svih čimbenika značajnih za funkcioniranje prometnog sustava na užem i širem području obuhvata.

Analizom postojećeg stanja obuhvaćena je:

1. Analiza geoprometnog položaja grada Oroslavja;
2. Analiza postojećih prometnih tokova;
3. Analiza brojanja prometa na predmetnom raskrižju;
4. Analiza prometnih nesreća na predmetnom raskrižju.

3.1 Analiza geoprometnog položaja grada Oroslavja

Grad Oroslavje se nalazi na južnom dijelu Krapinsko-zagorske županije, točnije na granici sa Zagrebačkom županijom. Na zapadu graniči s općinom Veliko Trgovišće, na sjeverozapadu s gradom Zabokom, na istoku s gradom Donja Stubica, na jugoistoku s općinom Stubičke Toplice, a na jugu s općinom Jakovlje u Zagrebačkoj županiji. Grad Oroslavje je jedan od sedam gradova u Krapinsko-zagorskoj županiji. Površina grada Oroslavja je 31,25 km² i zauzima 2,55 km ukupne površine Županije. U sklopu grada Oroslavja nalaze se četiri naselja: Andraševac (859 stanovnika), Krušljevo Selo (523 stanovnika), Mokrice (758 stanovnika), Stubička Slatina (630 stanovnika) i sam grad Oroslavje koji je po podacima iz 2014. godine imao 3.368 stanovnika [4].

Pregled geografskog položaja grada Oroslavja prikazan je na Slici 3.



Slika 3. Geografski položaj grada Oroslavja [4]

Prometna infrastruktura sastoji se od cestovnog i željezničkog prometa. Sjeverozapadnim rubom Oroslavja prolazi važna međunarodna prometnica (autocesta A2), koja omogućuje brzo povezivanje Oroslavja s Krapinom te sa srednjom Europom i Zagrebom. Svojim položajem Oroslavje ima značajnu prometnu ulogu na sjeverozapadnom području. Gradom Oroslavjem prolazi i značajna poprečna prometnica (državna cesta D1 i D307) u odnosu na autocestu A2, koja povezuje Klanjec (preko njega Republiku Sloveniju) sa Stubičkim Toplicama, Donjom Stubicom, Gornjom Stubicom i Marijom Bistricom [4].

Također u Oroslavju postoji jednokolosiječna željeznička pruga II. reda. L202 na relaciji Hum Lug - Gornja Stubica, a radi se o pruzi od lokalnog značaja na kojoj se u ponajvećoj mjeri odvija prijevoz putnika [4].

Pregled cestovne mreže na području grada Oroslavja dan je na Slici 4.

AUTOCESTA			
Naziv ceste	Dionica	Dužina na području Grada Oroslavlja (km)	Dužina na području Krapinsko-zagorske županije (km)
A2	G. P. Macelj (gr. R. Slovenija) Trakošćan – Krapina – Zagreb (čvor Jankomir, A3)	5,060	38,43
DRŽAVNE CESTE			
Naziv ceste	Dionica	Dužina na području Grada Oroslavlja (km)	Dužina na području Krapinsko-zagorske županije (km)
D1	G. P. Macelj (gr. R. Slovenija) – Krapina – Zagreb – Karlovac – Gračac – Knin – Brnaze – Split (D8)	4,759	41,19
D307	Gubaševo (D1) – Oroslavje – Donja Stubica – Marija Bistrica (D29)	6,224	23,82
ŽUPANIJSKE CESTE			
Naziv ceste	Dionica	Dužina na području Grada Oroslavlja (km)	Dužina na području Krapinsko-zagorske županije (km)
Ž2216	Oroslavje – (Ž2197) – Ž2217	2,588	2,59
Ž2217	Žeinci (Ž2195) – Stubička Slatina – Krušljevo Selo – Stubičke Toplice (Ž2219)	5,872	7,62
Ž2218	Ž2217 - Igrišće	0,443	0,44
Ž2197	Hum Zabočki (D24) – Oroslavje (D307)	3,393	3,47
LOKALNE CESTE			
Naziv ceste	Dionica	Dužina na području Grada Oroslavlja (km)	Dužina na području Krapinsko-zagorske županije (km)
L22069	Oroslavje (D307) – Ž2216	1,070	1,07
L22070	Željeznički kolodvor Oroslavje (Ž2197) – Stubičke Toplice (Ž2217)	3,801	3,80
L22100	Stubička Slatina (Ž2217) - vojarna	0,900	0,90

Slika 4. Cestovna mreža na području grada Oroslavlja [4]

3.2 Analiza postojećih prometnih tokova

Prometno zagušenje nije toliko izraženo na analiziranom raskrižju, ali ponekad se može pojaviti tijekom jutarnjeg vršnog sata zbog većeg intenziteta prometa na Stubičkoj ulici (prometnica D307) posebno na sporednim privozima (Ulica Marije Jurić Zagorke i ulica Zagorsko naselje) zbog nemogućnosti brzog uključivanja na glavnu prometnicu. Naime, najveće prometno zagušenje se događa na Ulici Marije Jurić Zagorke (privoz 4) jer veliki broj vozila uglavnom skreće lijevo na Stubičku ulicu (privoz 1) što u vrijeme vršnog sata ponekad može stvarati manje gužve zato što ta vozila s privoza 4 mogu proći raskrižjem tek kad propuste sva ostala vozila u raskrižju. Tome također pridonosi što se u gradu nalaze dva vrtića koje pohađa oko 100 djece, osnovna i srednja škola koje pohađa oko 400 osnovnoškolaca odnosno oko 300 srednjoškolaca. Veliki broj njih jutarnjim satima prolaze predmetnim raskrižjem i

spadaju u sudionike u prometu bilo kao pješaci, biciklisti ili se nalaze u vozilima kojima dolaze do željenog odredišta. Nadalje, u gradu se nalazi željeznička stanica, župna crkva, vatrogasni dom, dom zdravlja, hotel, banke, trgovački centri, autoškole, tvrtke, tvornice pa su oni uz gore navedene škole i vrtiće jedni od najvećih i glavnih atraktora u gradu te ih je vrlo važno uzeti u obzir jer oni uveliko utječu na prometnu mrežu pogotovo na prometno opterećenje u jutarnjem vršnom satu na predmetnom raskrižju.

Privoz 1 (Stubička ulica) je državna cesta D307 i sastoji se od zajedničke prometne trake koja služi za skretanje u lijevo i desno te vožnju ravno (Slika 5.). Generira veću količinu prometa s velikim brzinama za razliku od sporednih privoza. Na navedenom privozu nije projektiran pješački prijelaz, a budući da se ovim raskrižjem koriste pješaci, njegov nedostatak smanjuje razinu sigurnosti tih pješaka pri prijelazu kolnika. Također je utvrđen nedostatak odgovarajuće vertikalne i horizontalne signalizacije točnije prometnog znaka za cestu s prednošću prolaska kao i znaka za raskrižje sa sporednom cestom pod pravim kutom. Međutim, privoz 1 u odnosu na ostale privoze ima najveće polje preglednosti i nema zagušenja prometa stoga je ovaj privoz najsigurniji.



Slika 5. Prikaz preglednosti raskrižja – privoz 1 [2]

Privoz 2 (Ulica Marije Jurić Zagorke) je lokalna cesta L22070, koja se sastoji od zajedničkog traka za vožnju ravno, desno i lijevo skretanje (Slika 6.). Generira manju

količinu prometa i manja povremena prometna zagušenja koja nastaju tijekom vršnog sata zbog loše preglednosti i dužeg vremena potrebnog za prolazak kroz raskrižje. Na privozu je uočen nedostatak pješačkog prijelaza kao i nogostupa za pješake bez kojeg je otežano njihovo sigurno kretanje. Navedeni privoz se nalazi na laganoj uzbrdici što otežava sigurno i brzo uključivanje vozila posebno vozila većih dimenzija i težina. Također zbog navedene loše preglednosti kao i velike brzine na glavnom smjeru povećana je opasnost od prometnih nesreća. Preglednost dodatno smanjuju okolne kuće i stabla, a posebno reklamni plakat velikih dimenzija s desne strane koji bi trebali biti postavljeni na većoj udaljenosti od raskrižja.



Slika 6. Prikaz preglednosti raskrižja - privoz 2

Kako bi se bolje objasnila problematika navedenog raskrižja, ali i opasnost privoza 2, na Slici 7. je prikazana jedna realna i stvarna situacija koja je snimljena za vrijeme brojanja prometa na predmetnom raskrižju uređajem COUNTcam. Na njoj se

može vidjeti teretno vozilo s ulice Zagorsko naselje (privoz 2) koje se pokušava uključiti na Stubičku ulicu (privoz 3) međutim zbog loše preglednosti s njegove lijeve i desne strane (privoz 1), vozilo ulazi u raskrižje u trenutku kada Stubičkom ulicom prolaze dva vozila s privoza 3. Samo pravovremenom i brzom reakcijom vozači s privoza 3 su uspjeli promijeniti svoju putanju kretanja kako bi izbjegli izravni sudar s teretnim vozilom koje je ostalo u raskrižju.



Slika 7. Opasna situacija na predmetnom raskrižju

Na privozu 3 (Stubička ulica) koji je državna cesta D307 nalazi se zajednički trak za vožnju ravno, desno i lijevo skretanje (Slika 8.). Generira veću količinu prometa s velikim brzinama kao i kod privoza 1. Također je utvrđen nedostatak neadekvatne vertikalne i horizontalne signalizacije kao i pješачkog prijelaza za siguran prelazak kolnika za pješake. Analizom je uočeno da razina preglednosti nije potpuno zadovoljavajuća zbog obiteljskih kuća koje se nalaze u neposrednoj blizini raskrižja, ali zato što se nalazi na glavnom smjeru ne utječe toliko na opasnost od nastanka prometnih nesreća.



Slika 8. Prikaz preglednosti raskrižja – privoz 3 [2]

Privoz 4 (ulica Zagorsko naselje) je lokalna cesta L22070 koja se sastoji od zajedničkog traka za vožnju ravno, desno i lijevo skretanje (Slika 9.). Generira manju količinu prometa i povremena zagušenja koja nastaju tijekom vršnog sata zbog loše preglednosti kao i kod privoza 2. Zbog ravne dionice ceste dolazi do većih prilaznih brzina vozila zbog toga je vertikalna signalizacija „STOP“ slabije uočljiva pogotovo u noćnim uvjetima i uvjetima smanjene vidljivosti. Na ovome privozu je najlošija preglednost zato što s lijeve strane preglednost smanjuje obiteljska kuća i HEP-ov stup od struje, a s desne živica i visoka ograda privatnog posjeda. Zbog toga je potrebno vozilom, s prednjim dijelom, ući u raskrižje, kako bi se povećalo polje preglednosti, a čime dolazi do opasnosti od nalijetanja vozila, koja prolaze glavnom cestom. Također kao i kod ostalih privoza nedostaje pješački prijelaz, čime se ugrožava sigurnost pješaka u prometu.



Slika 9. Prikaz preglednosti raskrižja – privoz 4

Na Slici 10. i Slici 11. prikazana je situacija u kojoj vozač plavog vozila s Ulice Marije Jurić Zagorke (privoz 4) ulazi u raskrižje kako bi povećao polje preglednosti i prošao raskrižjem. U istom trenutku iz smjera Stubička ulica (privoz 1) kreće se teretno vozilo koje uspijeva izbjeći nalet na vozilo s privoza 4, tako da prolazi vozilom preko središnje pune linije. Na Slici 11. se može vidjeti razmak između plavog vozila s privoza 4 i teretnog vozila s privoza 1 i koliko je malo nedostajalo da ne dođe do bočnog naleta vozila na teretno vozilo, time i do prometne nesreće u kojem bi možda i sudjelovala ostala vozila koja su se nalazila u neposrednoj blizini raskrižja.



Slika 10. Prikaz dolaska vozila pred raskrižje



Slika 11. Prikaz izbjegnute prometne nesreće na raskrižju

3.3 Analiza brojanja prometa na predmetnom raskrižju

Osnovni je cilj brojenja cestovnog prometa sustavno prikupljanje podataka o značajkama cestovnog prometa na što je moguće većem dijelu cestovne mreže. Taj projekt usmjeravaju i koordiniraju Hrvatske ceste d.o.o., Društvo s ograničenom odgovornošću, za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta. Planovi brojenja prometa u novijem razdoblju pretežito, uz autoceste, obuhvaćaju državne ceste, a sve

češće i županijske i lokalne ceste, odnosno njihove izabrane odsjeke, o čemu svjedoče publikacije koje su izdale Hrvatske ceste d.o.o. [5].

Brojenje prometa prilagođava se promjenama mreže državnih, županijskih i lokalnih cesta, autocesta i cestovnih građevina s naplatom uporabe te slijedi promjene u području brojačkih tehnologija i uređaja. Određene promjene kontinuirano se pojavljuju i u informacijskom i statističko - analitičkom dijelu sustava [5].

Metode brojanja prometa koje provode Hrvatske ceste mogu biti [5]:

1. Povremeno automatsko brojanje prometa (PAB) - izvršava se u određenim vremenskim razdobljima na način planiran rasporedom brojenja;
2. Neprekidno automatsko brojanje prometa (NAB) - oslanja se na uporabu stacionarnih automatskih brojila prometa ugrađenih na brojačkim mjestima. U uporabi je nekoliko generacija i vrsta ovih brojila, a zajedničko im je to da bilježe količine prometa po zadanim vremenskim intervalima i prometnim trakovima, neprekidno tijekom čitave godine;
3. Naplatno brojanje prometa - uporaba autocesta te, iznimno, nekih drugih cestovnih građevina (mostova, tunela, itd.) naplaćuje se uglavnom zbog velikih novčanih ulaganja u njihovu izgradnju i održavanje. Posebnost ove metode se očituje se u tome što se prolazak vozila bilježi s podacima o vremenu korištenja građevine, vrsti vozila (naplatnoj kategoriji) te o mjestima ulaska i/ili izlaska na naplatnoj građevini.

U svrhu izrade ovog diplomskog rada uzet će se u obzir podaci o prometnom opterećenju na području analiziranog raskrižja iz dostupnih podataka koje obrađuju Hrvatske ceste [5], kao i podaci o prometnom opterećenju dobiveni snimanjem prometa kamerom na samom predmetnom raskrižju.

3.3.1 Automatsko brojanje prometa

Hrvatske ceste provode neprekidno automatsko brojanje prometa, a ti podaci dostupni su na njihovim stranicama. Pomoću njih se mogu brzo i jednostavno dobiti informacije o prometnom opterećenju svih većih prometnica u Republici Hrvatskoj, što će poslužiti i u ovom diplomskom radu.

Neprekidni automatski brojač u Oroslavju se nalazi na raskrižju lokalne ceste L22069 i državne ceste D307 koje je udaljeno oko 2 kilometara od raskrižja koje je obrađeno u ovom diplomskom radu. Oznaka neprekidnog automatskog brojača je 1936, a točna pozicija na kojem se nalazi vidljiva je na Slici 12.



Slika 12. Prikaz pozicije automatskog brojača prometa 1936 u Oroslavju [5]

Prema podacima iz Hrvatskih cesta na brojaču 1936 PGDP 2014. godine je iznosio 4837 vozila, 2015. godine je iznosio 4739 vozila, 2016. godine 4957 vozila, a 2017. godine 4998 vozila (Tablica 1) [4]. Međutim, mora se uzeti u obzir kako su ovi podaci dobiveni na području na kojemu se ne nalazi predmetno raskrižje, već samo zajednička prometnica D307, stoga se na temelju tih podataka ne mogu utvrditi podaci o točnom prometu na raskrižju, već je potrebno izvršiti brojanje prometa na samom raskrižju.

Tablica 1. Prosječni godišnji i prosječni ljetni dnevni promet s općim podacima o brojačkim mjestima u 2017. godini

Oznaka ceste	Brojačko mjesto		Promet		Način brojenja	Brojački odsječak		
	Oznaka	Ime	PGDP	PLDP		Početak	Kraj	Duljina (km)
225	1924	Šenkovec - istok	2491	2707	PAB	Ž3033	Ž3035	1,2
225	1925	Zaprešić - istok	18900	18268	PAB	Ž2186	D1	4,1
227	1243	Brezje	5341	5348	NAB	Ž2015	D209	2,4
228	1805	Kamanje	1250	1410	NAB	L34021	Ž3296	7,2
228	1934	Drežnik	6971	6886	NAB	Ž3143	D1	6,4
229	1127	Zagorska Sela	558	557	NAB	L22025	D205	4,0
231	1933	Sveta Nedelja	20909	19014	NAB	Ž3061	A3	0,6
232	3316	Drenov Bok	262	289	NAB	Ž3249	D47	12,8
300	2705	Grando	4877	6190	PAB	L50006	L50008	2,8
301	2720	Bužinija - jug	5413	8931	PAB	D75	Ž5070	3,7
302	2711	Žbandaj	11438	16145	PAB	L50089	Ž5072	3,6
303	2716	Sošići	7399	13598	PAB	Ž5096	L50128	7,4
306	4821	Privlaka - sjever	3987	8917	PAB	L63168	Ž6273	2,9
306	4808	Kožino	11039	21792	NAB	L63049	L63052	2,3
307	1936	Oroslavje	4998	5029	NAB	L22069	L22069	0,5
307	1901	Stubičke Toplice	6766	6789	PAB	L22071	Ž2200	1,7
307	1236	Gusakovec	1093	1228	PAB	Ž2201	L22078	5,2
315	5425	Pantana	15231	21181	NAB	D126	D409	2,7

Izvor: [5]

3.3.2 Brojanje prometa kamerom

U svrhu izrade ovoga diplomskoga rada i dobivanja točnih podataka o prometnom opterećenju raskrižja izvršeno je brojanje prometa na raskrižju pomoću kamere. Korištena je kamera modela COUNTcam (Slika 13.), kojom je predmetno raskrižje snimano kontinuirano 24 sata, kako bi se dobili podaci o prometnom opterećenju raskrižja tijekom cijelog dana. Potom su snimljeni podaci obrađeni u programskom alatu COUNTpro i COUNTpad² (Slika 14.).

² Oprema Zavoda za cestovni promet, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu



Slika 13. Kamera za kontinuirano snimanje prometa COUNTcam



Slika 14. Sučelje programskog alata COUNTpro i COUNTpad 2

Specifikacije uređaja za snimanje COUNTcam postavljene na predmetno raskrižje:

- dugo vrijeme snimanja - do 50 sati kontinuirano;
- jednostavna prilagodba kuta snimanja;
- kontrola snimanja vrši se preko aplikacije, što znači da nema kablova ili posebnih monitora;
- otporno na različite vremenske uvijete;
- mogućnost snimanja na temperaturi od - 10°C do 55°C;
- lagano i čvrsto kućište;
- zbog malih dimenzija jednostavno za transport i pohranu;
- izlaz: MP4 format video datoteke, VGA razlučivost;
- memorija - 64 GB SDXC interne pohrane;
- vijek trajanja 2 - 3 godine.



Slika 15. Prikaz postavljene kamere za brojanje prometa

Uređaj za brojanje prometa je postavljen na privozu 3 (Stubička ulica) na privatnom posjedu (Slika 16.), kako bi kamera mogla snimiti cijelo raskrižje, odnosno sva četiri privoza kao i vozila na njima (Slika 17.).

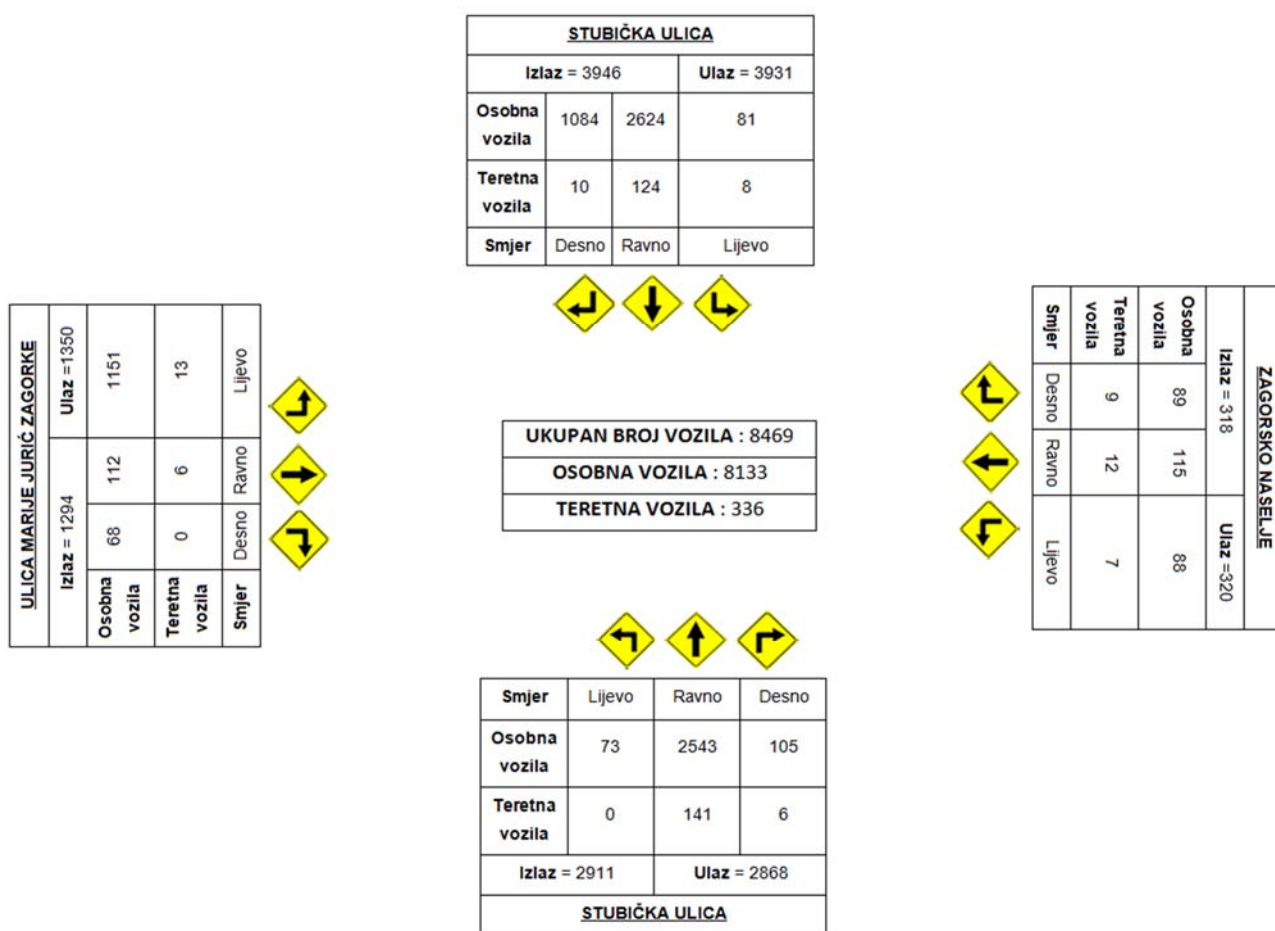


Slika 16. Pozicija postavljene kamere za brojanje prometa



Slika 17. Predmetno raskrižje s pozicije kamere za brojanje prometa

Snimanje prometa je započeto dana 5. studenog 2018. godine (ponedjeljak) u 14:16:37 sati i završilo dana 6. studenog 2018. godine (utorak) u 14:16:37 sati. Time je obuhvaćen cijeli dan odvijanja prometa odnosno svih 24 sata radnog dana. Ukupan rezultat snimanja prometa prikazan je na Slici 18.

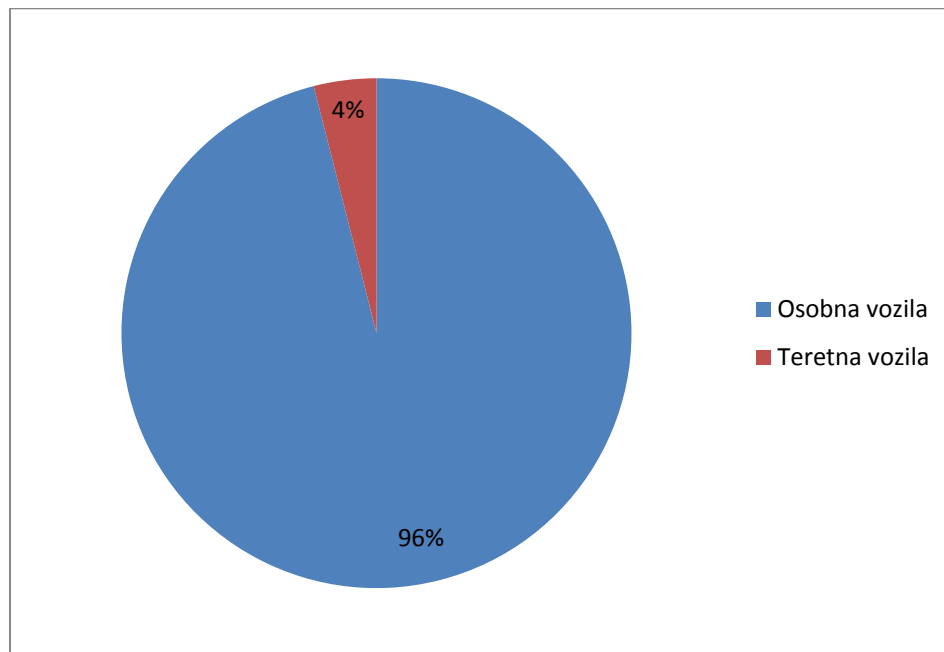


Slika 18. Rezultati snimanja prometa na predmetnom raskrižju

Snimanjem prometa dobio se dnevni promet na predmetnom raskrižju koji iznosi 8469 vozila. Ovim snimanjem, također, je omogućeno da se posebno broje osobna vozila, a posebno teretna vozila. U tih 24 sata predmetnim raskrižjem je prošlo 8133 vozila i 336 teretnih vozila što u postocima iznosi da u ukupnom broju vozila analiziranog dnevnog prometa, 96% se odnosilo na osobna vozila, dok ostalih 4% se odnosilo na teretna vozila (Grafikon 1). Teretna vozila uglavnom su češće prolazila u ranim jutarnjim satima jer se u neposrednoj blizini nalazi tvrtka „Čakovečki mlinovi“ za

proizvodnju pekarskih proizvoda što je rezultiralo većim brojem dostavnih vozila u jutarnjim satima.

