

Vrednovanje mogućih rješenja rekonstrukcije raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića u Zagrebu primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa

Valjan, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:119:504672>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Josip Valjan

**VREDNOVANJE MOGUĆIH RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA
AVENIJA VEĆESLAVA HOLJEVCA, HORVATOVA ULICA I ULICA
STJEPANA NEŽIĆA U ZAGREBU PRIMJENOM AHP METODE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Zagreb, 19. travnja 2016.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3502

Pristupnik: **Josip Valjan (0135224674)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**


Zadatak: **Vrednovanje mogućih rješenja rekonstrukcije raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića u Zagrebu primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa**

Opis zadatka:

Istraživanje treba obuhvatiti analizu postojećeg stanja raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića u Zagrebu. 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 metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa. U tu svrhu potrebno je definirati relevantne kriterije i potkriterije koji će činiti hijerarhijsku strukturu AHP modela. Za vrednovanje varijanata metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa 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.

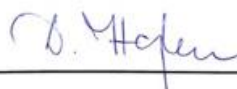
Zadatak uručen pristupniku: 16. ožujka 2016.

Mentor:



doc. dr. sc. Danijela Barić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**VREDNOVANJE MOGUĆIH RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA
AVENIJA VEĆESLAVA HOLJEVCA, HORVATOVA ULICA I ULICA
STJEPANA NEŽIĆA U ZAGREBU PRIMJENOM AHP METODE**

**EVALUATION OF PROJECT VARIANTS FOR RECONSTRUCTION
INTERSECTION AVENIJA VEĆESLAVA HOLJEVCA, HORVATOVA ULICA
AND ULICA STJEPANA NEŽIĆA IN ZAGREB BY APPLAYING AHP
METHOD**

Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić

Student: Josip Valjan

JMBAG: 0135224674

Zagreb, rujan 2016.

VREDNOVANJE MOGUĆIH RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA AVENIJA VEĆESLAVA HOLJEVCA, HORVATOVA ULICA I ULICA STJEPANA NEŽIĆA U ZAGREBU PRIMJENOM AHP METODE

SAŽETAK

Raskrižja su važna dio cestovne infrastrukture. Njihova uloga je spajanje i razdvajanje prometnih tokova. Istraživanje u okviru ovog diplomskog rada, obuhvaća detaljnu analizu postojećeg stanja raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića u Zagrebu. Definirane su zone obuhvata makro i mikro lokacije, izvršeno je brojanje prometa u vršnom i izvanvršnom periodu te je napravljena analiza postojećeg stanja raskrižja i analiza prometne infrastrukture za motorni i nemotorni promet. Nakon utvrđenih problema raskrižja izrađena su tri nova varijantna rješenja raskrižja u programu AutoCad. Za varijantna rješenja izrađena je SWOT analiza, a potom su sve tri varijante vrednovane višekriterijskom analizom primjenom AHP metode uz programsku podršku Expert Choice. Za izabrano optimalno rješenje izrađena je analiza osjetljivosti.

KLJUČNE RIJEČI: cestovni promet; raskrižje; SWOT analiza; kriteriji; višekriterijska analiza; AHP metoda; Expert Choice; analiza osjetljivosti.

EVALUATION OF PROJECT VARIANTS FOR RECONSTRUCTION INTERSECTION AVENIJA VEĆESLAVA HOLJEVCA, HORVATOVA ULICA AND ULICA STJEPANA NEŽIĆA IN ZAGREB BY APPLAYING AHP METHOD

SUMMARY

Intersections are important part of road infrastructure. Their function is connecting and separating traffic flows. The research in this diploma thesis includes a detailed analysis of current situation on intersection of Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova Ulica and Ulica Stjepana Nežića in Zagreb. The zone of the macro and micro location are defined, traffic counting was carry out in peak period and off peak period and analysis of the current situation and analysis of the intersection traffic infrastructure for motor and non-motor traffic was made. Three project variants are made in program AutoCad. SWOT analysis was made for all project variants, and after that project variants are valuated by applying AHP method with software Expert Choice. For selected optimal solution is made sensitivity analysis changing importance of two criteria.

KEYWORDS: Road Transport; Intersection; SWOT analysis; criteria;; Multi criteria analysis; AHP method; Expert Choice; Sensitivity analysis.

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA AVENIJA VEĆESLAVA HOLJEVCA, HORVATOVA ULICA I ULICA STJEPANA NEŽIĆA U ZAGREBU	3
2.1. Analiza položaja i stanja raskrižja	3
2.2. Brojanje prometa	7
3. PRIJEDLOG NOVIH RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA	17
3.1. Varijanta I	19
3.2. Varijanta II	21
3.3. Varijanta III	23
4. SWOT ANALIZA PREDLOŽENIH VARIJANATA RJEŠENJA.....	26
4.1. Osnovne značajke SWOT analize.....	26
4.2. SWOT matrica Varijante I	27
4.3. SWOT matrica Varijante II	28
4.4. SWOT matrica Varijante III	29
5. VREDNOVANJE VARIJANATA PRIMJENOM AHP METODE.....	30
5.1. Hijerarhijska struktura AHP modela	32
5.2. Rangiranje kriterija i potkriterija	34
5.3. Vrednovanje predloženih varijanata primjenom AHP metode.....	37
5.4. Prijedlog modela financiranja.....	63
6. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE I ANALIZA OSJETLJIVOSTI	65
7. ZAKLJUČAK.....	68
LITERATURA.....	69
POPIS TABLICA.....	70
POPIS SLIKA	72
POPIS PRILOGA	74

1. UVOD

Nagli razvoj motorizacije u svijetu uvjetovao je i ubrzani razvoj prometa, posebno cestovnog. Cestovni promet razvija se ubrzano, te zauzima važno mjesto u društvenom i gospodarskom životu svih zemalja. Najzahtjevnija i najsloženija mjesta u cestovnoj prometnoj mreži su raskrižja.

Raskrižja su točke u cestovnoj mreži na kojima se povezivanjem dvije ili više cesta križaju, spajaju ili razdvajaju prometni tokovi. Raskrižje mora biti pregledno, dobro osvijetljeno i opremljeno odgovarajućom signalizacijom, da bi vozač mogao pravodobno procijeniti prometnu situaciju, prilagoditi način i brzinu vožnje. Pri izboru mjesta i načina rješavanja raskrižja potrebno je svaki slučaj posebno proučiti, jer je nepravilno koncipirano i oblikovano raskrižje opasnost za sigurnost prometa. Raskrižje je mjesto gdje se događa najviše prometnih nesreća, daleko više nego na drugim dijelovima prometnice.

Odlučujući čimbenici koji utječu na izbor vrste raskrižja su zahtjevana propusna moć i sigurnost prometa. Pored ovih osnovnih faktora na izbor i detalje oblikovanja raskrižja još utječu značenje cesta koje se križaju, značenje pojedinih prometnih tokova, pješачki i biciklistički promet, brzine vožnje, preglednost i navike vozača. U području cestovnih raskrižja znatno su složeniji postupci i događanja od sličnih na otvorenim dijelovima trase. Zbog izrazitih promjena smjera kretanja vozila opada sigurnost prometa i propusna moć raskrižja.

Tema ovog rada je Vrednovanje mogućih rješenja rekonstrukcije raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića u Zagrebu primjenom AHP metode. Navedeno raskrižje je polusemaforizirano. Naime na navedenom raskrižju postoji neobična situacija da sporedni privozi nemaju semafore, nego se vozači uključuju na osnovu vlastite procjene, što smanjuje sigurnost svih sudionika u prometu. To je jedan od razloga zašto ovo raskrižje zahtjeva rekonstrukciju, koja će biti prikazana i vrednovana u nastavku ovog diplomskog rada.

Diplomski rad sastoji se od slijedećih poglavlja:

1. Uvod
2. Analiza postojećeg stanja
3. Prijedlog novih rješenja rekonstrukcije raskrižja
4. SWOT analiza predloženih varijanata rješenja
5. Vrednovanje varijanata primjenom AHP metode
6. Izbor optimalne varijante i analiza osjetljivosti
7. Zaključak

U drugom poglavlju, Analiza postojećeg stanja, prikazana je makro i mikrolokacija raskrižja, položaj u odnosu na Zagreb i Veliku Goricu, te je slikama prikazano postojeće stanje raskrižja po svakom privozu pojedinačno uz objašnjenje glavnih problema i nedostataka. Također je provedeno brojanje prometa u vršnom i izvanvršnom periodu, koje je prikazano u tablicama, te na kraju poglavlja u obliku grafa.

U trećem poglavlju, Prijedlog novih rješenja rekonstrukcije raskrižja, definirano je značenje raskrižja u cestovnoj mreži i njegova podjela prema obliku. Navedena su i opisana mjerila koja raskrižje mora zadovoljavati. U nastavku poglavlja ponuđene su moguća varijantna rješenja rekonstrukcije raskrižja sa svim značajkama i mjerilima. Prikazana je promjena na raskrižju za svaku varijantu i slikovni prikaz pojedinog rješenja izrađenog u programskom alatu Autocad.

U četvrtom poglavlju, SWOT analiza predloženih varijanata rješenja, provedena je SWOT analiza gdje se definiraju snage, slabosti, prilike i prijetnje svakog pojedinog varijantnog rješenja navedenog raskrižja.

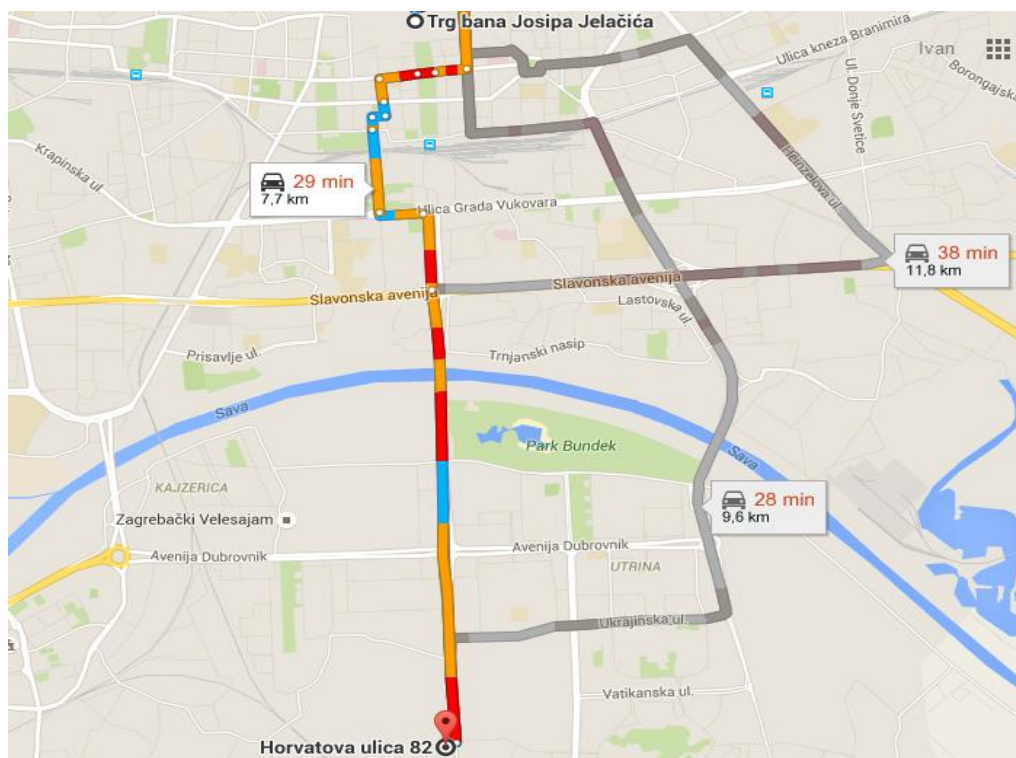
U petom poglavlju, Vrednovanje varijanata primjenom AHP metode, opisana je AHP metoda, njezina osnovna hijerarhijska struktura i način ocjenivanja. U drugom dijelu poglavlja definirani su kriteriji i potkriteriji na osnovu kojih će se vršiti vrednovanje predloženih varijanti za rekonstrukciju raskrižja primjenom AHP metode uz pomoć programskog alata Expert Choice.

U šestom poglavlju, Izbor optimalne varijante i analiza osjetljivosti, prikazan je rezultat vrednovanja i optimalno rješenje između predloženih varijanti. Izvršena je analiza osjetljivosti promjenom jednog od kriterija i prikazana su rješenja tih promjena.

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA AVENIJA VEČESLAVA HOLJEVCA, HORVATOVA ULICA I ULICA STJEPANA NEŽIĆA U ZAGREBU

2.1. Analiza položaja i stanja raskrižja

Raskrižje Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova i Nežićeva nalazi se u južnom dijelu Zagreba (Slika 1.). Povezuje u širem geografskom području gradske četvrti Novi Zagreb Istok i Novi Zagreb Zapad sa Velikom Goricom i središnjim dijelom Grada Zagreba. U užem području povezuje naselje Sloboština na istoku, Sveta Klara na zapadu i Sopot na sjeveru. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, gradske četvrti Novi Zagreb Istok i Zapad zajedno imaju preko 100.000 stanovnika, što je 12% od ukupnog broja stanovnika grada Zagreba. Dodatni značaj raskrižja, posebno u vršnim satima, daje poslovna zona koja se nalazi na zapadnom privozu raskrižja.



Slika 1. Prikaz položaja raskrižja u odnosu na centar grada

Izvor: Google maps uz doradu autora

Analizirano raskrižje je četverokrako raskrižje u razini (Slika 2.). Avenija Većeslava Holjevca i Horvatova ulica su dvosmjerne dvotračne prometnice. Ulica Stjepana Nežića je

jednosmjerna prometnica iz smjera Slobodštine. Avenija Većeslava Holjevca dominira kao glavna prometnica, odnosno cesta sa većim PGDP u odnosu na ostale privoze. Regulacija prometa na Aveniji se odvija pomoću semafora, dok na Horvatoj i Nežičevoj ne postoje semafori uređaji. Vozači iz sporednih privoza (Nežičeva i Horvatova) u promet se uključuju na osnovu vlastite procjene, odnosno kada se upali crveno svjetlo na Aveniji Većeslava Holjevca što je jedan od glavnih problema raskrižja jer predstavlja opasnost za sve sudionike u prometu. Regulacija prometa pješaka uređena je pomoću lanterne na južnom privozu raskrižja, te pripadajuće horizontalne i vertikalne signalizacije na sjevernom i južnom privozu, tako da su pješaci primorani prelaziti prometnicu na neoznačenim mjestima.

Ako se uzme u obzir da je raskrižje uređeno s jednim semaforom za vozila i jednim za pješake na glavnom privozu, nepostojanje horizontalne i svjetlosne signalizacije na sporednim privozima, vrlo lako se može uvidjeti niska razina sigurnosti na analiziranom četverokrakom raskrižju, što će biti detaljnije objašnjeno u nastavku po svim privozima raskrižja.



Slika 2. Prikaz postojećeg stanja raskrižja

Izvor: Google maps uz doradu autora

Sjeverni krak raskrižja sastoji se od dva prometna traka, što se može vidjeti na Slici 3. Jedan trak namijenjen je za izlaz iz raskrižja, a drugi prometni trak za kretanje ravno i skretanje desno u Horvatu ulicu. Sjeverni privoz generira veliku količinu prometa iz smjera Zagreb, posebno u vršnom periodu. Autobusno stajalište smješteno je na kolniku javne ceste, što uzrokuje povećani rep čekanja motornih vozila zbog izlaska i ulaska putnika u autobus. Pritom vozila koja čekaju nastoje zaobići autobus, pri čemu može doći do naleta na pješake koji prelaze prometnicu na pješačkom prijelazu. Kolnik za pješake i bicikliste označen je i nalazi se

s obje strane sjevernog kraka raskrižja, ali je u nastavku prema Nežičevoj i Horvatovoj nedovršen.



Slika 3. Sjeverni privoz raskrižju

Na zapadnom kraku raskrižja (Horvatova ulica) nalaze se dva traka, trak za izlaz iz raskrižja i trak za ulaz u raskrižje. Na Slici 4. može se vidjeti nedostatak horizontalne i vertikalne signalizacije i postojanje jednog prometnog znaka za obavezno zaustavljanje. Također nema semafora, nego se vozači uključuju u promet na glavnu prometnicu nakon paljenja crvenog svjetla za vozila na Aveniji Većeslava Holjevca. Još jedan od nedostataka je kolnik za pješake i bicikliste i pripadajuća horizontalna signalizacija (pješački prijelaz). Problem predstavljaju i vozila koja se parkiraju uz rub Horvatove ulice, čime je otežan prolaz motornih vozila zbog smanjenja širine kolnika.



Slika 4. Zapadni privoz raskrižju

Južni krak analiziranog raskrižja sastoji se od traka za izlaz iz raskrižja i traka za kretanje ravno i lijevo (Slika 5.). Odvijanje prometa vozila i pješaka regulirano je semaforom sa pripadajućom horizontalnom signalizacijom. Prije ulaza u raskrižje, na desnoj strani nalazi se ugibalište za autobuse i kolnik za pješake. Najveći problem južnog privoza su lijevi skretači, posebno u vršnim satima kada se veliki broj vozila kreće u Horvatovu ulicu.



Slika 5. Južni privoz raskrižja

Ulica Stjepana Nežića je jednosmjerna ulica. Sastoji se od jednog traka, kojim je dozvoljeno kretanje vozila pravo, lijevo i desno. Vozila se uključuju u promet kada se upali crveno svjetlo za vozila na glavnoj prometnici. Uz nedostatak svjetlosne signalizacije, problem predstavlja nedostatak adekvatnog pješačkog prijelaza i kolnika za pješake i bicikliste (Slika 6.).



Slika 6. Istočni privoz raskrižju

2.2. Brojanje prometa

Brojanje prometa predstavlja osnovicu i jedan od glavnih ulaznih podataka pri prometnom planiranju i projektiranju. Podatci koji se dobiju brojanjem prometa prikazuju trenutačno stanje dinamike prometnih tokova na promatranom raskrižju. Prikupljanje podataka potrebno je zbog prometnog i urbanističkog planiranja, planiranja buduće prometne mreže i izgradnje novih prometnica.

Brojanje prometa može se obavljati tokom jednog ili više dana, kontinuirano ili prekidno. Kao relevantan period za brojanje prometa tijekom tjedna je srijeda ili četvrtak. Prilikom brojanja potrebno je odrediti vremenske intervale unutar jednog dana, odnosno hoće li se brojanje provoditi svih 24 sata ili samo nekoliko specifičnih sati u danu.

Postoje dvije osnovne metode provođenja brojanja prometa[1]:

1. Ručno brojanje prometa
2. Automatsko brojanje prometa

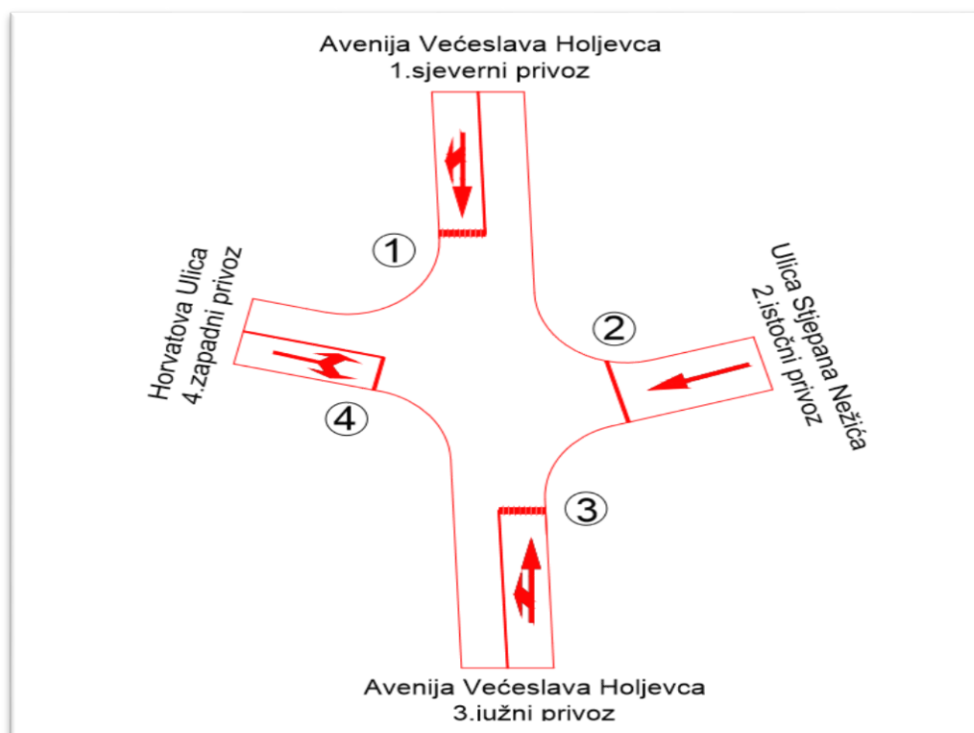
Ručna brojanja prometa obično se provode radi prikupljanja podataka za utvrđivanje strukture prometnih tokova, udjela lijevih i desnih skretača na raskrižjima, smjera i intenziteta pješačkih tokova ili stupnja popunjenosti vozila u prometnom toku [1].