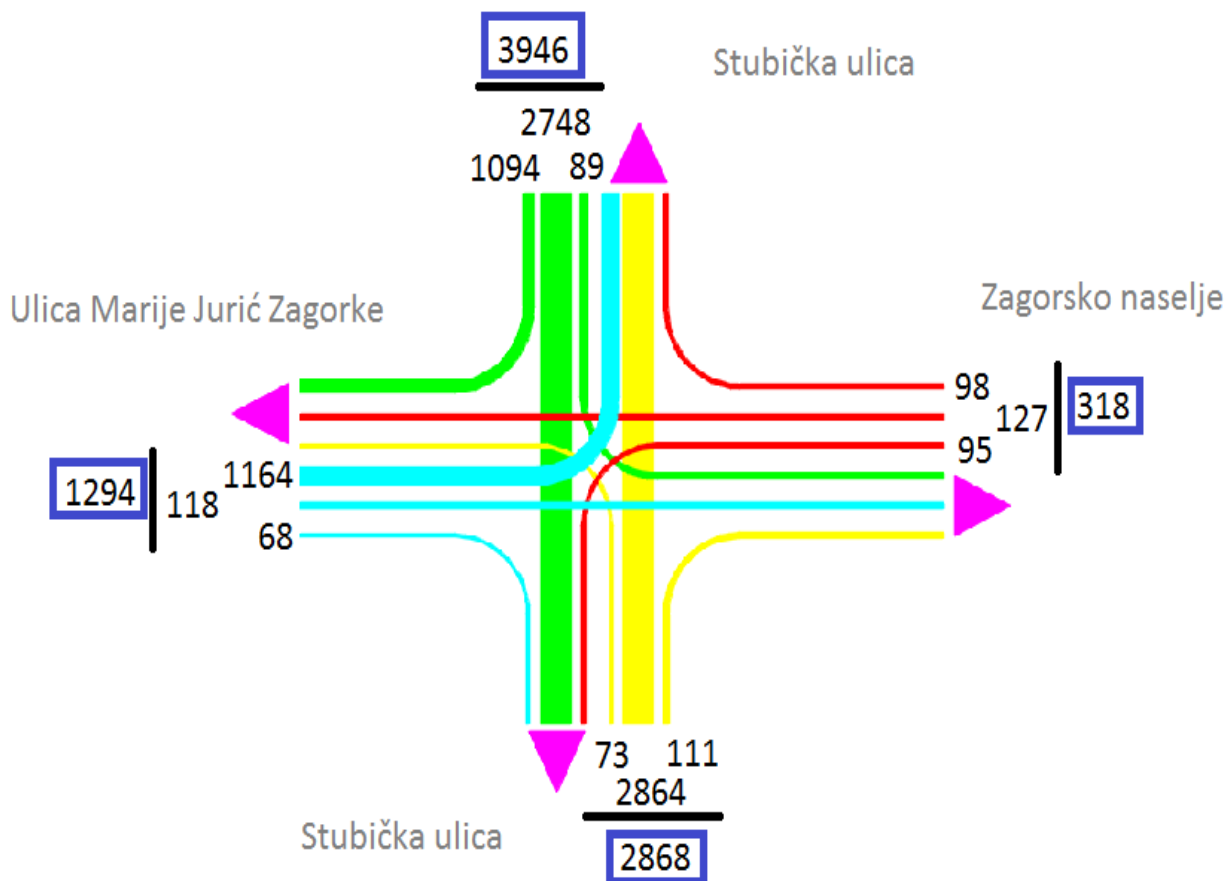
Tijekom snimanja prometa dobiveni su i podaci o broju pješaka i biciklista koji su prolazili predmetnim raskrižjem, međutim njihov broj je bio neznatno maleni stoga nisu uvršteni ni prikazani u ovom diplomskom radu.



Grafikon 1. Omjer osobnih i teretnih vozila u odnosu na ukupan broj

S Ulice Marije Jurić Zagorke (privoz 4) 65 vozila je skretalo desno u Stubičku ulicu (privoz 3), 118 vozila je nastavilo ravno u Zagorsko naselje (privoz 2), a 1164 vozila je skrenulo lijevo u Stubičku ulicu (privoz 1). To znači da preko 86% vozila s Ulice Marije Jurić Zagorke skreće lijevo u Stubičku ulicu što predstavlja najveću opasnost u prometu na predmetnom raskrižju jer povećava vjerojatnost nastanka prometne nesreće i stvara manja prometna zagušenja.

Na Slici 19. je prikazano opterećenje prometa po privozima tijekom dana brojanja prometa.



Slika 19. Prikaz prometnog opterećenja po privozima

Vršni sat u gore navedenom vremenskom razdoblju tijekom kojeg se odvijalo snimanje prometa je iznosio 588 vozila i to od 7 do 8 sati. Od tih 588 vozila, 563 vozila se odnosilo na osobna, a 25 na teretna vozila.

3.4 Analiza prometnih nesreća na predmetnom raskrižju

Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske (MUP RH) vodi detaljnu statistiku prometnih nesreća na cestama Republike Hrvatske. Za potrebe izrade diplomskog rada Policijska uprava Krapinsko-zagorska ustupila je autoru podatke o prometnim nesrećama koje su se dogodile na predmetnom raskrižju u zadnjih 6 godina (Tablica 2.). Vidljivo je da se u zadnjih 6 godina dogodilo 20 prometnih nesreća u kojima je 11 osoba bilo ozlijeđeno, a od kojih je pet lakše, a tri osobe teže ozlijeđeno. U 2013. godini su se dogodile dvije prometne nesreće, u 2014. godini tri prometne

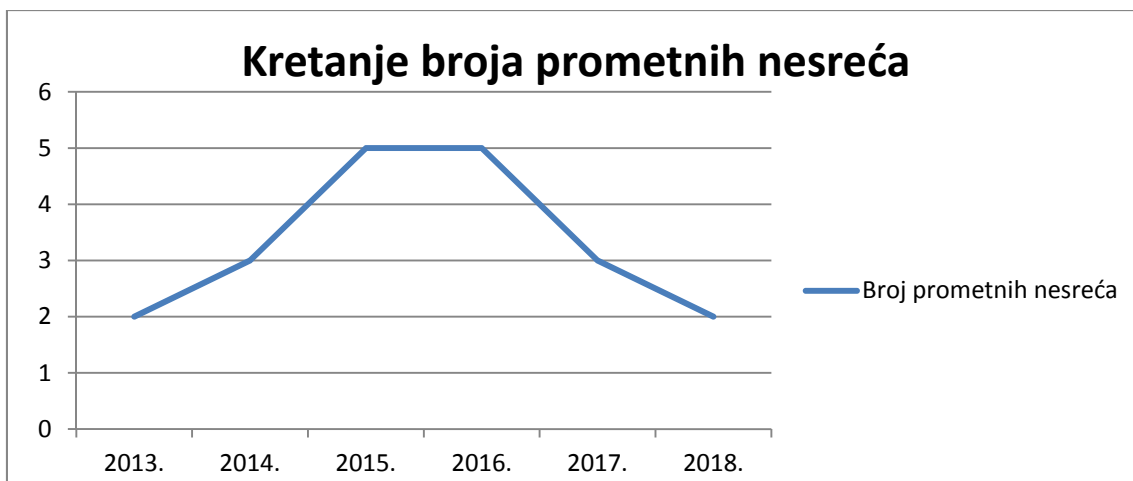
nesreće, u 2015. i 2016. godini po pet prometnih nesreća, u 2017. godini također tri prometne nesreće, a 2018. godine su se dogodile dvije prometne nesreće. Zbog vrlo nejednakog trenda (Grafikon 2.) vrlo je teško zaključiti dolazi li do smanjenja ili povećanja trenda prometnih nesreća i utvrditi posljedice koje su utjecale na samo nastajanje tih prometnih nesreća. Iz tih razloga bi bilo potrebno prikupiti detaljnije podatke o broju prometnih nesreća za duže vremensko razdoblje (10 do 20 godina) koje u ovom diplomskom radu nisu obuhvaćeni budući da nisu bili autoru na raspolaganju.

Što se tiče nastradalih osoba u prometnim nesrećama, u zadnjih 6 godina je bilo 8 lako ozlijeđenih osoba, tri osobe su zadobile teške ozlijeđe, dok ni jedna osoba nije smrtno stradala na predmetnim raskrižju u prometnim nesrećama u analiziranom vremenskom razdoblju.

Tablica 2. Prikaz prometnih nesreća u zadnjih 5 godina

POLICIJSKA UPRAVA	KRAPINSKO-ZAGORSKA					
BROJ CESTE: D307	PP DONJA STUBICA					
	Oroslavje, Stubička cesta 73 - raskrižje					
PROMETNE NESREĆE	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
S MATERIJALNOM ŠTETOM	0	3	1	4	3	2
S OZLIJEĐENIM OSOBAMA	2	0	4	1	0	0
S POGINULIMA	0	0	0	0	0	0
UKUPNO	2	3	5	5	3	2
NASTRADALE OSOBE	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
LAKO OZLIJEĐENIH	3	0	3	2	0	0
TEŠKO OZLIJEĐENIH	0	0	2	1	0	0
SMRTNO STRADALIH	0	0	0	0	0	0
UKUPNO	3	0	5	3	0	0

Izvor: [1]



Grafikon 2. Kretanje broja prometnih nesreća na promatranom raskrižju u zadnjih 6 godina

Nadalje, također podacima od Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske [1] prikazana su tri slučaja prometnih nesreća, njihove posljedice kao i okolnosti nastanka tih nesreća.

1. SLUČAJ (Slika 20): Prometna nesreća s ozlijeđenim osobama, u kojoj je jedan vozač zadobio teške tjelesne ozljede i vozačica drugog vozila zadobila lake tjelesne ozljede, a okolnost nastanka prometne nesreće je nepoštivanje prednosti prolaska [1].



Slika 20. Prikaz prometne nesreće – slučaj 1 [1]

2. SLUČAJ (Slika 21): Prometna nesreća s materijalnom štetom, okolnost nastanka prometne nesreće je nepoštivanje prednosti prolaska [1].



Slika 21. Prikaz prometne nesreće – slučaj 2 [1]

3. SLUČAJ (Slika 22.): Prometna nesreća s ozlijeđenim osobama u kojoj je jedan vozač zadobio lake tjelesne ozljede, putnik (dijete) teške tjelesne ozljede i drugi putnik lake tjelesne ozljede, a okolnost nastanka prometne nesreće je nepoštivanje prednosti prolaska [1].



Slika 22. Prikaz prometne nesreće – slučaj 3 [1]

Temeljem analize sva tri navedena slučaja prikazana na Slikama 20., 21. i 22. može se pretpostaviti da je uzrok svih prikazanih prometnih nesreća nepoštivanje prednosti prolaska vozila na glavnom privozu od strane vozila sa sporednog privoza. U svakom od tih slučajeva je vozilo s Ulice Marije Jurić Zagorke (privoz 4) prouzročilo prometnu nesreću tako da je naletjelo, odnosno oduzelo pravo prolaska vozilu koje se nalazilo na Stubičkoj ulici (privoz 1). Stoga se u ovim slučajevima može zaključiti da je najopasnija radnja na predmetnom raskrižju prolazak raskrižjem iz privoza 4.

4 PRIJEDLOZI NOVIH RJEŠENJA

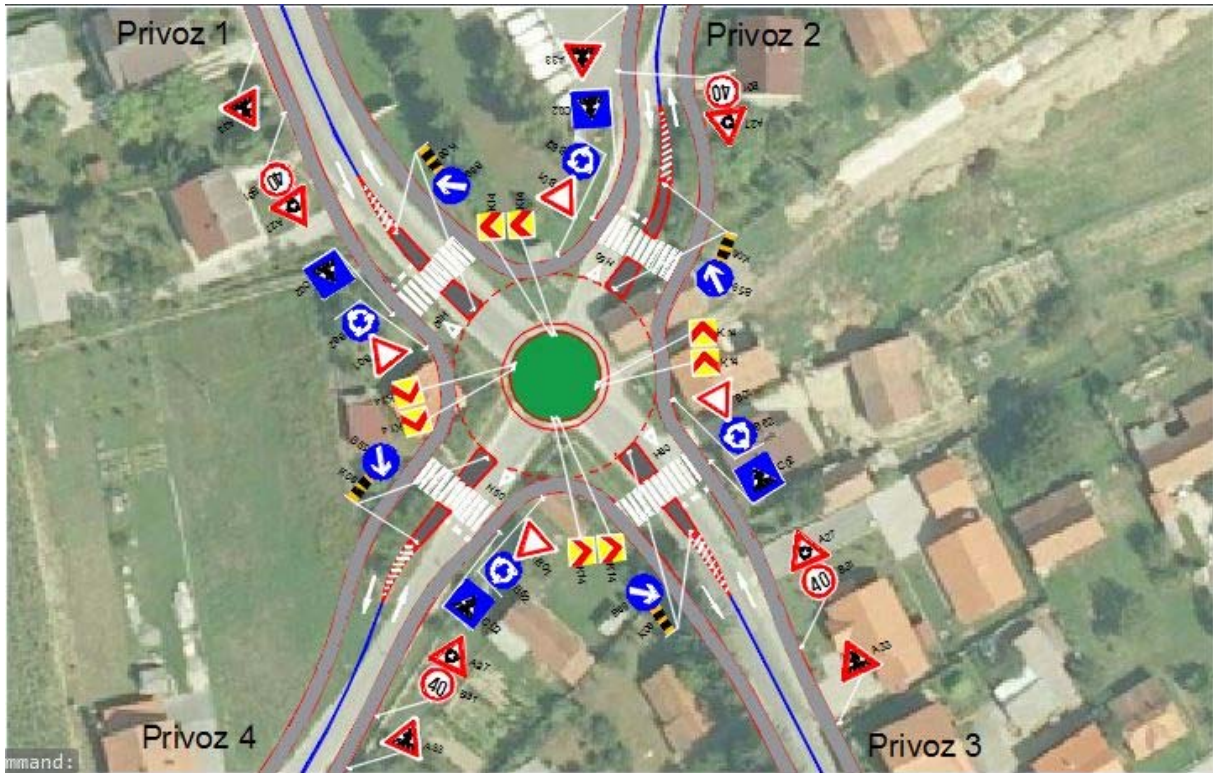
Kako bi se povećala prometna sigurnost svih sudionika u prometu i smanjilo vrijeme uključivanja vozila sa sporednih privoza raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju, predložena su četiri moguća rješenja za rekonstrukciju predmetnog raskrižja, kako slijedi:

- 1) Varijanta 1 - raskrižje s kružnim tokom (Prilog 1);
- 2) Varijanta 2 - raskrižje s mini kružnim tokom prometa (Prilog 2);
- 3) Varijanta 3 - raskrižje upravljano prometnim svjetlima (Prilog 3);
- 4) Varijanta 4 - postavljanje nove i obnova/zamjena postojeće horizontalne i vertikalne signalizacije te povećanje polja preglednosti sa svih privoza (Prilog 4).

4.1 Varijanta 1

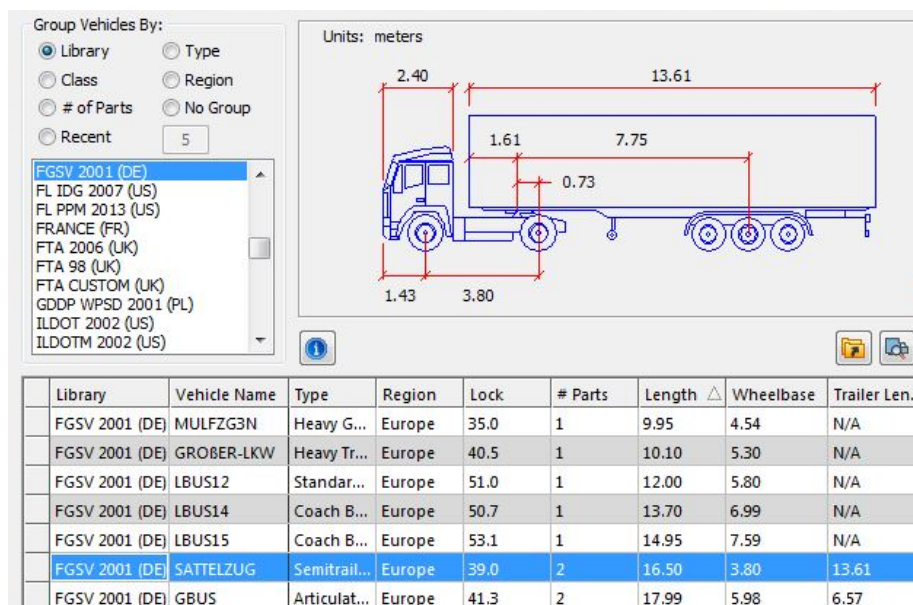
U Varijanti 1 izvršila bi se građevinska rekonstrukcija četverokrakog raskrižja u razini u raskrižje s kružnim tokom prometa u razini (Slika 23.). Na takvom raskrižju bi sva vozila sa svih privoza morala usporiti i propustiti vozila u kružnom toku. Na svakom privozu je jedna prometna traka za ulaz i jedna za izlaz iz raskrižja. Najveću razinu sigurnosti u prometu pružaju upravo raskrižja s kružnim tokom prometa. Brzina vozila koja se kreću raskrižjem s kružnim tokom prometa je ograničena na 40 km/h čime je mogućnost od nastajanja prometne nesreće s težim posljedicama znatno smanjena. Predmetno raskrižje nema pješački prijelaz za pješake stoga ga je neophodno projektirati, kao i nogostup na sporednim privozima za sigurnije kretanje pješaka. Kružno raskrižje je dimenzije vanjskog promjera $D_v=13,5$ metara, prometni trak je širine 7,5 metara, a središnji otok je promjera $D_s=6$ metara. Sva četiri privoza imaju ulaze s jednim prometnim trakom širine od tri metara. Ono što treba uzeti u obzir su veoma visoki financijski troškovi za izgradnju ovakvoga tipa kružnog toka jer je zbog njegove dimenzije i konstrukcije, potrebno je otkupiti okolna zemljišta i srušiti okolne kuće za njegovu izgradnju. Također, nedostatak takvog raskrižja bi bio usporavanje prometa na glavnim privozima, no zbog spomenutih visokih troškova upitna je njegova financijska opravdanost kao i stvarna realnost njegove izgradnje. U tu svrhu bilo bi neophodno izraditi analizu troškova i koristi u okviru investicijske studije. Na navedenoj

Varijanti 1 nije predviđena izgradnja biciklističke staze zbog brdovitog okolnog područja ne postoji velika potražnja za biciklističkim prijevozom.



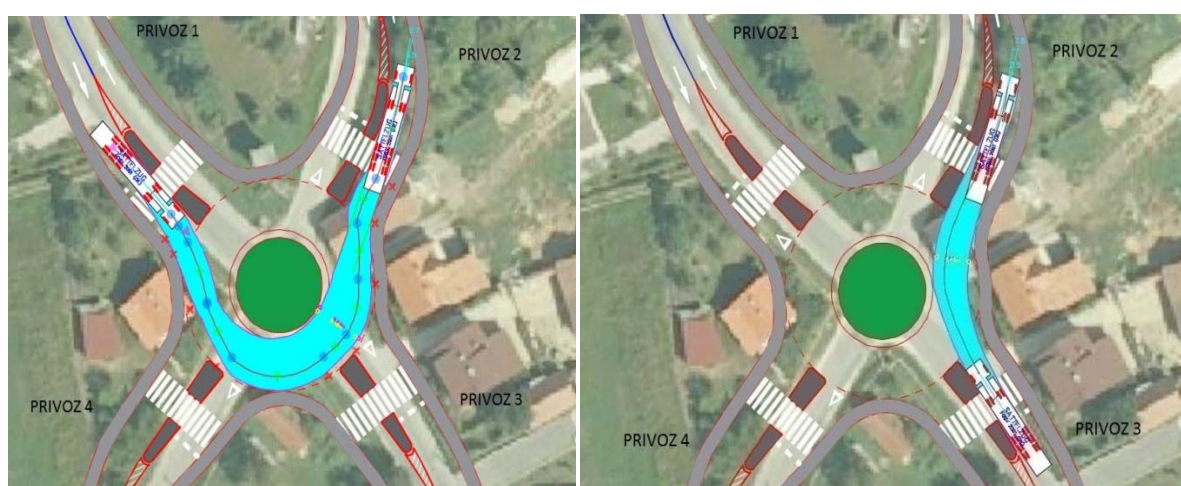
Slika 23. Prikaz Varijante 1

Za svako raskrižje, pa i ovo potrebno je provjeriti provoznost mjerodavnog vozila. Vrlo bitan parametar za određivanje geometrije samog kružnog raskrižja jest odabir mjerodavnog vozila, o kojemu ovisi provoznost istog. Kod provjere trajektorije odabrano vozilo je kamion s poluprikolicom Sattelzug duljine 16,5 m sukladno njemačkim smjericama FGSV 2001.



Slika 24. Značajke mjerodavnog vozila za provjeru provoznosti

Provoznost je izvršena sa svih privoza u pomoću programskog alata AutoTURN. U navedenom programskom alatu je utvrđeno kako kružno raskrižje s Varijante 1 zadovoljava zahtjev provoznosti mjerodavnog vozila, a primjer prikaza izvršene provoznosti od privoza 1 do privoza 2 i privoza 3 do privoza 2 je prikazan na Slici 25.



Slika 25. Primjer zadovoljene provoznosti Varijante 1 izvršeno s mjerodavnim vozilom u programskom alatu AutoTURN

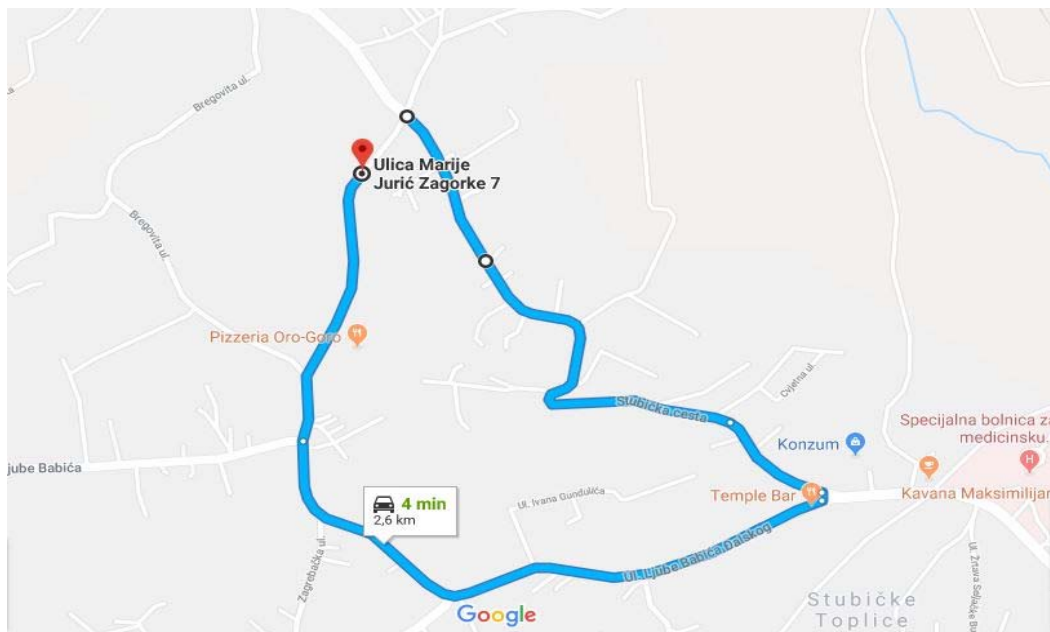
4.2 Varijanta 2

Varijanta 2 također podrazumijeva građevinsku rekonstrukciju četverokrakog raskrižja u razini, no u ovoj varijanti bi se izgradilo raskrižje s mini kružnim tokom prometa (Slika 26.). Raskrižje s mini kružnim raskrižjem u Varijanti 2 je konstrukcijski slično Varijanti 1 međutim razlikuju se u dimenzijama određenih tehničkih elemenata kružnih raskrižja. Svaki privoz se sastoji od jedne prometne trake za ulazak i jedne za izlazak iz raskrižja. Raskrižje ima oblik mini jednostranog kružnog raskrižja s vanjskim promjerom $D_v=9$ metara. Kružni prometni trak je širine 6 metara, a središnji provozni otok je promjera $D_s=3$ metara. Na projektiranom mini kružnom raskrižju se nalazi pješački prijelaz i nogostup na svakom privozu, a na privozu 3 (ulica Zagorsko naselje) nalazi se nogostup samo s jedne strane kolnika zbog ograničenog okolnog prostora te nije moguće konstruirati nogostup s obje strane. Pješački prijelaz na kolniku Stubička ulica (privoz 3) je odmaknut od raskrižja oko 10 metara, kako se pješački prijelaz ne bi nalazio na samom ulazu u privatni posjed odnosno u dvorište, što bi otežalo skretanje vozila u taj privatni posjed i time ugrožavalo sigurnost pješaka na tom prijelazu. Sva četiri privoza imaju ulaze s jednim prometnim trakom širine od tri metara. Brzina vozila koja se kreću raskrižjem s mini kružnim tokom prometa je ograničena na 30 km/h, zbog manjih dimenzija kružnog toka i manjih polumjera za ulazak i/ili izlazak iz njega, čime se smanjuje propusna moć, ali i vrijeme prolaska raskrižjem. Kako se u samom raskrižju nalazi ulaz u privatni posjed odnosno dvorište privatne kuće, postavljen je prometni znak zabrane B03 s dopunskom pločom E07 čime se zabranjuje skretanje u dvorište svima osim stanarima odnosno korisnicima privatnog posjeda. U Prilogu 2. izrađenom u programskom alatu AutoCAD, smeđom bojom u samom raskrižju između privoza 2 i privoza 3, je prikazan spuštenu rubnik koji omogućava olakšan ulazak vozila u navedeno dvorište. Pravila vožnje u mini kružnim raskrižjima su jednaka kao i kod ostalih tipova kružnih raskrižja. Očekuje se da vozila 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 i zbog toga je središnji dio uzdignut samo 2 – 3 cm od kolnika te provozan za sva vozila. Financijski troškovi za izgradnju mini kružnog toka također su veliki, ali su ipak niži od Varijante 1 jer je potrebno otkupiti samo dio okolnog zemljišta za njegovu izgradnju i nije potrebno srušiti obližnje kuće. Varijanta 2 kao i kod Varijanta 1, ne predviđa izgradnju biciklističke staze jer zbog brdovitog okolnog područja ne postoji velika potražnja za biciklističkim prijevozom.