Automatska brojanja prometa provode se za prikupljanje podataka radi utvrđivanja neravnomjernosti satnih prometnih opterećenja tijekom dana, dnevnih i sezonskih promjena u iznosima prometnih opterećenja te u utvrđivanju vrijednosti prosječnog ljetnog dnevnog (PLDP) i prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) na prometnoj mreži. Osim ove dvije osnovne metode brojanja, postoje druge metode kao što su brojanje kamerom, naplatno, satelitsko brojanje, brojanje vozila prevezenih trajektima i brojanje na parkirališnim površinama [2].

Za vremenski period brojanja prometa potrebno je odabrati mjerodavan satni period tijekom promatranog dana (jutarnja i popodnevna vršna prometna opterećenja), mjerodavni dan tijekom tjedna ili mjeseca odnosno mjerodavan mjesec tijekom promatrane godine u promatranom području istraživanja.

Za potrebe analize raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova i Nežićeva brojanje prometa izvršeno je u četvrtak, 19. svibnja 2016. godine u vršnim satima opterećenja (07-09h). Za svaki privoz u raskrižju brojanje je izvršeno izdvojeno. Prikaz brojačkih mjesta prikazan je na Slici 7. Vozila koja su brojana raspoređena su u nekoliko kategorija, te su množeni sa pripadajućim koeficijentom kako bi se dobilo prometno opterećenje prikazano u broju vozila i EJA¹ jedinicama.

¹ EJA = ekvivalent jedinice automobila



Slika 7. Prikaz položaja brojača na raskrižju

Koeficijenti za konverziju vozila u ekvivalentne jedinice automobila su [1]:

- Osobni automobili = 1
- Laka teretna vozila = 1,5
- Teška teretna vozila = 2
- Motocikli = 0,7
- Autobusi = 2

Na brojačkom mjestu broj 1. brojana su vozila sa sjevernog privoza raskrižja. Posebno su brojana vozila koja skreću desno i vozila koja nastavljaju ravno kroz raskrižje. Lijevo skretanje nije moguće zbog jednosmjerne ulice. Ukupan broj vozila je 941, od čega 837 vozila koja idu ravno, te 104 desna skretača u jutarnjem vršnom satu (Tablica 1. i Tablica 2.)

Tablica 1. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – vozila koja idu ravno (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Sjeverni privoz raskrižja	0 - 15'	148	21	5	3	1	4
	15 - 30'	192	11	1	8	6	4
	30 - 45'	202	10	1	5	0	6
	45 - 60'	205	8	5	3	2	8
	Ukupno	747	50	12	19	9	22
	EJA	747	75	24	38	6,3	0
Sveukupno vozila	837						
Sveukupno EJA	890,3						

Tablica 2. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – desni skretači (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Sjeverni privoz raskrižja	0 - 15'	22	0	0	0	0	3
	15 - 30'	23	1	0	0	0	5
	30 - 45'	25	0	0	0	0	20
	45 - 60'	33	0	0	0	0	21
	Ukupno	103	1	0	0	0	49
	EJA	103	1,5	0	0	0	0
Sveukupno vozila	104						
Sveukupno EJA	104,5						

Brojač broj 2 nalazio se s desne strane Ulice Stjepana Nežića i brojao je vozila koja idu ravno, desno i lijevo. Rezultati su prikazani u Tablicama 3., 4. i 5. Najveći broj vozila je koji skreću desno prema Zagrebu 187 motornih vozila, potom lijevih skretača 23 i 4 vozila koja idu ravno.

Tablica 3. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – desni skretači (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Istočni privoz raskrižja	0 - 15'	29	0	0	0	0	1
	15 - 30'	42	6	0	0	1	0
	30 - 45'	37	2	0	0	3	0
	45 - 60'	64	1	2	0	0	0
	Ukupno	172	9	2	0	4	1
	EJA	172	13,5	4	0	2,8	0
Sveukupno vozila	187						
Sveukupno EJA	192,3						

Tablica 4. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – lijevi skretači (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Istočni privoz raskrižja	0 - 15'	7	0	1	0	0	0
	15 - 30'	8	0	0	0	0	3
	30 - 45'	2	0	0	0	0	0
	45 - 60'	3	0	0	0	2	4
	Ukupno	20	0	1	0	2	7
	EJA	20	0	2	0	1,4	0
Sveukupno vozila	23						
Sveukupno EJA	23,4						

Tablica 5. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – vozila koja idu ravno (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Istočni privoz raskrižja	0 - 15'	0	0	0	0	0	0
	15 - 30'	1	0	0	0	0	0
	30 - 45'	0	0	0	0	0	0
	45 - 60'	2	0	1	0	0	0
	Ukupno	3	0	1	0	0	0
	EJA	3	0	2	0	0	0
Sveukupno vozila	4						
Sveukupno EJA	5						

Brojačko mjesto 3 nalazilo se na južnom privozu Avenije Većeslava Holjevca. Brojana su vozila koja skreću lijevo i vozila koja nastavljaju ravno. Desno skretanje u Nežićevu ulicu nije moguće jer je ta ulica jednosmjerna. Ukupno je izbrojano 786 vozila. Od čega je 52 lijeva skretača i 734 vozila koja idu ravno i prolaze kroz raskrižje. Rezultati su prikazani u Tablicama 6. i 7.

Tablica 6. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – vozila koja idu ravno (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Južni privoz raskrižja	0 - 15'	145	4	0	7	1	2
	15 - 30'	207	13	4	4	3	0
	30 - 45'	163	8	2	9	0	3
	45 - 60'	140	16	1	5	2	4
	Ukupno	655	41	7	25	6	9
	EJA	655	61,5	14	50	4,2	0
Sveukupno vozila	734						
Sveukupno EJA	784,7						

Tablica 7. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – lijevi skretači (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Južni privoz raskrižja	0 - 15'	11	0	0	0	0	4
	15 - 30'	12	0	0	0	0	3
	30 - 45'	10	0	0	0	0	15
	45 - 60'	19	0	0	0	0	22
	Ukupno	52	0	0	0	0	44
	EJA	52	0	0	0	0	0
Sveukupno vozila		52					
Sveukupno EJA		52					

U Horvatovoj ulici brojana su vozila koja skreću lijevo i desno. Brojač je u jutarnjem vršnom satu izbrojao 127 vozila, od čega 42 desna skretača i 85 vozila koja skreću lijevo. Iz Tablice 8. i 9. može se vidjeti da je veći broj pješaka koji se kreću desno iz Horvatove ulice, a razlog tomu je autobusno ugibaldište na južnom privozu Avenije Većeslava Holjevca.

Tablica 8. Rezultati brojanja prometa u Horvatovoj ulici – desni skretači (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Zapadni privoz raskrižja	0 - 15'	6	0	0	0	0	4
	15 - 30'	7	0	0	0	0	0
	30 - 45'	13	1	0	0	0	7
	45 - 60'	15	0	0	0	0	13
	Ukupno	41	1	0	0	0	24
	EJA	41	1,5	0	0	0	0
Sveukupno vozila		42					
Sveukupno EJA		42,5					

Tablica 9. Rezultati brojanja prometa u Horvatovoj ulici – lijevi skretači (07:00 – 08:00h)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Zapadni privoz raskrižja	0 - 15'	14	1	0	0	2	1
	15 - 30'	11	0	0	0	0	0
	30 - 45'	21	1	0	0	4	2
	45 - 60'	28	0	0	0	3	5
	Ukupno	74	2	0	0	9	8
	EJA	74	3	0	0	6,3	0
Sveukupno vozila		85					
Sveukupno EJA		83,3					

Brojanje je provedeno i izvan vršnog razdoblja na isti način i datum kako je prethodno prikazano. Brojanje je se provodilo u razdoblju od 11:00 do 12:00 sati.

Ukupan broj vozila izbrojanih u izvan vršnom razdoblju na sjevernom privozu Avenije Većeslava Holjevca iznosi 681 vozilo. Od ukupnog broja 623 su vozila koja idu ravno, a 58 vozila skreće desno. Rezultati su prikazani u Tablici 10. i 11.

Tablica 10. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – vozila koja idu ravno (11:00 – 12:00)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Sjeverni privoz raskrižja	0 - 15'	151	16	1	2	1	4
	15 - 30'	140	11	2	2	0	5
	30 - 45'	133	12	0	3	1	4
	45 - 60'	135	8	2	1	2	3
	Ukupno	559	47	5	8	4	16
	EJA	559	70,5	10	16	2,8	0
Sveukupno vozila	623						
Sveukupno EJA	658,3						

Tablica 11. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – desni skretači (11:00 – 12:00)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Sjeverni privoz raskrižja	0 - 15'	17	2	0	0	0	2
	15 - 30'	11	0	0	0	0	5
	30 - 45'	14	1	0	0	0	0
	45 - 60'	13	0	0	0	0	2
	Ukupno	55	3	0	0	0	9
	EJA	55	4,5	0	0	0	0
Sveukupno vozila	58						
Sveukupno EJA	59,5						

Na brojačkom mjestu 2, brojač je brojao vozila koja izlaze iz ulice Stjepana Nežića, a rezultati su prikazani u Tablicama 12., 13. i 14. Ukupan broj vozila je 124, od čega najviše vozila koja idu desno u smjeru Zagrebu (97), manje je lijevih skretača (20) i samo 7 vozila koja idu ravno u Horvatu ulicu.

Tablica 12. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – desni skretači (11:00 – 12:00)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Istočni privoz raskrižja	0 - 15'	27	3	0	0	0	2
	15 - 30'	22	3	0	0	0	0
	30 - 45'	24	1	0	0	0	0
	45 - 60'	15	2	0	0	0	0
	Ukupno	88	9	0	0	0	2
	EJA	88	13,5	0	0	0	0
Sveukupno vozila	97						
Sveukupno EJA	101,5						

Tablica 13. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – lijevi skretači (11:00 – 12:00)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Istočni privoz raskrižja	0 - 15'	2	0	0	0	0	4
	15 - 30'	5	1	0	0	0	2
	30 - 45'	6	0	0	0	0	2
	45 - 60'	4	2	0	0	0	5
	Ukupno	17	3	0	0	0	13
	EJA	17	4,5	0	0	0	0
Sveukupno vozila	20						
Sveukupno EJA	21,5						

Tablica 14. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – vozila koja idu ravno (11:00 – 12:00)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Istočni privoz raskrižja	0 - 15'	2	0	0	0	0	0
	15 - 30'	0	0	0	0	0	0
	30 - 45'	3	0	0	0	0	0
	45 - 60'	1	1	0	0	0	0
	Ukupno	6	1	0	0	0	0
	EJA	6	1,5	0	0	0	0
Sveukupno vozila	7						
Sveukupno EJA	7,5						

U razdoblju od 11:00 do 12:00 sati na brojačkom mjestu 3, brojač je brojao vozila koja prolaze Avenijom Većeslava Holjevca, smjer jug – sjever. Ukupan je prošlo 409 vozila, od kojih su 389 vozila koja idu ravno a 20 lijevih skretača. Brojanje je prikazano u Tablicama 15. i 16.

Tablica 15. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – vozila koja idu ravno (11:00 – 12:00)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Južni privoz raskrižja	0 - 15'	97	7	3	2	1	1
	15 - 30'	85	6	3	1	2	2
	30 - 45'	78	9	2	2	0	1
	45 - 60'	80	6	3	2	0	0
	Ukupno	340	28	11	7	3	4
	EJA	340	42	22	14	2,1	0
Sveukupno vozila	389						
Sveukupno EJA	420,1						

Tablica 16. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – lijevi skretači (11:00 – 12:00)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Južni privoz raskrižja	0 - 15'	4	0	0	0	0	4
	15 - 30'	5	1	0	0	0	5
	30 - 45'	4	0	0	0	0	7
	45 - 60'	6	0	0	0	0	4
	Ukupno	19	1	0	0	0	20
	EJA	19	1,5	0	0	0	0
Sveukupno vozila	20						
Sveukupno EJA	20,5						

U Horvatoj ulici brojač je brojao vozila koja idu lijevo prema Zagrebu i desno prema Velikoj Gorici. Najveći broj vozila je koji idu lijevo, njih 48, a vozila koja idu desno je 29, što se može vidjeti u Tablicama 17. i 18.

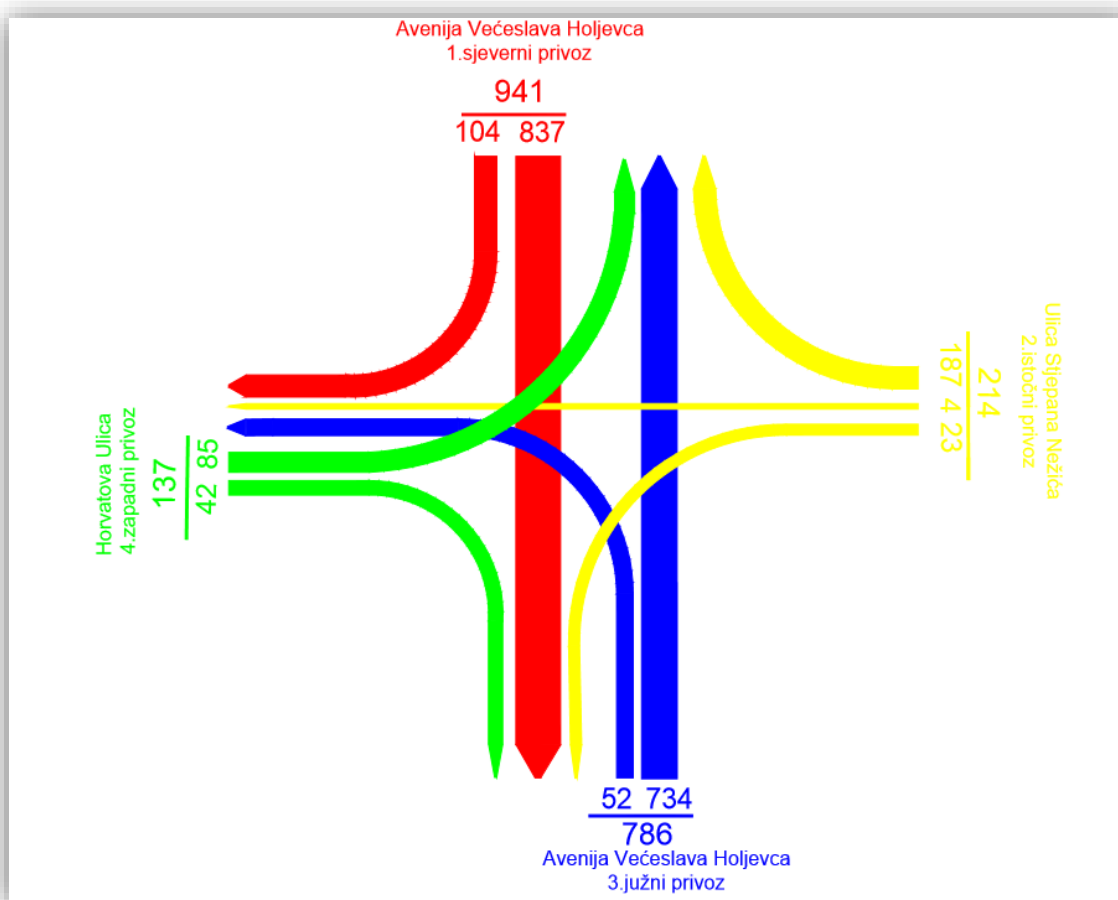
Tablica 17. Rezultati brojanja prometa u Horvatoj ulici – desni skretači (11:00 – 12:00)

Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Zapadni privoz raskrižja	0 - 15'	7	1	0	0	0	2
	15 - 30'	8	0	0	0	1	0
	30 - 45'	4	0	0	0	0	0
	45 - 60'	6	2	0	0	0	3
	Ukupno	25	3	0	0	1	5
	EJA	25	4,5	0	0	0,7	0
Sveukupno vozila	29						
Sveukupno EJA	30,2						

Tablica 18. Rezultati brojanja prometa u Horvatoj ulici – lijevi skretači (11:00 – 12:00)

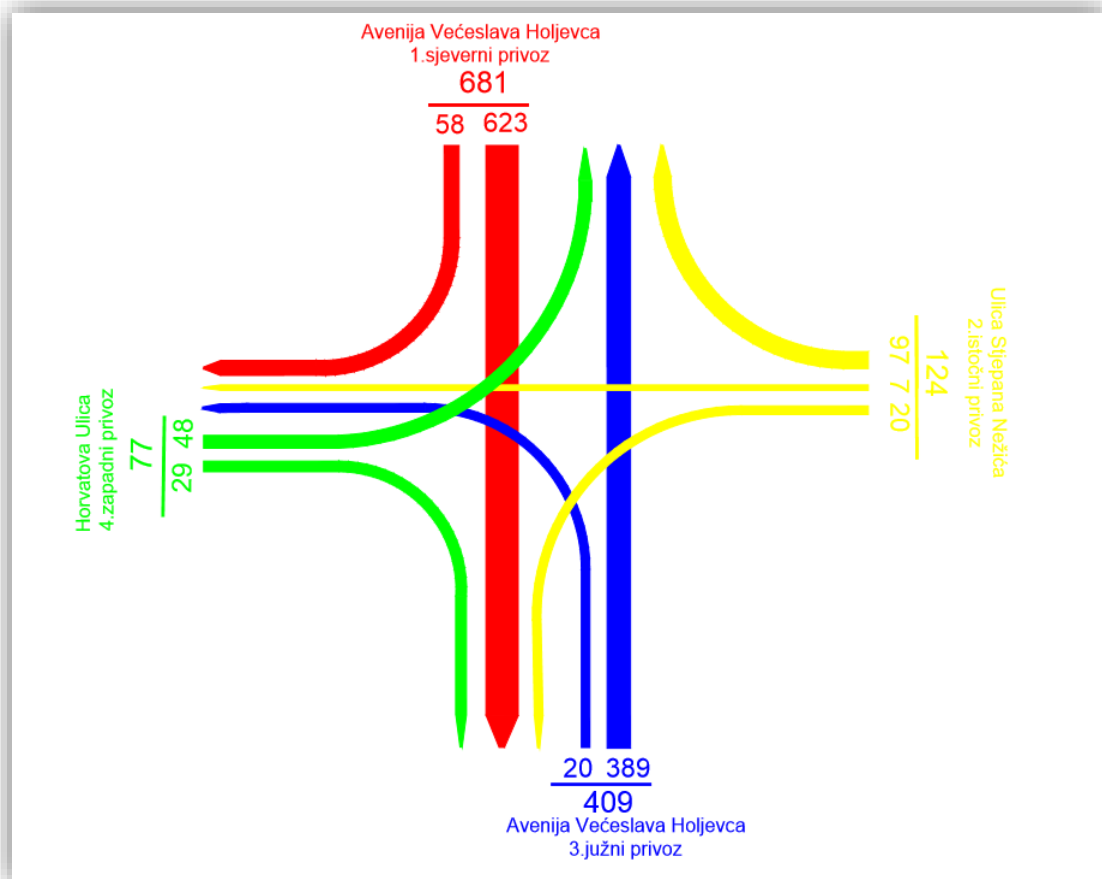
Smjer	15' int	Osobni automobili	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli	Pješaci
Zapadni privoz raskrižja	0 - 15'	11	3	0	0	1	4
	15 - 30'	10	0	0	0	0	2
	30 - 45'	13	1	0	0	0	1
	45 - 60'	9	0	0	0	0	0
	Ukupno	43	4	0	0	1	7
	EJA	43	6	0	0	0,7	0
Sveukupno vozila	48						
Sveukupno EJA	49,7						

Prometno opterećenje analiziranog raskrižja utvrđeno je brojanjem, te je prikazano grafički na Slici 8. i Slici 9. Iz prikazanog grafa može se zaključiti da je najveće opterećenje u jutarnjem vršnom satu na Aveniji Većeslava Holjevca.