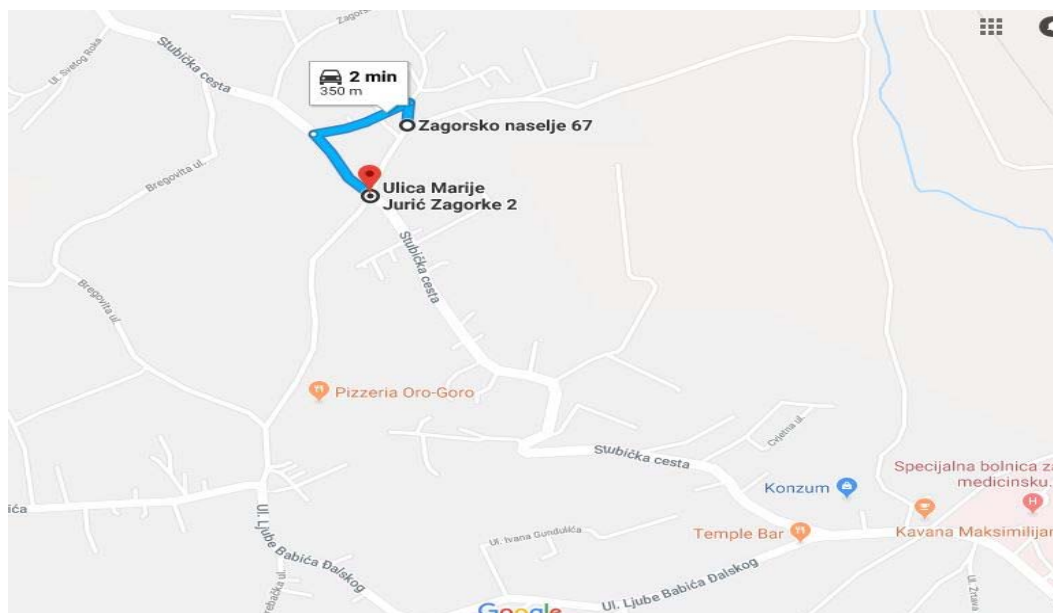
Slika 26. Prikaz Varijante 2

Najveći nedostatak takvog raskrižja je što zbog njegovih dimenzija teretna vozila kao i autobusi ne mogu skrenuti u ulicu Zagorsko naselje i Ulicu Marije Jurić Zagorke već mogu se kretati glavnim smjerom tj. Stubičkom ulicom (privoz 1 i privoz 3). Za takva vozila većih dimenzija je omogućen obilazan put do ulice Zagorsko naselje (privoz 2) prikazan na Slici 27., a do Ulice Marije Jurić Zagorke (privoz 4) je prikazan na Slici 28.



Slika 27. Prikaz obilaznog pravca za teretna vozila do Ulice Marije Jurić Zagorke [2]

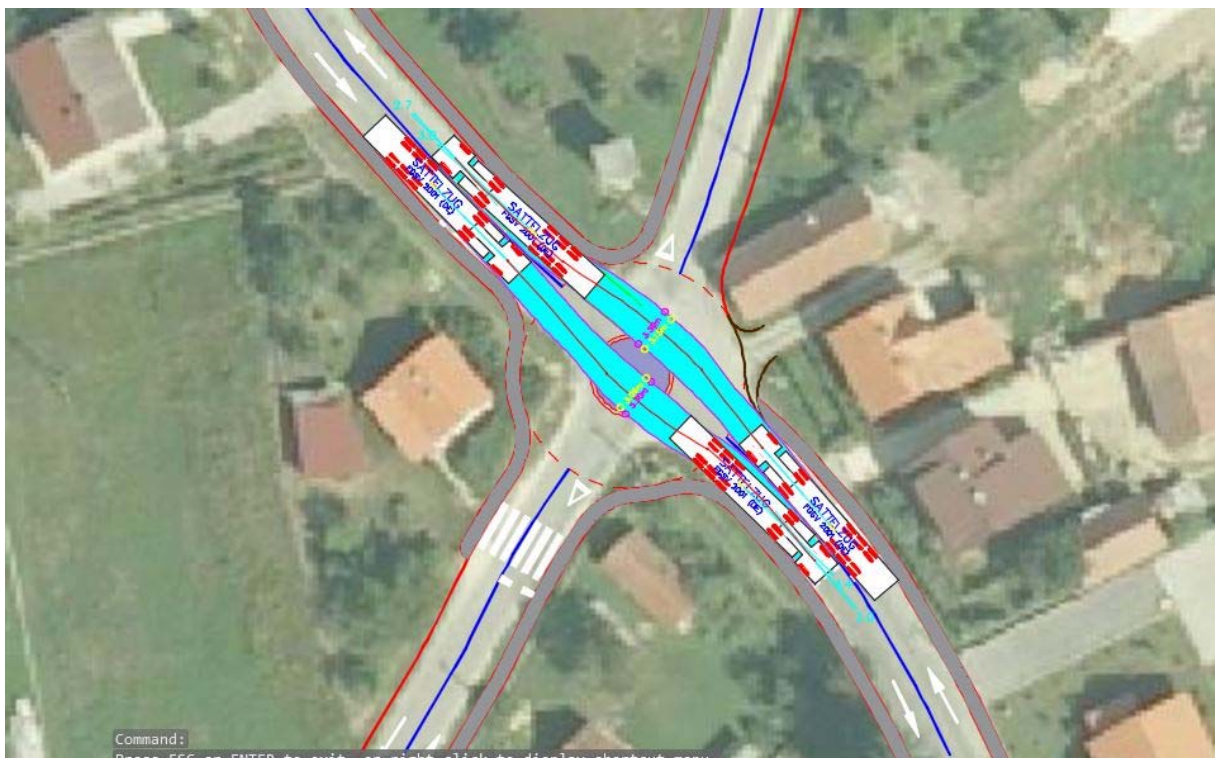
Obilazni pravac za teretna vozila do Ulice Marije Jurić Zagorke kojim se povećava udaljenost putovanja za 2,6 kilometara.



Slika 28. Prikaz obilaznog pravca za teretna vozila do ulice Zagorsko naselje [2]

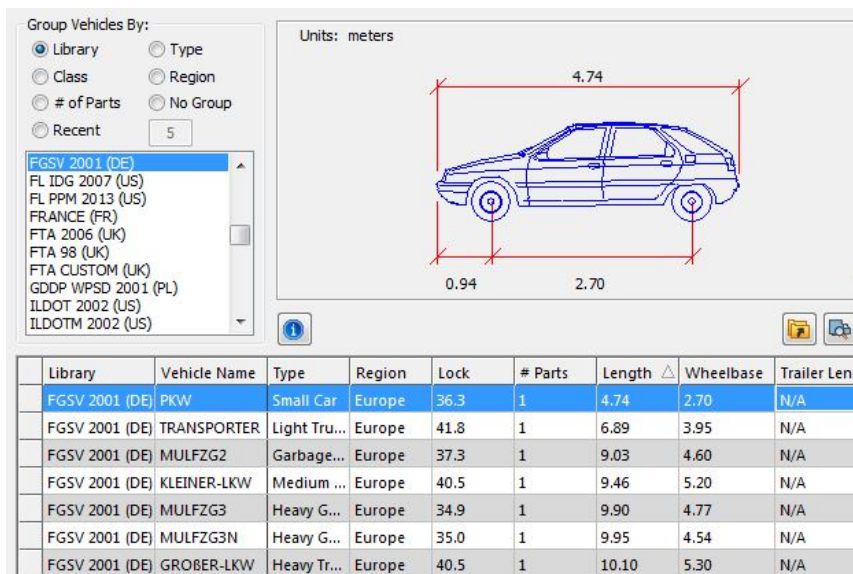
Obilazni pravac za teretna vozila do ulice Zagorsko naselje kojim se povećava udaljenost putovanja za 350 metara.

Izvršena je provjera provoznosti s kamionom s poluprikolicom Sattelzug duljine 16,5 m sukladno njemačkim smjernicama FGSV 2001. Slika 29. prikazuje provjeru trajektorija Varijante 2 pomoću programskog alata AutoTURN. Iz slike je vidljivo da kamion s poluprikolicom može proći kroz provoza središnji kružnog raskrižja na glavnim smjerovima čime je zadovoljena provoznost mini kružnog raskrižja.



Slika 29. Primjer zadovoljene provoznosti Varijante 2 izvršeno s mjerodavnim vozilom u programskom alatu AutoTURN

Također je izvršena provjera provoznosti sa Stubičke ulice (privoz 3) prema dvorištu privatne kuće koja se nalazi u samom kružnom toku ispred koje je projektiran spuštenu rubnik. Zbog toga je kao mjerodavno vozilo odabran osobni automobil duljine 4,74m sukladno njemačkim smjernicama FGSV 2001 (Slika 30.), jer je za očekivati da će ono biti najčešće korišteno.



Slika 30. Značajke osobnog automobila vozila za provjeru provoznosti Varijante 2

Na Slici 31. prikazana je provoznost koja je zadovoljena s odabranim mjerodavnim vozilom.



Slika 31. Prikaz zadovoljene provoznosti privoza 3 u dvorište u programskom alatu AutoTURN

4.3 Varijanta 3

Varijanta 3 predlaže raskrižje upravljano prometnim svjetlima (Slika 32.). Raskrižja upravljana prometnim svjetlima spadaju u skupinu specifičnih vrsta raskrižja koja se po svojim oblikovnim elementima ne razlikuju od klasičnih raskrižja, osim što se kretanje prometnih tokova regulira davanjem svjetlosnih prometnih signala. Na raskrižju upravljanom svjetlosnom signalizacijom prometni tokovi se vremenski razdvajaju. Prometnim svjetlima može se povećati stupanj sigurnosti i propusnu moć raskrižja. Primjena raskrižja upravljanim prometnim svjetlima preporučuje se na raskrižjima gdje je često glavni prometni tok znatno više intenzivniji od sporednog prometnog toka što je i slučaj na predmetnom raskrižju prikazano na gore obrađenoj analizi raskrižja. Raskrižja upravljana s prometnim svjetlima smanjuju učestalost i ozbiljnost posljedica određenih sudara, naročito sudara pod pravim kutom (bočni sudar) te povećavaju kapacitet samog raskrižja. Kod Varijante 3 na svim privozima projektirani su pješački prijelazi kao i nogostupi pored kolnika koji će olakšati kretanje pješaka. Širina svih ulica kako na glavnom tako i na sporednom smjeru iznosi tri metara. Smeđom bojom u raskrižju je prikazan spuštenu rubnik koji omogućava olakšan ulazak vozila u privatni posjed. Svaki privoz se sastoji od jedne prometne trake za ulazak i jedne za izlazak iz raskrižja. Na prikazanoj varijanti se nalazi pješački prijelaz i nogostup na svakom privozu, no na privozu 3 (ulica Zagorsko naselje) nalazi se nogostup samo s jedne strane kolnika zbog ograničenog okolnog prostora te nije moguće konstruirati nogostup s obje strane. Ova varijanta je ima niske troškove jer ne zahtijeva velika investicijska ulaganja što se očituje kroz minimum građanskih radova u odnosu na ostale varijante. Na Varijanti 3 nije predviđena izgradnja biciklističke staze jer zbog brdovitog okolnog područja ne postoji velika potražnja za biciklističkim prijevozom, kao i kod Varijante 1 i Varijante 2.

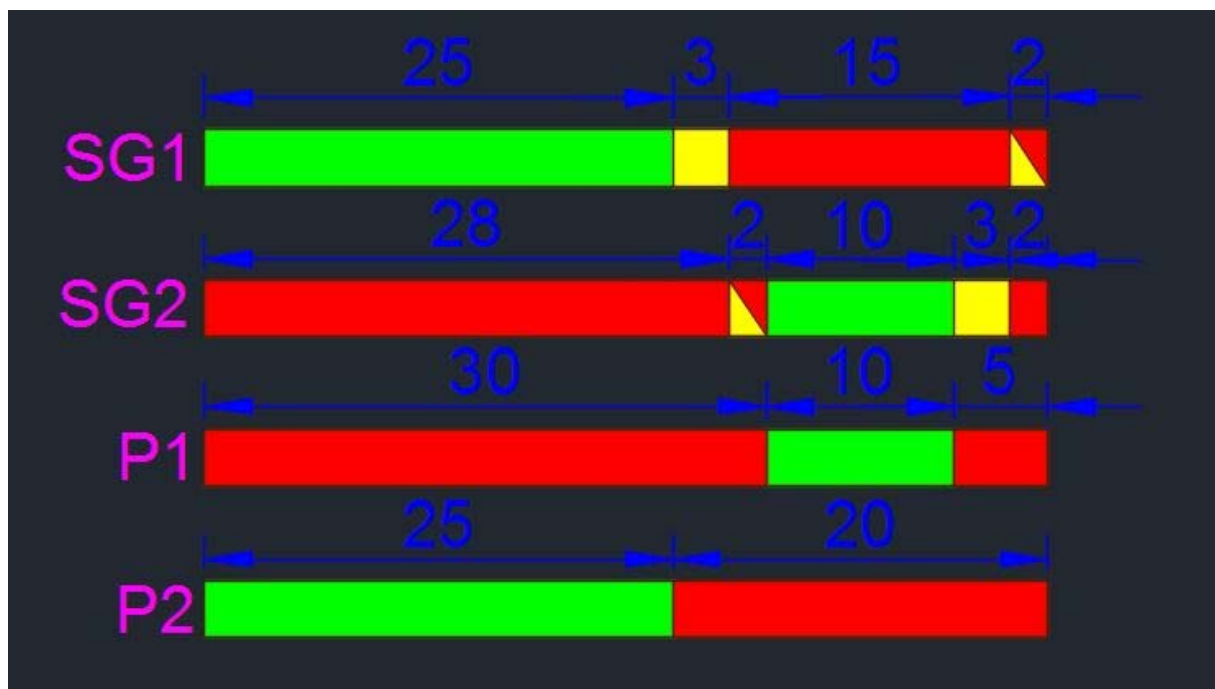


Slika 32. Prikaz Varijante 3

Kako se za Varijantu 3 predlaže projektiranje raskrižja upravljanim prometnim svjetlima, jedan od vrlo bitnih elemenata je izrada pravilnog signalnog plana. Signalni plan je plan izmjene svjetlosnih signala. U signalnome planu može se vidjeti vrijednost trajanja pojedinog signalnog pojma (crveno, žuto ili zeleno svjetlo na semaforu) kao i broj signalnih grupa odnosno broj faza. Pri neadekvatnoj izradi signalnih planova i geometrije raskrižja može doći do umanjnja prednosti upravljanja prometnim svjetlima što može uzrokovati povećanje vremena čekanja na privozima raskrižja, nepoštovanje signalnih znakova od strane vozača ili pješaka ili povećanja korištenja manje prihvatljivih ruta kako bi se izbjegao dolazak na loše semaforizirano raskrižje. Provedenom analizom predmetnog raskrižja je utvrđeno kako ne dolazi do zagušenja prometa i stvaranja repova čekanja na nekom od privozima u vršnim satima stoga nije bilo potrebe za detaljnim istraživanjima i proračunima za izradu signalnog plana već je on izrađen autorovom procjenom na temelju dobivenih podataka o dnevnom prometu pri brojanju prometa. Eventualnom budućom pojavom prometnog zagušenja ili repova čekanja na privozima na predmetnom raskrižju, potrebno bi bilo ispitati efikasnost predloženog signalnog plana i pristupiti njegovoj promjeni. Također autorovom

procjenom u signalnom planu nije dodano dopunsko svjetlo za lijeve skretače s Ulice Marije Jurić Zagorke (privoz 4) prema Stubičkoj ulici (privoz 1), zbog toga što je mali intenzitet prometa s ulice Zagorsko naselje (privoz 2) pa se vozila s privoza 4 mogu sigurno uključiti na glavni smjer.

Signalni plan je prikazan na Slici 33. i prikazuje ciklus Signalne grupe 1, Signalne grupe 2, Pješaci 1 i Pješaci 2, koji traje 45 sekundi. Signalna grupa 1 (SG1) se nalazi na glavnoj cesti (privoz 1 i privoz 3) s većim prometnim opterećenjem gdje trajanje zelenog svjetla traje 25 sekundi, žuto svjetlo traje 3 sekunde, crveno svjetlo traje 15 sekundi, a crveno-žuto svjetlo traje 2 sekunde. Signalna grupa 2 (SG2) se nalazi na sporednoj cesti (privoz 2 i privoz 4) s manjim prometnim opterećenjem gdje trajanje zelenog svjetla traje 10 sekundi, žuto svjetlo traje 3 sekunde, crveno svjetlo traje 28 sekundi, a crveno-žuto svjetlo traje 2 sekunde. Svjetlosna signalizacija ciklusa Pješaci 1 (P1) za prolazak pješaka preko kolnika se nalazi na glavnoj cesti (privoz 1 i 3) na lanterni kao i SG1 gdje trajanje zelenog svjetla traje 10 sekundi, a crveno svjetlo traje 35 sekundi. Svjetlosna signalizacija ciklusa Pješaci 2 (P2) za prolazak pješaka preko kolnika se nalazi na sporednoj cesti (privoz 4) na lanterni kao i SG2 gdje trajanje zelenog svjetla traje 25 sekundi, a crveno svjetlo traje 20 sekundi.



Slika 33. Prikaz predloženog signalnog plana

4.4 Varijanta 4

U četvrtoj varijanti predlaže se postavljanje signalizacije koja nedostaje na raskrižju i da se postojeća obnovi ili zamjeni (Slika 34.). Postojeća prometna signalizacija na sporednim privozima je izrađena od materijala Klase II (*High Intensity Grade*) i trebalo bi je zamijeniti s novijom generacijom signalizacije materijala Klase III (*Diamond Grade*) [6] zbog toga što su oni tri puta sjajnije, imaju veću retrorefleksiju te duže jamstvo trajnosti. Pogotovo se to odnosi na znakove izričitih naredbi kao što je znak „STOP“ jer u uvjetima smanjene vidljivosti i po noći je nužno uočiti navedenu signalizaciju kako bi je vozači na vrijeme znali prepoznati te mogli reagirati. Na području koje je iscrtano zelenim linijama (Prilog 4) pored ceste u blizini raskrižja potrebno je premjestiti ili ukloniti HEP-ove električne stupove, odsjeći stabala i smanjiti visinu živice (ili je potpuno ukloniti), jer oni utječu na smanjenje horizontalne preglednosti na sporednim privozima. Time bi se smanjilo vrijeme procjene i donošenje odluke vozača da se na siguran način uključe u glavni tok i iskoriste vremensku prazninu. Određena stabla i živica koja umanjuju preglednost posebno na privozu 4 se nalaze na privatnom posjedu te je potrebno postići optimalan dogovor s vlasnicima posjeda u smislu uklanjanja navedenih stabla i živice kako bi povećanje cestovne sigurnosti na razmatranom raskrižju bilo u zajedničkom interesu što je nekad zbilja zahtjevan i skup pothvat. Širina svih ulica kako na glavnom tako i na sporednom smjeru iznosi 3 metara. Smeđom bojom na prilogu 4 izrađenom u AutoCAD-u, u raskrižju je prikazan spuštenu rubnik koji omogućava olakšan ulazak vozila u privatni posjed. Brzina je ograničena na 40 km/h radi potrebne veće pažnje vozača u blizini raskrižja zbog smanjene preglednosti na sporednim privozima i kako bi se povećala prometna sigurnost svih sudionika. Svaki privoz se sastoji od jedne prometne trake za ulazak i jedne za izlazak iz raskrižja. Na prikazanoj varijanti se nalazi pješački prijelaz i nogostup na svakom privozu, osim na privozu 3 (ulica Zagorsko naselje) gdje se nalazi nogostup samo s jedne strane kolnika zbog ograničenog okolnog prostora te nije moguće konstruirati nogostup s obje strane. Ova varijanta također ima niske troškove jer nije potrebno dodatno otkupiti okolno zemljište niti nisu potrebni veći građevinski radovi za njezinu realizaciju. Nije predviđena izgradnja biciklističke staze na Varijanti 4 jer zbog brdovitog okolnog područja ne postoji velika potražnja za biciklističkim prijevozom, kao i kod ostalih varijanata.



Slika 34. Prikaz Varijante 4

5 VREDNOVANJE VARIJANATA SWOT ANALIZOM

SWOT³ analiza je suvremena metoda za analizu odabrane strategije i situacije koja analizira čimbenike koji određuju snagu predmeta analize, slabosti, neiskorištene prilike i moguće prijetnje odnosno opasnosti [7].

Navedena četiri elementa podrazumijevaju sljedeće [7]:

Strengths (“S”) - snage predstavljaju unutarnja svojstva koja su usmjerena na postizanje odgovarajućih konkurentnih strategijskih prednosti; omogućuju ostvarivanje svojih ciljeva.

Weaknesses (“W”) –slabosti su unutarnja svojstva koja smanjuju konkurentnu sposobnost i uspješnost; odnosno značajno ometaju ili u potpunosti onemogućuju ostvarivanje utvrđenih ciljeva. Slabosti se u praksi iskazuju u obliku nedostataka određenih resursa, odnosno snažnih ograničenja u pogledu iskorištavanja resursa, vještina ili potencijala npr. projekta.

Opportunities (“O”) - prilike su oni trenutni ili budući uvjeti i promjene u okolini odnosno vanjski/eksterni utjecaji na projekt predmetnog subjekta koje on može trenutno ili u budućnosti iskoristiti u svrhu poboljšanja svoje konkurentnosti i uspješnosti; vanjski čimbenici i situacije koje pomažu u ostvarivanju zadanih ciljeva projekta.

Threats (“T”) - prijetnje predstavljaju postojeća ili buduća svojstva i uvjete okoline, npr. projekta koji imaju ili će u budućnosti imati negativan utjecaj na konkurentnost i uspješnost projekta.

³ SWOT = Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

Tablica 3. SWOT matrica

	<u>SNAGE (S)</u>	<u>SLABOSTI (W)</u>
<u>PRILIKE (O)</u>	S – O strategija	W – O strategija
<u>PRIJETNJE (T)</u>	S – T strategija	W – T strategija

Izvor: [7]

Ova analiza ne daje specifične odgovore nego predstavlja način učinkovite organizacije informacije i osjetljivih značajki kao baza podataka za izgradnju poslovne strategije i operativnih planova te tako može biti osnova za primjenu drugih metoda [7].

5.1 SWOT analiza Varijante 1

U Tablici 4. prikazana je SWOT matrica Varijante 1. U tablici su prikazane snage, slabosti, prilike i prijetnje Varijante 1.

Tablica 4. SWOT matrica Varijante 1

Snaga (S)	<ul style="list-style-type: none">- povećanje sigurnosti za sve sudionike u prometu (vozači, pješaci, biciklisti)- povećanje propusne moći raskrižja- smanjenje repa čekanja na sporednim privozima- smanjene brzine vožnje kroz raskrižje- manja buka i emisija ispušnih plinova motora vozila- zabranjena (a i nepotrebna) vožnja unatrag
Slabosti (W)	<ul style="list-style-type: none">- smanjenje brzine vozila na glavnim privozima- produljenje putanja vozila i pješaka u odnosu na izravno kanalizirana raskrižja- visoka ulaganja u rekonstrukciju zbog otkupa dodatnog prostora i rušenja okolnih kuća- veće zauzimanje zemljišne površine
Prilike (O)	<ul style="list-style-type: none">- olakšano i brže uključivanje u promet vozila sa sporednog privoza- mogućnost ucrtavanja biciklističkog prijelaza preko ceste na privozima- posljedice prometnih nesreća su manje nego kod klasičnih raskrižja (bez čelnih i sudara pod pravim kutom)- kraće čekanje na privozima čime se osigurava kontinuitet vožnje- manji broj konfliktnih točaka
Prijetnje (T)	<ul style="list-style-type: none">- visoki troškovi održavanja s godinama- veći broj prometnih nesreća zbog nepoštivanja prednosti prolaska vozila koja se nalaze u mini kružnom toku- povećanje broja biciklista i pješaka na raskrižju- povećanje lijevih skretača- otežan prolaz žurnih službi (hitna pomoć, policija, vatrogasci,..) zbog potrebnih manevara u kružnom raskrižju

5.2 SWOT analiza Varijante 2

U Tablici 5. prikazana je SWOT matrica Varijante 2. U tablici su prikazane snage, slabosti, prilike i prijetnje Varijante 2.

Tablica 5. SWOT matrica Varijante 2

Snaga (S)	<ul style="list-style-type: none">- povećanje sigurnosti za sve sudionike u prometu (vozači, pješaci, biciklisti)- smanjenje repa čekanja na sporednim privozima- manja buka i emisija ispušnih plinova motora vozila- zabranjena (a i nepotrebna) vožnja unatrag
Slabosti (W)	<ul style="list-style-type: none">- pojavljivanje repa i vremena čekanja na glavnim privozima- smanjenje brzine vozila na glavnim privozima na 30 km/h- smanjenje propusne moći raskrižja- produljenje putanje vozila i pješaka u odnosu na izravno kanalizirana raskrižja- veća ulaganja u rekonstrukciju zbog otkupa dodatnog prostora- veće zauzimanje zemljišne površine- nemogućnost izravnog skretanja s raskrižja kamiona i autobusa u sporedne prilaze što produljuje njihovo vrijeme putovanja do željenog odredišta
Prilike (O)	<ul style="list-style-type: none">- olakšano i brže uključivanje u promet vozila sa sporednog prilaza- posljedice prometnih nesreća su manje nego kod klasičnih raskrižja (bez čelnih i sudara pod pravim kutom)- nema zaustavljanja pred samo raskrižje- manji broj konfliktnih točaka- dobro uklapanje u okolni prostor
Prijetnje (T)	<ul style="list-style-type: none">- veći broj prometnih nesreća zbog nepoštivanja prednosti prolaska vozila koja se nalaze u mini kružnom toku- poteškoće s pomanjkanjem prostora za izvedbu središnjeg otoka u već izrađenim područjima- povećanje lijevih skretača- povećanje broja biciklista i pješaka na raskrižju- otežan prolaz žurnih službi (hitna pomoć, policija, vatrogasci,..) zbog potrebnih manevara u kružnom raskrižju- otežan prolaz vozila sa specijalnim i vangabaritinim teretima

5.3 SWOT analiza Varijante 3

U Tablici 6. prikazana je SWOT matrica Varijante 3. U tablici su prikazane snage, slabosti, prilike i prijetnje Varijante 3.

Tablica 6. SWOT matrica Varijante 3

Snaga (S)	<ul style="list-style-type: none">- povećanje propusne moći raskrižja- smanjenje repa čekanja na sporednim privozima- povećanje sigurnosti za sudionike na raskrižju- uvođenje zaštitnih međuvremena kod skretanja vozila sa sporednih privoza- minimum građanskih radova- korištenje već postojeće infrastrukture- jasno reguliranje prednosti
Slabosti (W)	<ul style="list-style-type: none">- pojavljivanje repa i vremena čekanja na glavnim privozima- povećavaju prosječno zakašnjenje vozila (naročito na glavnom prometnom smjeru)- dovode do povećane upotrebe manje adekvatnih dionica cestovne mreže
Prilike (O)	<ul style="list-style-type: none">- olakšano uključivanje u promet vozila sa sporednog privoza- nije potreban otkup zemljišta- nema narušavanja okoliša- niski troškovi ulaganja
Prijetnje (T)	<ul style="list-style-type: none">- veće zagađenje zraka iz ispušnog sustava vozila- nepoštivanje crvenog prometnog svjetla noću prilikom malog intenziteta prometa za vozače i pješake- mogućnost prekoračenja brzine da bi vozilo prošlo raskrižje kod paljenja žutog svjetla na prometnom svjetlu

5.4 SWOT analiza Varijante 4

U Tablici 7. prikazana je SWOT matrica Varijante 4. U tablici su prikazane snage, slabosti, prilike i prijetnje Varijante 4.

Tablica 7. SWOT matrica Varijante 4

Snaga (S)	<ul style="list-style-type: none">- povećanje propusne moći raskrižja- smanjenje repa čekanja na sporednim privozima- povećanje sigurnosti za vozila sa sporednog privoza zbog povećanja horizontalne preglednosti raskrižja- najmanji trošak rekonstrukcije raskrižja- korištenje već postojeće infrastrukture
Slabosti (W)	<ul style="list-style-type: none">- gotovo jednaki rep i vremena čekanja na sporednim privozima- otežano kretanja pješaka preko kolnika- smanjena razina sigurnosti u zoni raskrižja- veća razina štetnih ispušnih plinova- veća razina buke
Prilike (O)	<ul style="list-style-type: none">- olakšano uključivanje u promet vozila sa sporednog privoza zbog nove signalizacije i povećanja horizontalne preglednosti- nema narušavanja okoliša- nije potreban otkup zemljišta- kraće vrijeme putovanja vozila kroz raskrižje- mogućnost brzog izvođenja radova
Prijetnje (T)	<ul style="list-style-type: none">- veći troškovi održavanja signalizacije kroz godine- mogućnost nastanka sve većih repova čekanja u vršnim terminima na sporednim privozima- mogućnost postizanja većih brzina vozila u raskrižju- mogućnost nastanka težih prometnih nesreća

6 VREDNOVANJE VARIJANATA AHP METODOM

6.1 Općenito o višekriterijskom odlučivanju i AHP metodi

Pri vrednovanju prometnih projekata primjenjuju se brojne metode u procesu njihove ocjene i donošenja investicijskih odluka, a najčešće se razlikuju u kriterijima optimizacije. U fazi ocjene projekata kod donošenja odluka koriste se jednokriterijske i višekriterijske metode. Metoda analize troškova i koristi (eng. *cost-benefit analysis*) visoko je zastupljena u fazi ocjene projekata, ali sve češće se za ocjenu projekta primjenjuju druge metode višekriterijskog odlučivanja [8]. U svrhu dugoročnih i kvalitetnih rješenja neophodno je uvođenje više kriterija optimiranja odnosno primjena neke od metoda višekriterijskog odlučivanja. Kriteriji optimiranja temeljeni na ekonomskom, tehnološkom, tehničkom i ekološkom kriteriju, ali i drugima. Primjena tih metoda nužna je u kompleksnim investicijskim projektima velikog društvenog značenja, posebno u projektima prometne infrastrukture [9]. Neke od metoda višekriterijskog odlučivanja su: metode ELEKTRE I–IV, PROMETHEE I–IV, metoda višekriterijskog kompromisnog rangiranja (VIKOR), metoda jednostavnog aditivnog ponderiranja (SAW), ponderirana metoda proizvoda (WPM), tehnika za određivanje narudžbe sličnosti s idealnim rješenjem (TOPSIS), teorija grafova i pristupa zastupljenosti matrice (GTMA) i metoda koja se temelji na indeksu izvedbe odabira (PSI) [10]. Od mnogobrojnih metoda višekriterijskog odlučivanja, metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP metoda) jedna je od najčešće primjenjivanih metoda višekriterijske analize [11]. Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa ima sve veći značaj pri rješavanju problema i donošenju odluka iz područja prometa [12, 13]. Osim u području prometa primjenjuje se i u drugim područjima cjelokupne ljudske djelatnosti [14], počevši od građevinskog marketinga pa sve do izbora najboljih akademskih kadrova [15].

Istraživanja su pokazala da se metode višekriterijskog odlučivanja mogu koristiti za rješavanje složenih problema u prometnoj infrastrukturi, kao što je izgradnja i analiza cesta te raskrižja, uzimajući u obzir prometnu sigurnost. U isto vrijeme metoda se rijetko koristi za procjenu geometrije kružnih raskrižja i prometnih parametara.

Thomas L. Saaty razvio je AHP metodu kako bi vodio složene odluke koje uključuju veliki broj donositelja odluka i kriterija. To je jedna od najbolje opisanih i

potvrđenih metoda za višekriterijsko odlučivanje. Bolja je od drugih višekriterijskih metoda jer se lako prilagođava različitom broju atributa (kriterija) i varijanata, što može biti opisano i kvantitativno i kvalitativno. Višekriterijska analiza ima sljedeći matematički oblik [16]:

$$\max\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), n \geq 2\} \quad (1)$$

s ograničenjima:

$$x \in A = [a_1, a_2, \dots, a_m] \quad (2)$$

gdje je n broj kriterija ($j = 1, 2, \dots, n$), m broj varijanata ($i = 1, 2, \dots, m$), f_j kriterij ($j = 1, 2, \dots, n$), a_i varijanta koja se razmatra ($i = 1, 2, \dots, m$) i A je skup svih varijanata [16].

Prema Saatyju, donošenje odluke o prioritetima znači rastavljanje procesa odlučivanja u sljedeće korake: (1) definiranje problema i određivanje vrste traženog znanja; (2) strukturiranje hijerarhije odlučivanja s ciljem donošenja odluke na vrhu, nakon čega slijede ciljevi iz šire perspektive, zatim kriteriji o kojima ovise sljedeći elementi i na kraju kompletan skup varijanata; (3) konstruiranje skupa usporednih matrica u paru, u kojem se svaki element na višoj razini uspoređuje s elementima na nižoj razini; (4) korištenje prioriteta iz usporedbi na jednoj razini kako bi se umanjili prioriteti za usporedbe na nižoj razini, ponavljajući to za svaki element; i (5) zbrojiti ponderirane vrijednosti za svaki element na niže navedenoj razini kako bi se dobio njegov opći ili globalni prioritet [16].

Da bi se definirala relativna važnost kriterija i potkriterija s obzirom na cilj interesa, kriteriji su rangirani pomoću Saaty ljestvice. To uključuje pet glavnih razina intenziteta (1 - jednaka važnost, 3 – umjerena važnost, 5 - stroga važnost, 7 - vrlo stroga, dokazana važnost, 9 - ekstremna važnost), kao i četiri potkriterija (2 - slaba ili mala, 4 - umjerena, 6 - stroga, 8 - vrlo stroga) [16].

Najbolja varijanta je odabrana na temelju definiranih ukupnih prioriteta važnosti spojenih sa svim težinama važnosti prema sljedećem izrazu [16]:

$$W_i = \sum_{j=1}^n c_j w_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (3)$$

gdje je W_i važnost, prioritet varijante i , c_j je težina kriterija j ($j = 1, 2, \dots, n$), w_{ij} je težina varijante i prema kriteriju j , m je broj varijanata i n je broj kriterija. Saaty je dokazao da je za konzistentnu recipročnu matricu najveća svojstvena vrijednost jednaka broju usporedbi ili $\lambda_{max} = n$. Zatim je definirao mjeru konzistentnosti, nazvanu indeks konzistentnosti (CI), koji ukazuje na odstupanje ili stupanj konzistentnosti koristeći sljedeću formulu [16]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Saaty je predložio da se CI uspoređuje s odgovarajućim slučajnim indeksom (RI).

Tablica 8. Vrijednost RI ovisno o veličini matrice

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Izvor: [7]

Saaty je nasumično generirao recipročne matrice skaliranjem i izračunao RI kako bi odredio je li to bilo oko 10% ili manje. Tada je definirao omjer konzistentnosti (CR) uspoređujući CI s RI [16]:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Ako za matricu A vrijedi $CR \leq 0,10$, procjene omjera relativnih važnosti kriterija (prioriteta varijanata) smatraju se prihvatljivima. U suprotnom treba istražiti razloge zbog kojih je inkonzistentcija procjena neprihvatljivo visoka/niska [16].

Zaključno se određuje konačni, ukupni vektor prioriteta težina sintezom svih vektora težina, a opisuje se izrazom:

$$W_i = \sum_{j=1}^n c_j w_{ij}, \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (6)$$

gdje je:

W_i - težina, prioritet varijante i

c_j - težina kriterija j ($j = 1, 2, \dots, n$)

w_{ij} - težina varijante i s obzirom na kriterij j

m - broj varijanata

n - broj kriterija

Posljednji korak predstavlja provedbu analize osjetljivosti, kako bi se vidjelo u kojoj se mjeri promjene ulaznih podataka odražavaju na ukupne prioritete varijanata.

6.2 Definiranje hijerarhijske strukture

Hijerarhijsku strukturu AHP modela čine cilj, kriteriji, potkriteriji i varijante. Na temelju ove metode definiraju se kriteriji i provodi se njihovo vrednovanje. Predmet višekriterijske analize je vrednovanje varijanata rekonstrukcije raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju, pri čemu su predložene četiri varijante. Vrednovanje ovih varijanata provodi se pomoću sljedećih kriterija i njihovih pripadajućih potkriterija:

1. Sigurnost

- Broj konfliktnih točaka
- Broj prometnih nesreća
- Mogućnost nastanka prometnih nesreća
- Posljedice prometnih nesreća

2. Tehničko–tehnološka rješenja

- Preglednost raskrižja
- Ograničenje brzine
- Propusna moć

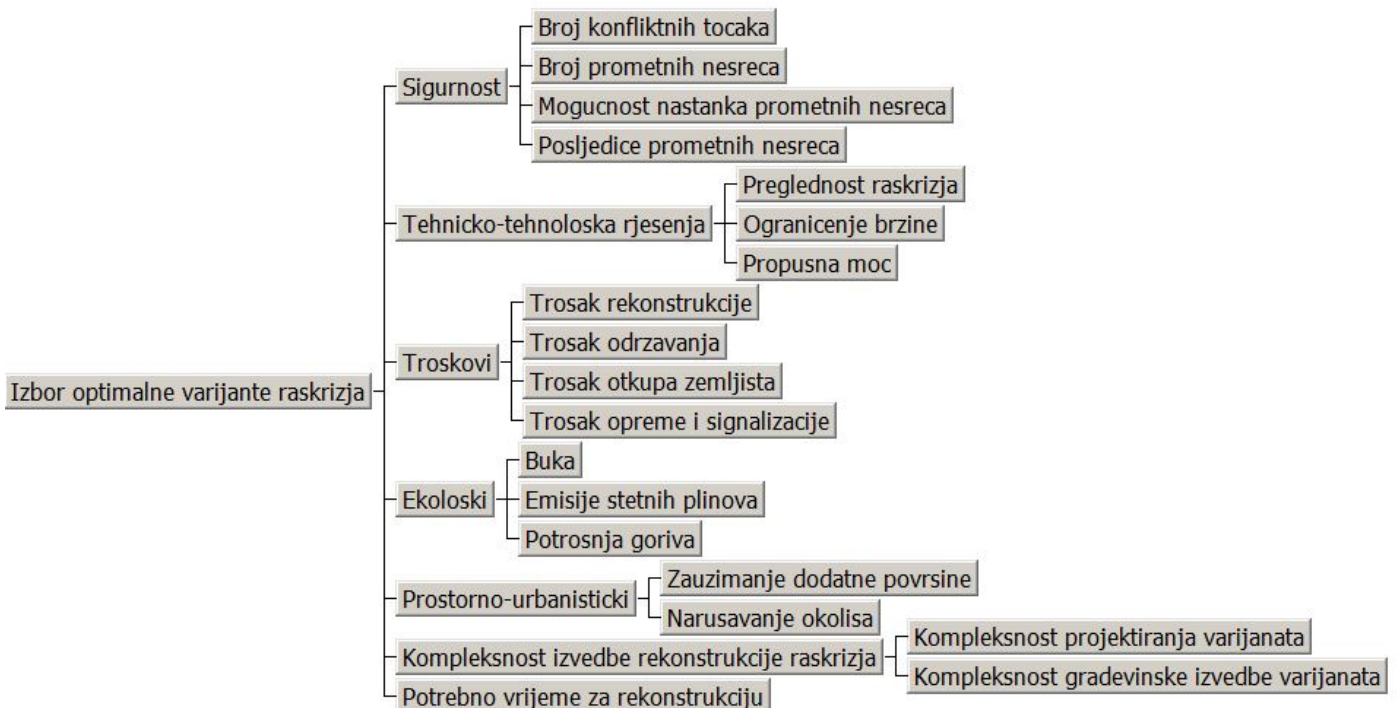
3. Troškovi

- Trošak rekonstrukcije
- Trošak održavanja
- Trošak otkupa zemljišta
- Trošak opreme i signalizacije

4. Ekološki
 - Buka
 - Emisije štetnih plinova
 - Potrošnja goriva
5. Prostorno-urbanistički
 - Zauzimanje dodatne površine
 - Narušavanje okoliša
6. Kompleksnost izvedbe rekonstrukcije raskrižja
 - Kompleksnost projektiranja varijanata
 - Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata
7. Potrebno vrijeme za rekonstrukciju

Na Slici 35. prikazana je hijerarhijska struktura kriterija i potkriterija AHP modela.

Slika 35. Hijerarhijska struktura AHP metode



Sigurnost u prometu je jedan od najvažnijih elemenata za odvijanje prometa. Stoga kriterij *Sigurnost* je neophodan i ključan te pri planiranju dijelova prometne infrastrukture je najviše pažnje potrebno usmjeriti na sigurnost svih sudionika u

prometu. Također, predstavlja vrlo važnu značajku prometa na cestama zbog koje je potrebno vršiti bilo kakvu rekonstrukciju ceste/raskrižja. Pod sigurnosnim potkriterijima u ovom predloženom modelu spadaju potkriteriji *Broj konfliktnih točaka*, *Broj prometnih nesreća*, *Mogućnost nastanka prometnih nesreća* i *Posljedice prometnih nesreća*.

Kriterijem *Tehničko–tehnološka rješenja* dobije se uvid u prometne parametre, odnosno u učinkovitost prometne mreže. Velika važnost pridodaje se ovom kriteriju jer uzima u obzir preglednost raskrižja koje je jedan od najvećih problema i uzrok smanjenosti prometne sigurnosti predmetnog raskrižja. Uz *Preglednost raskrižja* ovaj kriterij obuhvaća i potkriterij *Ograničenje brzine* i *Propusne moći*, što je vrlo važno definirati i analizirati u rekonstrukciji raskrižja.

Kriterij *Troškovi* je visoko pozicioniran radi potrebe za racionalnom gradnjom raskrižja, manjih troškova otkupa zemljišta i održavanja. Ovaj kriterij sagledava troškove i koristi koje sa sobom nosi svaka od varijanata. Sastoji se od potkriterija *Trošak rekonstrukcije*, *Trošak održavanja*, *Trošak otkupa zemljišta* i *Trošak opreme i signalizacije*. *Troškovi rekonstrukcije* prikazuju kolika je cijena izvedbe pojedine varijante, *Troškovi održavanja* prikazuju kolika bi bila cijena održavanja svake pojedine varijante tijekom korištenja, *Troškovi otkupa zemljišta* prikazuju kolika bi bila cijena otkupa zemljišta za svaku varijantu, a *Troškovi opreme i signalizacije* ukupni trošak horizontalne i vertikalne signalizacije postavljene na predmetno raskrižje kao i ostatak potrebne opreme.

Ekološki kriterij zbog sve većih ekoloških standarda i ozbiljne potrebe za smanjenjem emisija ispušnih plinova, vrednovat će koja varijanta najviše utječe na smanjenje istih. Dodjeljivanje važnosti ovisi o razini zagađenja okoliša s obzirom na odabir varijanata na promatranom raskrižju. *Ekološkom* kriteriju dodijeljeni su potkriteriji *Buka*, *Emisija štetnih plinova* i *Potrošnja goriva*.

Prostorno–urbanistički kriterij odnosi se na iskorištenu površinu potrebnu za izgradnju Varijanata i vizualno uklapanje u okolinu na području predmetnog raskrižja. Kao potkriteriji korišteni su i *Narušavanje okoliša*. Potkriterij *Zauzimanje dodatne površine* prikazuje koliko površine zauzima novo postojeće stanje. *Narušavanje okoliša* pokazuje kako će se raskrižje uklopiti u okolinu te koliko će utjecati na njenu promjenu i koliki će utjecaj imati na život okolnog stanovništva.

Kriterij *Kompleksnost izvedbe rekonstrukcije raskrižja* opisuje koliki je građevinski zahvat potrebno provesti za izgradnju pojedine varijante. Sastoji se od potkriterija *Kompleksnost projektiranja varijanata* i *Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata*. Njima se opisuje zahtjevnost pristupa i tehničke izvedbe prilikom rekonstrukcije određene varijante, kao i problematika same izvedbe u građevinskom smislu.

Kriteriju *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju* nije dodijeljen niti jedan potkriterij, budući da je cilj ovog kriterija vrednovati varijante samo po vremenu potrebnom za rekonstrukcije, stoga nije bilo potrebe dodjeljivati potkriterije koji bi detaljnije opisali kriterij. Međutim, ovaj kriterij zbog toga nije manje važan u postupku odabira optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja. On opisuje vrijeme potrebno za izgradnju određene varijante, od njezinog projektiranja i izgradnje te do njezinog konačnog stavljanja u funkciju i ostvarivanja njezine namjene.

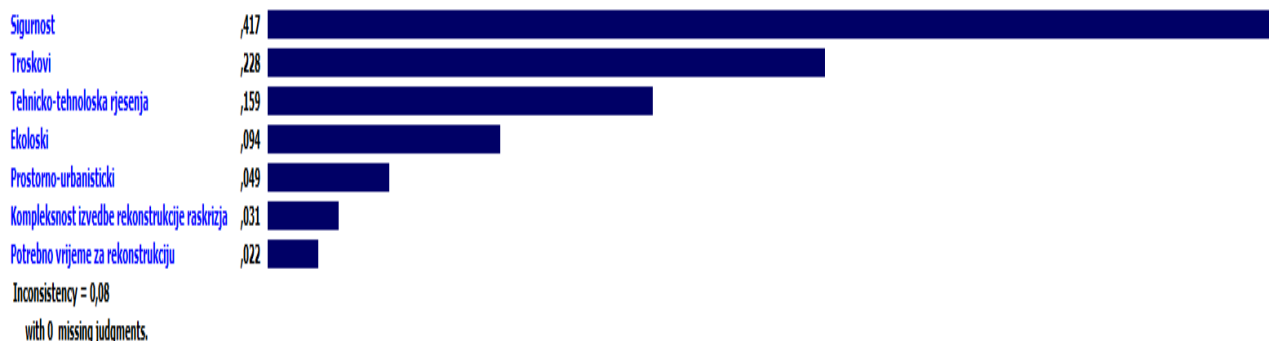
6.3 Rangiranje kriterija i potkriterija

Vrednovanje predloženih projektnih varijanti AHP metodom uz primjenu programskog alata Expert Choice vrši se na temelju postavljenih kriterija i potkriterija. Pri davanju ocjena i rangiranju potrebno je pripaziti na konzistentnost kako bi omjer relativnih važnosti kriterija bio prihvatljiv. Konzistentnost mora biti između 0,0 i 0,10.

Dva kriterija u ovom diplomskom radu imaju po četiri potkriterija, dva kriterija imaju tri potkriterija, dva kriterija imaju po dva potkriterija, a jedan kriterij nema ni jedan potkriterij. Na temelju rangiranja kriterija vidjet će se važnost jednog kriterija u odnosu na drugi.

Autorovom procjenom, kriteriju *Sigurnost* dodijeljena je najveća važnost (težina) od 41,7% (Slika 36.). Drugi po važnosti je kriterij *Troškovi* koji ima težinu važnosti od 22,8%. Treći po važnosti je kriterij *Tehničko-tehnološka rješenja* koji ima težinu važnosti od 15,9%. Četvrti je *Ekološki kriterij* koji ima težinu važnosti od 9,4%. Peti je *Prostorno-urbanistički* kriterij koji ima težinu važnosti od 4,9%. Šesti je kriterij *Kompleksnost izvedbe rekonstrukcije raskrižja* koji ima težinu važnosti od 3,1%. Sedmi po redu je kriterij *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju* koji ima težinu važnosti od 2,2%.

Izbor optimalne varijante raskrižja



Slika 36. Rangiranje kriterija prikazano u programskom alatu Expert Choice

Kriterij *Sigurnosti* sastoji se od četiri potkriterija. Na Slici 37., autorovom procjenom, *Posljedice prometnih nesreća* imaju najveću težinu važnosti od 58,3% zbog toga što je od presudne važnosti smanjiti posljedice prometnih nesreća na što niže prihvatljivu razinu, odnosno da broj najteže ozlijeđenih osoba na predmetnom raskrižju bude što manji. Zatim po težinskim važnostima slijedi *Broj prometnih nesreća* od 29%, *Mogućnost nastanka prometnih nesreća* od 8,5% i *Broj konfliktnih točaka* od 4,2%.

Izbor optimalne varijante raskrižja >Sigurnost



Slika 37. Rangiranje potkriterija u odnosu na *Sigurnosni kriterij*

Kriterij *Tehničko-tehnološka rješenja* sastoji se od tri potkriterija. Na Slici 38., autorovom procjenom, *Preglednost raskrižja* ima najveću težinu važnosti od 73,1%. Provedenom analizom predmetnog raskrižja u ovom diplomskom radu uočena je nedovoljna preglednost na Ulici Marije Jurić Zagorke (privoz 4) i Zagorsko naselje (privoz 2) što dovodi do otežanog prolaska raskrižjem i smanjenje prometne sigurnosti

svih sudionika. Zatim po težinskim važnostima slijede *Propusna moć* od 18,8% i *Ograničenje brzine* od 8,1%.

Izbor optimalne varijante raskrižja
> Tehničko-tehnološka rješenja



Slika 38. Rangiranje potkriterija u odnosu na kriterij *Tehničko – tehnološka rješenja*

Kriterij *Troškovi* sastoji se od četiri potkriterija. Na Slici 39., autorovom procjenom, *Trošak rekonstrukcije* ima najveću težinu važnosti od 65,7%. Trošak rekonstrukcije prikazuje nam vrijednost cjelokupnog građevinskog zahvata potrebnog za izgradnju pojedine varijante. Zatim po težinskim važnostima slijede *Trošak otkupa zemljišta* od 20,3%, *Trošak opreme i signalizacije* od 9,4% i na kraju *Trošak održavanja* od 4,6%.

Izbor optimalne varijante raskrižja
> Troškovi



Slika 39. Rangiranje potkriterija u odnosu na kriterij *Troškovi*

Ekološki kriterij sastoji se od tri potkriterija. Na Slici 40., autorovom procjenom, *Buka* ima najveću težinu važnosti od 63,7%. Kako se oko predmetnog raskrižja nalazi naseljeno područje, potrebno je voditi računa o buci koju proizvodi cestovni promet,

kako bi ona bila što niža i što manje utjecala na okolno stanovništvo. Zatim po težinskim važnostima slijedi *Potrošnja goriva* od 25,8% i *Emisije štetnih plinova* od 10,5%.

Izbor optimalne varijante raskrižja
>Ekološki



Slika 40. Rangiranje potkriterija u odnosu na *Ekološki kriterij*

Prostorno-urbanistički kriterij sastoji se od dva potkriterija. Na Slici 41., autorovom procjenom, *Zauzimanje dodatne površine* (83,3%) ima veću težinsku važnost od *Narušavanja okoliša* (16,7%). *Zauzimanje dodatne površine* izravno utječe na financijske troškove rekonstrukcije raskrižja jer povećavanjem zauzimanja dodatne površine rastu financijski troškovi koji mogu biti veoma veliki, što dovodi u pitanje financijsku opravdanost kao i stvarnu realnosti njegove izgradnje.