Slika 8. Grafički prikaz prometnog opterećenja prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu (07:00 – 08:00)

U izvan vršnom periodu brojanja (11:00 – 12:00) što je grafički prikazano na Slici 9., vidljivo je smanjenje prometa na svim privozima. Smanjenje je posebno izraženo na istočnom i zapadnom privozu, gdje promet pada u prosjeku oko 50%. Na južnom privozu došlo je do smanjenja prometa od 40% u odnosu na jutarnji vršni period, dok je na sjevernom privozu vidljivo smanjenje od 260 vozila (30%).



Slika 9. Grafički prikaz prometnog opterećenja prometnih tokova izvan vršnog perioda (11:00 – 12:00)

3. PRIJEDLOG NOVIH RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA

Raskrižje se može definirati kao točka u cestovnoj mreži kojom se povezuju dvije ili više cesta, a prometni tokovi spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću. Osnovna podjela raskrižja je prema obliku, pa tako postoje raskrižje u jednoj razini, raskrižje u više razina, raskrižje s kružnim tokom prometa i kombinirano raskrižje [3]. Također raskrižja se mogu podijeliti prema položaju (izvan ili unutar naselja), funkciji raskrižja (povezivanje, pristupanje, priključivanje) ili prostornoj izgrađenosti (neizgrađeno, predviđeno za izgradnju ili izgrađeno). Raskrižja u razini predstavljaju najkritičnija mjesta cestovnog sustava, a naročito u mreži gradskih i prigradskih cesta i ulica gdje uvjetuju kapacitet dionica te često predstavljaju "usko grlo" čitavog sustava. Pravilan izbor tipa kontrole uz optimalno građevinsko - prometno oblikovanje raskrižja predstavlja preduvjet da cjelokupni cestovni sustav funkcionira na odgovarajućoj kvalitativnoj razini.

Svako cestovno raskrižje mora zadovoljiti 4 načela optimalnosti [4]:

- Minimum investicija u izgradnji – podrazumijeva izbor rješenja koje će minimizirati troškove izgradnje ili rekonstrukcije raskrižja u odnosu na očekivane učinke
- Maksimum funkcionalnosti u korištenju – visoka razina sigurnosti i kvalitete odvijanja prometa
- Maksimum prikladnosti u održavanju – mogućnost održavanja prometnice bez ometanja prometnog toka i narušavanja sigurnosti
- Maksimum izvodljivosti u rekonstrukciji – podrazumijeva mogućnost prilagodbe prometnog objekta novim zahtjevima u pogledu organizacije i regulacije prometa

Osnovni uvjeti kojima raskrižje mora udovoljavati su dobra preglednost, osvjetljenje i odgovarajuća kvalitetna signalizacija, kako bi vozač mogao pravodobno procijeniti prometnu situaciju, te prilagoditi način i brzinu vožnje. Također raskrižje mora biti projektirano na način da vozačima omogući pravilno, jednoznačno određeno usmjeravanje, odnosno uključivanje i isključivanje iz glavnog toka. To se može postići izgradnjom otoka, postavljanjem znakova prednosti i znakova sporedne ceste, poljima za usmjeravanje prometa i ostalom horizontalnom, vertikalnom i svjetlosnom signalizacijom te osiguranjem preglednosti uklanjanjem prepreka [3]. Prilikom odabira mjesta i načina rješavanja raskrižja potrebno je obratiti veliku pozornost, jer svako raskrižje ako se nepravilno projektira i oblikuje može postati veliki problem za sigurnost prometa. Na raskrižjima se pojavljuju konfliktne radnje koje ne postoje na otvorenim dionicama cestovne mreže, kao što su uplitanje, isplitanje i križanje. Stoga izboru tipa i oblikovanju raskrižja treba prethoditi detaljna analiza i usporedba alternativnih mogućnosti izvedbe.

Zahtjevi u pogledu oblikovnosti i uporabe raskrižja trebaju se preispitati uz pomoć osnovnih (ciljnih) mjerila [3]:

1. Sigurnost prometa

Za raskrižje se može reći da udovoljava uvjetima sigurne vožnje ako je u cjelosti ili pretežito omogućena pravovremena prepoznatljivost sa svih privoza, preglednost raskrižja, shvatljivost i dostatna provoznost. Najviši stupanj sigurnosti prometa potrebno je osigurati ako se raskrižje nalazi u blizini naseljenog mjesta, zbog ostalih ugroženih učesnika u prometu kao što su pješaci, biciklisti.

2. Kvaliteta odvijanja prometa

Kvalitet odvijanja prometa je važno mjerilo, posebno u područjima na cestovnoj mreži gdje je prisutan nemotorizirani promet. Na raskrižjima s pješačkim i biciklističkim prometom dolazi do miješanja nestandardni prometni tokova, pa je veća mogućnost od prometnih konflikata. Na cestama pred naseljima isto tako treba biti osigurana dostatna propusna moć u vršnim opterećenjima bez duljih čekanja, kako na podužnim smjerovima tako i na smjerovima u skretanju. Uz pomoć svjetlosne signalizacije može se, unatoč manjem produljenju čekanja, povećati propusna moć raskrižja.

3. Utjecaj na okolinu i okoliš

Raskrižja se trebaju tako koncipirati da budu što manje štetna za prostor i okoliš, što se često sukobljava s cijenom izvedbe, odnosno ekonomičnošću rješenja. Koliki je utjecaj raskrižja na okoliš može se procijeniti uz pomoć nekoliko kriterija. Prvi od kriterija je stupanj narušavanja krajolika. U sklopu tog kriterija prilikom lociranja i oblikovanja raskrižja vrijede načela kao što su uvažavanje povijesnih i ambijentalnih vrednota, nastojanje što kvalitetnijeg uklapanja građevina u sklopu raskrižja u okolinu, ozelenjivanje površine raskrižja, te racionalno postavljanje vertikalne i horizontalne signalizacije. Drugi kriterij je smanjenje buke i onečišćenja zraka, što se može postići ujednačavanjem brzine vožnje, usklađivanjem rada semafora sa prometnom potražnjom i izborom zastora sa dobrom hvatljivosti i minimalnom proizvodnjom buke. Treći kriterij je reguliranje okupiranosti i razdvajanja površine zemljišta, što je moguće postići racionalnim odnosim prostornog zauzeća i uporabne komponente rješenja.

4. Ekonomičnost rješenja

Svako prometno rješenje ograničeno je ekonomskim kriterijem. Tako da je prije odabira rješenja, potrebno provesti usporedbu i procjenjivanje varijanti raskrižja putem izjednačavanja i vrednovanja troškova izgradnje i troškova korisnika. Elementi za postupak vrednovanja su troškovi građenja i održavanja raskrižja, vremenski gubitci i eksploatacijski troškovi vozila, troškovi prometnih nesreća. Budući da se uvijek treba zahtijevati dostatna sigurnost rješenja, neophodno je odrediti odnos troškova i prometno-sigurnosne komponente. Veličina investicije i minimizacija korištenja zemljišta vrlo često su odlučne u izboru projektnog rješenja raskrižja.

S obzirom na sve navedeno, može se zaključiti da na analiziranom raskrižju postoji veliki broj problema:

- Nedostatak horizontalne signalizacije na sporednim privozima i dotrajala horizontalna signalizacija na glavnim privozima
- Nedostatak semaforских uređaja na sporednim privozima
- Loša i dotrajala vertikalna signalizacija na sporednim privozima
- Autobusno ugibalište na sjevernom privozu Avenije Većeslava Holjevca
- Nastavak pješačkog i biciklističkog kolnika prema sporednim privozima

U daljnjem nastavku rada predložit će se tri varijantna rješenja za rekonstrukciju raskrižja:

- Varijanta I – postavljanje lanterni na sporedne privoze i obnova horizontalne i vertikalne signalizacije
- Varijanta II – potpuna rekonstrukcija raskrižja s posebnim trakom za lijevo skretanje i ugibalištem za autobuse
- Varijanta III – raskrižje s kružnim tokom prometa i autobusnim ugibalištem

3.1. Varijanta I

Analizirano raskrižje Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića specifično je zbog položaja semafora samo na glavnom privozu (Aveniji Većeslava Holjevca), dok se vozila sa sporednih privoza uključuju u promet nakon paljenja crvenog svjetla ostalim sudionicima u prometu. Kao prijedlog prve varijante razmatra se nadogradnja postojećeg stanja dodatnom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom, lanternama na sporednim privozima i nastavak kolnika za pješake i bicikliste u Horvatoj ulici i Ulici Stjepana Nežića.

Pri postavljanju vertikalne signalizacije treba obratiti pozornost da se ne postavi veliki broj prometnih znakova što može zbuniti vozače. Prometni znakovi moraju biti jednoliki, jasni i vidljivi. Jednolikost znakova postiže se dosljednim proučavanjem prometne situacije. Jasnoća znakova ovisi o veličini, boji i natpisu. U vertikalnu signalizaciju spadaju znakovi opasnosti, znakovi izričitih naredbi, znakovi obavijesti, dopunske ploče, ostali znakovi i oznake.

U horizontalnu signalizaciju spadaju oznake na kolniku. Dije se na uzdužne oznake, poprečne oznake, ostale oznake na kolniku i predmeti uz rub kolnika. Kvaliteta i vrijeme trajanja oznaka na kolniku ovisi o kvaliteti materijala od kojeg su izrađene. Kako bi bile vidljive u svim uvjetima moraju biti propisane veličine i boje.

Analizirano raskrižje djelomično je upravljano prometnim svjetlima na Aveniji Većeslava Holjevca, što je i glavni privoz raskrižja. U prvoj varijanti (Slika 10.) predlaže se dodavanje lanterni za vozila i pješake na sporednim privozima, kako bi raskrižje bilo u potpunosti bilo upravljano prometnim svjetlima.

Semaforizirano raskrižje omogućuje kontroliranje broja vozila koji ulaze u raskrižje. Za semaforizirano raskrižje najvažniji su pojmovi ciklusa i faze. Ciklus se dijeli na faze, a svaka faza se sastoji od zelenog i zaštitnog vremena. Zato je osnovna zadaća semaforizacije određivanje tri vremenske veličine: ciklusa, zelenih vremena i zaštitnih vremena [4].

Prednosti semafora koji su ispravno postavljeni, programirani i održavani su [4]:

- Omogućuju sporednim tokovima vozila i pješaka da pređu prometnicu
- Mogu biti koordinirani što omogućuje gotovo kontinuiran tok u prioritetnom smjeru zadanom brzinom
- Omogućuju pravilno hijerarhijsko kretanje prometnih tokova
- Smanjuju učestalost i ozbiljnost posljedica određenih sudara, naročito sudara pod pravim kutom (bočni sudar)
- Povećavaju kapacitet raskrižja u slučaju kada su postavljeni na pravim lokacijama s odgovarajućim geometrijama raskrižja

Nedostaci primjene upravljanja prometnim svjetlima pojavljuju se pri neadekvatnoj izradi signalnih planova i geometrije raskrižja, što značajno umanjuje prednosti primjene upravljanja prometnim svjetlima, te može uzrokovati [4]:

- povećanje vremena čekanja (kašnjenja) na privozima raskrižja
- povećanje nepoštivanja signalnih znakova od strane vozača ili pješaka
- povećanje korištenja manje prihvatljivih ruta putovanja samo kako bi se izbjeglo loše semaforizirano raskrižje
- značajno povećanje učestalosti prometnih nezgoda (posebice naleta na stražnji dio vozila)

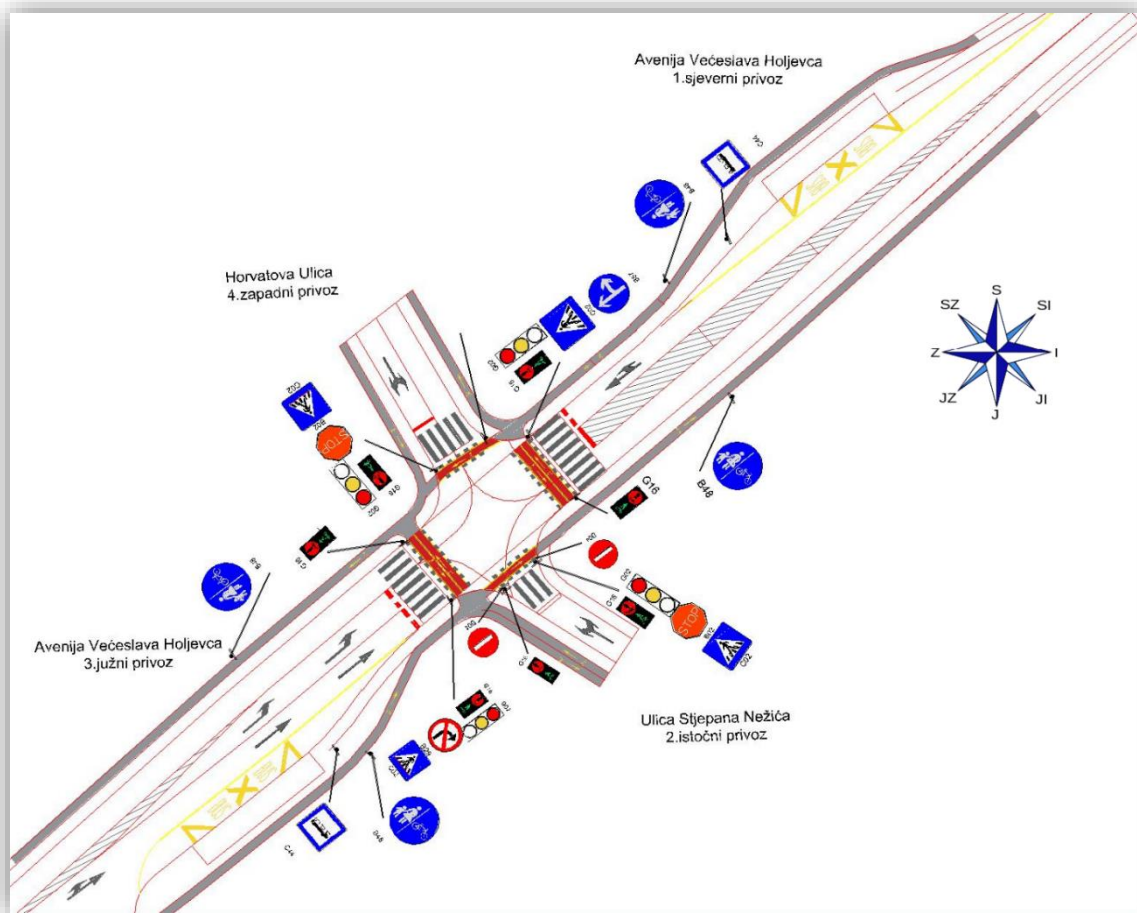
U varijanti I, što je prikazano na Slici 10., dodani su prometni znakovi obavijesti na svim privozima za pješačke i biciklističke staze. Pješački prijelazi na svim krakovima raskrižja uvučeni su 5 metara, kako bi vozilo koje dolazi moglo sačekati prelaz pješaka bez ometanja ostalog prometa. U Horvatoj ulici izrađen je nastavak kolnika za pješake širine 1,5 metra i bicikliste širine 1 metar, sa pripadajućom horizontalnom signalizacijom, koji se nadovezuje u Aveniju Većeslava Holjevca. Također je izrađen pješački prijelaz širine 4 metra i jednosmjerni prijelaz za bicikliste širine 1,8 metara, te su dodane lanterne za vozila s desne strane kolnika i lanterne za pješake s obje strane kolnika. Na južnom dijelu raskrižja obnovljena je horizontalna signalizacija za pješake i bicikliste, te su dodani znakovi obavijesti o pješačkoj i biciklističkoj stazi s obje strane kolnika. Na desnoj strani južnog privoza Avenije Većeslava Holjevca uz kolnik za pješake izrađen je jednosmjerni kolnik za bicikliste (1m). U Ulici Stjepana Nežića izrađen je dvosmjerni kolnik za bicikliste (2m) s lijeve strane kolnika zbog nedostatka prostora na desnoj strani. Na sjevernom privozu Avenije Većeslava Holjevca izrađena je dvosmjerni prijelaz za bicikliste širine 3 metra, te je obnovljena horizontalna signalizacija.

neoznačenom mjestu i smanjene preglednosti za vozače. U slučaju kada se prvo smješta autobusno stajalište s desne strane kolnika, međusobni razmak između krajnjih točaka autobusnih stajališta ne smije biti manji od 50 metara, što je se poštovalo pri projektiranju ovog autobusnog stajališta. Ukupna duljina stajališta ovisi o vrsti autobusa, te je kao mjerodavni uzet zglobni autobus. Ostali elementi za projektiranje i uređenje autobusnog stajališta ovise o dopuštenoj brzini. Za projektiranje ovog stajališta uzeta je brzina od 50km/h. Ukupna duljina stajališta za zglobni autobus pri mjerodavnoj brzini od 50km/h iznosi $L = 68,3$ m. Na sjevernom privozu također su projektirane staze za pješake i bicikliste ukupne širine 3,5m.

U ulici Stjepana Nežića postavljene su lanterne za vozila i pješake, te kolnik za pješake i bicikliste s pripadajućom signalizacijom. Također je izrađen pješački prijelaz širine 4 m (Slika 11.).

Na južnom privozu Avenije Većeslava Holjevca izrađen je trak za lijevo skretanje. Širina traka za lijevo skretanje je 3 m. Trak se sastoji od: duljine traka za postavljanje vozila l_a , duljine traka za usporenje vozila l_v , duljine razvlačenja L_z [4]. Duljina traka za postavljanje određuje se iz duljine repa čekanja pomnoženom sa prosječnom duljinom vozila, te je uzeta za projektiranje minimalna duljina od 6m. Duljina za usporenje l_v ovisi o broju lijevih skretača i brzini vozila, tako da je $l_v = 15$ m. Duljina razvlačenja izvodi se zbog vizualnih razloga, a ovisi o tome radi li se o jednostranom ili obostranom proširenju kolnika. U ovom slučaju izvršeno je obostrano proširenje, pa je se autobusno stajalište moralo izmjestiti u stranu za mjeru izvršenog proširenja. Izrađen je jednosmjerni kolnik za bicikliste s desne strane kolnika, te je obnovljena horizontalna signalizacija.

U Horvatovoj ulici izrađen je kolnik za pješake i bicikliste s obje strane ulice te je izrađen pješački prijelaz. Dodane su lanterne za vozila i pješake, čime je sigurnost podignuta na višu razinu.



Slika 11. Varijanta II izrađena u programskom alatu Autocad

3.3. Varijanta III

U Varijanti III kao idejno rješenje predloženo je raskrižje s kružnim tokom prometa (RKT) Raskrižje s kružnim tokom prometa može se definirati kao prometna građevina, gdje je kretanje vozila određeno središnjim kružnim otokom i kružnim kolnikom, te privozima s razdjelnim otocima i s prometnim znakovima [3]. Ako se raskrižje s kružnim tokom prometa usporedi s klasičnim semaforiziranim i nesemaforiziranim raskrižjima u razini izvedenim u urbanim sredinama može se zaključiti da ako je raskrižje s kružnim tokom prometa pravilno oblikovano i projektirano, znatno doprinosi poboljšanju učinkovitosti, odnosno propusne moći i razine usluge raskrižja. Osim toga, smanjuju ukupno vrijeme putovanja, vrijeme čekanja vozila na raskrižju, duljinu putovanja vozila i potrošnju goriva, te smanjuju štetne utjecaje na okoliš smanjujući ispušne plinove motornih vozila [6].