Izbor optimalne varijante raskrižja
>Prostorno-urbanistički



Slika 41. Rangiranje potkriterija u odnosu na *Prostorno-urbanistički kriterij*

Kriterij *Kompleksnost izvedbe rekonstrukcije raskrižja* sastoji se od dva potkriterija. Na Slici 42., autorovom procjenom, *Kompleksnosti projektiranja varijanata* (87,5%), ima veću težinu važnost od *Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata* (12,5%). Prije pristupanja rekonstrukciji raskrižja, potrebno je analizirati mogućnost

izvedbe projektiranja. Na projektiranje raskrižja utječu razni tehnički i tehnološki zahtjevi koje je potrebno udovoljiti, kako bi se osigurala sigurnost i protočnosti svih sudionika u prometu. Također treba voditi računa o ograničenosti područja predmetnog raskrižja zbog okolnih privatnih posjeda, što uvelike utječe na odabir projektiranja i rekonstrukciju raskrižja.



Slika 42. Rangiranje potkriterija u odnosu na kriterij *Kompleksnost izvedbe rekonstrukcije raskrižja*

6.4 Vrednovanje varijanata

Vrednovanje predloženih varijanata radi se AHP metodom u programskom alatu Expert Choice. Da bi se izabralo optimalno rješenje potrebno je sve varijante vrednovati po svim kriterijima i potkriterijima.

Za rangiranje varijanti po kriterijima i potkriterijima koriste se vrijednosti Saatyeve skale od 1 do 9 [7].

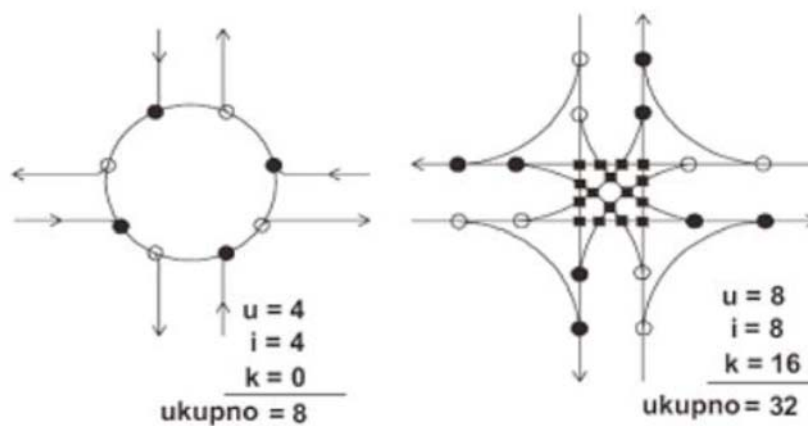
6.4.1 Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Sigurnost*

Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Sigurnost* podrazumijeva vrednovanje varijanata prema svim potkriterijima kriterija *Sigurnost*, odnosno potkriterijima *Broj konfliktnih točaka*, *Broj prometnih nesreća*, *Mogućnost nastanka prometnih nesreća* i *Posljedice prometnih nesreća*.

6.4.1.1 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju Broj konfliktnih točaka

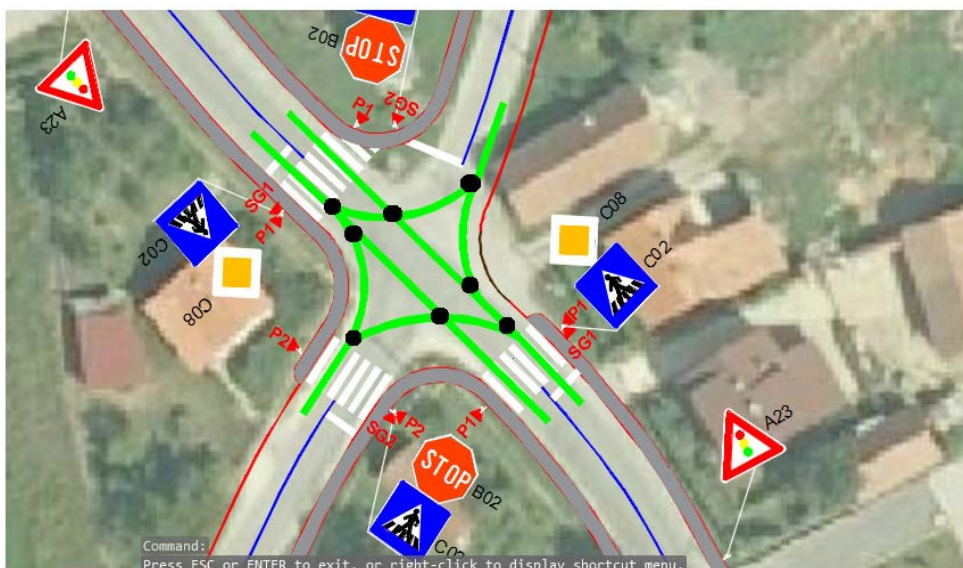
Konfliktne točke podrazumijevaju konfliktnu situaciju koja je uzrokovana prometnim radnjama isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova. Broj konfliktnih točaka ovisi o tipu i obliku raskrižja, geometrijskom oblikovanju, preglednosti i prometnom opterećenju [17].

Na četverokrakom raskrižju postoje 32 konfliktne točke, dok se izgradnjom kružnog toka broj konfliktnih točaka smanjuje s 32 na 8 (Slika 43.).

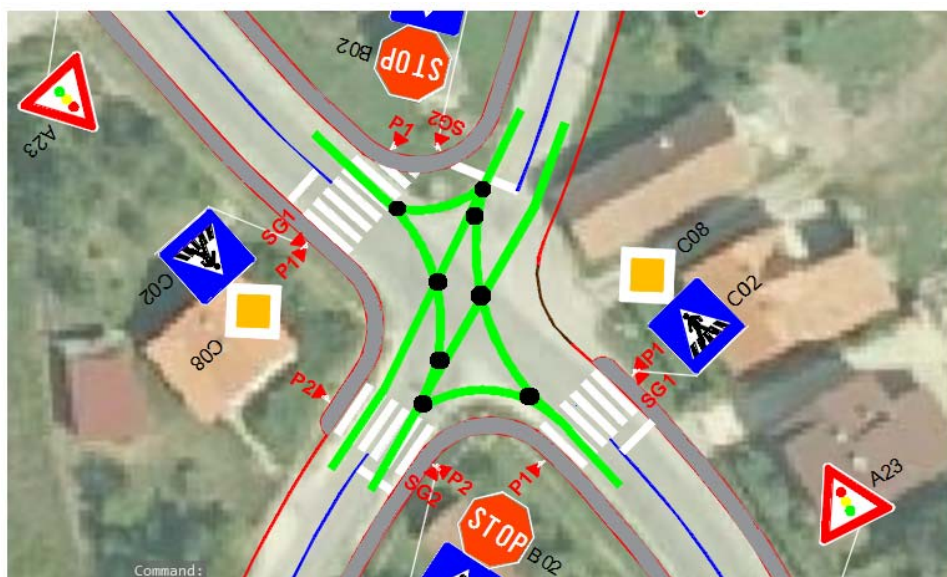


Slika 43. Konfliktne točke na četverokrakom raskrižju i na raskrižju s kružnim tokom prometa [17]

Broj konfliktnih točaka kod Varijante 1 i Varijante 2 iznosi 8, kod Varijante 3 broj konfliktnih točaka iznosi 8 po svakoj fazi (Slika 44. i Slika 45.), a kod Varijante 4 iznosi 32 (Tablica 9.).



Slika 44. Prikaz konfliktnih točaka Varijante 1 – zeleno svjetlo na glavnom privozu



Slika 45. Prikaz konfliktnih točaka Varijante 2 – zeleno svjetlo na sporednom privozu

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Broj prometnih nesreća* navedeno je u Tablici 9. Na Slici 46. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijante 1, 2 i 3 imaju najveću težinu važnosti od 31,3%, dok Varijanta 4 ima najmanju težinu važnosti od 6,3%.

Tablica 9. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Broj konfliktnih točaka*

Prijedlog rješenja	Konfliktne točke	Rang
Varijanta 1	8	1
Varijanta 2	8	1
Varijanta 3	8*	1
Varijanta 4	32	4

* - označuje broj konfliktnih točaka po fazi



Slika 46. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Broj konfliktnih točaka*

6.4.1.2 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Broj prometnih nesreća*

Svako mjesto na prometnici odnosno raskrižju je potencijalno mjesto za nastanak prometne nesreće. Zbog toga se dobrim prometnim rješenjem mora težiti eliminiranju takvih mjesta kako bi se osigurala što veća sigurnost [17]. Razmatrano raskrižje je mjesto čestih prometnih nesreća što je vidljivo u Tablici 1.

Prema podacima iz opsežnih istraživanja o utjecaju suvremenih kružnih raskrižja na sigurnost prometa u urbanim sredinama koja su provedena u SAD-u, kod primjene kružnog toka u odnosu na klasično četverokrako raskrižje, rezultat prikazuje smanjenje ukupnog broja prometnih nesreća za 39% [18].

Zbog toga su Varijanta 1 i Varijanta 2 bolje rangirane u odnosu na Varijantu 4. Autorovom procjenom smatra se da će se na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima dogoditi najmanje prometnih nesreća zbog malog broja konfliktnih točaka te signalnim planom, vrlo jasnim definiranim redoslijedom kretanja određene grupe vozila. Stoga je Varijanta 3 bolje rangirana od Varijante 1 i Varijante 2. Varijanta 4 je najlošije rangirana jer prema njoj postoji najveći broj konfliktnih točaka što dovodi do velike vjerojatnosti nastanka prometnih nesreća.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Broj prometnih nesreća* navedeno je u Tablici 10. Na Slici 47. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 3 ima najveću težinu važnosti od 56,6%, Varijanta 1 ima težinu važnosti od 26,7%, Varijanta 2 ima težinu važnosti od 12,7%, a Varijanta 4 ima najmanju težinu važnosti od 4%.

Tablica 10. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Broj prometnih nesreća*

Prijedlog rješenja	Broj prometnih nesreća	Rang
Varijanta 1	Mali	2
Varijanta 2	Srednji	3
Varijanta 3	Vrlo mali	1
Varijanta 4	Veliki	4



Slika 47. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Broj prometnih nesreća*

6.4.1.3 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Mogućnost nastanka prometnih nesreća*

Prema potkriteriju *Mogućnost nastanka prometnih nesreća*, autorovom procjenom, najpovoljnije rješenje predstavlja Varijanta 1 jer ima mali broj konfliktnih točaka, osigurana je dostatna preglednost sa svih privoza i brzina je ograničena na 40 km/h. Varijanta 3 je bolje rangirana od Varijante 2 jer su prometnom signalizacijom jasno uređena pravila prolaska vozila u raskrižju i smanjene su mogućnosti nastanka prometnih nesreća. Varijanta 4 se smatra najlošije rangiranom varijantom jer nije riješena cjelokupna problematika predmetnog raskrižja već je samo izmijenjena određena signalizacija i povećana preglednost sa sporednih privoza. Također, zbog većeg broja lijevih skretača s privoza 4 dolazi od veće mogućnosti nastanka prometnih nesreća.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Mogućnost nastanka prometnih nesreća* navedeno je u Tablici 11. Na Slici 48. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 1 ima najveću težinu važnosti od 56,6%, zatim slijedi Varijanta 3 od 26,7%, zatim Varijanta 2 od 12,7%, a najmanju težinu važnosti ima Varijanta 4 od 4%.

Tablica 11. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Mogućnost nastanka prometnih nesreća*

Prijedlog rješenja	Mogućnost nastanka prometnih nesreća	Rang
Varijanta 1	Vrlo mala	1
Varijanta 2	Srednja	3
Varijanta 3	Mala	2
Varijanta 4	Velika	4



Slika 48. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Mogućnost nastanka prometnih nesreća*

6.4.1.4 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Posljedice prometnih nesreća*

Potkriterij *Posljedice prometnih nesreća* podrazumijeva posljedice prometnih nesreća koje mogu nastati prilikom prometnih nesreća, a one mogu biti: s materijalnom štetom, s lako ozlijeđenim osobama, s teško ozlijeđenim osobama i sa smrtnim posljedicama.

Kod klasičnih raskrižja najčešći tip prometne nesreće je frontalni ili bočni sudar s velikom kinetičkom energijom, što za posljedicu ima najveća oštećenja i ozljede. Sudari koji se javljaju na kružnim raskrižjima su obično mnogo blaži nego na klasičnom četverokrakom raskrižju, a time su i posljedice, odnosno ozljede obično blaže [18].

Autorovom procjenom najpovoljnije rješenje predstavlja Varijanta 2 gdje je ograničena brzina kretanja vozila raskrižjem najniža i iznosi 30 km/h. Time se pretpostavlja da će posljedice biti najmanje u odnosu na ostale varijante. Varijanta 2 je bolje rangirana od Varijante 4 jer se radi o kružnom raskrižju u odnosu na četverokrako raskrižje. Varijanta 3 je najniže rangirana jer se smatra da će na ovoj varijanti doći do najmanjeg broja prometnih nesreća, no zapravo najčešće dolazi do prometnih nesreća uzrokovanih prolaskom vozila na crveno svjetlo, što uz velike prilazne brzine dovodi do najtežih posljedica uzrokovanih prometnim nesrećama.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Mogućnost nastanka prometnih nesreća* navedeno je u Tablici 12. Na Slici 49. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 2 ima najveću težinu važnosti od 58,2%, zatim slijedi Varijanta 1 od 31,2%, zatim Varijanta 4 od 6,8%, a najmanju težinu važnosti ima Varijanta 3 od 3,8%.

Tablica 12. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Posljedice prometnih nesreća*

Prijedlog rješenja	Posljedice prometnih nesreća	Rang
Varijanta 1	Mala	2
Varijanta 2	Vrlo mala	1
Varijanta 3	Velika	4
Varijanta 4	Srednja	3



Slika 49. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Posljedice prometnih nesreća*

6.4.2 Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Tehničko-tehnološka rješenja*

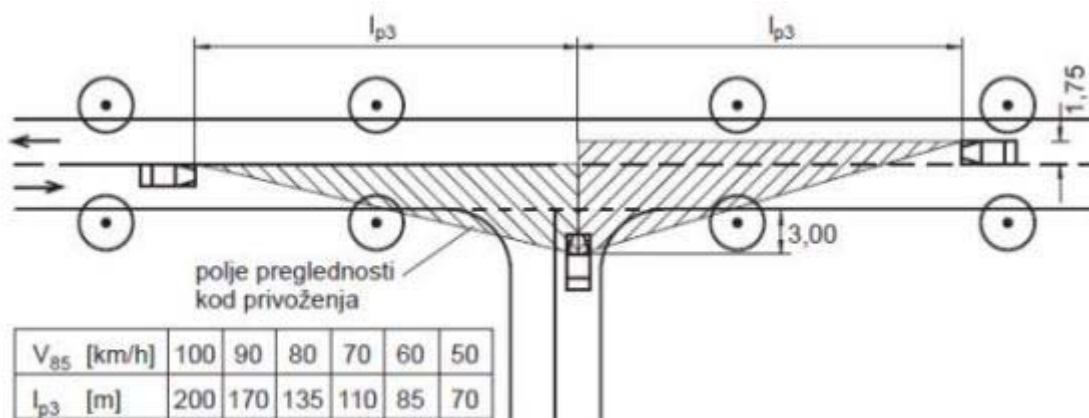
Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Tehničko-tehnološka rješenja* podrazumijeva vrednovanje varijanata prema svim potkriterijima kriterija *Tehničko-*

tehnološka rješenja, odnosno potkriterijima *Preglednost raskrižja*, *Ograničenje brzine* i *Propusna moć*.

6.4.2.1 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Preglednost raskrižja*

U široj zoni raskrižja potrebno je osigurati površinsku i prostornu preglednost. Za sigurno odvijanje prometa u raskrižju treba provjeriti različita polja preglednosti. To su prvenstveno polja za [17]:

- zaustavnu preglednost;
- preglednost kod približavanja;
- privoznu preglednost (Slika 50.);
- preglednost za pješake i bicikliste.



Slika 50. Privozna preglednost [17]

Polja preglednosti kod raskrižja s kružnim tokom prometa trebaju biti osigurana pri [17]:

- ulazu u kružno raskrižje (čelna preglednost);
- preglednosti u lijevo;
- preglednosti na kružnom kolniku;
- preglednosti do pješačkog prijelaza.

Autorovom procjenom najpovoljnije rješenje predstavlja Varijanta 1 zbog zauzimanja dodatne površine i rušenjem obližnjih kuća u blizini raskrižja, čime je povećana preglednost sa svih privoza. Varijanta 4 je bolje rangirana od Varijante 2 jer su uklonjeni HEP-ovi električni stupovi, odsječena stabla i smanjena visina živice u blizini raskrižja, koji su utjecali na smanjenje horizontalne preglednosti na sporednim privozima. Varijanta 4 je najlošije rangirana varijanta jer se postavljanjem svjetlosne signalizacije ne povećava preglednost razmatranog raskrižja zato što nema dodatne rekonstrukcije raskrižja.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Preglednost raskrižja* navedeno je u Tablici 13. Na Slici 51. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 1 ima najveću težinu važnosti od 60,2%, zatim slijedi Varijanta 4 od 27,8%, zatim Varijanta 2 od 7,8%, a najmanju težinu važnosti ima Varijanta 3 od 4,2%.

Tablica 13. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Preglednost raskrižja*

Prijedlog rješenja	Preglednost raskrižja	Rang
Varijanta 1	Velika	1
Varijanta 2	Mala	3
Varijanta 3	Vrlo mala	3
Varijanta 4	Srednja	2



Slika 51. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Preglednost raskrižja*

6.4.2.2 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Ograničenje brzine*

Kod raskrižja u jednoj razini (RuR) mogu se očekivati brzine [17]:

- $V_k^4 \approx 0-40$ km/h za lijeva skretanja;
- V_k za glavni tok ima vrijednosti blizu računске brzine;
- $V_k \leq V_r^5 - V_k \leq 30$ (40) km/h na privozima kod kružnog toka.

Ograničavanje brzine u predloženim varijantama rekonstrukcije raskrižja omogućuju povećanje sigurnosti svih sudionika u prometu. Međutim, smanjenjem brzine u prometu se smanjuje propusna moć ceste. Zbog toga je potrebno naći optimalan omjer između sigurnosti i propusne moći u smislu ograničavanja brzine, kako bi i jedan i drugi uvjet bili zadovoljeni. U ovom diplomskom radu, autorovom procjenom, veći rang se dodjeljuje varijanti s većom ograničenom brzinom.

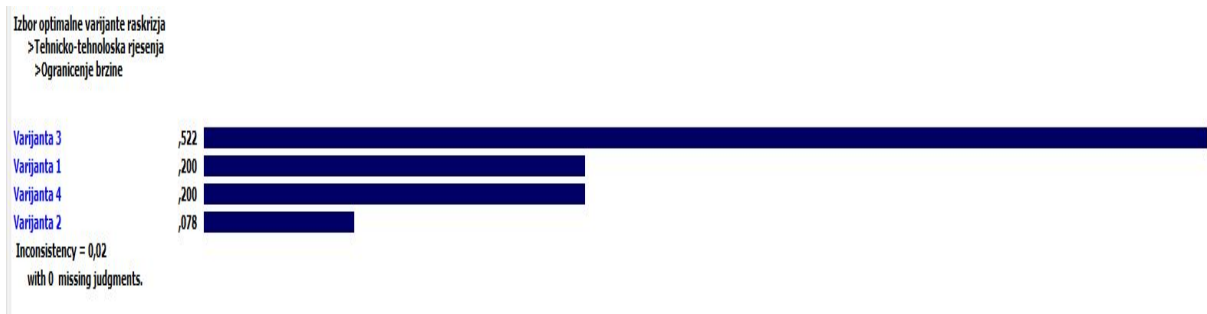
Ograničenje brzine za sve varijante mogu se vidjeti u Tablici 14. Na Slici 52. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 3 ima najveću težinu važnosti od 52,2%, zatim slijede Varijanta 1 i Varijanta 4 od 20%, a najmanju težinu važnosti ima Varijanta 2 od 7,8%.

Tablica 14. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Ograničenje brzine*

Prijedlog rješenja	Ograničenje brzine [km/h]	Rang
Varijanta 1	40	2
Varijanta 2	30	3
Varijanta 3	50	1
Varijanta 4	40	2

⁴ Brzina u raskrižju V_k (km/h) je brzina mjerodavna za određivanje bitnih oblikovnih elemenata raskrižja [17].

⁵ Računska brzina V_r (km/h) je najveća očekivana brzina sigurne vožnje u slobodnom prometnom toku u skladu s prihvaćenim modelom njezina utvrđivanja, te ovisno o tlocrtnim i visinskim elementima toga dijela ceste [17].



Slika 52. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Ograničenje brzine*

6.4.2.3 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Propusna moć*

Propusna moć raskrižja predstavlja maksimalni broj vozila koji može proći kroz promatrani presjek cestovne prometnice odnosno raskrižja. Na osnovi poznavanja propusne moći mogu se procijeniti nedostaci cestovne mreže [19].

Potkriterij *Propusna moć* će biti opisana autorovom procjenom na temelju poznatih podataka. U Tablici 15. prikazani su podaci o propusnoj moći različitih tipova kružnih raskrižja. Temeljem toga, okvirna propusna moć Varijante 1 (kružno raskrižje) je oko 15.000 voz/dan, a kod Varijante 2 (mini kružno raskrižje) oko 10.000 voz/dan. Kod Varijante 3 se procjenjuje propusna moć raskrižja u smislu prihvatljive duljine trajanja ciklusa i “zelenih” vremena za pojedine grupe trakova (privoze). Stoga bi bilo potrebno analizirati predloženi signalni plan kako bi se dobili točni podaci propusne moći. Kružna raskrižja u usporedbi s nesemaforiziranim raskrižjem imaju veću propusnu moć, stoga Varijante 1 i 2 su bolje rangirane nego Varijanta 4. Varijanta 3, autorovom procjenom, niže je rangirana od Varijanta 1 i 2, jer nisu poznati točni podaci o propusnoj moći, međutim, kvalitetnom optimizacijom predloženog signalnog plana može, ovisno o prometnim uvjetima i geometriji raskrižja, može postići veću propusnu moć od svih predloženih varijanata. Varijanta 4 s nesemaforiziranim četverokrakim raskrižjem je najniže rangirana.

Tablica 15. Empirijski podaci o propusnoj moći različitih tipova kružnih raskrižja

Tip kružnog raskrižja	Okvirni kapacitet (voz/dan)
Mini urbano	10.000* (15.000**)
Malo urbano	15.000*
Srednje veliko urbano Srednje veliko izvanurbano	22.000* (20.000 - 27.000)***
Dvotračno kružno raskrižje s jednotračnim ulazima i izlazima	22.000 - 36.000***
Dvotračno kružno raskrižje s dvotračnim ulazima i izlazima	35.000 - 40.000***

Izvor: [18]

*- prema Slovenskim smjernicama

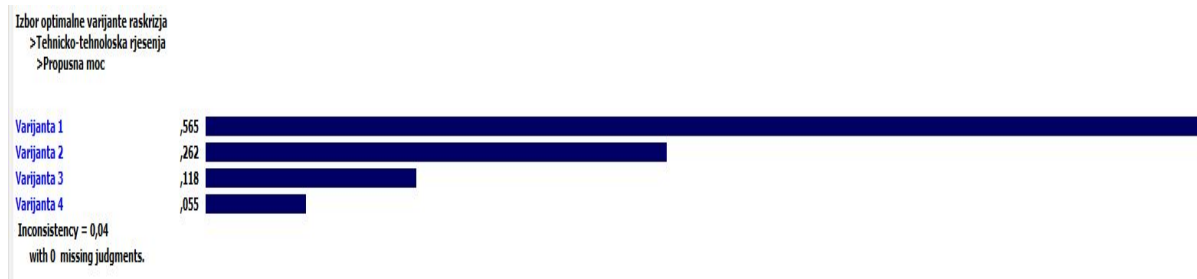
**- prema USA smjernicama (FHWA)

***- prema Nizozemskim smjernicama (CROW). Vrijednosti pretpostavljaju da na kružnom raskrižju nema pješaka/biciklista, a ako se očekuju onda je potrebno u obzir uzeti manju vrijednost od definiranih okvirnih vrijednosti.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Propusna moć* navedeno je u Tablici 16. Na Slici 53. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženim potkriteriju. Varijanta 1 ima najveću težinu važnosti od 56,5 %, zatim slijedi Varijanta 2 od 26,2%, zatim Varijanta 3 od 11,8%, a najmanju težinu važnosti ima Varijanta 4 od 5,5%.

Tablica 16. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Propusna moć*

Prijedlog rješenja	Propusna moć	Rang
Varijanta 1	Velika	1
Varijanta 2	Srednja	2
Varijanta 3	Mala	3
Varijanta 4	Vrlo mala	4

**Slika 53.** Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Propusna moć*

6.4.3 Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Troškovi*

Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Troškovi* podrazumijeva vrednovanje varijanata prema svim potkriterijima kriterija *Troškovi*, odnosno potkriterijima *Trošak rekonstrukcije*, *Trošak održavanja*, *Trošak otkupa zemljišta* i *Trošak opreme* i *signalizacije*.

6.4.3.1 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Trošak rekonstrukcije*

Trošak rekonstrukcije predloženih varijanata je vrlo teško odrediti pri čemu je potrebna detaljna analiza. Stoga će se odrediti autorovom procjenom na temelju nekih prijašnjih sličnih projekata u Republici Hrvatskoj pri čemu postoji mogućnost za pogreškom. U trošak rekonstrukcije varijanata ne ulaze troškovi otkupa zemljišta i troškovi održavanja već će oni biti objavljeni u kasnije prikazanim potkriterijima.