Posebnosti raskrižja s kružnim tokom prometa [3]:

- Raskrižja s kombinacijom prekinutog i neprekinutog prometnog toka
- Vozilo na ulazu u raskrižje s kružnim tokom prometa u slučaju slobodnog kružnog toka ne treba zaustavljati već smanjenom brzinom može ući u kružni tok
- Prvenstvo prolaza imaju vozila u kružnom toku pred vozilima na prilazima/privozima budući da ovdje ne vrijedi „pravilo desnoga“
- Dugim vozilima je tijekom vožnje dopušteno koristiti i prošireni dio kružnog kolničkog traka
- Za pješake i bicikliste vrijede jednaka pravila kao i za druge oblike raskrižja u razini

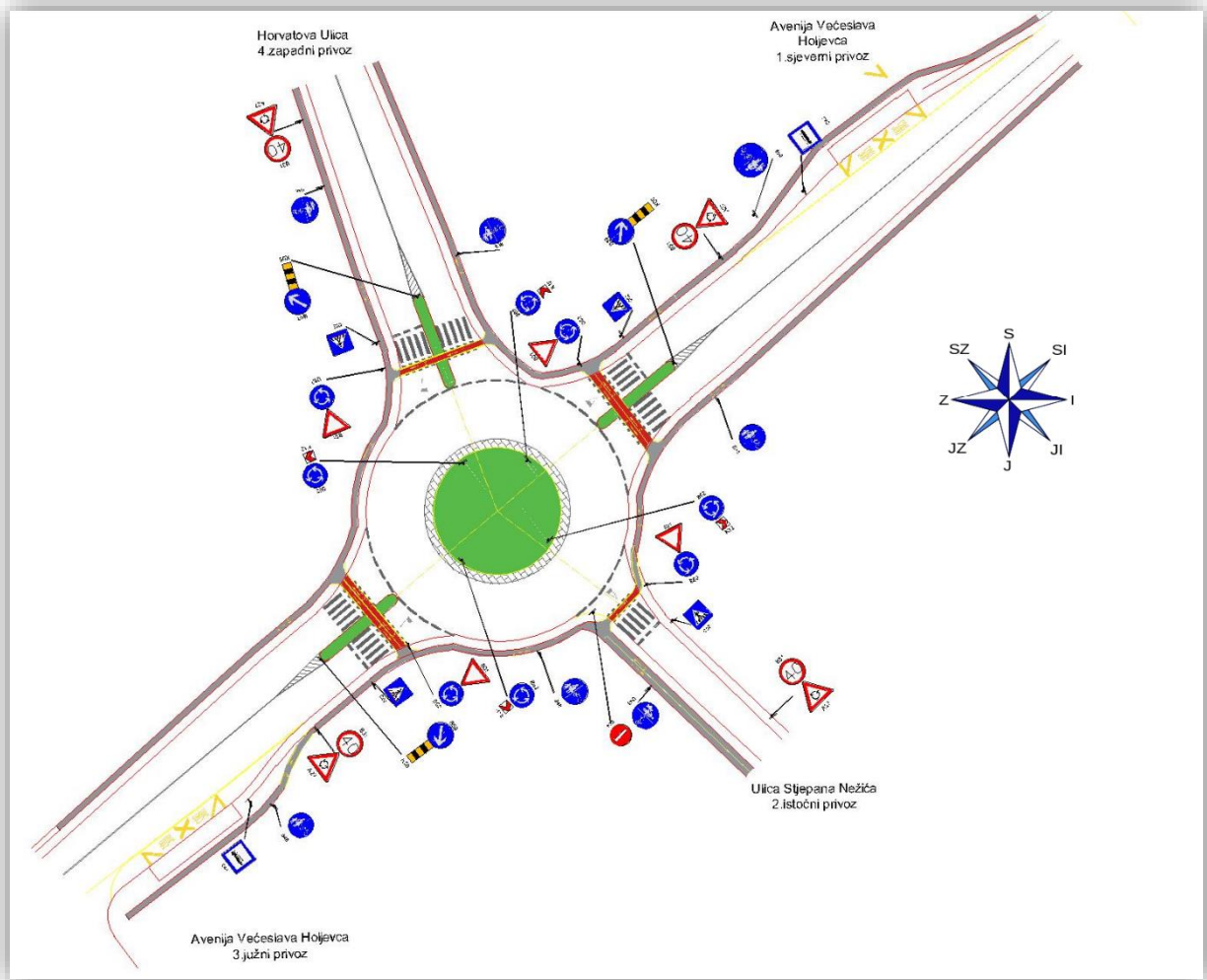
Prednosti kružnih raskrižja [3]:

- veća sigurnost prometa zbog manjeg broja konfliktnih točaka od klasičnog raskrižja,
- smanjena brzina vožnje kroz kružni tok,
- manje posljedice prometnih nezgoda
- dobro rješenje za smirivanje prometa u urbanim sredinama
- kraće vrijeme čekanja na privozima i mogućnost propuštanja jačih prometnih tokova
- manje buke i emisije ispušnih plinova te zauzimanje manjeg prostora i troškova održavanja
- dobro rješenje za raskrižja s više privoza (pet ili više) te približno jednakim opterećenjem na glavnom i sporednom smjeru.

Nedostaci kružnih raskrižja [3]:

- povećanjem broja trakova u kružnom toku smanjuje se prometna sigurnost
- višetračno raskrižje nije prikladno rješenje pred institucijama za invalide, slijepe i slabovidne osobe
- slabo rješenje kod velikog broja lijevih skretača
- nije prikladno u područjima sa velikim brojem pješaka i biciklista

U trećem varijantnom idejnom rješenju predloženo je srednje jednotračno raskrižje s kružnim tokom prometa (Slika 12.). Kao mjerodavno vozilo uzet je kamion s prikolicom. Vanjski polumjer raskrižja iznosi $R_v = 22,53\text{m}$. Širina kružnog kolnika je 10m. Razdjelni otok je izveden duljine 15m i širine 2m. Širina kolnika ulaznog privoza je 5m, a izlaznog kolnika iznosi 5,5 metara. Polumjer središnjeg kružnog otoka iznosi 12,5 metara.



Slika 12. Varijanta III izrađena u programskom alatu Autocad

4. SWOT ANALIZA PREDLOŽENIH VARIJANATA RJEŠENJA

4.1. Osnovne značajke SWOT analize

SWOT² analiza je jedna od najjednostavnijih metoda pomoću koje se ocjenjuje odabrana strategija, a uključuje četiri ključna faktora: snage (strengths), slabosti (weakness), šanse (opportunities) i prijetnje (threats). Pomoću metode SWOT analize vrši se analiza čimbenika koji određuju snagu predmeta analize, slabosti, neiskorištene prilike i moguće prijetnje, a njihova kritična analiza daje osnovu za izradu strategije [7]. Četiri elementa od kojih se sastoji metoda SWOT analize podrazumijevaju slijedeće:

- "S" - Strengths – snage predstavljaju unutarnja svojstva. To su pozitivne okolnosti koje koje organizacija posjeduje i one omogućuju ostvarivanje ciljeva organizacije.
- "W" – Weaknesses – slabosti su unutarnja svojstva koja smanjuju konkurentnu sposobnost i uspješnost, odnosno značajno ometaju ili u potpunosti onemogućuju ostvarivanje utvrđenih ciljeva
- "O" – Opportunities – prilike su postojeći ili budući uvjeti i promjene u okolini koje predmetni subjekt može trenutno ili u budućnosti iskoristiti u svrhu poboljšanja svoje konkurentnosti ili uspješnosti. Odnosno to su vanjski čimbenici koji pomažu u ostvarivanju zadanih ciljeva.
- "T" – Threats – prijetnje su vanjski čimbenici koji imaju ili će u budućnosti imati negativan utjecaj na konkurentnost i uspješnost projekta [7]

Osnovni cilj SWOT analize je identificiranje navedenih čimbenika, utvrđivanje daljnjeg smjera planirane akcije i na kraju razvijanje strategije sustava kako bi se potaklo korištenje snaga, eliminirale slabosti, iskoristile prilike i smanjio utjecaj prijetnji. Strategije SWOT matrice prikazane su u Tablici 19.

² engl. SWOT analysis - ("S" - Strengths, "W" - Weaknesses, "O" - Opportunities, "T" - Threats)

Tablica 19. Strategije SWOT matrice [7]

Unutarnji čimbenici	SNAGE (S) snage u menadžmentu, operacijama, financijama, marketingu, istraživanju i razvitku, konstrukciji	SLABOSTI (W) slabosti u područjima prikazanim u polju "snage"
PRILIKE (O) sadašnji i budući ekonomski uvjeti, političke i društvene promjene, novi proizvodi, usluge tehnologija (vodeći računa i o rizicima)	S – O Strategija potencijalno najuspješnija strategija, uporaba snaga organizacije da bi se iskoristile prilike	W – O Strategija razvojna strategija prevladavanja slabosti u cilju iskorištavanja prilika
PRIJETNJE (T) nedostatak energije, konkurencija i područja slična onima u prethodnom polju prilika	S – T Strategija uporaba snaga da bi se nosilo s prijetnjama ili ih se izbjeglo	W – T Strategija smanjivanje opsega poslovanja, likvidacija ili zajednički pothvat

Kao suvremeno sredstvo za analizu prilika i prijetnji u vanjskom, te njihovih veza sa unutarnjim slabostima i snagama predmeta koristi se SWOT matrica. Pomoću SWOT matrice u dvodimenzionalnom obliku u nastavku rada prikazati će se povezanost unutarnjih (snage, slabosti) i vanjskih (prilike, prijetnje) čimbenika predloženih varijantnih rješenja.

4.2. SWOT matrica Varijante I

U Tablici 20. prikazane su snage, slabosti, prilike i prijetnje za varijantno rješenje I raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića. Najveća snaga Varijante I je minimalno ulaganje, što je vrijeme financijske krize najveća prednost. Minimalno ulaganje uvijek ima slabosti, što je u ovom slučaju smanjena sigurnost korisnika javnog gradskog prijevoza, zagušenje prometa u vršnim periodima te veća razina buke. Kao najveća prilika u Varijanti I može se navesti lakše uključivanje vozila sa sporednog privoza i minimalno narušavanje okoliša. Glavne prijetnje Varijante I je opasnost od prometnih nesreća zbog nepoštivanja ograničenja brzine i crvenog prometnog svjetla u noćnim satima.

Tablica 20. SWOT matrica Varijante I

SNAGE	SLABOSTI
<ul style="list-style-type: none"> • Povećanje sigurnosti motornog prometa • Povećanje sigurnosti pješaka • Minimalno ulaganje • Korištenje već postojeće infrastrukture 	<ul style="list-style-type: none"> • Zagušenje prometa u vršnim periodima • Nedostatak ugibališta za autobuse • Smanjena sigurnost korisnika JGP • Veća razina štetnih ispušnih plinova • Veća razina buke
PRILIKE	PRIJETNJE
<ul style="list-style-type: none"> • Lakše uključivanje vozila u promet sa sporednog privoza • Nema narušavanja okoliša • Nije potreban otkup zemljišta 	<ul style="list-style-type: none"> • Opasnost od prometnih nesreća zbog povećane brzine kretanja • Nepoštivanje crvenog prometnog svjetla noću prilikom manjeg inteziteta prometa

4.3. SWOT matrica Varijante II

SWOT matrica za Varijantu II, raskrižje upravljano prometnim svjetlima s dodatnim trakom za lijevo, prikazana je u Tablici 21. Glavna snaga Varijante II je povećanje propusne moći na glavnom privozu u vršnim satima i povećanje sigurnosti odvijanja prometa pješaka, biciklista i vozila. Slabost predstavljaju povećana razina buke i visoki troškovi investicije i održavanja. Prilike koje se mogu iskoristiti provođenjem Varijante II su povećanje sigurnosti lijevih skretača na glavnom privozu i lakše uključivanje u promet sa sporednog privoza. Glavne prijetnje Varijante II su otkup zemljišta, narušavanje okoliša i smanjena sigurnost zbog povećane brzine kretanja.

Tablica 21. SWOT matrica Varijante II

SNAGE	SLABOSTI
<ul style="list-style-type: none"> • Smanjenje zagušenja • Povećanje propusne moći • Povećanje sigurnosti pješaka i biciklista • Povećanje sigurnosti motornog prometa • Veća sigurnost korisnika JGP 	<ul style="list-style-type: none"> • Visoka ulaganja u rekonstrukciju • Veći troškovi održavanja • Veća razina buke • Veća razina štetnih ispušnih plinova
PRILIKE	PRIJETNJE
<ul style="list-style-type: none"> • Lakše uključivanje u promet sa sporednog privoza • Povećanje sigurnosti lijevih skretača na glavnom privozu • Sprječavanje parkiranja vozila uz prometnicu 	<ul style="list-style-type: none"> • Potreban otkup zemljišta • Narušavanje okoliša • Opasnost od prometnih nesreća zbog povećane brzine kretanja • Nepoštivanje crvenog prometnog svjetla noću prilikom manjeg inteziteta prometa

4.4. SWOT matrica Varijante III

U Tablici 22. prikazana je SWOT matrica jednotračnog raskrižja s kružnim tokom prometa, izgrađenim ugibalištem za autobuse i kolnikom za pješake i bicikliste. Snage raskrižja s kružnim tokom prometa su veća sigurnost prometa zbog smanjenja brzine kretanja i konfliktnih točaka, a samim time i smanjenje buke. Slabosti predstavljaju visoki troškovi investicije, kao što su troškovi izgradnje i otkupa zemljišta. Prilike koje se mogu iskoristiti izgradnjom Varijante III su smanjenje brzine kretanja vozila, dobro uklapanje u okoliš i kraće vrijeme čekanja na privozima. Najveća prijetnja raskrižja s kružnim tokom prometa je ako dođe do porasta lijevih skretača, te pješaka i biciklista, čime se smanjuje efikasnost i propusnost.

Tablica 22. SWOT matrica Varijante III

<p style="text-align: center;">SNAGE</p> <ul style="list-style-type: none">• Veća propusna moć raskrižja• Veća sigurnost prometa• Manji broj konfliktnih točaka• Manja razina štetnih ispušnih plinova• Manja buka	<p style="text-align: center;">SLABOSTI</p> <ul style="list-style-type: none">• Visoki troškovi izgradnje• Visoki troškovi otkupa zemljišta• Zauzeće velike površine za izgradnju• Dulja putanja pješaka i biciklista
<p style="text-align: center;">PRILIKE</p> <ul style="list-style-type: none">• Smanjenje brzine kretanja vozila• Smirivanje prometa• Kraće vrijeme čekanja na privozima• Mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor	<p style="text-align: center;">PRIJETNJE</p> <ul style="list-style-type: none">• Povećanje broja biciklista i pješaka na raskrižju• Povećanje lijevih skretača• Nije najpogodnije za osobe s posebnim potrebama

5. VREDNOVANJE VARIJANATA PRIMJENOM AHP METODE

Metoda Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP metoda)³, jedna je od metoda višekriterijske analize. Ovom metodom u radu će se navedene varijante rekonstrukcije raskrižja. Višekriterijsko odlučivanje predstavlja proces optimizacije jedne ili više funkcija cilja na skupu mogućih rješenja. Ono podrazumijeva postojanje više kriterija za odlučivanje, više varijanti za izbor i proces izbora jedne konačne varijante [7].

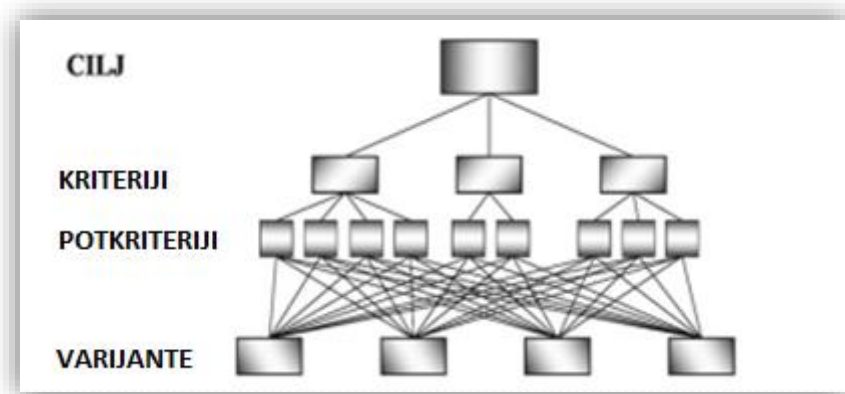
Višekriterijsko odlučivanje dijeli se na višeciljno odlučivanje i višekriterijsku analizu odnosno višeatributivno odlučivanje. AHP metoda je jedna od najpoznatijih i najčešće korištenih metoda donošenja odluke, odnosno metoda za višekriterijsku analizu te se koristi u cilju rješavanja kompleksnih problema odlučivanja, kada postoji veći broj kriterija. Osnovna prednost ove metode je prilagodba donositelja odluke vezano za broj atributa, odnosno kriterija i varijanti o kojima se istovremeno odlučuje, a moguće ih je opisati kvalitativno i kvantitativno [7].

Rješavanje problema pomoću AHP metode sastoji se od četiri dijela [7]:

- Strukturiranje problema
- Prikupljanje podataka
- Ocjenjivanje relativnih težina
- Određivanje rješenja problema

Rješavanje složenih problema odlučivanja uz pomoć ove metode temelji se na njihovom rastavljanju na niz manjih i lakše rješivih problema koji se nakon toga hijerarhijski rangiraju. Problem se rastavlja na tri komponente: cilj, kriteriji i varijante. U osnovi, radi se o hijerarhijskoj strukturi (Slika 13.) prema kojoj je u samom vrhu cilj, na prvoj razini ispod su kriteriji, na slijedećoj razini potkriteriji, itd. Na donjoj razini hijerarhijske strukture nalaze se varijante. Nakon strukturiranja problema slijedi usporedba parova atributa na svakoj hijerarhijskoj razini.

³ AHP engl. – Analytic Hierarchy Process



Slika 13. Hijerarhijska struktura AHP modela [7]

Usporedba parova atributa provodi se Saatyevom omjernom skalom koja ima pet stupnjeva inteziteta i četiri međustupnja što je prikazano u Tablici 23. Svakom od njih odgovara vrijednosni sud o tome koliko se puta veća prednost daje jednoj alternativu u odnosu na drugu, a pri uspoređivanju kriterija koliko je puta jedan kriterij važniji od drugog. Prilikom uspoređivanja moraju se zadovoljiti dva osnovna principa: recipročnost i homogenost.

Metoda AHP koristi tablični zapis podataka za uspoređivanje i rangiranje varijanti, pri odlučivanju koja je od varijanta u prednosti u odnosu na ostale. AHP metoda uspoređuje prednosti i nedostatke pojedinih varijanti i kao konačni daje prioritete varijanti u obliku jednog broja. Kriteriji za odabir određene varijante mogu imati različite važnosti zbog čega im se dodjeljuju težine. Težine pojedinih kriterija određuju se uspoređivanjem kriterija u parovima te određivanjem koliko je prvi kriterij važniji od drugog kriterija.

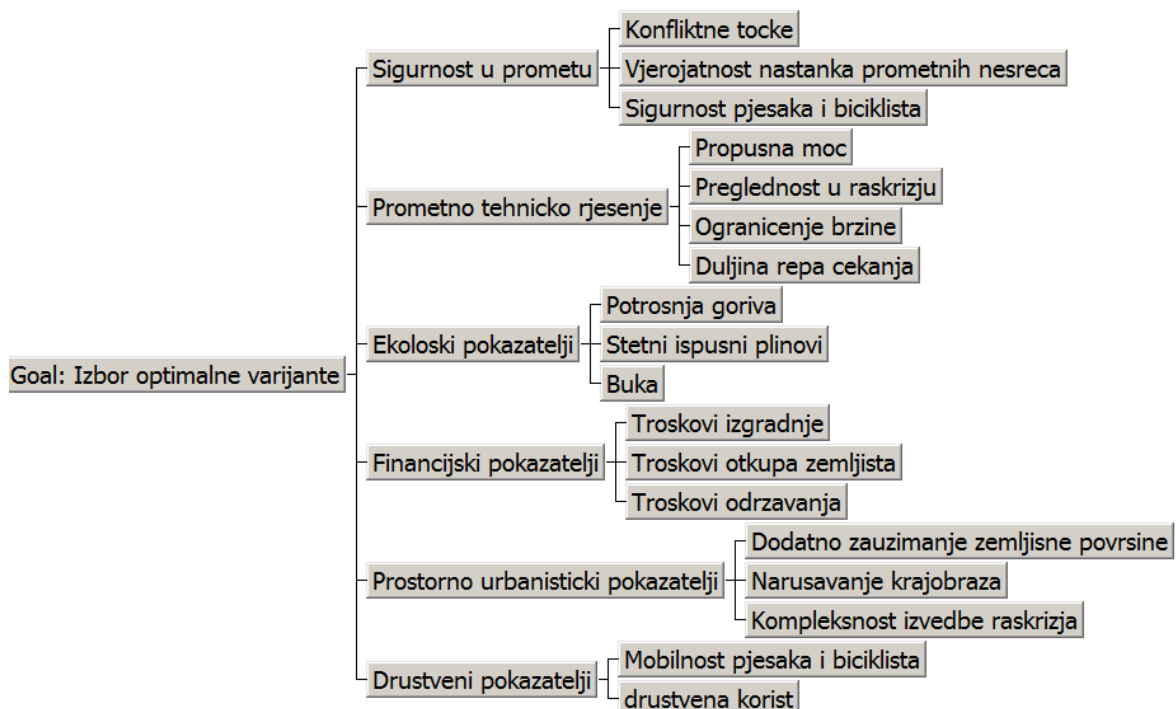
Tablica 23. Saaty-eva skala važnosti ocjene [7]

Intezitet važnosti	Skala	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dva atributa jednako pridonose cilju
3	Umjereno važnije	Umjerena prednost jednom atributu u odnosu na drugi
5	Strogo važnije	Strogo se favorizira jedan atribut u odnosu na drugi
7	Vrlo stroga, dokazana važnost	Jedan atribut se izrazito favorizira u odnosu na drugi
9	Ekstremna važnost	Favorizira se jedan atribut u odnosu na drugi s najvećom uvjerljivošću
2, 4, 6, 8	Međuvrijednosti	Vrijednosti kompromisa među odgovarajućim susjednim vrijednostima

Efikasan alat za rješavanje problema višekriterijskog odlučivanja i jedan od najpoznatijih programskih softvera je Expert Choice. To je alat s jakim performansama za analizu odluka. Expert Choice može integrirati podatke iz programa Microsoft Excel, Oracle baze podataka i ostalih sličnih softvera. U potpunosti je primjenjiv za AHP metodu i podržava sve potrebne korake. Omogućuje strukturiranje problema na više načina, te uspoređivanje alternativa i kriterija u parovima na više načina. Također ima mogućnost provođenja i vizualizacije analize osjetljivosti koja se temelji na jednostavnom načinu izmjene težina kriterija i alternativa. U nastavku rada prikazati će se vrednovanje mogućih rješenja rekonstrukcije raskrižja pomoću programskog alata Expert Choice.

5.1. Hijerarhijska struktura AHP modela

Osnovni elementi AHP modela su cilj, kriteriji i varijante. Kako bi se kriteriji pobliže definirali mogu se koristiti potkriteriji. Svi navedeni elementi povezuju se u model s više razina, odnosno hijerarhijsku strukturu. Cilj analiziranog raskrižja je odabir optimalne varijante iz predloženih varijantnih rješenja rekonstrukcije raskrižja. Kako bi se došlo do krajnjeg cilja, varijante se rangiraju na osnovu prednosti i nedostataka. Kao kriteriji za rangiranje uzeti su sigurnost, prometno tehničko rješenje, ekološki pokazatelji i financijski pokazatelji. Hijerarhijska struktura analiziranog raskrižja sa definiranim kriterijima i potkriterijima prikazana je na Slici 14.



Slika 14. Hijerarhijska struktura AHP modela

Promet je vrlo složena pojava pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija. S obzirom na složenost odvijanja prometa kao prvi kriterij uzeta je sigurnost u prometu. Sigurnost u prometu je jedan od najvažnijih elemenata za odvijanje prometa. Potkriteriji sigurnosti su konfliktne točke, vjerojatnost nastanka prometnih nesreća i sigurnost pješaka i biciklista. Konfliktne točke u raskrižju imaju takav utjecaj da njihovim smanjivanjem dolazi do smanjenja mogućnosti nastanka prometnih nesreća. Kao treći potkriterij naveden je sigurnost pješaka i biciklista iz razloga što na navedenom raskrižju dolazi do presijecanja tokova pješaka i biciklista sa vozilima, kao i zbog blizine autobusnih stajališta. Sve navedeno utječe na sigurnost odvijanja prometa i vrijeme putovanja svih sudionika u prometu.

Prometno tehničko rješenje je drugi kriterij u hijerarhijskoj strukturi. Potkriteriji su propusna moć, preglednost u raskrižju, ograničenje brzine i duljina repa čekanja. Propusna moć je maksimalni broj vozila koji može proći u jedinici vremena kroz promatrani presjek cestovne prometnice [8]. Na osnovu poznavanja propusne moći mogu se procijeniti nedostaci postojeće cestovne mreže i predložiti odgovarajuće izmjene. Potkriterij preglednost u raskrižju je jako važan jer uslijed nedovoljne preglednosti dolazi do konfliktnih situacija i izazivanja opasnosti. Kao treći potkriterij izabran je ograničenje brzine. Taj potkriterij dobiva na važnosti u urbanim sredinama, gdje je prisutan nemotoriziran promet. Duljina repa čekanja je bitan parametar za oblikovanje raskrižja. Može se definirati kao duljina nakupljanja vozila koja čekaju da uđu u raskrižje.

Treći kriterij su ekološki pokazatelji, te su kao potkriteriji navedeni potrošnja goriva, štetni ispušni plinovi i buka. Potrošnja goriva može se svrstati i u financijske pokazatelje, s obzirom da je cijena goriva u neprestanom rastu. Suvremena vozila kao dio osnovne opreme imaju start – stop sustav, koji smanjuje količinu potrošnje goriva na minimum prilikom stajanja u koloni automobila. Povećana količina štetnih ispušnih plinova posljedica je zagušenja u prometu i čekanja na prolaz kroz raskrižje, te ovaj potkriterij prikazuje koja varijanta raskrižja će imati najveću propusnu moć a samim time i minimalne količine ispušnih plinova. Buka je odabrana kao jedan od potkriterija iz razloga što raskrižje prolazi kroz naseljeno mjesto i cilj je postići da raskrižje bude minimalno bučno.

Financijski pokazatelji su troškovi izgradnje, otkupa zemljišta i troškovi održavanja. U troškove izgradnje spadaju svi potencijalni troškovi prilikom rekonstrukcije analiziranog raskrižja, kao što su postavljanje prometne signalizacije, izrada asfaltnog sloja, iskop i slični građevinski radovi. Troškovi otkupa zemljišta su navedeni jer pri rekonstrukciji dolazi do proširenja raskrižja što ima za posljedicu troškove otkupa zemljišta. Troškovi održavanja pokazuju koliko će koštati održavanje svake pojedine varijante tijekom korištenja.

Peti kriterij u hijerarhijskoj strukturi su prostorno urbanistički pokazatelji. Kao potkriteriji uzeti su dodatno zauzimanje zemljišne površine, narušavanje krajobraza i kompleksnost izvedbe raskrižja. S obzirom da se raskrižje nalazi u urbanom području gdje je cijena zemljišta vrlo visoka, dodatno zauzimanje zemljišne površine i kompleksnost izvedbe

imaju veliku važnost. Narušavanje krajobraza pokazuje kako će se raskrižje uklopiti u okolinu te koliko će utjecati na njenu promjenu i koliki će utjecaj imati na život okolnog stanovništva.

Društveni pokazatelji su mobilnost pješaka i biciklista i društvena korist. Potkriterijem mobilnost pješaka i biciklista ocjenjuje se kvaliteta izvedbe rekonstrukcije raskrižja s naglaskom na nemotorizirani promet. Društvena korist je procjena društvene spremnosti da prhvati veličinu troškova (šteta) i u okolišu i na račun korištenja okoliša u odnosu na koristi koje će neki zahvat osigurati za društvo.

5.2. Rangiranje kriterija i potkriterija

Nakon strukturiranja problema, idući korak je definiranje važnosti kriterija u odnosu na cilj istraživanja, odnosno rangiranje kriterija i potkriterija. To se vrši usporedbom relativne važnosti kriterija po svim parovima kriterija, te se daju težinske vrijednosti kriterijima i potkriterijima, a za to se koristi Saatyeva skala. Težine kriterija prikazane su na Slici 15.



Slika 15. Prikaz rangiranja kriterija u programskom alatu Expert Choice

Kao što je vidljivo na Slici 15., najveća težina je data kriteriju Sigurnost u prometu (44,5%) u odnosu na ostale kriterije. Sigurnost u prometu ima najveću važnost jer u analiziranom raskrižju najveći problem predstavlja nedovoljna sigurnost odvijanja prometa i ostali sudionika u prometu (pješaka i biciklista). Financijski pokazatelji po težini se nalaze na drugom mjestu ispred kriterija Prometno tehničko rješenje i Prostorno urbanistički pokazatelji jer financijski isplativije investicije većinom prolaze kao najbolje.

Unutar kriterija sigurnost u prometu (Slika 16.), potkriteriji su rangirani na načina da najveću težinsku važnost imaju potkriteriji vjerojatnost nastanka prometnih nesreća (46,6%) i sigurnost pješaka i biciklista (43,3%), a manju važnost ima potkriterij konfliktne točke (10%). Težinske važnosti su raspoređene na taj način jer problem raskrižja predstavlja nepravilno i nedovršeno projektiranje samog raskrižja i svjetlosne signalizacije, što za posljedicu ima stvaranje opasnih situacija pri svakom manevru vozača. Konfliktne točke imaju manju težinsku važnost, ali ne i skroz nebitnu, jer smanjenjem konfliktnih točaka povećava se sigurnost cjelokupnog raskrižja.



Slika 16. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Sigurnost u prometu u programskom alatu Expert Choice

Kriterij prometno tehničko rješenje podijeljen je na četiri potkriterija: preglednost u raskrižju, ograničenje brzine, propusna moć i duljina repa čekanja (Slika 17.). Najveću težinsku vrijednost imaju propusna moć (39,4%) i duljina repa čekanja (35,7%), jer jedan od glavnih problema raskrižja je zagušenje u vršnom satu na Aveniji Većeslava Holjevca. Treći potkriterij po težini je ograničenje brzine sa 17,3%, dok na četvrtom mjestu se nalazi preglednost u raskrižju (7,6%).



Slika 17. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Prometno tehničko rješenje u programskom alatu Expert Choice

Na Slici 18. prikazano je rangiranje potkriterija unutar kriterija ekološki pokazatelji. Najveću težinsku važnost ima buka sa 55%, potom potrošnja goriva sa 24% i najmanju važnost štetni ispušni plinovi sa 21% važnosti. Razlog najveće važnosti potkriterija buka je što se raskrižje nalazi u naseljenom području i samim time utječe na kvalitetu života stanovništva u blizini. Potrošnja goriva je važna jer se radi o vrednovanju raskrižja, što ima veliki utjecaj na stani – kreni vožnju, jer zagušenjem prometa dolazi i do povećane potrošnje goriva.



Slika 18. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Ekološki pokazatelji u programskom alatu Expert Choice

Rangiranje potkriterija unutar kriterija financijski pokazatelji obavljeno je na način da se na prvom mjestu nalaze troškovi izgradnje sa 72,9%, na drugom troškovi otkupa zemljišta sa 16,3% i trećem troškovi održavanja sa 10,9% (Slika 19.). Troškovi izgradnje nalaze se na prvom mjestu jer je potrebno izdvojiti velika financijska sredstva za rekonstrukciju raskrižja, a s obzirom na financijsku krizu to predstavlja veliki problem. Troškovi otkupa zemljišta nalaze se na drugom mjestu i predstavljaju važan dio rekonstrukcije analiziranog raskrižja. Troškovi održavanja nalaze se na zadnjem mjestu, jer oni zahtijevaju manja financijska sredstva.



Slika 19. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Ekonomski pokazatelji u programskom alatu Expert Choice

Prostorno urbanistički pokazatelji rangirani su na način da najveću težinu ima dodatno zauzimanje zemljišne površine sa 63,7%, potom kompleksnost izvedbe raskrižja sa 25,8%, te narušavanje krajobraza sa 10,5%. Najveću težinu imaju dodatno zauzimanje zemljišne površine i kompleksnost izvedbe jer direktno utječu na financijske pokazatelje rekonstrukcije raskrižja i samo povećanje raskrižja može utjecati na povećanje buke zbog povećanja protoka prometa (Slika 20.).

Priorities with respect to:
Goal: Izbor optimalne varijante
> Prostorno urbanistički pokazatelji



Slika 20. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Prostorno urbanistički pokazatelji u programskom alatu Expert Choice

Na Slici 21. prikazano je rangiranje potkriterija društvena korist i mobilnost pješaka i biciklista koji se nalaze u sklopu kriterija društveni pokazatelji. Veća važnost (66,7%) data je potkriteriju društvena korist jer je vrlo važno koliku će korist imati rekonstrukcija raskrižja za cjelokupno društvo.

Priorities with respect to:
Goal: Izbor optimalne varijante
> Društveni pokazatelji



Slika 21. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Društveni pokazatelji u programskom alatu Expert Choice

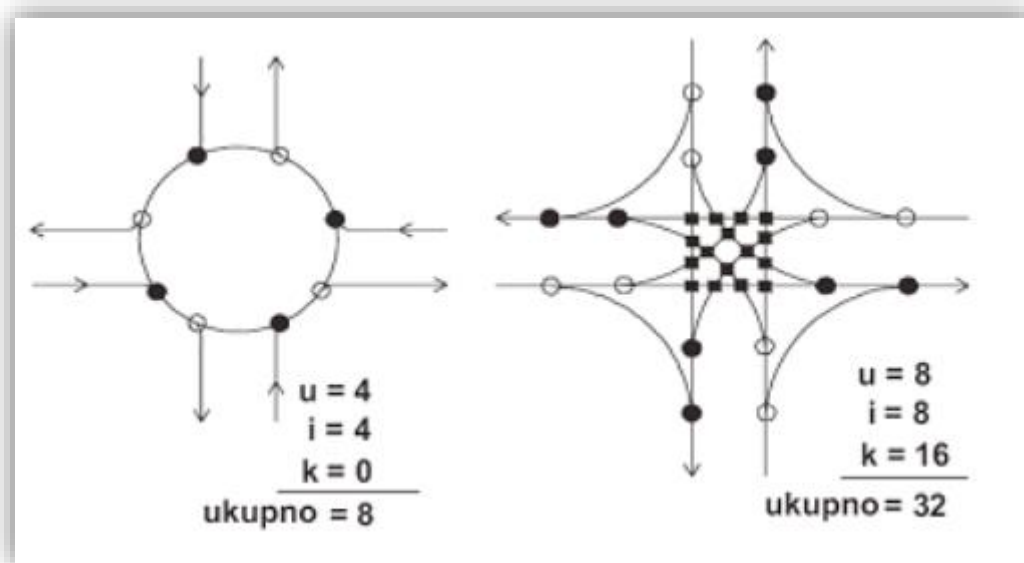
5.3. Vrednovanje predloženih varijanata primjenom AHP metode

Vrednovanje predloženih varijanti rekonstrukcije raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Ulica Stjepana Nežića i Horvatova ulica u gradu Zagrebu vršit će se primjenom AHP metode u programskom alatu Expert Choice. Svaka od predložene tri varijante vrednuje se u odnosu na prethodno postavljene pojedini kriterij i potkriterij pomoću Saaty-eve skale. U konačnici se dobije optimalna varijanta za rekonstrukciju analiziranog raskrižja.

U nastavku vršit će se rangiranje varijanata prema kriteriju Sigurnost u prometu. Ovaj kriterij ima najveću težinsku važnost u odnosu na ostale kriterije. Varijante su prvo rangirane prema potkriteriju Konfliktne točke.

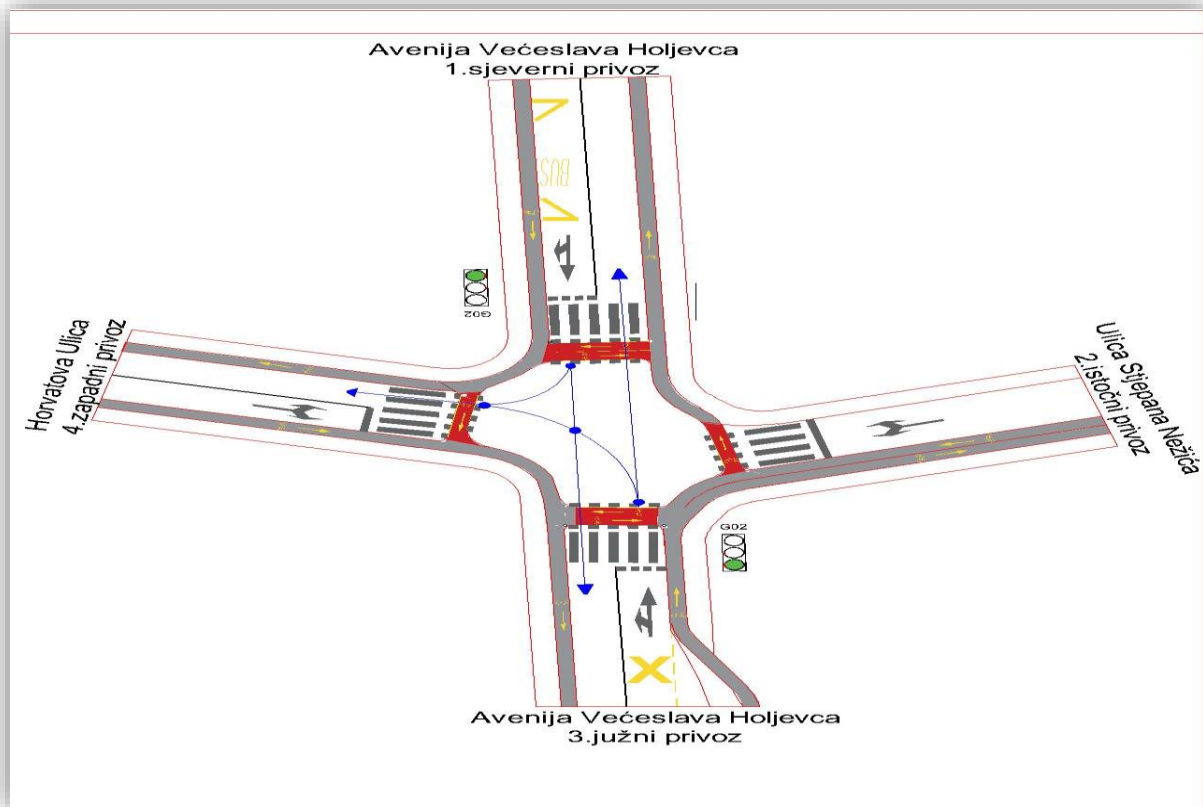
Konfliktna situacija je zbroj svih točaka koje su uzrokovane prometnim radnjama isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova na površini raskrižja. Broj konfliktnih točaka ovisi o vrsti i obliku raskrižja, dok je stvaran broj konflikata ovisan o geometrijskom oblikovanju, slobodnoj vodljivosti i prometnom opterećenju [4]. Najveći broj

konfliktnih situacija javlja se kod raskrižja u razini, a manje ih je u raskrižjima van razine i kružnim raskrižjima.