Trošak rekonstrukcije raskrižja dva semaforizirana raskrižja prikazan je na Slici 54. Jedno semaforizirano raskrižje iznosi 297.856,78 kn, a drugo 360.035,50 kn. Temeljem tih podataka, autorovom procjenom, troškovi Varijante 3 iznose oko 350.000,00 kn. Kod Varijante 4 nisu postavljeni semafori, što umanjuje njegove ukupne troškove rekonstrukcije. Stoga su troškovi nešto manji i iznose oko 100.000,00 kn.



Datum objave: 31.01.2017

Registar ugovora o javnoj nabavi
za razdoblje od 01.07.2016 do 31.12.2016

Redni broj	Predmet	Ev. br. nabave / Br. objave u NN	Vrsta provedenog postupka	Datum sklopanja ugovora	Iznos sklopljenog ugovora (bez PDV-a)	Rok/razdoblje na koje je sklopljen ugovor	Naziv ponuditelja s kojim je sklopljen ugovor	Naziv podizvođača	Dat. konačnog izvršenja ugovora	Konačni ukupni iznos plaćen temeljem ugovora (s PDV-om)	Obrazloženje konačnog isplaćenog izn.
174	semaforizacija raskrižja na državnoj cesti DC45, dionica 002 (Ulica Vladimira Nazra-Hrvatskih branitelja-Kraja Tomislava-Kolodvorska ulica) u Kufini	331B/800-16	Bagatelna nabava	16.11.2016	297.856,78	45 dana	ELEKTROMODUL-PROMET D.O.O.		30.12.2016	0,00	
175	semaforizacija raskrižja na državnoj cesti DC1 u mjestu Klinča Sela kod osnovne škole Klinča Sela	323B/800-16	Bagatelna nabava	16.11.2016	360.035,50	45 dana	SEMAFOR D.O.O.			0,00	
176	izrada pješackog semafora u mjestu Novaki Petrovinski na državnoj cesti DC1	322B/800-16	Bagatelna nabava	16.11.2016	185.056,85	30 dana	SEMAFOR D.O.O.		16.12.2016	0,00	
177	Kompl. NADZOR nad radovima na izgradnji odmoršta "VIDIKOVAC" na k.č. 3524/2 i potpomog zida na dijelu k.č. 6134 na drž.cesti DC115 u Boku na obliu Braču	298B/800-13	Bagatelna nabava	16.11.2016	99.891,00	Sukladno dinamici radova	GEOPROJEKT D.D. SPLIT	RAMTECH D.O.O.		0,00	
178	Kompl. NADZOR na rekonstr. raskrižja na drž.cesti DC2 kod ulaza u gosp.zonu Sjever-LUDBREG	312B/800-16	Bagatelna nabava	16.11.2016	48.055,00	Sukladno dinamici radova	LABOS D.O.O.			0,00	

Slika 54. Prikaz troškova izgradnje dva semaforizirana raskrižja [20]

Kod rekonstrukcije četverokrakog raskrižja u kružno raskrižje, trošak rekonstrukcije je prikazan na Slici 55. Jedan kružni tok iznosi 3.640.467,85 kn, a drugi iznosi 2.720.035,97 kn. Temeljem toga, autorovom procjenom, trošak rekonstrukcije Varijante 1 iznosi oko 3.000.000,00, a Varijante 2, pošto se radi o mini kružnom raskrižju, oko 2.000.000,00 kn.

Datum objave: 22.12.2017

Registar ugovora o javnoj nabavi
za razdoblje od 01.08.2017 do 14.12.2017

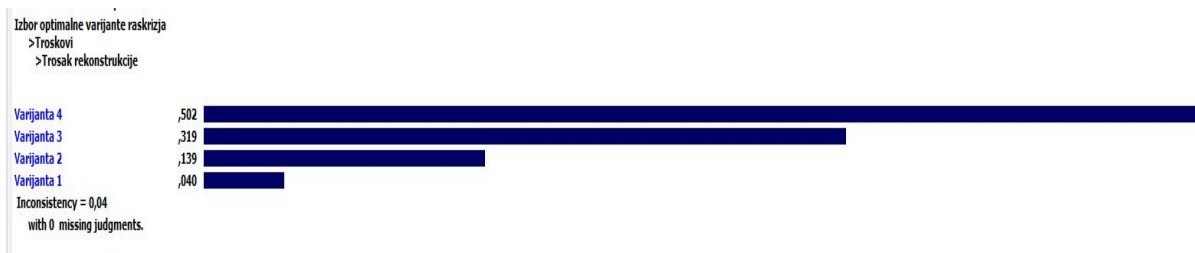
Redni broj	Predmet	Ev. br. nabave / Br. objave u NN	Vrsta provedenog postupka	Datum sklapanja ugovora	Iznos sklopljenog ugovora (bez PDV-a)	Rok/razdoblje na koje je sklopljen ugovor	Naziv ponuditelja s kojim je sklopljen ugovor	Naziv podizvođača	Dat. konačnog izvršenja ugovora	Konačni ukupni iznos plaćan temeljem ugovora (s PDV-om)	Obrazloženje konačnog isplaćenog izn.
11	Rekonstrukcija raskrižja na DC175 u Općini TAR, TABR-LANTERNA	175/800-17 2017/S OF3-0018929	Otvoreni postupak j.n.	28.08.2017	3.640.467,85	3 mjeseci	CESTA D.O.O. PULA	BUSTO D.O.O.		0,00	
12	Nabava i montaža auto guma	230/800-17	Otvoreni postupak j.n.	28.08.2017	319.906,00	24 mjeseci	VULKAL D.O.O. ZAGREB			37.702,50	
13	SANACIJA OP. MJ. izgradnjom pješačkih staza, pješačkog mosta, autobusnih stajališta i parkirališta u naselju EMINOVCI u ukupnoj duljini od 1760,00 m uz DC51	124/800-17 2017/S OF3-0019032	Otvoreni postupak j.n.	29.08.2017	2.149.801,93	3 mjeseci	PROMET GRADENJE D.O.O. GEOKOD D.O.O. SLAVONSKI BROD			408.196,77	
14	Izgradnja južne obilaznice Kutine (sjeverni kolnik), I. faza od km 0+000 do st. km 1+245,00	130/800-16 2017/S003-0020784	Otvoreni postupak j.n.	04.09.2017	13.999.578,97	9 mjeseci	STRABAG D.O.O. GEOTEHNIKA D.O.O. TEHNO-ELEKTRO D.O.O.	GEODETIKA D.O.O. ZAGREB		1.336.050,26	
15	BROJANJE PROMETA NA CESTAMA REPUBLIKE HRVATSKE	207/800-17 2017/S OF3-0019236	Otvoreni postupak j.n.	06.09.2017	6.066.380,00	2 godina	PROMETIS D.O.O.			210.950,00	
16	Kompletan nadzor nad radovima izgradnje južne obilaznice Kutine (sjeverni kolnik), I. faza od km 0+000 do st. km 1+245,00 km	131/800-16 2017/S003-0020786	Otvoreni postupak j.n.	06.09.2017	869.500,00	11 mjeseci	CENTAR ZA ORGANIZACIJU GRADENJA D.O.O.	ICSS D.O.O.		93.375,00	
17	Rekonstrukcija raskrižja DC661 i DC401 za zračnu luku PULA	172/800-17 2017/S OF3-0020021	Otvoreni postupak j.n.	06.09.2017	3.992.392,02	4 mjeseci	GP KRK D.D.			54.210,05	
18	NADZOR i rekonstr. raskr. DC661 i DC401 za zračnu luku PULA	173/800-17 2017/S OF3-0019037	Otvoreni postupak j.n.	06.09.2017	224.679,80	Sukladno dinamičkim radovima	UČKA KONZALTING D.O.O. PAZIN	INSPEKT PAZIN D.O.O. RAMTECH D.O.O. ŠIMEK D.O.O.		0,00	
19	Izrada nogostupa u naselju STANKOVCI I BUDAČ uz DC27	143/800-17 2017/S OF3-0019283	Otvoreni postupak j.n.	06.09.2017	1.411.751,25	4 mjeseci	PODUZEĆE ZA CESTE SPLIT D.D.	GEOPROJEKT D.D. SPLIT		0,00	
20	Sanacija opasnog mjesta "BLUDROVCI" na DC46 dionica BAKOVO (DC7)-VINKOVCI (DC55) od km 4+500 do km 5+300	151/800-17 2017/S OF3-0018918	Otvoreni postupak j.n.	07.09.2017	1.592.260,32	4 mjeseci	PODUZEĆE ZA CESTE D.O.O. SLAVONSKI BROD PZC BROAD D.O.O.	BLEKTRO VUJEVA D.O.O. GEOKOD D.O.O.		418.128,84	
21	Rekonstrukcija raskr. DC313 sa ZC4156 i ZC4240 u gradu NOVA GRADŠKA u raskrižju sa kružnim tokom	122/800-17 2017/S OF3-0018870	Otvoreni postupak j.n.	07.09.2017	2.720.035,97	3 mjeseci	PODUZEĆE ZA CESTE D.O.O. SLAVONSKI BROD FELIKS REGULACIJA D.O.O. PZC BROAD D.O.O.	BLEKTRO VUJEVA D.O.O. GEOKOD D.O.O.		0,00	

Slika 55. Prikaz troškova izgradnje dva kružna toka [21]

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Troškovi rekonstrukcije* navedeno je u Tablici 17. Na Slici 56. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 4 ima najveću težinu važnosti od 50,2%, zatim Varijanta 3 od 31,9%, zatim Varijanta 2 od 13,9%, a Varijanta 1 ima najnižu težinu važnosti od 4%.

Tablica 17. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Trošak rekonstrukcije*

Prijedlog rješenja	Trošak rekonstrukcije	Rang
Varijanta 1	3.000.000,00	4
Varijanta 2	2.000.000,00	3
Varijanta 3	350.000,00	2
Varijanta 4	100.000,00	1



Slika 56. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Trošak rekonstrukcije*

6.4.3.2 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Trošak održavanja*

Troškovi održavanja predstavljaju varijabilne troškove koji su potrebni kako bi prometnica i/ili raskrižje neometano funkcionirali i osigurali što veću sigurnost putnika uz to da zadrži postojeću kvalitetu. Zbog nedostatka podataka o cijeni održavanja prometnica kao i određenih cestovnih segmenata troškovi održavanja će biti izraženi na temelju autorove procjene.

Kako je potrebna veća cjelokupna rekonstrukcija određene varijante, tako postoji i potreba za njihovim većim održavanjem. Prema tome Varijanta 1 ima najveću potrebu za održavanjem zbog većeg broja njezine opreme i signalizacije. Stoga je ona najniže rangirana, a Varijanta 4 ima najveći rang jer nema niti svjetlosnu signalizaciju, niti veliki broj opreme.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Troškovi održavanja* navedeno je u Tablici 18. Na Slici 57. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 4 ima najveću težinu važnosti od 56,5%, zatim Varijanta 3 od 26,2%, zatim Varijanta 2 od 11,8%, a Varijanta 1 ima najnižu težinu važnosti od 5,5%.

Tablica 18. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Trošak održavanja*

Prijedlog rješenja	Trošak održavanja	Rang
Varijanta 1	Visoki	4
Varijanta 2	Srednji	3
Varijanta 3	Niski	2
Varijanta 4	Vrlo niski	1

Izbor optimalne varijante raskrižja
 >Troškovi
 >Trošak održavanja



Slika 57. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Trošak održavanja*

6.4.3.3 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Trošak otkupa zemljišta*

Troškovi otkupa zemljišta podrazumijevaju one troškove koji nastaju radi otkupa zemljišta koje je u privatnom vlasništvu, a potrebno je za izgradnju određene varijante. Najbolje rangirana varijanta je ona kod koje je potrebno otkupiti što manje zemljišta ili čiji otkup iziskuje što manje financijskih sredstava.

Kod izračuna otkupa zemljišta u obzir je uzeta ukupna površina koju svaka od četiri predložene varijante raskrižja zauzima. Izračun cijene zemljišta je procijenjen prema primjeru cijene zemljišta u Puli gdje cijena zemljišta po m² iznosi oko 120€ (Slika 58.).

<i>Usporedba 1</i> E nekretnine ID PN(PU) 3138753			
k.č.3883/11, k.o.Pula. Zemljište se nalazi naVidikovcu. Namjena zemljišta je stambena. Izgrađeni dio naselja.			
Datum ugovora:	10.12.2014.	ICSN:	102,80
Površina:	262,00 m ²		
Cijena:	35.000,00 €		
Cijena po m ² :	133,59 €		
<i>Usporedba 2</i> E nekretnine ID PN(PU) 3122409			
k.č.301/3, k.o.Pula. Zemljište se nalazi naVidikovcu. Namjena zemljišta je stambena. Izgrađeni dio naselja.			
Datum ugovora:	31.12.2014.	ICSN:	102,80
Površina:	510,00 m ²		
Cijena:	61.200,00 €		
Cijena po m ² :	120,00 €		
<i>Usporedba 3</i> E nekretnine ID PN(PU) 3327800			
k.č.301/8, k.o.Pula. Zemljište se nalazi na Vidikovcu. Namjena zemljišta je stambena. Izgrađeni dio naselja.			
Datum ugovora:	04.02.2016.	ICSN:	101,77
Površina:	860,00 m ²		
Cijena:	103.200,00 €		
Cijena po m ² :	120,00 €		

Slika 58. Primjer troškova prilikom otkupa zemljišta u Puli [22]

Kako se grad Pula nalazi na primorskom području gdje su cijene zemljišta puno veće nego u Oroslavju, autorova procjena zemljišta kojeg je potrebno otkupiti u Oroslavju iznosi oko 50€ po kvadratnom metru.

Kada se odredila cijena m² za otkup okolnog zemljišta, potrebno je utvrditi kvadraturu zemljišta koja je potrebna za izgradnju određene varijante. Kvadratura okolnog zemljišta označena i izračunata je pomoću programskog alata AutoCAD. Na Slici 59. označeno je zemljište za izgradnju Varijante 1 za koju je potrebno otkupiti 1269 m². Na Slici 60. označeno je zemljište za izgradnju Varijante 2 za koju je potrebno otkupiti 92 m². Na Slici 61. označeno je zemljište za izgradnju Varijante 4 za koju je potrebno otkupiti 179 m². Za Varijantu 3 nije potrebno dodatno okolno zemljište pa nema otkupa zemljišta u ovoj varijanti.



Slika 59. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti za izgradnju Varijante 1



Slika 60. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti za izgradnju Varijante 2



Slika 61. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti za izgradnju Varijante 4

Konačan otkup zemljišta dobije se množenjem potrebne kvadrature zemljišta varijante i procijenjenom cijenom zemljišta u m^2 . Varijanta 3 ima najbolji rang jer nema otkupa zemljišta, zatim slijedi Varijanta 2 čija cijena otkupa zemljišta iznosi 4.600 €, zatim slijedi Varijanta 4 čija cijena otkupa zemljišta iznosi 8.950 €, a najmanji rang ima Varijanta 1 čija cijena otkupa zemljišta iznosi 63.450 €.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Troškovi otkupa zemljišta* navedeno je u Tablici 19., kao i troškovi zemljišta koje je potrebno otkupiti za svaku pojedinu varijantu. Na Slici 62. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 4 ima najveću težinu vrijednosti od 49,5%, zatim slijedi Varijanta 2 od 31,5%, zatim Varijanta 4 od 15,3%, a najmanju težinu vrijednosti ima Varijanta 1 od 3,7%.

Tablica 19. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Troškovi otkupa zemljišta*

Prijedlog rješenja	Trošak otkupa zemljišta	Rang
Varijanta 1	63.450 €	4
Varijanta 2	4.600 €	2
Varijanta 3	nema troškova	1
Varijanta 4	8.950 €	3



Slika 62. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Trošak otkupa zemljišta*

6.4.3.4 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Trošak opreme i signalizacije*

Prometna signalizacija predstavlja skup znakova i oznaka čija je zadaća upravljati i regulirati odvijanje prometa na prometnoj mreži te informirati i upozoriti sudionike u prometu na trenutačno stanje na određenoj dionici ceste. Prometna signalizacija se dijeli na vertikalnu i horizontalnu prometnu signalizaciju. U vertikalnu prometnu signalizaciju ubrajaju se znakovi opasnosti, znakovi izričitih naredbi, znakovi obavijesti, znakovi obavijesti za vođenje prometa, dopunske ploče i promjenjivi prometni znakovi. Horizontalna prometna signalizacija obuhvaća uzdužne, poprečne i ostale oznake na kolniku [23].

Opremu i zaštitu ceste čine svi uređaji i sredstva koji omogućuju sigurno kretanje vozila i obavještanje vozača o uvjetima odvijanja prometa. Dobrom

opremom povećava se sigurnost vozača što je posebno važno pri velikim brzinama i velikim gustoćama prometa [24].

U prometnu opremu ubraja se [24]:

- oprema za označivanje ruba kolnika;
- oprema za označivanje vrha prometnog otoka;
- svjetlosni znakovi za označivanje radova, drugih zapreka i oštećenja kolnika;
- oprema za vođenje i usmjerivanje prometa u području radova na cesti;
- prepreka i oštećenja kolnika;
- branici i polubranici;
- prometna zrcala;
- zaštitne odbojne ograde;
- ograde protiv zaslepljivanja;
- zaštitne žičane ograde;
- pješačke ograde;
- ublaživači udara;
- oznake za ručno upravljanje prometom.

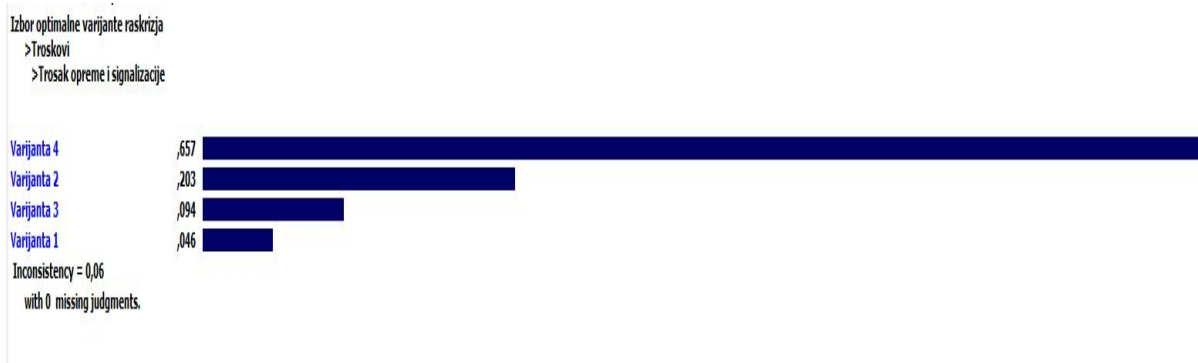
U ovom diplomskom radu potkriterij *Trošak opreme i signalizacije* bit će prikazan na temelju autorove procjene zbog nedostatka podataka o cijeni korištene prometne opreme i signalizacije.

Varijanta 4 je najbolje rangirana jer se na njoj koristi najmanje prometne opreme i signalizacije. Varijanta 2 je bolje rangirana od Varijante 3 jer Varijanta 3 koristi svjetlosnu signalizaciju koja povećava ukupan trošak opreme i signalizacije. Varijanta 1 je najlošije rangirana jer se na njoj nalazi najveći broj prometne opreme i signalizacije koja je potrebna za sigurno odvijanje prometa.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Troškovi održavanja* navedeno je u Tablici 20. Na Slici 63. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 4 ima najveću težinu važnosti od 65,7%, zatim Varijanta 2 od 20,3%, zatim Varijanta 3 od 9,4%, a Varijanta 1 ima najnižu težinu važnosti od 4,6%.

Tablica 20. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Trošak opreme i signalizacije*

Prijedlog rješenja	Trošak opreme i signalizacije	Rang
Varijanta 1	Veliki	4
Varijanta 2	Mali	2
Varijanta 3	Srednji	1
Varijanta 4	Vrlo mali	3



Slika 63. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Trošak opreme i signalizacije*

6.4.4 Vrednovanje varijanata prema *Ekološkom kriteriju*

Vrednovanje varijanata prema *Ekološkom kriteriju* podrazumijeva vrednovanje varijanata prema svim potkriterijima *Ekološkog kriterija*, odnosno potkriterijima *Buka*, *Emisije štetnih plinova* i *Potrošnja goriva*.

6.4.4.1 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Buke*

Buka je jedan od glavnih uzroka smanjenja kvalitete života, posebice u urbanim sredinama gdje je konstantno prisutna i utječe na mnoge aspekte svakodnevnog života. Povećane razine buke ponajprije negativno utječu na koncentraciju ljudi, izazivaju smetnje u komunikaciji, smetnje pri odmoru i sl. [25].

Razinu buke moguće je smanjiti ograničavanjem dozvoljene brzine vozila. Njezino uspješno provođenje zahtijevalo bi uvođenje automatskog motrenja brzine, što se u ograničenoj mjeri i provodi. Ovom mjerom ne utječe se samo na smanjenje razine buke, već se povećava i sigurnost vožnje. Dvostrukim smanjenjem brzine vozila postiže se smanjenje razine buke za 6 do 8 dB [25].

Razinu buke u raskrižju nije bilo moguće izmjeriti zbog nedostatka mjernih uređaja koji mjere razinu buke, no vrijednost buke će se prikazati autorovom procjenom.

Varijanta 2 je najbolje rangirana jer je njom zabranjeno kretanje teretnim vozilima i autobusima po Ulici Marije Jurić Zagorke (privoz 4) i ulici Zagorsko naselje (privoz 2). Zbog toga će se ta vozila kretati samo po glavnom smjeru (Stubička ulica) što će prouzročiti najmanje buke od svih predloženih varijanata. Varijanta 1 je bolje rangirana od Varijante 3 jer se buka smanjuje primjenom kružnog raskrižja. Varijanta 4 ima najniži rang zbog toga što nesemaforizirano četverokrako raskrižje prouzrokuje najveći stupanj buke od predloženih varijanti.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Buke* navedeno je u Tablici 21. Na Slici 64. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 4 ima najveću težinu važnosti od 55,8%, zatim Varijanta 1 od 30,3%, zatim Varijanta 3 od 9,5%, a Varijanta 2 ima najnižu težinu važnosti od 4,3%.

Tablica 21. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Buke*

Prijedlog rješenja	Buka	Rang
Varijanta 1	Mala	2
Varijanta 2	Vrlo mala	1
Varijanta 3	Srednja	3
Varijanta 4	Velika	4



Slika 64. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Buka*

6.4.4.2 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju Emisije štetnih plinova

Promet općenito, a posebice cestovni promet je veliki proizvođač emisije CO₂ i ostalih ispušnih plinova. Štetni ispušni plinovi motornih vozila iskazuju se u gramima po kilometru (g/km). Emisije ispušnih plinova regulirane su posebnim Euro standardima. Takvi standardi ograničavaju emisije otrovnih plinova kao što su:

- ugljični monoksid (CO),
- dušični oksidi (NO_x),
- sumporovi oksidi (SO₂),
- ugljikovodici (HC).

U američkoj državi Kolorado provedena je detaljna studija koja je obuhvatila 15 raskrižja odabranih za procjenu utjecaja na okoliš i potrošnju energije i to za različite vrste prometnih rješenja: nesemaforizirano, semaforizirano i kružno raskrižje. Raskrižja su podijeljena u tri skupine ovisno o količini prometa u vršnom satu: prva skupina raskrižja s niskim prometom od 500 do 1.000 vozila/h, druga skupina raskrižja s umjerenim prometom od 1.000 do 2.000 vozila/h i treća skupina raskrižja s visokim prometnim opterećenjem od preko 2.000 vozila/h. Simulacija je izrađena u računalnom programu aaSIDRA, koji može izraditi različite analize vezane uz prometnu učinkovitost, potrošnju goriva i emisije štetnih plinova za različite vrste prometnih rješenja raskrižja [18].

U Tablici 22. prikazani su rezultati simulacija.

Tablica 22. Smanjenje potrošnje goriva i emisije CO₂ po skupinama raskrižja

Skupina	Usporedba	Potrošnja goriva		Emisija CO ₂	
		Smanjenje litara/god.	Smanjenje %	Smanjenje tona/god.	Smanjenje %
Nisko	nesemaforizirano vs. jednakotračno kružno	36.226	19,4	90,9	19,5
Umjereno	semaforizirano vs. jednakotračno kružno	15.141	5,6	37,7	5,5
Visoko	semaforizirano vs. dvotračno kružno	89.782	13,3	224,5	13,3

Izvor: [18]

Prema dobivenim rezultatima kružna raskrižja omogućuju značajno smanjenje potrošnje goriva i emisije CO₂. Smanjenja potrošnje goriva za oko 6 do 20% može se očekivati kada su kružna raskrižja izvedena umjesto semaforiziranih. Slične pogodnosti vezane uz primjenu kružnih raskrižja mogu se očekivati kada se uspoređuju emisije CO₂ za svaku vrstu prometnog rješenja raskrižja. Najveće koristi ostvarene su za raskrižja s nižim vršnim prometom i to u slučajevima kada se klasično raskrižje zamijeni jednostručnim kružnim raskrižjem, kao i na raskrižjima s većim opterećenjem, kada se zamijene dvotračnim kružnim umjesto velikih semaforiziranih raskrižja [18].

Na temelju ovih istraživanja i podataka, autorovom procjenom, rangirat će se sve predložene varijante. Varijanta 2 je najbolje rangirana jer je u odnosu na Varijantu 1 manjih dimenzija što znači da vozila moraju prijeći manju udaljenost da prođu raskrižjem, što dovodi do manje emisije štetnih plinova. Varijanta 3 je lošije rangirana u odnosu na Varijantu 1 jer se gore navedenim istraživanjima dokazalo da na kružnim tokovima dolazi do smanjenja emisije štetnih plinova u odnosu na semaforizirana raskrižja. Varijanta 4 je najniže rangirana jer su na nesemaforiziranom četverokrakom raskrižju emisije štetnih plinova najveće.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Emisije štetnih plinova*, autorovom procjenom, navedeno je u Tablici 23. Na Slici 65. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 2 ima najveću težinu važnosti od 46,8%, zatim slijedi Varijanta 1 od 33,2%, zatim Varijanta 3 od 16,4%, a Varijanta 4 ima najnižu težinu važnosti od 3,6%.