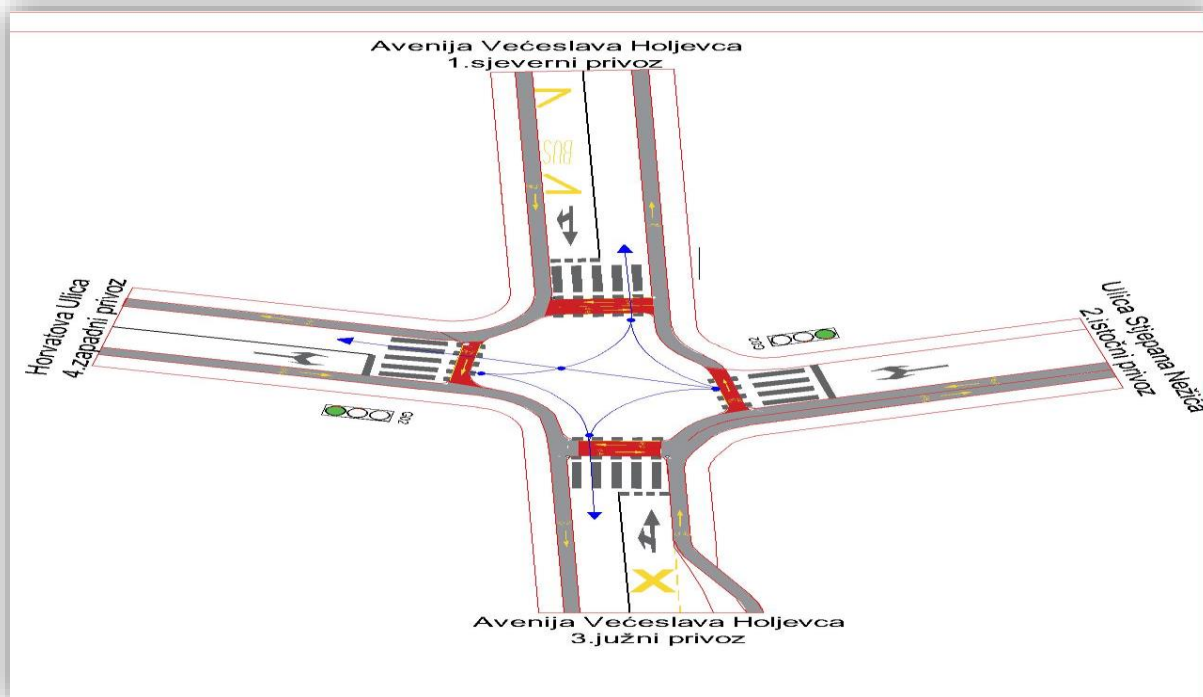


Slika 22. Prikaz konfliktnih točaka i prometnih radnji u četverokrakom i kružnom raskrižju u razini [3]

Broj konfliktnih točaka smanjen je sa 32 na 4 konfliktne točke kod Varijante I kada je zeleno svjetlo na glavnim privozima, Aveniji Većeslava Holjevca sjever i jug, što je prikazano na Slici 21. Tijekom zelenog svjetla na sporednim privozima javlja se 5 konfliktnih točaka, od čega 1 križanje, te po dva uplitanja i isplitanja (Slika 23. i 24.).

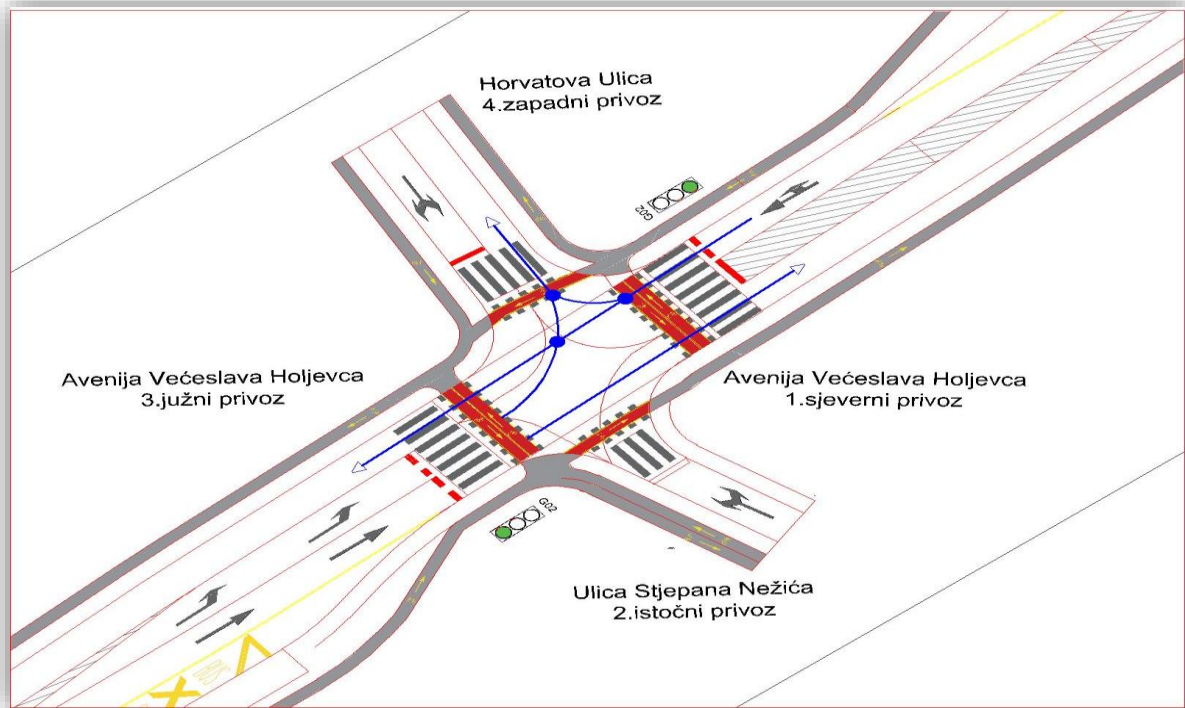


Slika 23. Prikaz konfliktnih točaka Varijante I – zeleno svjetlo na glavnom privozu

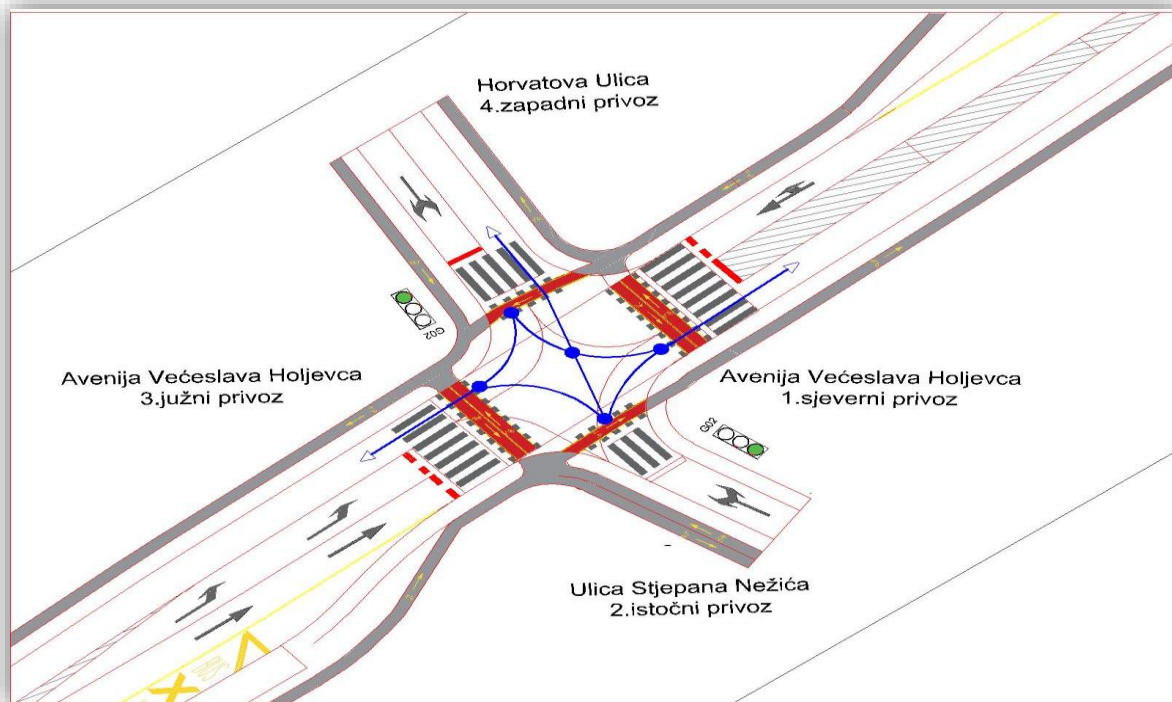


Slika 24. Prikaz konfliktnih točaka Varijante I – zeleno svjetlo na sporednim privozima

Izgradnjom traka za lijevo skretanje na Aveniji Većeslava Holjevca smanjuje se broj konfliktnih točaka sa 4 na 3 tijekom zelenog svjetla na glavnom privozu. Broj konfliktnih točaka tijekom zelenog svjetla na sporednom privozu iznosi 5, od čega jedno križanje, te po dva uplitanja i isplitanja (Slika 25. i 26.).

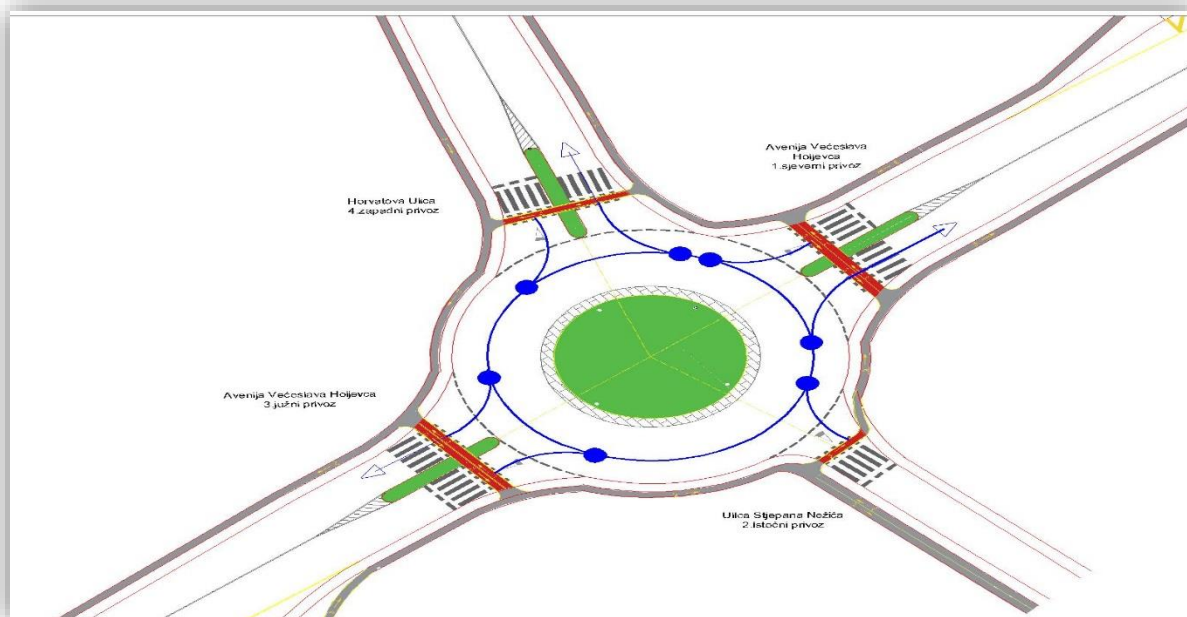


Slika 25. Prikaz konfliktnih točaka Varijante II – zeleno svjetlo na glavnom privozu



Slika 26. Prikaz konfliktnih točaka Varijante II – zeleno svjetlo na sporednom privozu

U Varijanti III, raskrižje s kružnim tokom prometa, broj konfliktnih točaka smanjen je na 7. Od toga 4 uplitanja i 3 isplitanja jer je Nežićeva ulica jednosmjerna (Slika 27.). Izgradnjom raskrižja s kružnim tokom povećala bi se sigurnost raskrižja, jer bi se znatno smanjio broj konfliktnih točaka. Iz toga se može zaključiti kako će Varijanta III dobiti najveću težinsku vrijednost za potkriterij Konfliktnih točaka.



Slika 27. Prikaz konfliktnih točaka Varijante III

Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj konfliktnih točaka prikazan je u Tablici 24., a vrednovanje prema Saaty-u prikazano programskim alatom Expert Choice na Slici 28.

Tablica 24. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Broj konfliktnih točaka

Varijante	Broj konfliktnih točaka	Rang
Varijanta I	4	2
Varijanta II	3	1
Varijanta III	7	3



Slika 28. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Broj konfliktnih točaka

Prema potkriteriju Vjerojatnost nastanka prometne nesreće, najveća težinska vrijednost dana je Varijanti III, iz razloga što je ograničenje brzine prilikom ulaska u raskrižje postavljeno na 40km/h. A također i samom konstrukcijom raskrižja onemogućava se razvijanje velikih brzina koje mogu biti uzrok nastanka prometne nesreće. Još jedan od elemenata koji doprinosi smanjenju rizika od nastanka prometnih nesreća je izgradnja kolnika za pješake i bicikliste, te ugibališta za autobuse, čime su direktno eliminirana rizična mjesta. Varijanta II prema težinskoj vrijednosti nalazi se ispred Varijante I zbog izgradnje ugibališta za autobuse, što dosta smanjuje mogućnost nastanka prometne nesreće. Rangiranje varijanti prema potkriteriju vjerojatnost nastanka prometnih nesreća prikazano je u Tablici 25. i na Slici 29.

Tablica 25. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Vjerojatnost nastanka prometne nesreće

Varijante	Vjerojatnost nastanka prometne nesreće	Rang
Varijanta I	Velika	3
Varijanta II	Srednja	2
Varijanta III	Mala	1



Slika 29. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Vjerojatnost nastanka prometne nesreće

Potkriterij Sigurnost pješaka i biciklista unutar kriterija Sigurnost u prometu nalazi se na drugom mjestu po važnosti. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Sigurnost pješaka i biciklista prikazan je u Tablici 26., a vrednovanje prema Saaty-u prikazano programskim alatom Expert Choice na Slici 30. Iz priložene Tablice 26. vidljivo je da je sigurnost pješaka i biciklista najbolje riješena kod Varijante III. Razlog tomu je ograničenje brzine kretanja za motorna vozila, te izgrađena infrastruktura za pješake i bicikliste kao i korisnike javnog prijevoza. Na drugom mjestu po sigurnosti pješaka i biciklista je Varijanta II. Razlog zbog kojeg se nalazi ispred Varijante I je izgrađeno ugibaldište za autobuse čime se omogućuje sigurniji ulazak i izlazak putnika iz vozila javnog prijevoza.

Tablica 26. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Sigurnost pješaka i biciklista

Varijante	Sigurnost pješaka i biciklista	Rang
Varijanta I	Mala	3
Varijanta II	Srednja	2
Varijanta III	Velika	1



Slika 30. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Sigurnost pješaka i biciklista

Na Slici 31. prikazano je vrednovanje varijanti prema kriteriju Sigurnost u prometu, kojeg u najvećoj mjeri zadovoljava Varijanta III sa 45,3%, potom Varijanta II sa 43,4% i Varijanta I sa 11,4% koja je najnesigurnija za sudionike u prometu.

Synthesis with respect to: Sigurnost u prometu
(Goal: Izbor optimalne var > Sigurnost u prometu)
Overall Inconsistency = ,03



Slika 31. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Sigurnost u prometu

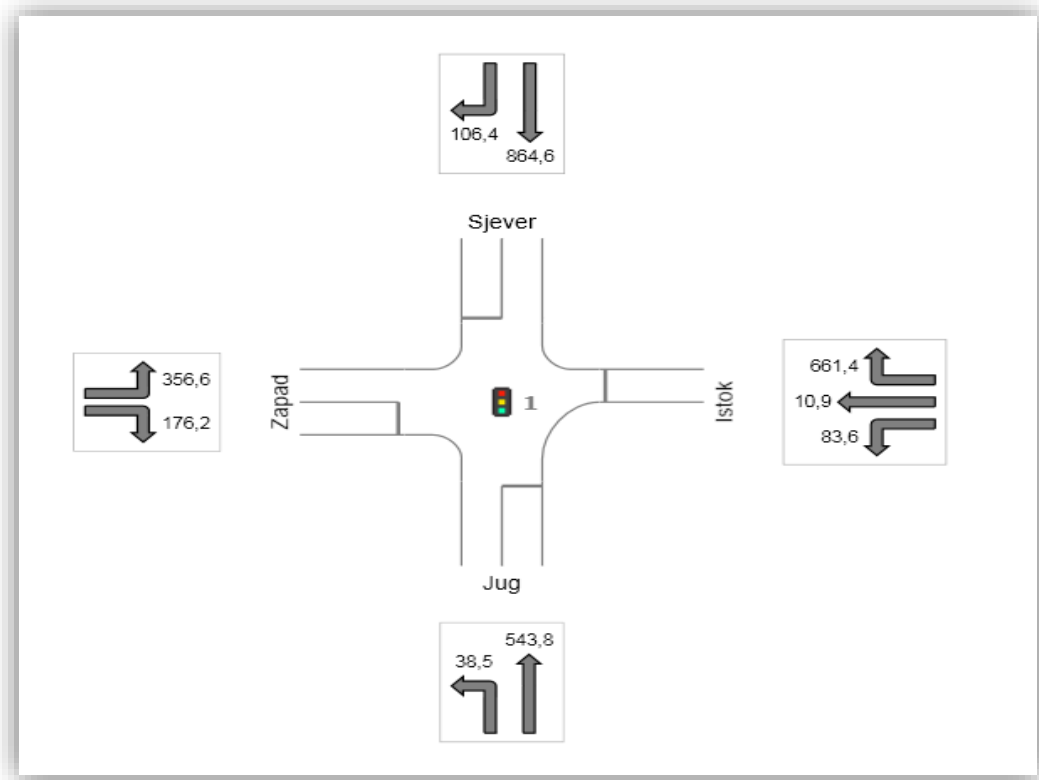
Drugi kriterij u hijerarhijskoj strukturi je Prometno tehničko rješenje. Sastoji se od potkriterija Propusna moć, Preglednost i Ograničenje brzine. Propusna moć je maksimalni broj vozila koji može proći kroz promatrani presjek cestovne prometnice, odnosno raskrižja. Na osnovi poznavanja propusne moći mogu se procijeniti nedostaci cestovne mreže. Ako je raskrižje upravljano prometnim svjetlima može se povećati stupanj sigurnosti i propusna moć raskrižja. Međutim, na raskrižju koje ne ispunjava osnovne geometrijske i prometne uvjete upravljanje prometnim svjetlima je vrlo teško provesti i ono obično izaziva negativne posljedice. Čimbenici koji utječu na propusnu moć raskrižja koje je upravljano prometnim svjetlima su:

- Fizičko – operativni
- Uvjeti okoline
- Prometne značajke
- Kontrolne mjere

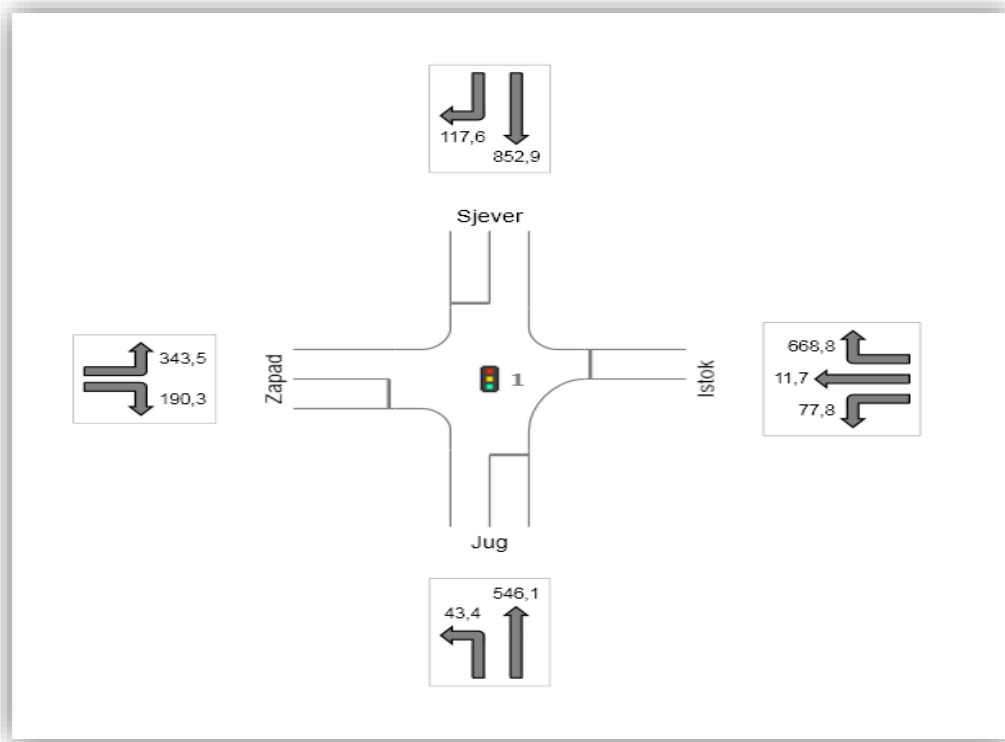
Kod Varijante I i II uvođenjem prometnog svjetla na postojeće raskrižje dolazi do vremenskog razdvajanja prometnih tokova. Za raskrižje upravljano prometnim svjetlima najvažniji su pojmovi ciklus i faza. Ciklus se dijeli na faze, a svaka faza se sastoji od zelenog i zaštitnog vremena. S toga, osnovna zadaća raskrižja opravljanog prometnim svjetlima je određivanje tri vremenske veličine: ciklus, zelena vremena, zaštitna vremena. Na temelju tih triju veličina određuje se propusna moć raskrižja koje je upravljano prometnim svjetlima. Propusna moć u ovom radu izračunata je uz pomoć softverskog programa Sidra Intersection. Sidra Intersection je softver koji se koristi za analizu raskrižja, te daje rezultate kao što su propusna moć raskrižja, razina usluge raskrižja, prikaz vremena kašnjenja, itd. Parametri koji se unose prilikom rada sa ovim softverom su:

- Širina prometne trake
- Prometno opterećenje raskrižja
- Oblikovni elementi raskrižja
- Duljina trajanja signalnih pojmova (zelenog, žutog i crvenog svjetla)
- Vrsta motornih vozila
- Vremena slijeđenja

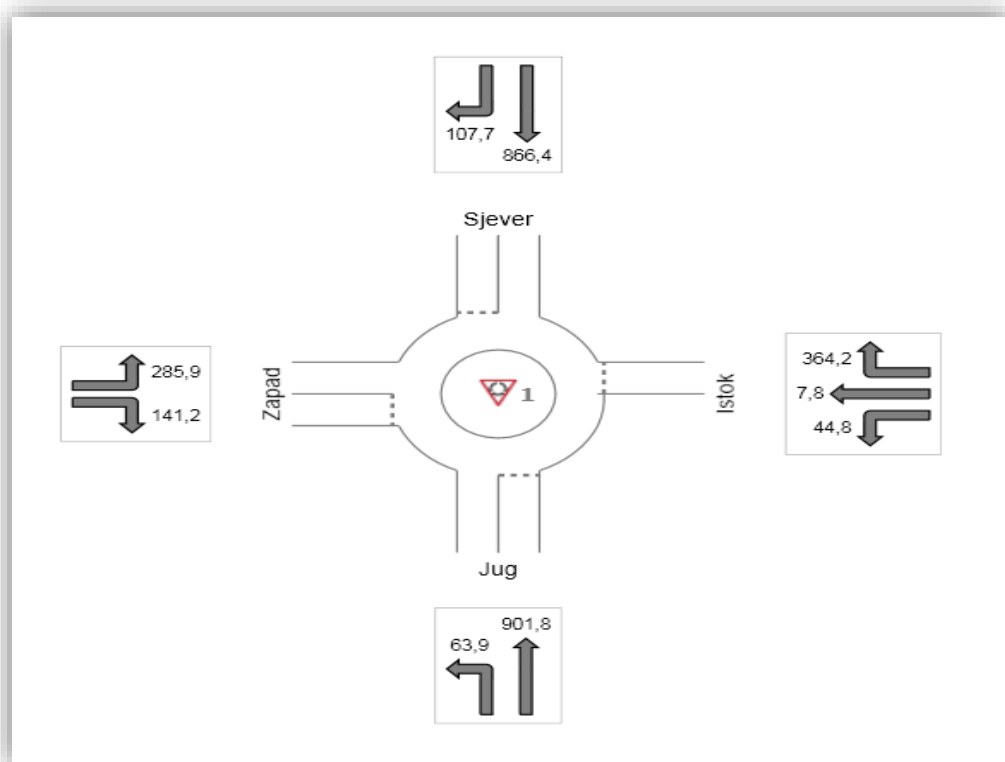
Propusna moć dobivena uz pomoć softvera Sidra Intersection prikazana je na Slikama 30., 31. i 32. Navedeni podaci su u mjernoj jedinici vozila po satu. U programski softver unošeno je prometno opterećenje iz jutarnjeg vršnog sata, kako bi se predložene varijante testirale na najveće prometno opterećenje iz stvarnog stanja.



Slika 32. Prikaz propusne moći Varijante I pomoću softvera Sidra Intersection



Slika 33. Prikaz propusne moći Varijante II pomoću softvera Sidra Intersection



Slika 34. Prikaz propusne moći Varijante III pomoću softvera Sidra Intersection

Rangiranje i vrednovanje varijanti prema potkriteriju propusna moć prikazano je u Tablici 27. i na Slici 35.

Tablica 27. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Propusna moć

Varijante	Propusna moć [voz/h]	Rang
Varijanta I	2.842	2
Varijanta II	3.010	1
Varijanta III	2.765	3

Priorities with respect to:
 Goal: Izbor optimalne varijante
 >Prometno tehničko rješenje
 >Propusna moć



Slika 35. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Propusna moć

Idući potkriterij unutar kriterija Prometno tehnološko rješenje je preglednost u raskrižju. Od posebnog značaja za prometnu sigurnost i sigurnost ostalih sudionika u prometu važno je pravodobno uočavanje i jasno prepoznavanje stanja na raskrižju. Kako bi to bilo moguće, mora biti osigurana odgovarajuća površinska i prostorna preglednost. Vozač treba pravovremeno prepoznati moguće konflikte i prosuditi na koje ih načine izbjeći. Za sigurno odvijanje prometa u raskrižju potrebno je provjeriti različite vidove polja preglednosti. To su prvenstveno polja za [3]:

- zaustavnu preglednost (zaustavljanje pred vozilima u skretanju i nemotoriziranim učesnicima u prometu)
- preglednost kod približavanja (uvoženje u raskrižje bez zaustavljanja)
- privoznu preglednost (uvoženje sa zaustavne linije)
- preglednost za pješake i bicikliste.

Kod raskrižja s kružnim tokom prometa, polja preglednosti trebaju biti osigurana :

- pri ulazu u kružno raskrižje (čelna preglednost)
- preglednost ulijevo
- preglednost na kružnom kolniku
- preglednost do pješačkog prijelaza

Iz Tablice 28. može se vidjeti da preglednost najviše zadovoljava raskrižje s kružnim tokom prometa (Varijanta III), jer bi se izvršila kompletna rekonstrukcija raskrižja, dok u preostale

dvije varijante, Varijante I i II, preglednost bi ostala ista kao i u postojećem stanju. Vrednovanje varijanti prema Satty-u prikazano je na Slici 36.

Tablica 28. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Preglednost u raskrižju

Varijante	Preglednost u raskrižju	Rang
Varijanta I	Nedovoljna	3
Varijanta II	Dostatna	2
Varijanta III	Velika	1



Slika 36. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Preglednost u raskrižju

Treći potkriterij je ograničenje brzine. Npropisna i neprilagođena brzina kretanja vozila jedan je od najčešćih uzroka prometnih nesreća, što čini ovaj potkriterij jako važnim. Ograničenjem brzine kretanja smanjuje se rizik od nastanka prometnih nesreća. Dopuštene brzine u području raskrižja ovise o [4]:

- tipu i obliku raskrižja,
- veličini i strukturi prometnih tokova
- okolnoj izgrađenosti
- širem prometnom režimu

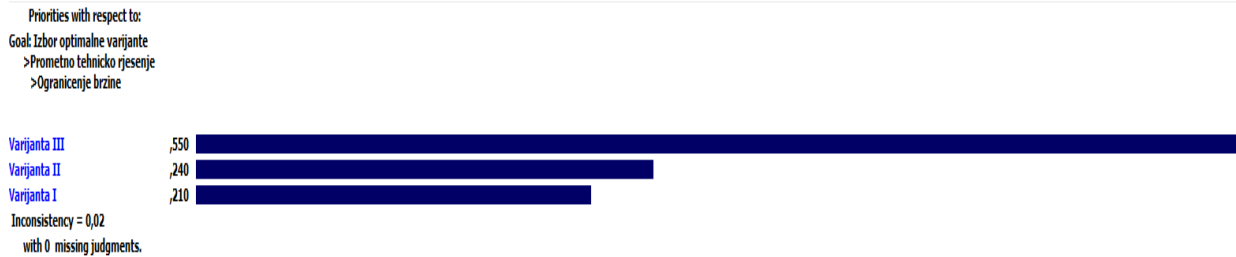
Kod raskrižja u razini mogu se očekivati brzine [4]:

- brzina u raskrižju (V_k) \approx 0-40 km/h za lijeva skretanja - V_k za glavni tok ima vrijednosti blizu računске brzine
- $V_k \leq 30$ (40) km/h na privozima kod kružnog toka

Ograničenje brzine za predložene varijante može se vidjeti u Tablici 29. Vrednovanje predloženih varijanti prema potkriteriju Ograničenje brzine prikazano je na Slici 35.

Tablica 29. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Ograničenje brzine

Varijante	Ograničenje brzine [km/h]	Rang
Varijanta I	50	3
Varijanta II	50	2
Varijanta III	40	1



Slika 37. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Ograničenje brzine

Duljina repa čekanja je četvrti potkriterij unutar kriterija Prometno tehničko rješenje. Duljina repa čekanja na raskrižju predstavlja broj vozila koji čekaju na prolazak raskrižjem. Važnost poznavanja repa čekanja je što ima utjecaj na ostala susjedna raskrižja. Smanjivanjem duljine repa čekanja [8]:

- Povećava se brzina putovanja,
- Smanjuje se buka i emisija štetnih ispušnih plinova,
- Povećava se ekonomska učinkovitost prometnog sustava,
- Povećava sigurnost pješačkog i biciklističkog prometa (ilegalni prijelazi),
- Povećava stupanj prihvaćanja telematičkih rješenja.

Duljina repa čekanja dobivena je izradom simulacijskog mikroskopskog modela u programu Vissim. Simulacija u užem smislu predstavlja sinonim za eksperimentiranje s računalnim modelom, dok u širem smislu simulacija predstavlja: postupak prikupljanja podataka u stvarnom sustavu, istraživanja stvarnog sustava, formuliranja teorije, stvaranje konceptualnog modela sustava, eksperimentiranje s računalnim modelom, prikupljanje i analiziranje dobivenih rezultata [9].

Mikrosimulacijski program Vissim je jedan od najkorištenijih programskih alata za analizu raskrižja i prometnih mreža. Program na temelju izrađene simulacije daje velik broj podataka koji se mogu koristiti u daljnjim analizama. Neki od podataka koji se dobivaju na temelju izrađenog simulacijskog modela su: vremena čekanja vozila, vremena putovanja vozila, razine uslužnosti za pojedinu grupu vozila i za ukupno raskrižje, duljina repa čekanja na pojedinim privozima za pojedine grupe vozila, prosječna brzina vozila, i sl. Za ovaj diplomski rad izrađena su tri simulacijska modela za svaku predloženu varijantu. Rezultati dobiveni uz

pomoć mikrosimulacijskog programa Vissim prikazani su u Tablici 30. a vrednovanje varijanti prikazano je na Slici 38.

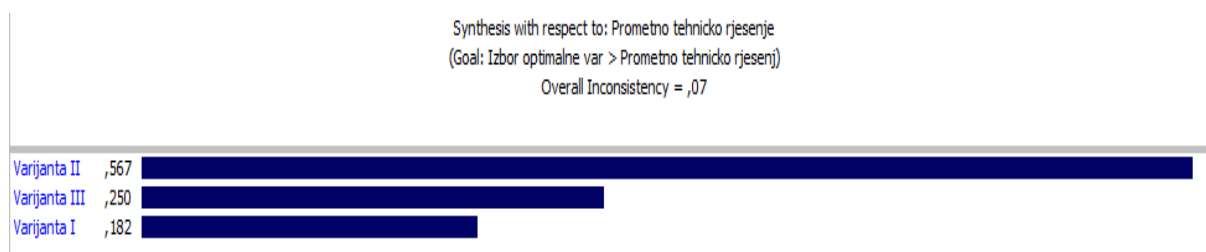
Tablica 30. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Duljina repa čekanja

Varijante	Duljina repa čekanja [m]	Rang
Varijanta I	58,85	1
Varijanta II	50,1	2
Varijanta III	84,64	3



Slika 38. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Duljina repa čekanja

Na Slici 39. prikazano je vrednovanje varijanti prema kriteriju Prometno tehničko rješenje. Najbolje prometno tehničko rješenje i najveću težinu ima Varijanta II sa 56,7%, Varijanta III 25,0% i najmanje zadovoljava Varijanta I sa 18,2%.



Slika 39. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Prometno tehničko rješenje

Ekološki pokazatelji su treći kriterij u hijerarhijskoj strukturi. Podijeljeni su na potkriterije Potrošnja goriva, Buka i Štetni ispušni plinovi.

Potkriterij Potrošnja goriva prikazuje koja od navedene tri varijante zahtijeva najveću količinu potrošenog goriva prilikom prolaska kroz raskrižje. Rezultati su dobiveni izradom simulacijskih modela u programu Vissim. Iz Tablice 31. može se vidjeti da je najveća potrošnja goriva u Varijanti III, odnosno raskrižju s kružnim tokom prometa, a jedan od uzroka je najduži rep čekanja od svih predloženih varijanti. Najmanju potrošnju goriva ima varijanta II jer

izgradnjom ugibališta za autobuse i traka za lijevo skretanje povećava se protok vozila kroz raskrižje i smanjiva se rep čekanja. Vrednovanje varijanti prikazano je na Slici 40.

Tablica 31. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Potrošnja goriva

Varijante	Potrošnja goriva [l]	Rang
Varijanta I	13,27	2
Varijanta II	11,69	1
Varijanta III	15,38	3

Priorities with respect to:
 Goal: Izbor optimalne varijante
 >Ekološki pokazatelji
 >Potrošnja goriva

Varijanta II ,528
 Varijanta I ,333
 Varijanta III ,140

Inconsistency = 0,05
 with 0 missing judgments.



Slika 40. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Potrošnja goriva

Buka, kao drugi ekološki pokazatelj, ima veliki utjecaj na kvalitetu života, najviše u urbanim sredinama gdje je stalno prisutna i može imati negativne utjecaje na ljudsko zdravlje. Od svih izvora buke u velikim gradovima najveći postotak otpada na prometnu buku, odnosno buku cestovnog prometa. Kod svih cestovnih vozila dva osnovna i nezavisna izbora buke potječu od pogonskog sustava i kontakta guma s površinom kolnika. Buka od prometa može se smanjiti ako se ispune pretpostavke [3]:

- Smanjiti izrazita ubrzanja u raskrižju
- Smanjiti broj zastoja i „stani – kreni“ vožnju
- Dobro uskladiti rad svjetlosne signalizacije s prometnom potražnjom
- Smanjiti nagib trase s raskrižjem već u studijsko-projektnoj fazi
- Uskladiti izbor zastora sa zahtjevima dobre hvatljivosti i smanjene bučnosti

Buku nije bilo moguće izmjeriti zbog nedostatka mjernih uređaja, ali je prikazana opisno u Tablici 32., na osnovu prethodno navedenih pretpostavki. Vrednovanje varijanti prikazano je na Slici 41.

Tablica 32. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Buka

Varijante	Buka	Rang
Varijanta 1	Srednja	2
Varijanta 2	Srednja	2
Varijanta 3	Minimalna	1



Slika 41. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Buka

Primjenom motornih vozila dolazi do povećanja emisije ispušnih plinova koji štetno djeluju na okoliš i ljude. Štetni ispušni plinovi su ugljikov dioksid, ugljikovodici, dušični oksidi, olovo, čađa i dim. Današnji suvremeni automobili sadrže mnogobrojne uređaje za redukciju tih plinova. Nepravilno projektirana i izgrađena raskrižja također su jedan od uzroka povećanja štetnih ispušnih plinova. Kako bi se to smanjilo potrebno je uskladiti rad svjetlosne signalizacije sa prometnom potražnjom, kako bi se izbjegla zagušenja i smanjila količina „stani - kreni“ vožnje. Rangiranje i vrednovanje varijanti prema potkriteriju Količina štetnih ispušnih plinova prikazano je u Tablici 33. i na Slici 42. Rezultati prikazani u Tablici 33. dobiveni su izradom mikrosimulacije u programu Vissim.

Tablica 33. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Količina štetnih ispušnih plinova

Varijante	Količina štetnih ispušnih plinova CO [g/kWh]	Rang
Varijanta I	1.242,29	2
Varijanta II	1.115,69	1
Varijanta III	1.555,75	3



Slika 42. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Količina štetnih ispušnih plinova

Ekološki najbolje rješenje od ponuđenih varijanti je Varijanta III zbog minimalne količine buke (58,6%). Na drugom mjestu nalazi se Varijanta II sa 25,3%, a kao najlošije rješenje sa stajališta ekologije je Varijanta I što se može vidjeti na Slici 43. (16,1%).

Synthesis with respect to: Ekološki pokazatelji
 (Goal: Izbor optimalne var. > Ekološki pokazatelji)
 Overall Inconsistency = ,02



Slika 43. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Ekološki pokazatelji

Četvrti kriterij u hijerarhijskoj strukturi su financijski pokazatelji. Tu se ubrajaju Troškovi izgradnje, Troškovi otkupa zemljišta i Troškovi održavanja.

Prvo je prikazano vrednovanje po potkriteriju Troškovi izgradnje. U troškove izgradnje ubrajaju se građevinski radovi, horizontalna i vertikalna signalizacija i pripadajući projekti. Autorove procjene troškova izgradnje Varijante I, II i III prikazani su u tablicama 34., 35. i 36.