Tablica 23. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Emisije štetnih plinova*

Prijedlog rješenja	Emisije štetnih plinova	Rang
Varijanta 1	Mala	2
Varijanta 2	Vrlo mala	1
Varijanta 3	Srednja	3
Varijanta 4	Velika	4



Slika 65. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Emisije štetnih plinova*

6.4.4.3 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Potrošnja goriva*

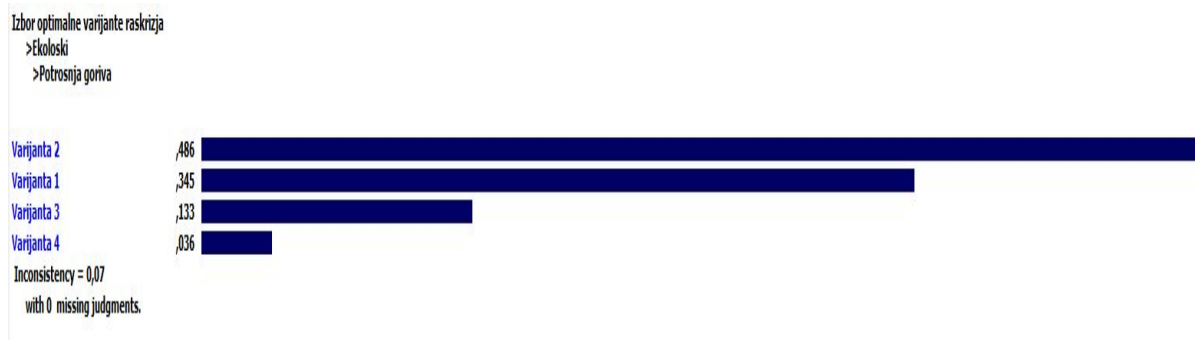
Za potkriterij *Potrošnja goriva* koristit će se podaci istraživanja iz Tablice 18. kao i kod potkriterija *Emisije štetnih plinova*, koji će pomoći autoru u procjeni kod potrebe rangiranja varijanata. Iz gore navedene tablice vidljivo je kako kod kružnog raskrižja u odnosu na nesemaforizirano raskrižje dolazi do smanjenja potrošnje goriva od 19,5%, a u odnosu na semaforizirano raskrižje dolazi do smanjenja potrošnje goriva od 5,5%. Pomoću tih podataka omogućeno je rangiranje varijanata.

Varijanta 2 je najbolje rangirana jer je u odnosu na Varijantu 1 manjih dimenzija, što znači da vozila moraju prijeći manju udaljenost da prođu raskrižjem, što dovodi do manje potrošnje goriva. Varijanta 3 je lošije rangirana u odnosu na Varijantu 1 jer se gore navedenim istraživanjima dokazalo da na kružim tokovima je za 5,5% manja potrošnja goriva u odnosu na semaforizirana raskrižja. Varijanta 4 je najniže rangirana jer je na nesemaforiziranom četverokrakom raskrižju potrošnja goriva najveća, tj. u odnosu na kružno raskrižje viša za 19,6%.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Potrošnja goriva*, autorovom procjenom, navedeno je u Tablici 24. Na Slici 66. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 2 ima najveću težinu važnosti od 48,6%, zatim slijedi Varijanta 1 od 34,5%, zatim Varijanta 3 od 13,3%, a Varijanta 4 ima najnižu težinu važnosti od 3,6%.

Tablica 24. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Potrošnja goriva*

Prijedlog rješenja	Potrošnja goriva	Rang
Varijanta 1	Mala	2
Varijanta 2	Vrlo mala	1
Varijanta 3	Srednja	3
Varijanta 4	Velika	4



Slika 66. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Potrošnja goriva*

6.4.5 Vrednovanje varijanata prema Prostorno-urbanističkom kriteriju

Vrednovanje varijanata prema *Prostorno-urbanističkom kriteriju* podrazumijeva vrednovanje varijanata prema svim potkriterijima *Prostorno-urbanističkog kriterija*, odnosno potkriterijima *Zauzimanje dodatne površine* i *Narušavanje okoliša*.

6.4.5.1 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Zauzimanje dodatne površine*

Potkriterij *Dodatno zauzimanje površine* ima veliku važnost jer se raskrižje nalazi u urbanom području te je potrebno minimalizirati zauzimanje površine.

Ovaj potkriterij prikazuje koja od četiri odabrane varijante zahtjeva dodatno zauzimanje površine u odnosu na postojeće stanje. Kako Varijanta 3 prikazuje rekonstrukciju raskrižja u semaforizirano raskrižje, jedino ona ne zauzima dodatnu površinu za svoju izgradnju. Podaci o kvadraturi zauzimanja zemljišta su dobiveni preko programskog alata AutoCAD kod vrednovanja potkriterija *Troškovi otkupa zemljišta*.

Kako je gore navedeno, Varijanta 3 ne zauzima dodatno zemljište, stoga je ona najbolje rangirana. Slijedi Varijanta 2 koja zauzima dodatnih 92 m² u odnosu na

postojeće stanje (Slika 60.). Zatim slijedi Varijanta 4 koja zauzima dodatnih 179 m² u odnosu na postojeće stanje (Slika 61.). Najniži rang ima Varijanta 1 koja zauzima najveći dio dodatnog zemljišta od 1269 m² (Slika 59.).

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Zauzimanje dodatne površine* navedeno je u Tablici 25. Na Slici 67. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 3 ima najveću težinu važnosti od 49,5%, zatim slijedi Varijanta 2 od 31,5%, zatim Varijanta 4 od 15,3%, a Varijanta 1 ima najnižu težinu važnosti od 3,7%.

Tablica 25. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Zauzimanje dodatne površine*

Prijedlog rješenja	Dodatno zauzimanje površine (m ²)	Rang
Varijanta 1	1269	4
Varijanta 2	92	2
Varijanta 3	0	1
Varijanta 4	179	3



Slika 67. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Zauzimanje dodatne površine*

6.4.5.2 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Narušavanje okoliša*

U okviru ovog diplomskog rada potkriterij *Narušavanje okoliša* prikazuje koliko koja varijanta svojom izgradnjom narušava okolne površine, odnosno koliko koja varijanta svojom rekonstrukcijom utječe na okolnu vegetaciju.

Varijanta 3 nema nikakvih utjecaja na narušavanje okoliša jer ugradnja prometnih svjetla postavlja se unutar raskrižja uz minimalne radove i zbog toga je ona

najbolje rangirana. Varijantom 4 dolazi do malog narušavanja okoliša jer je potrebno povećati preglednost na sporednim privozima, što se postiže uklanjanjem HEP-ovih električnih stupova, stabala i smanjivanjem visine okolne živice. Varijanta 2 u manjoj mjeri narušava okoliš u odnosu na Varijantu 1 zbog svojih manjih dimenzija i manjeg zauzeća okolnog zemljišta.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Narušavanje okoliša* navedeno je u Tablici 26. Na Slici 69. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 3 ima najveću težinu važnosti od 65,7%, zatim slijedi Varijanta 4 od 20,3%, zatim Varijanta 2 od 9,4%, a Varijanta 1 ima najnižu težinu važnosti od 4,6%.

Tablica 26. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Narušavanje okoliša*

Prijedlog rješenja	Narušavanje okoliša	Rang
Varijanta 1	Velika	4
Varijanta 2	Srednja	3
Varijanta 3	Nema narušavanja	1
Varijanta 4	Mala	2



Slika 68. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Narušavanje okoliša*

6.4.6 Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Kompleksnost rekonstrukcije raskrižja*

Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Kompleksnost rekonstrukcije raskrižja* podrazumijeva vrednovanje varijanata prema svim potkriterijima kriterija

Kompleksnost rekonstrukcije raskrižja, odnosno potkriterijima Kompleksnost projektiranja varijanata i Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata.

6.4.6.1 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju Kompleksnost projektiranja varijanata

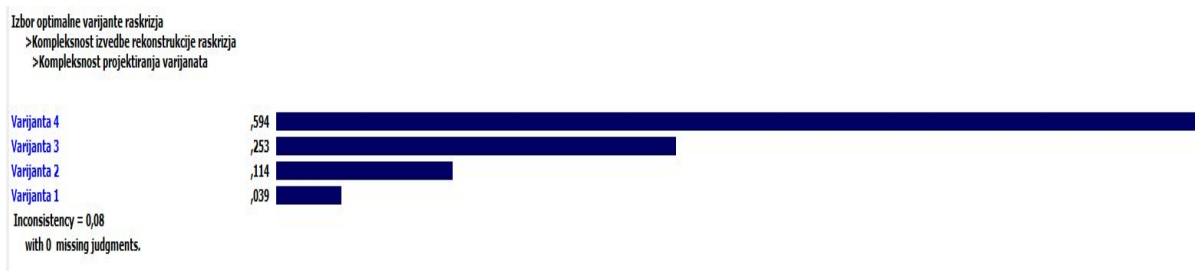
Potkriterij *Kompleksnost projektiranja varijanata* će biti vrednovan autorovom procjenom.

Varijanta 4 je najbolje rangirana jer se smatra da će ona biti najjednostavnija u smislu projektiranja. Varijanta 3 je bolje rangirana u odnosu na Varijantu 2, zbog toga što Varijanta 3 predviđa samo projektiranje signalnog plana, dok je kod Varijante 2 potrebno projektirati mini kružno raskrižje na području koje je ograničeno privatnim površinama. Budući da Varijanta 1 predstavlja najkompleksnije rješenje u smislu projektiranja i gradnje, za očekivati je da će Varijanta 1 biti na posljednjem mjestu.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Kompleksnost projektiranja varijanata* navedeno je u Tablici 27. Na Slici 70. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 4 ima najveću težinu važnosti od 59,4%, zatim slijedi Varijanta 3 od 25,3%, zatim Varijanta 2 od 11,4%, a Varijanta 1 ima najnižu težinu važnosti od 3,9%.

Tablica 27. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Kompleksnost projektiranja varijanata*

Prijedlog rješenja	Kompleksnost projektiranja varijanata	Rang
Varijanta 1	Velika	4
Varijanta 2	Srednja	3
Varijanta 3	Mala	2
Varijanta 4	Vrlo mala	1



Slika 69. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Kompleksnost projektiranja varijanata*

6.4.6.2 Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata*

Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata opisuje koliki je građevinski zahvat potrebno provesti za izgradnju pojedine varijante, što može podrazumijevati potrebu izmještanja određenih objekata, vodovodne i kanalizacijske mreže, preusmjeravanja prometa u vrijeme izgradnje, itd. Svaka od varijanata je vrednovana na temelju autorove procjene.

Varijanta 3 je najbolje rangirana jer su prilikom njezine izgradnje potrebni minimalni građevinski radovi. Varijanta 4 je bolje rangirana u odnosu na Varijantu 2, zbog toga što je kod Varijante 4 manji obuhvat građevinskih radova nego kod Varijante 2, kod koje je potrebno izgraditi mini kružno raskrižje. Budući da je Varijanta 1 i kod potkriterija *Kompleksnost projektiranja varijanata* predstavlja najkompleksnije rješenje, također se procjenjuje da će i kod ovog potkriterija navedena varijanta biti najlošije rangirana.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata* navedeno je u Tablici 28. Na Slici 70. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom potkriteriju. Varijanta 3 ima najveću težinu važnosti od 58,3%, zatim slijedi Varijanta 4 od 29%, zatim Varijanta 2 od 8,5%, a Varijanta 1 ima najnižu težinu važnosti od 4,2%.

Tablica 28. Rangiranje varijanata prema potkriteriju *Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata*

Prijedlog rješenja	Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata	Rang
Varijanta 1	Velika	4
Varijanta 2	Srednja	3
Varijanta 3	Vrlo mala	1
Varijanta 4	Mala	2



Slika 70. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju *Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata*

6.4.7 Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju*

Kako kriterij *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju* nema ni jedan potkriterij, vrednovat će se varijante samo prema tom kriteriju.

Kriterij *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju* prikazuje vremensko razdoblje potrebno za realizaciju određene varijante, od projektiranja do završnih građevinskih radova. Ovisna je o potkriteriju *Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata* jer povećanjem kompleksnosti raste i potrebno vrijeme za njezinom izgradnjom.

Varijanta 3 je najbolje rangirana jer je najmanje vremena potrebno za njezinu izgradnju. Varijanta 4 je bolje rangirana u odnosu na Varijantu 2, zbog toga što je više vremena biti potrebno da se izgradi kružni tok. Budući da je Varijanta 1 i kod potkriterija *Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata* predstavlja najlošije rješenje, također se procjenjuje da će i kod ovog kriterija navedena varijanta biti najlošije rangirana.

Rangiranje varijanata prema kriteriju *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju* navedeno je u Tablici 29. Na Slici 71. prikazano je vrednovanje varijanata prema predloženom kriteriju. Varijanta 3 ima najveću težinu važnosti od 53,9%, zatim slijedi Varijanta 4 od 32,9%, zatim Varijanta 2 od 8,8%, a Varijanta 1 ima najnižu težinu važnosti od 4,4%.

Tablica 29. Rangiranje varijanata prema kriteriju *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju*

Prijedlog rješenja	Potrebno vrijeme za rekonstrukciju	Rang
Varijanta 1	Velika	4
Varijanta 2	Srednja	3
Varijanta 3	Vrlo mala	1
Varijanta 4	Mala	2

Izbor optimalne varijante raskrizja
>Potrebno vrijeme za rekonstrukciju



Inconsistency = 0,04
with 0 missing judgments.

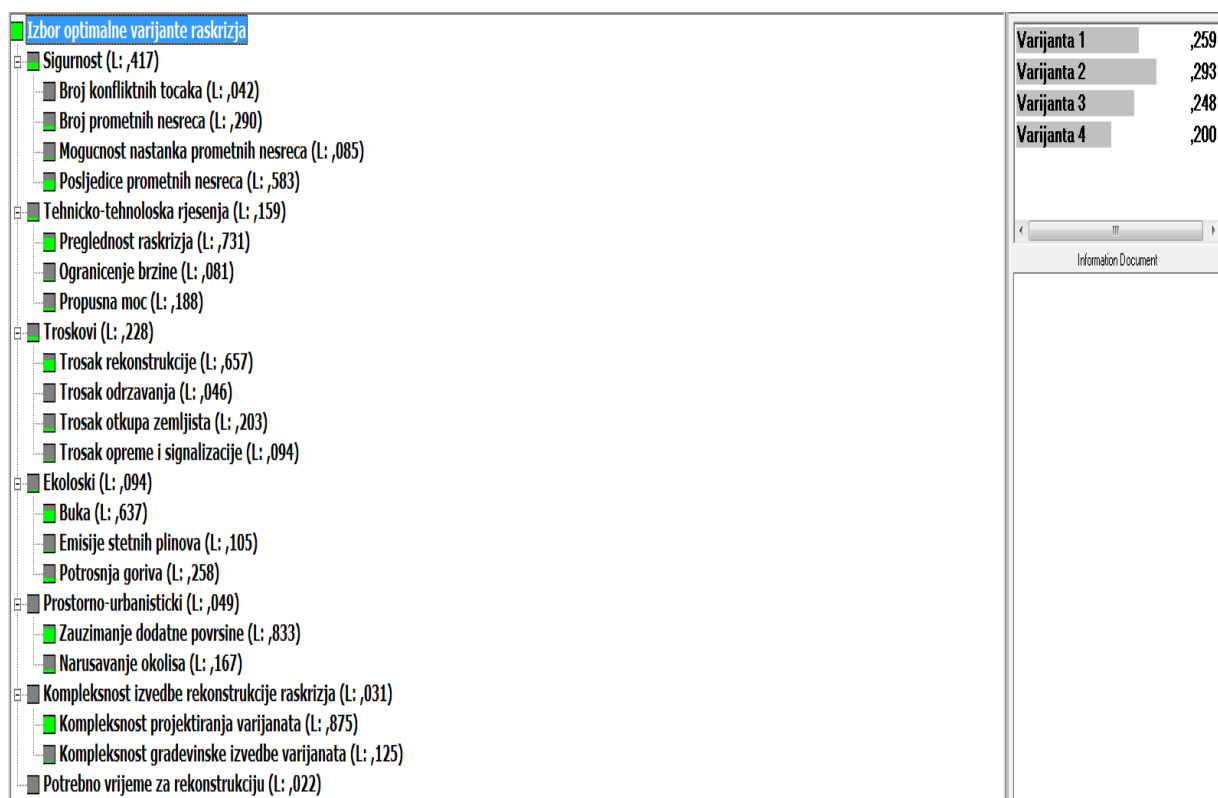
Slika 71. Vrednovanje varijanata prema kriteriju *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju*

7 IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE I ANALIZA OSJETLJIVOSTI

7.1 Izbor optimalne varijante

Prilikom odabira optimalne varijante korišten je Expert Choice u kojem je implementirana AHP metoda za višekriterijsku analizu. Na Slici 72. prikazano je konačno vrednovanje varijanata i važnosti kriterija i potkriterija te rezultati izbora optimalne varijante.

Kao što prikazuje Slika 72. može se vidjeti da postoji relativno mala razlika između težina Varijante 1 (25,9%), Varijante 2 (29,3%) i Varijante 3 (24,8%). Temeljem navedenoga može se zaključiti da sve tri varijante predstavljaju relativno dobro rješenje za predmetno raskrižje. Rezultati prikazuju da je najbolji izbor Varijanta 2 koja je za 3,4% bolja od Varijante 1, za 4,5% bolja od Varijante 3 i za 9,3% bolja od Varijante 4.

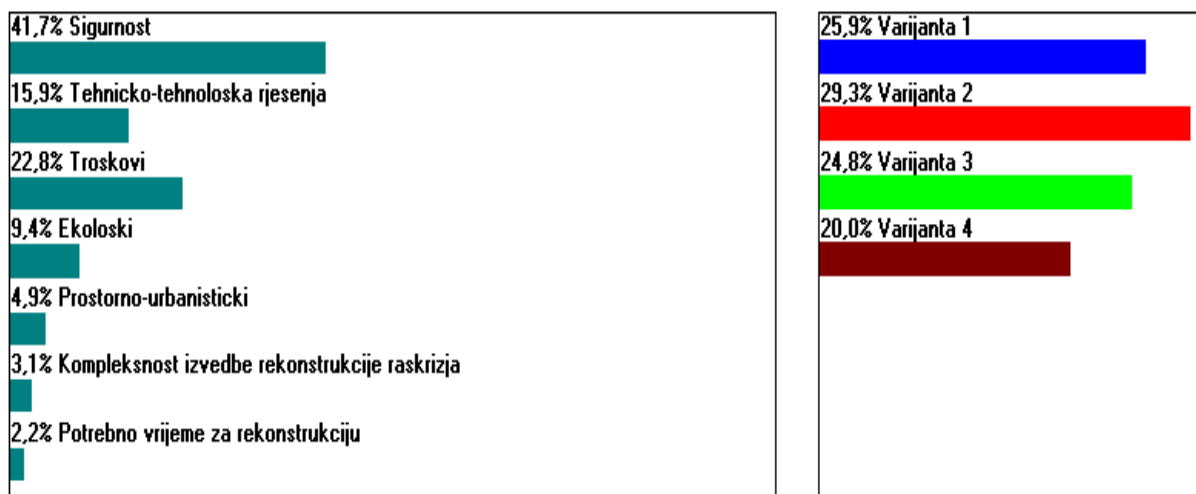


Slika 72. Prikaz konačnog vrednovanja varijanata i važnosti kriterija i potkriterija u programskom alatu Expert Choice te rezultati izbora optimalne varijante

7.2 Analiza osjetljivosti

Analiza osjetljivosti omogućuje određivanje „kritičkih“ varijabli ili parametara modela, a njezin osnovni cilj je procijeniti prihvatljivost projekta ako vrijednosti kritičnih parametara projekta budu promijenjene. Kritične varijable su one varijable čije varijacije, bilo pozitivne ili negativne, mogu imati najveći utjecaj na financijske ili gospodarske rezultate projekta. Kriteriji utvrđivanja učinkovitosti investicija polaze od pretpostavke da su svi uzeti parametri u proračunu realni, i u trenutku proračuna i u perspektivi. Međutim, vrlo je teško ocijeniti vrijednost pojedinih polaznih parametara za bližu, a posebice za daljnju budućnost, odnosno za vrijeme utvrđivanja učinkovitosti investicija, a to je najčešće razdoblje od 10 do 30 godina. Zbog toga se provodi dopunska analiza učinkovitosti investicija koja se naziva analizom osjetljivosti ili senzibiliteta. Ona utvrđuje promjene osnovnih pokazatelja učinkovitosti investicija, ovisno o promjeni ulaznih vrijednosti. Kod AHP metode, promjena ulaznih vrijednosti podrazumijeva promjenu težina kriterija odnosno potkriterija [7].

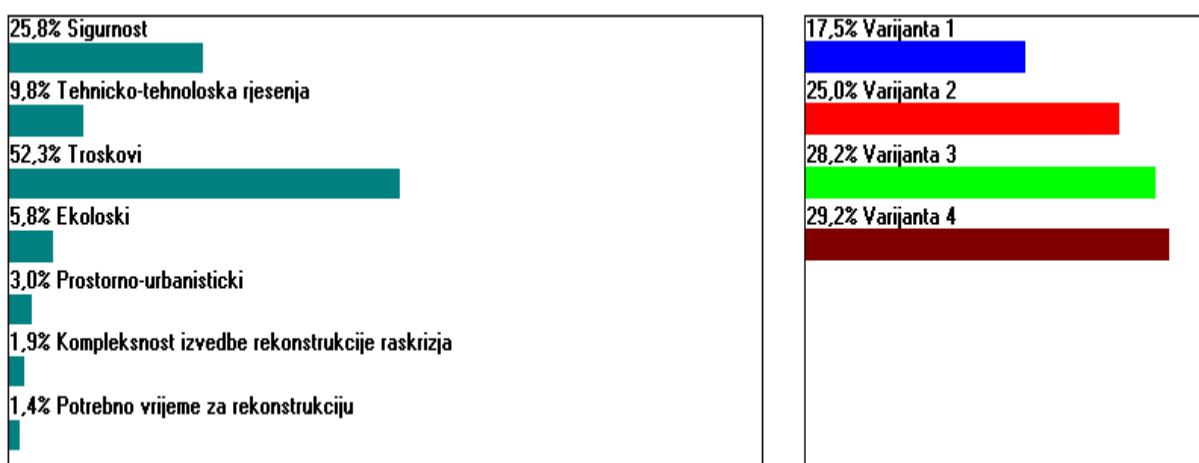
Kao što prikazuje Slika 73. mogu se utvrditi ranije doneseni zaključci. Najvažniji kriterij predstavlja kriterij *Sigurnost* s 41,7%, a optimalna varijanta provedene višekriterijske analize je Varijanta 2 s 29,3%.



Slika 73. Dinamički graf postojećeg stanja

Ukoliko bi došlo do promjene nekih ključnih pokazatelja koji u ovome slučaju predstavlja kriterij *Troškovi* koji je promijenjen s 22,8% na 52,3% važnosti, Varijanta 2 prestaje biti optimalno rješenje. U tome slučaju najpovoljnije rješenje postaje Varijanta 4.

Na Slici 74. može se vidjeti dinamički graf promijenjenog stanja nakon povećavanja važnosti kriterija *Troškovi* za 29,5%. Optimalna varijanta promijenjenog stanja postaje tada Varijanta 4 s težinom od 29,2%.



Slika 74. Dinamički graf promijenjenog stanja

8 ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog diplomskog rada je prikazati problematiku raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju, predložiti nove varijante rješenja, vrednovati ih relevantnom, znanstveno utemeljenom metodom te odabrati optimalnu varijantu kako bi se ovo raskrižje učinilo što sigurnijim za sve sudionike u prometu. Kod odabira optimalne varijante bilo je potrebno izvršiti detaljnu analizu postojećeg stanja raskrižja, gdje je utvrđena nedovoljna preglednost raskrižja, nedostatak pješačkog prijelaza na svim privozima kao i nogostupa za pješake na sporednim privozima, slaba osvjetljenost samog raskrižja u noćnim uvjetima, velika brzina na glavnom smjeru te veći broj lijevih skretača sa sporednih privoza.

Kako bi se dobila saznanja o prometnom opterećenju predmetnog raskrižja, bilo je potrebno izvršiti brojanje prometa, što je predstavljalo podlogu za prijedlog i nacrt predloženih varijanata. Nakon detaljne analize raskrižja predložene su četiri varijante koje su izrađene i prikazane u programskom alatu AutoCAD:

- 1) Varijanta 1 - raskrižje s kružnim tokom;
- 2) Varijanta 2 - raskrižje s mini kružnim tokom prometa;
- 3) Varijanta 3 - raskrižje upravljano prometnim svjetlima;
- 4) Varijanta 4 - postavljanje nove i obnova/zamjena postojeće horizontalne i vertikalne signalizacije te povećanje polja preglednosti sa svih privoza.

SWOT analizom utvrđeni su unutarnji i vanjski čimbenici vezani za svaku varijantu.

Kod rješavanja problema predmetnog raskrižja, varijante su vrednovane AHP metodom, koja predstavlja jednu od najčešće korištenih metoda višekriterijske analize u rješavanju prometnih problema. U primjeni AHP metode korišten je programski alat Expert Choice. Temeljem primjenjene SWOT analize i AHP metode po kojima su vrednovane varijante može se zaključiti da je Varijanta 2 (raskrižje s mini kružnim tokom prometa) optimalno rješenje. U Varijanti 2 potkriteriji *Buke*, *Emisije štetnih plinova* i *Potrošnja goriva* najmanji su od svih predloženih varijanata, broj konfliktnih točaka smanjio se s 32 na 8, posljedice prometnih nesreća su manje zbog ograničavanja brzine na 30 km/h, što direktno utječe na povećanje sigurnosti svih

sudionika na predmetnom raskrižju. Jedini nedostatak Varijante 2 predstavljaju viši troškovi zbog otkupa okolnog zemljišta i kompleksnije rekonstrukcije raskrižja. Varijanta 1 je vrlo slična Varijanti 2, no provedenim analizama nije se pokazala optimalnom primarno neprihvatljivih vrijednosti po potkriterijima i kriterijima visokog ranga (puno veći troškovi cjelokupne rekonstrukcije, otkup zemljišta, održavanje, kao i veća složenost projektiranja i građevinske izvedbe predložene varijante).

LITERATURA

- [1] Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, PU Krapinsko-zagorska, interni podaci
- [2] *Statistički pregled temeljnih sigurnosnih pokazatelja i rezultata rada u 2017. godini*, Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Služba za strateško planiranje, statistiku i unaprjeđenje rada, Zagreb, 2018.
- [3] <https://www.google.hr/maps> (pristupljeno: rujan 2018.)
- [4] <http://oroslavje.hr/wp-content/uploads/2017/07/STRATEGIJA-RAZVOJA-GRADA-OROSLAVJA-2015-2020.pdf>. (pristupljeno: listopad 2018.)
- [5] https://hrvatske-ceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/45/2017.pdf (pristupljeno: listopad 2018.)
- [6] Ščukanec, A.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija*, Zagreb, 2017./2018.
- [7] Barić, D.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata*, Fakultet prometnih znanosti, ak. godina 2017./2018.
- [8] Barić, D., Čurepić, D., Radačić, Ž.: *Implementation of relevant methods in assessing traffic-technological projects*. *Promet – Traffic & Transportation*, vol. 19, no. 5, p. 329–336, 2007
- [9] Barić, D., Pilko, H., Strujić, J.: *An Analytic Hierarchy Process Model to Evaluate Road Section Design*, *Transport*, vol. 31, no. 3, p. 312-321, 2016
- [10] Podvezko, V., Sivilevičius, H.: *The use of AHP and rank correlation methods for determining the significance of the interaction between the elements of a transport system having a strong influence on traffic safety*. *Transport*, vol. 28, no. 4, p.389–403, 2013
- [11] Saaty, T. L.: *Transport Planning with Multiple Criteria – the Analytic Hierarchy Process Applications and Progress Review*, *Journal of Advanced Transportation*, vol. 29, no. 1, p.81–126, 1995
- [12] Rabbani, S. J., Rabbani, S. R.: *Decisionsin Transportation with the Analytic Hierarchy Process*, Federal University of Paraiba, Civil Engineering Department, Brazil, 1996

- [13] Barić, D., Starčević, M.: *Implementation of Analytic Hierarchy Process in Solving Transport Problems*, International Journal of the Analytic Hierarchy Process, vol. 7, no. 2, p. 295-312, 2015
- [14] Saaty, T.L.: *Decision making with the Analytic Hierarchy Process*. International Journal of Services Sciences, vol. 1, no. 1, p.83–98, 2008
- [15] Barić, D., Pilko, H., Strujić, J.: *An Analytic Hierarchy Process Model to Evaluate Road Section Design*, Transport, vol. 31, no. 3, p. 312-321, 2016
- [16] Pilko, H., Mandžuka, S., Barić, D.: *Urban single-lane roundabouts: A new analytical approach using multi-criteria and simultaneous multi-objective optimization of geometry design, efficiency and safety*, Transportation Research Part C, 2017
- [17] Legac, I.: *Raskrižja javnih cesta*, Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2008.
- [18] Barišić, I., Pevalek V., Pilepić D.: *Utjecaj primjene prometnih rješenja s kružnim raskrižjem na sustav održivog prometa*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, vol. 4, no. 1, p. 171-192, 2016.
- [19] <http://files.fpz.hr/Djelatnici/Inovacko/Novacko-Pilko-Cestovne-prometnice-2-prirucnik.pdf> (pristupljeno: prosinac 2018.)
- [20] https://hrvatskeceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/129/Registar_ugovora_i_okvirnih_sporazuma_7.-12._mj._2016.pdf (pristupljeno: siječanj 2019.)
- [21] https://hrvatskeceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/131/Registar_ugovora_i_okv.sporazuma_2017.pdf (pristupljeno: siječanj 2019.)
- [22] http://www.pula.hr/site_media/media/uploads/content/images/2019/01/04/22o_dluka-o-kupnji-zemljista-rizzijeva-volticeva.pdf (pristupljeno: siječanj 2019.)
- [23] Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama (NN 64/2015)
- [24] Legac, I.: *Cestovne prometnice I*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [25] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-57-2005-01-01.pdf> (pristupljeno: siječanj 2019.)

Programska podrška:

1. AutoCAD 2016
2. Expert Choice 11.5
3. MS Excel 2007
4. CountingPRO
5. AutoTURN 2016

POPIS SLIKA

Slika 1. Mikrolokacija predmetnog raskrižja	4
Slika 2. Makrolokacija predmetnog raskrižja	4
Slika 3. Geografski položaj grada Oroslavja	6
Slika 4. Cestovna mreža na području grada Oroslavja	7
Slika 5. Prikaz preglednosti raskrižja – privoz 1	8
Slika 6. Prikaz preglednosti raskrižja - privoz 2.....	9
Slika 7. Opasna situacija na predmetnom raskrižju	10
Slika 8. Prikaz preglednosti raskrižja – privoz 3	11
Slika 9. Prikaz preglednosti raskrižja – privoz 4	12
Slika 10. Prikaz dolaska vozila pred raskrižje	13
Slika 11. Prikaz izbjegnute prometne nesreće na raskrižju	13
Slika 12. Prikaz pozicije automatskog brojača prometa 1936 u Oroslavju	15
Slika 13. Kamera za kontinuirano snimanje prometa COUNTcam.....	17
Slika 14. Sučelje programskog alata COUNTpro i COUNTpad 2.....	17
Slika 15. Prikaz postavljene kamere za brojanje prometa.....	18
Slika 16. Pozicija postavljene kamere za brojanje prometa	19
Slika 17. Predmetno raskrižje s pozicije kamere za brojanje prometa	19
Slika 18. Rezultati snimanja prometa na predmetnom raskrižju.....	20
Slika 19. Prikaz prometnog opterećenja po privozima	22
Slika 20. Prikaz prometne nesreće – slučaj 1	24
Slika 21. Prikaz prometne nesreće – slučaj 2	25
Slika 22. Prikaz prometne nesreće – slučaj 3	26
Slika 23. Prikaz Varijante 1	28
Slika 24. Značajke mjerodavnog vozila za provjeru provoznosti	29
Slika 25. Primjer zadovoljene provoznosti Varijante 1 izvršeno s mjerodavnim vozilom u programskom alatu AutoTURN.....	29
Slika 26. Prikaz Varijante 2	31
Slika 27. Prikaz obilaznog pravca za teretna vozila do Ulice Marije Jurić Zagorke ..	32
Slika 28. Prikaz obilaznog pravca za teretna vozila do ulice Zagorsko naselje.....	32
Slika 29. Primjer zadovoljene provoznosti Varijante 2 izvršeno s mjerodavnim vozilom u programskom alatu AutoTURN.....	33
Slika 30. Značajke osobnog automobila vozila za provjeru provoznosti Varijante 2	34

Slika 31. Prikaz zadovoljene provoznosti privoza 3 u dvorište u programskom alatu AutoTURN	34
Slika 32. Prikaz Varijante 3	36
Slika 33. Prikaz predloženog signalnog plana.....	37
Slika 34. Prikaz Varijante 4	39
Slika 35. Hijerarhijska struktura AHP metode	50
Slika 36. Rangiranje kriterija prikazano u programskom alatu Expert Choice	53
Slika 37. Rangiranje potkriterija u odnosu na <i>Sigurnosni kriterij</i>	53
Slika 38. Rangiranje potkriterija u odnosu na kriterij <i>Tehničko – tehnološka rješenja</i>	54
Slika 39. Rangiranje potkriterija u odnosu na kriterij <i>Troškovi</i>	54
Slika 40. Rangiranje potkriterija u odnosu na <i>Ekološki kriterij</i>	55
Slika 41. Rangiranje potkriterija u odnosu na <i>Prostorno-urbanistički kriterij</i>	55
Slika 42. Rangiranje potkriterija u odnosu na kriterij <i>Kompleksnost izvedbe rekonstrukcije raskrižja</i>	56
Slika 43. Konfliktne točke na četverokrakom raskrižju i na raskrižju s kružnim tokom prometa	57
Slika 44. Prikaz konfliktnih točaka Varijante 1 – zeleno svjetlo na glavnom privozu	58
Slika 45. Prikaz konfliktnih točaka Varijante 2 – zeleno svjetlo na sporednom privozu	58
Slika 46. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Broj konfliktnih točaka</i>	59
Slika 47. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Broj prometnih nesreća</i>	60
Slika 48. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Mogućnost nastanka prometnih nesreća</i>	61
Slika 49. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Posljedice prometnih nesreća</i> .	62
Slika 50. Privozna preglednost.....	63
Slika 51. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Preglednost raskrižja</i>	64
Slika 52. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Ograničenje brzine</i>	66
Slika 53. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Propusna moć</i>	67
Slika 54. Prikaz troškova izgradnje dva semaforizirana raskrižja	68
Slika 55. Prikaz troškova izgradnje dva kružna toka	69
Slika 56. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Trošak rekonstrukcije</i>	70
Slika 57. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Trošak održavanja</i>	71
Slika 58. Primjer troškova prilikom otkupa zemljišta u Puli.....	71

Slika 59. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti za izgradnju Varijante 1	72
Slika 60. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti za izgradnju Varijante 2	73
Slika 61. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti za izgradnju Varijante 4	73
Slika 62. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Trošak otkupa zemljišta</i>	74
Slika 63. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Trošak opreme i signalizacije</i> ..	76
Slika 64. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Buka</i>	77
Slika 65. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Emisije štetnih plinova</i>	80
Slika 66. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Potrošnja goriva</i>	81
Slika 67. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Zauzimanje dodatne površine</i> .	82
Slika 68. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Narušavanje okoliša</i>	83
Slika 69. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Kompleksnost projektiranja varijanata</i>	85
Slika 70. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju <i>Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata</i>	86
Slika 71. Vrednovanje varijanata prema kriteriju <i>Potrebno vrijeme za rekonstrukciju</i>	87
Slika 72. Prikaz konačnog vrednovanja varijanata i važnosti kriterija i potkriterija u programskom alatu Expert Choice te rezultati izbora optimalne varijante	88
Slika 73. Dinamički graf postojećeg stanja.....	89
Slika 74. Dinamički graf promijenjenog stanja.....	90

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prosječni godišnji i prosječni ljetni dnevni promet s općim podacima o brojačkim mjestima u 2017. godini	16
Tablica 2. Prikaz prometnih nesreća u zadnjih 5 godina.....	23
Tablica 3. SWOT matrica.....	41
Tablica 4. SWOT matrica Varijante 1.....	42
Tablica 5. SWOT matrica Varijante 2.....	43
Tablica 6. SWOT matrica Varijante 3.....	44
Tablica 7. SWOT matrica Varijante 4.....	45
Tablica 8. Vrijednost RI ovisno o veličini matrice	48
Tablica 9. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Broj konfliktnih točaka</i>	59
Tablica 10. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Broj prometnih nesreća</i>	60
Tablica 11. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Mogućnost nastanka prometnih nesreća</i>	61
Tablica 12. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Posljedice prometnih nesreća</i>	62
Tablica 13. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Preglednost raskrižja</i>	64
Tablica 14. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Ograničenje brzine</i>	65
Tablica 15. Empirijski podaci o propusnoj moći različitih tipova kružnih raskrižja	67
Tablica 16. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Propusna moć</i>	67
Tablica 17. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Trošak rekonstrukcije</i>	69
Tablica 18. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Trošak održavanja</i>	70
Tablica 19. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Troškovi otkupa zemljišta</i>	74
Tablica 20. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Trošak opreme i signalizacije</i>	76
Tablica 21. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Buke</i>	77
Tablica 22. Smanjenje potrošnje goriva i emisije CO ₂ po skupinama raskrižja	78
Tablica 23. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Emisije štetnih plinova</i>	79
Tablica 24. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Potrošnja goriva</i>	81
Tablica 25. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Zauzimanje dodatne površine</i>	82
Tablica 26. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Narušavanje okoliša</i>	83
Tablica 27. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Kompleksnost projektiranja varijanata</i>	84
Tablica 28. Rangiranje varijanata prema potkriteriju <i>Kompleksnost građevinske izvedbe varijanata</i>	86

Tablica 29. Rangiranje varijanata prema kriteriju *Potrebno vrijeme za rekonstrukciju*
..... 87

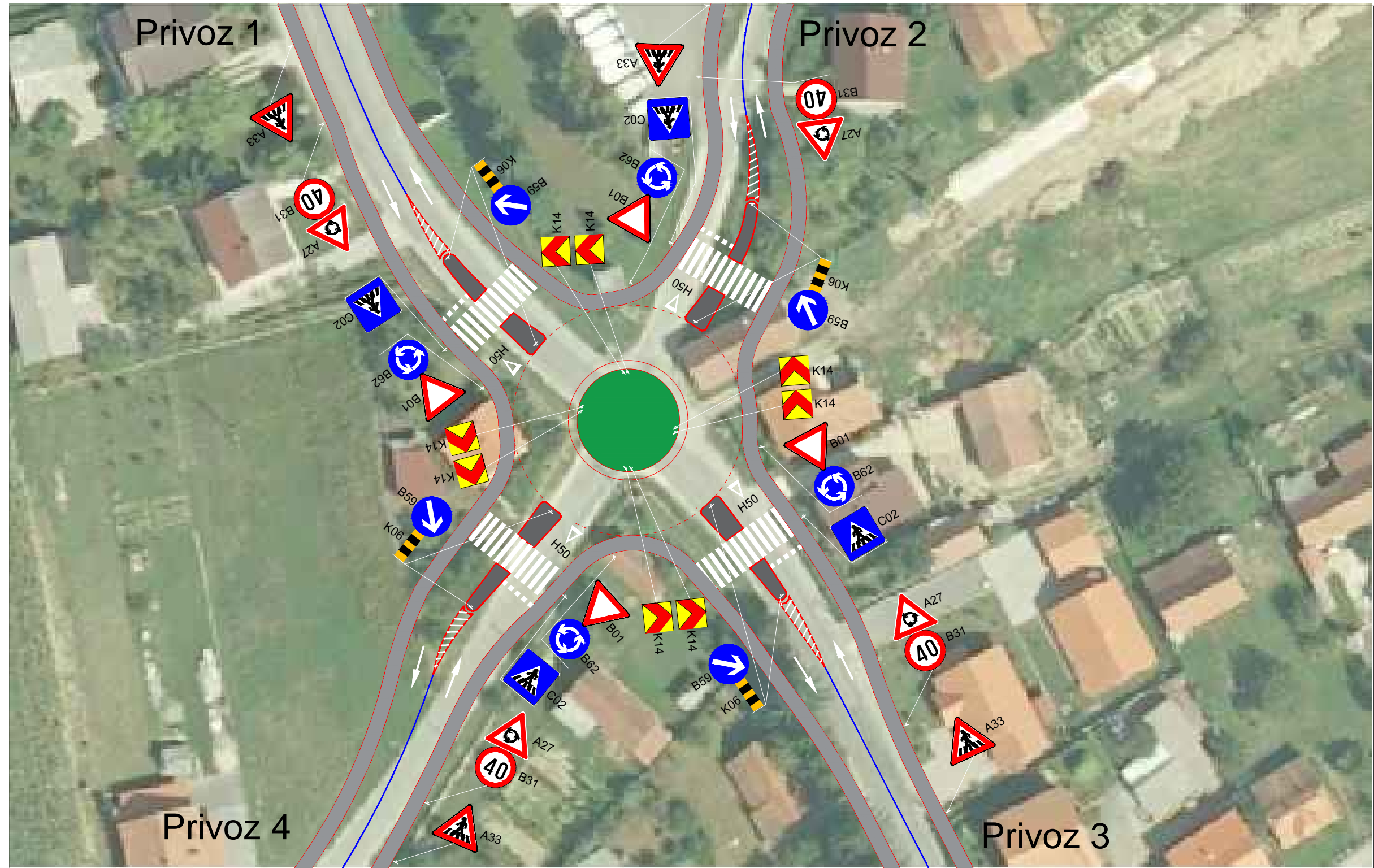
POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Omjer osobnih i teretnih vozila u odnosu na ukupan broj	21
Grafikon 2. Kretanje broja prometnih nesreća na promatranom raskrižju u zadnjih 6 godina.....	24

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Varijanta 1	103
Prilog 2. Varijanta 2	104
Prilog 3. Varijanta 3	105
Prilog 4. Varijanta 4	106

Prilog 1. Varijanta 1

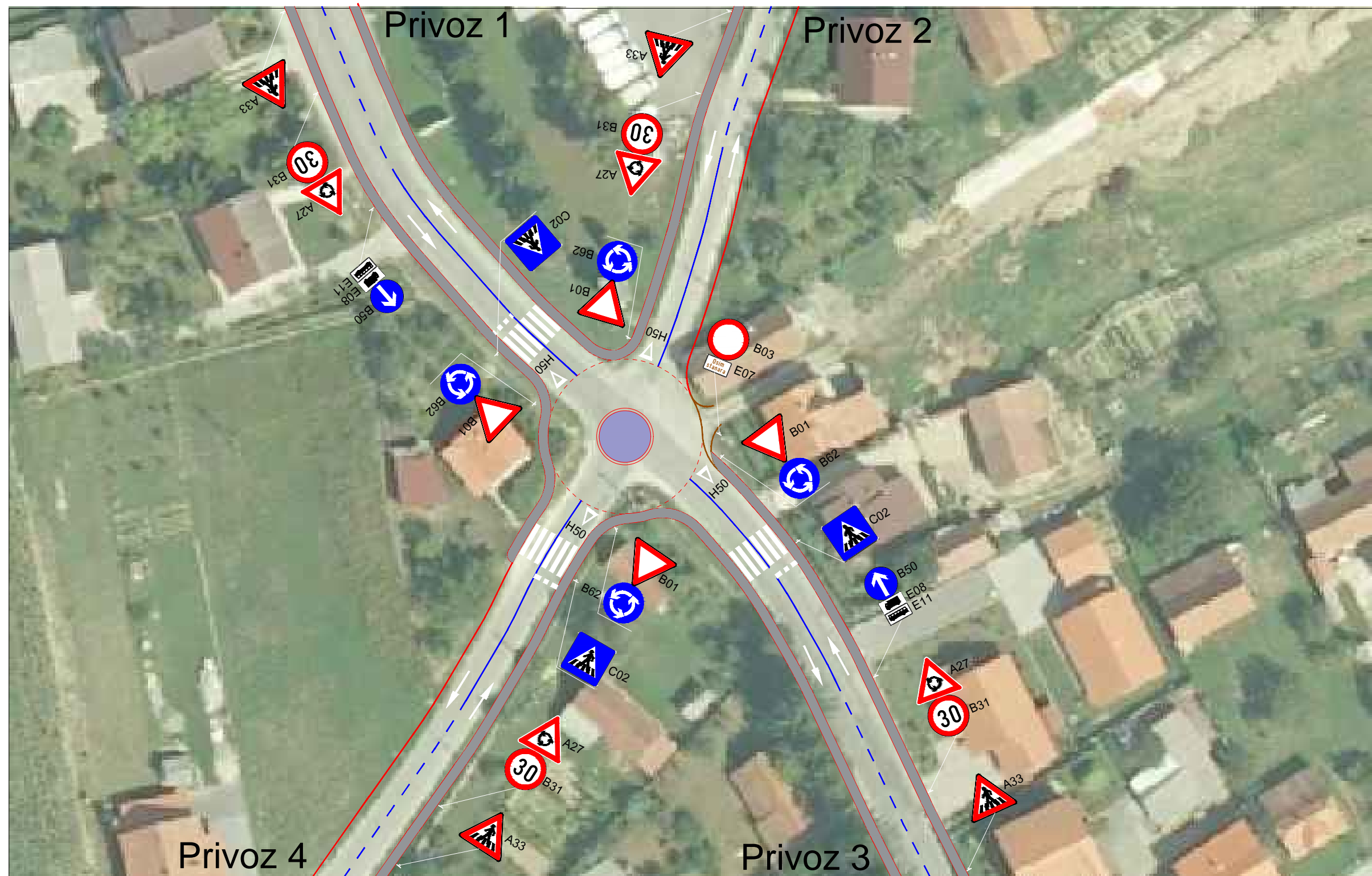


**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA
STUBIČKE ULICE, ULICE MARIJE JURIĆ ZAGORKE I ULICE ZAGORSKO
NASELJE U OROSLAVJU

Prilog 1. Varijanta 1	Mjerilo: 1:500
Student: Babić Filip	Mentorica: izv. prof. dr. sc. Danijela Barić

Prilog 2. Varijanta 2

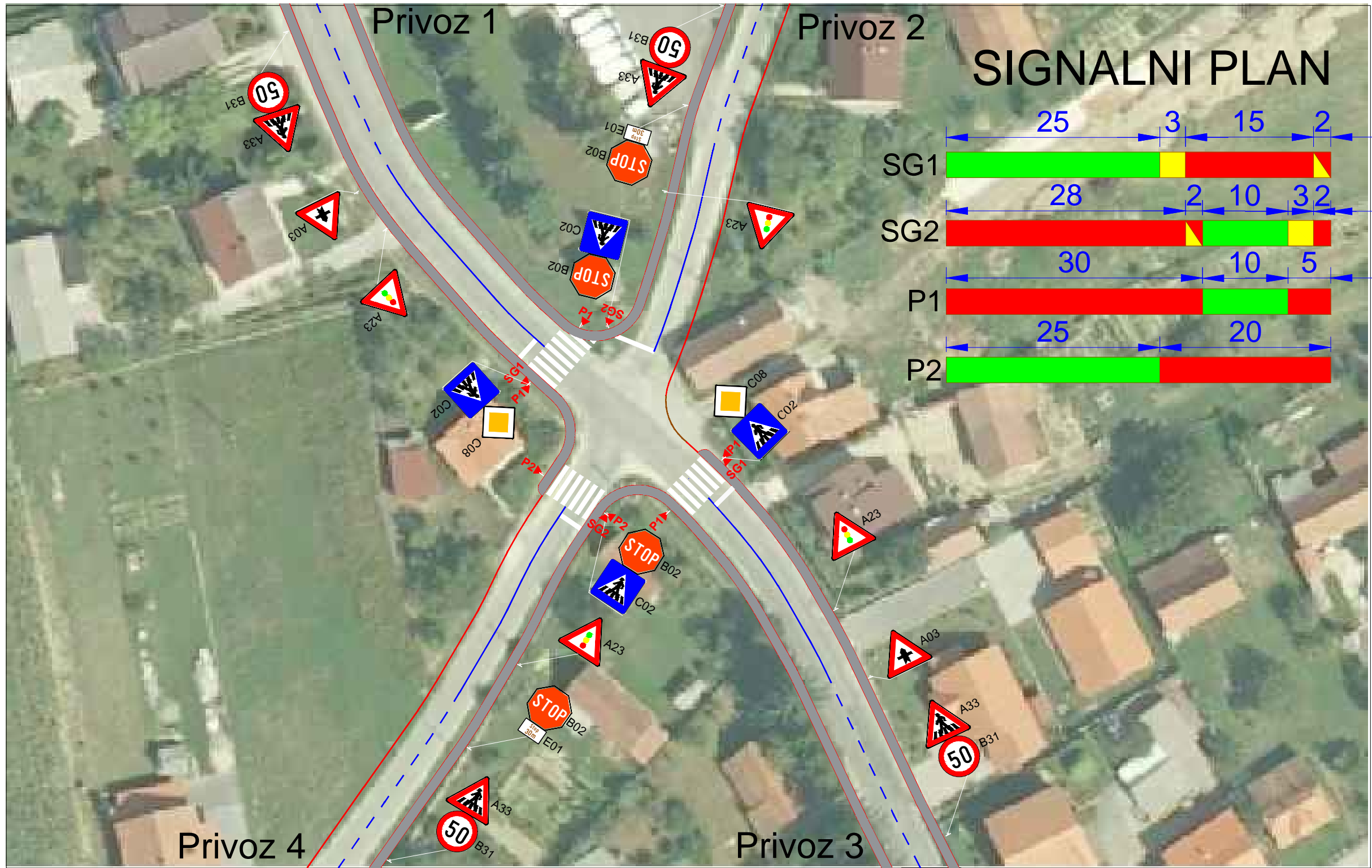


**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA
STUBIČKE ULICE, ULICE MARIJE JURIĆ ZAGORKE I ULICE ZAGORSKO
NASELJE U OROSLAVJU

Prilog 2. Varijanta 2	Mjerilo: 1:500
Student: Babić Filip	Mentorica: izv. prof. dr. sc. Danijela Barić

Prilog 3. Varijanta 3



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA
STUBIČKE ULICE, ULICE MARIJE JURIĆ ZAGORKE I ULICE ZAGORSKO
NASELJE U OROSLAVJU

Prilog 3. Varijanta 3

Mjerilo: 1:500

Student: Babić Filip

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Danijela Barić

Prilog 4. Varijanta 4



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA
STUBIČKE ULICE, ULICE MARIJE JURIĆ ZAGORKE I ULICE ZAGORSKO
NASELJE U OROSLAVJU

Prilog 4. Varijanta 4

Mjerilo: 1:500

Student: Babić Filip

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Danijela Barić



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 **Višekriterijska analiza varijanata rekonstrukcije raskrižja Stubičke ulice, Ulice Marije Jurić Zagorke i ulice Zagorsko naselje u Oroslavju**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 12.03.2019.

Student/ica:

Balazs Filip

(potpis)