Tablica 34. Troškovi izgradnje Varijante I

R.b.	Opis radova	Jedinična cijena [kn]	Jedinica obračuna	Količina	Ukupna cijena [kn]
GRAĐEVINSKI RADOVI					
Pripremni radovi					
1	Iskolčenje	5	m ¹	186	930,00
2	Iskop donjeg stroja, utovar i odvoz	65,7	m ³	93	6.110,10
3	Uređenje posteljice	5,5	m ²	460	2.530,00
4	Izrada gornjeg stroja, sabijanje, poravnavanje, dovoz mat.	159,9	m ³	40	6.396,00
Asfaltiranje					
5	Izravnavajući sloj asfalta	519	t	7	3.633,00
6	Asfaltiranje gornjeg sloja asfalta	58,8	m ²	465	27.342,00
7	Betonski rubnjak 8x20x50 cm + temelj	98,1	m ¹	180	17.658,00
8	Betonske kanalice 40x15x100 + temelj	164,5	m ¹	180	29.610,00
HORIZONTALNO I VERTIKALNO OZNAČAVANJE					
Vertikalno označavanje					
9	Prometni znak (prosjeak - ovisi o refleksiji)	400	kom	17	6.800,00
10	Betonski temelj za prometni znak	200	kom	8	1.600,00
11	Pocinčani stup za prometni znak	50	m ¹	8	400,00
12	Semafor za pješake i bicikliste	2000	kom	6	12.000,00
13	Semafor za motorna vozila	3000	kom	5	15.000,00
14	Postavljanje prometnog znaka	70	kom	17	1.190,00
Horizontalno označavanje					
15	Linije	3,5	m ¹	115	402,50
16	Polja za usmjeravanje prometa	25	m ²	30	750,00
17	Strjelica dvosmjerna	125	kom	4	500,00
18	Pješački prijelaz	25	m ²	80	2.000,00
PROMETNO - TEHNOLOŠKI PROJEKTI					
19	Idejno prometno rješenje		projekt	1	5.000,00
20	Glavni i izvedbeni projekt		projekt	1	8.000,00
UKUPNO [kn]					147.851,60

Tablica 35. Troškovi izgradnje Varijante II

R.b.	Opis radova	Jedinična cijena [kn]	Jedinica obračuna	Količina	Ukupna cijena [kn]
GRAĐEVINSKI RADOVI					
Pripremni radovi					
1	Iskolčenje	5	m ¹	335	1.675,00
2	Rezanje asfalta	18,5	m ¹	110	2.035,00
3	Glodanje i odvoz	24,5	m ²	200	4.900,00
4	Raskopavanje asfalta i odvoz	36,8	m ²	150	5.520,00
6	Iskop donjeg stroja, utovar i odvoz	65,7	m ³	30	1.971,00
7	Uređenje posteljice	5,5	m ²	200	1.100,00
8	Izrada gornjeg stroja, sabijanje, poravnavanje, dovoz mat.	159,9	m ³	30	4.797,00
Asfaltiranje					
9	Izravnavajući sloj asfalta	519	t	15	7.785,00
10	Asfaltiranje gornjeg sloja asfalta	58,8	m ²	250	14.700,00
11	Betonski rubnjak 8x20x50 cm + temelj	98,1	m ¹	300	29.430,00
12	Betonske kanalice 40x15x100 + temelj	164,5	m ¹	300	49.350,00
HORIZONTALNO I VERTIKALNO OZNAČAVANJE					
Vertikalno označavanje					
13	Prometni znak (prosjeak - ovisi o refleksiji)	400	kom	16	6.400,00
14	Betonski temelj za prometni znak	200	kom	10	2.000,00
15	Pocinčani stup za prometni znak	50	m ¹	15	750,00
16	Postavljanje prometnog znaka	70	kom	18	1.260,00
Horizontalno označavanje					
17	Linije	3,5	m ¹	115	402,50
18	Polja za usmjeravanje prometa	25	m ²	30	750,00
19	Strjelica jednosmjerna	95	kom	4	380,00
20	Strjelica dvosmjerna	125	kom	4	500,00
21	Pješački prijelaz	25	m ²	80	2.000,00
22	Autobusno stajalište	600	kom	2	1.200,00
Ostalo					
23	Opremanje autobusnog / tramvajskog stajališta	100.000,00	kom	1	100.000,00
PROMETNO - TEHNOLOŠKI PROJEKTI					
24	Idejno prometno rješenje		projekt	1	10.000,00
25	Glavni i izvedbeni projekt		projekt	1	15.000,00
UKUPNO [kn]					263.905,50

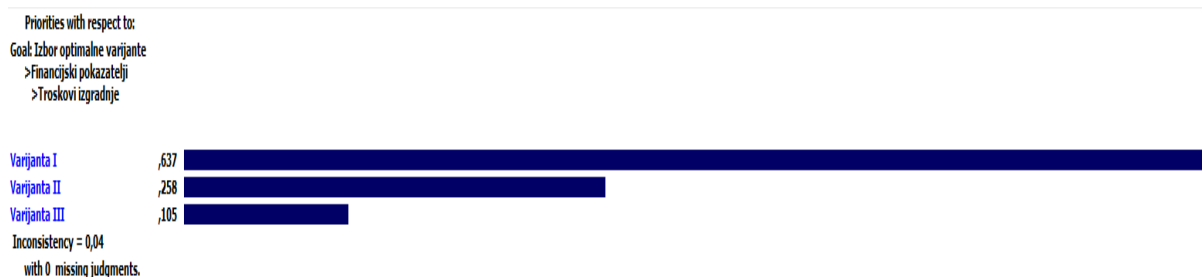
Tablica 36. Troškovi izgradnje Varijante III

R.b.	Opis radova	Jedinična cijena [kn]	Jedinica obračuna	Količina	Ukupna cijena [kn]
GRAĐEVINSKI RADOVI					
Pripremni radovi					
1	Iskolčenje	5	m ¹	604	3.020,00
2	Rezanje asfalta	18,5	m ¹	100	1.850,00
3	Glodanje i odvoz	24,5	m ²	140	3.430,00
4	Raskopavanje asfalta i odvoz	36,8	m ²	100	3.680,00
5	Iskop donjeg stroja, utovar i odvoz	65,7	m ³	50	3.285,00
6	Uređenje posteljice	5,5	m ²	350	1.925,00
7	Izrada gornjeg stroja, sabijanje, poravnavanje, dovoz mat.	159,9	m ³	400	63.960,00
Asfaltiranje					
8	Izravnavajući sloj asfalta	519	t	25	12.975,00
9	Asfaltiranje gornjeg sloja asfalta	58,8	m ²	500	29.400,00
10	Betonski rubnjak 8x20x50 cm + temelj	98,1	m ¹	450	44.145,00
11	Betonske kanalice 40x15x100 + temelj	164,5	m ¹	450	74.025,00
HORIZONTALNO I VERTIKALNO OZNAČAVANJE					
Vertikalno označavanje					
12	Prometni znak (prosijek - ovisi o refleksiji)	400	kom	40	16.000,00
13	Betonski temelj za prometni znak	200	kom	25	5.000,00
14	Pocinčani stup za prometni znak	50	m ¹	25	1.250,00
15	Postavljanje prometnog znaka	70	kom	40	2.800,00
Horizontalno označavanje					
16	Linije	3,5	m ¹	250	875,00
17	Strjelica jednosmjerna	95	kom	4	380,00
18	Pješački prijelaz	25	m ²	35	875,00
19	Autobusno stajalište	600	kom	2	1.200,00
Ostalo					
20	Opremanje autobusnog / tramvajskog stajališta	100.000,00	kom	2	200.000,00
PROMETNO - TEHNOLOŠKI PROJEKTI					
21	Idejno prometno rješenje		projekt	1	13.000,00
22	Glavni i izvedbeni projekt		projekt	1	18.000,00
UKUPNO [kn]					501.075,00

U Tablici 37. rangirane su varijante za potkriterij Troškovi izgradnje. Vrednovanje varijanti prikazano je na Slici 44.

Tablica 37. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Troškovi izgradnje

Varijante	Troškovi izgradnje (kn)	Rang
Varijanta I	147.851,60	1
Varijanta II	263.905,50	2
Varijanta III	501.075,00	3



Slika 44. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Troškovi izgradnje

Drugi potkriterij u sklopu financijskih pokazatelja je trošak otkupa zemljišta. Kod izračuna otkupa zemljišta u obzir je uzeta ukupna površina koju svaka od tri predložene varijante raskrižja zauzima. Prilikom rekonstrukcije kod svih varijanti potrebno je otkupiti dodatni dio zemljišta za izgradnju. Za cijenu m² uzeta je od 226kuna (30€) po kvadratnom metru. Vrijednosti zemljišta koje je potrebno otkupiti za svaku pojedinu varijantu prikazane su u Tablici 38. Vrednovanje svake pojedine varijante prema potkriteriju Troškovi otkupa zemljišta prikazane su na Slici 45.

Tablica 38. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Troškovi otkupa zemljišta

Varijante	Troškovi otkupa zemljišta (kn)	Rang
Varijanta I	34.804,00	1
Varijanta II	207.355,00	2
Varijanta III	339.000,00	3



Slika 45. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Troškovi otkupa zemljišta

Zadnji potkriterij unutar financijskih pokazatelja su Troškovi održavanja. Održavanje cestovne prometnice je složen i zahtjevan zadatak, za čiju provedbu je nužno sudjelovanje stručnjaka raznih specijalnosti i struka. Pripremi, planiranju, provedbi i kontroli izvedbe radova na održavanju cesta treba pristupiti s istom pozornošću, kao i kod izgradnje ili rekonstrukcije cesta. Osim očuvanja ceste od propadanja zbog raznih vanjskih utjecaja, održavanjem se ponekad otklanjaju i nedostaci na cesti, nastali zbog pogrešne procjene, nedostatnih ispitivanja ili nepredvidivih utjecaja pri izgradnji ili rekonstrukciji. Zbog nedostatka podataka o

cijeni održavanja prometnica, troškovi održavanja biti će izraženi na temelju procjene, što se može vidjeti u Tablici 39.

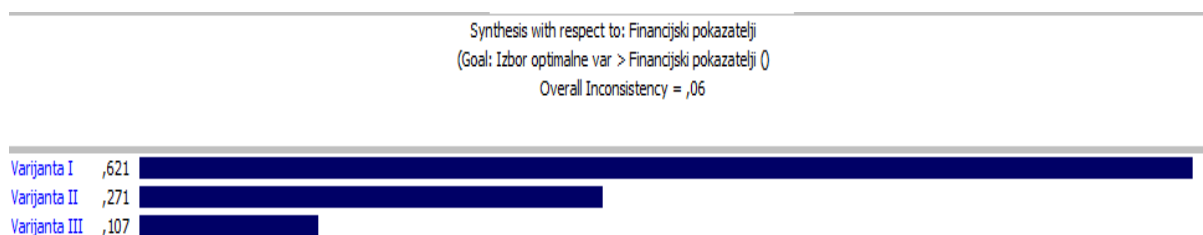
Tablica 39. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Troškovi održavanja

Varijante	Troškovi održavanja (kn)	Rang
Varijanta I	10.000,00	1
Varijanta II	15.000,00	2
Varijanta III	25.000,00	3



Slika 46. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Troškovi održavanja

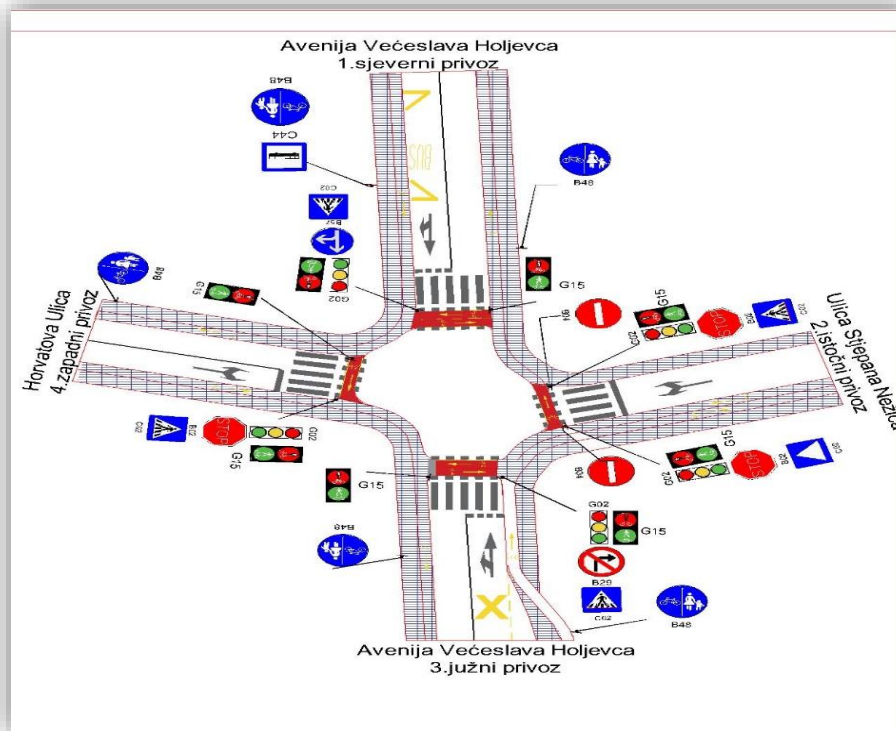
Na Slici 47. prikazano je vrednovanje varijanti prema kriteriju Financijski pokazatelji. Iz toga se može vidjeti da je financijski najisplativija Varijanta I, zbog malih građevinskih zahvata i minimalne količine zemljišta potrebnog za otkupit.



Slika 47. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Financijski pokazatelji

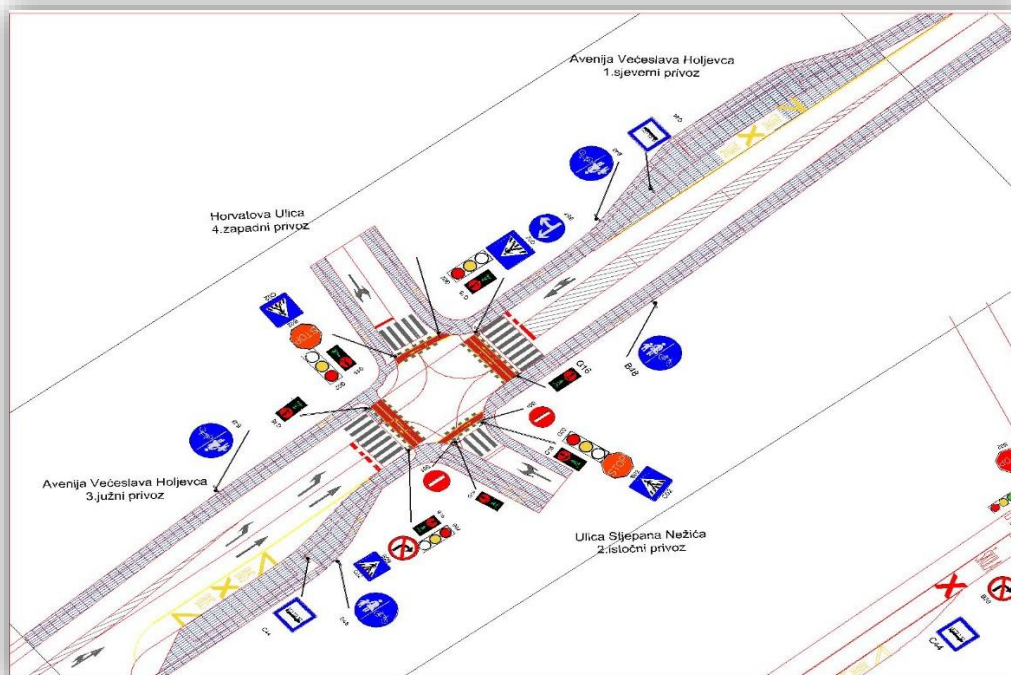
Kao Prostorno urbanistički pokazatelji uzeti su dodatno zauzimanje zemljišne površine, narušavanje krajobraza i kompleksnost izvedbe raskrižja.

Potkriterij Dodatno zauzimanje zemljišne površine ima veliku važnost jer se raskrižje nalazi u urbanom području, te je potrebno minimalizirati zauzimanje površine. Ovaj potkriterij prikazuje koja od tri odabrane varijante zahtjeva dodatno zauzimanje površine u odnosu na postojeće stanje. Varijanta I zauzima dodatnih 512 m² u odnosu na postojeće stanje (Slika 48.).



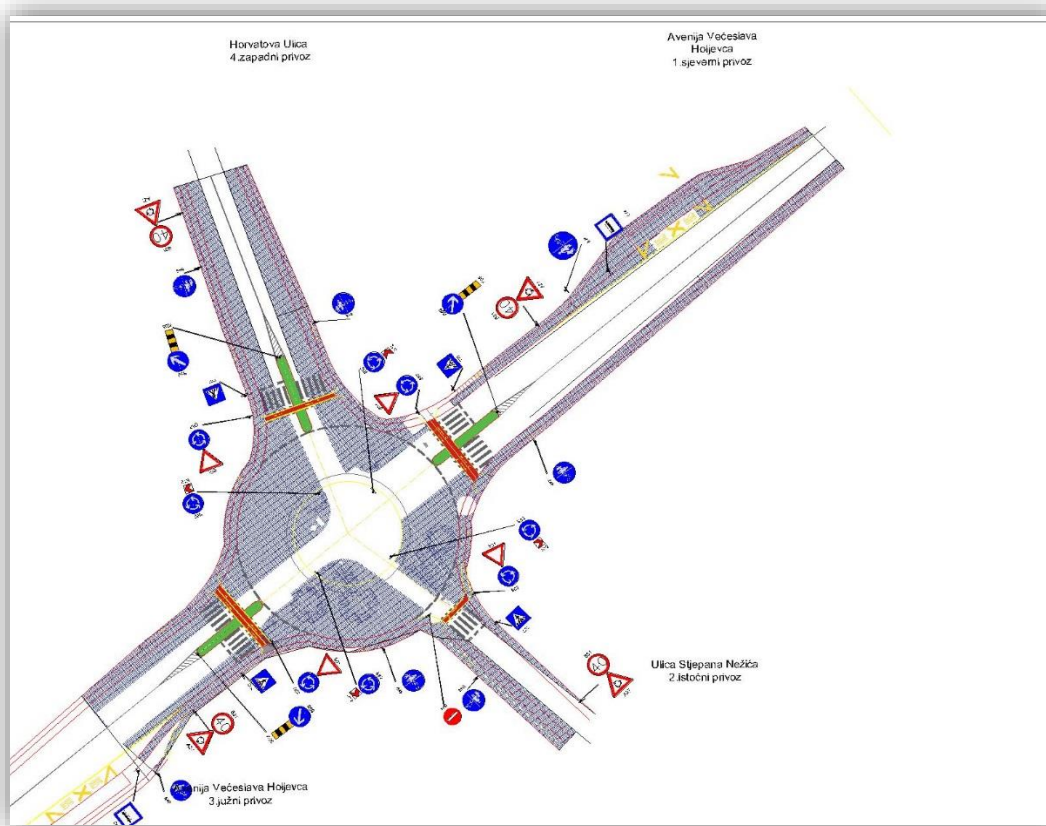
Slika 48. Dodatno zauzimanje površine – Varijanta I

Varijanta II zauzima dodatnih 1.015 m² u odnosu na postojeće stanje. Razlog tomu je izgradnja ugibališta za autobuse i traka za lijevo skretanje, uslijed čega dolazi do proširenja kolnika (Slika 49.).



Slika 49. Dodatno zauzimanje površine – Varijanta II

Na Slici 50. prikazano je dodatno zauzimanje površine raskrižja s kružnim tokom prometa u odnosu na postojeće stanje. Varijanta III zauzima dodatnih 3.694 m².

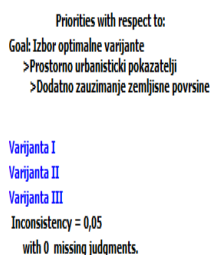


Slika 50. Dodatno zauzimanje površine – Varijanta III

Rezultati mjerenja dodatnog zauzimanja površine prikazani su u Tablici 40. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Dodatno zauzimanje površine prikazani su na Slici 51.

Tablica 40. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Dodatno zauzimanje površine

Varijante	Dodatno zauzimanje zemljišne površine [m ²]	Rang
Varijanta I	512,00	1
Varijanta II	1.015,00	2
Varijanta III	3.694,00	3



Slika 51. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Dodatno zauzimanje površine

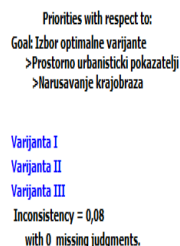
Narušavanje krajobraza je drugi potkriterij u sklopu kriterija Ekološki pokazatelji. Ovaj potkriterij prikazuje koliko pojedina varijanta svojom izgradnjom narušava izgled okolne površine, odnosno koliko utječe na okolnu vegetaciju. U okviru rada predlažu se na izgradnju tri varijante prometnice od kojih svaka u određenoj mjeri uništava krajobraz kroz koji prolazi.

Varijanta I ima minimalan utjecaj na krajobraz, jer izgradnjom kolnika za pješake i bicikliste zauzima se najmanja površina u odnosu na ostale varijante. Varijanta II izgradnjom traka za lijevo i ugibališta za autobuse utječe na promjenu krajobraza, ali ne u tolikoj mjeri kao Varijanta III koja zauzima najveću površinu i zahtjeva kompletnu izmjenu okoline raskrižja.

Vrijednosti narušavanja krajobraza date su opisno i prikazane su u Tablici 41 . Vrednovanje Varijanti prikazano je na Slici 52.

Tablica 41. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Narušavanje krajobraza

Varijante	Narušavanje krajobraza	Rang
Varijanta I	Minimalno	1
Varijanta II	Srednje	2
Varijanta III	Veliko	3



Slika 52. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Narušavanje krajobraza

Kompleksnost izvedbe raskrižja opisuje koliki je građevinski zahvat potrebno provesti za izgradnju pojedine varijante. Pod tim se podrazumijeva potreba za izmještanjem određenih objekata, izmještanjem vodovodne i kanalizacijske mreže, preusmjeravanjem prometa u vrijeme izgradnje, vremenski period potreban za izgradnju.

Ocjena kompleksnosti izvedbe raskrižja prikazana je opisno u Tablici 42., a vrednovanje varijanti prikazano je na Slici 53.

Tablica 42. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Kompleksnost izvedbe raskrižja

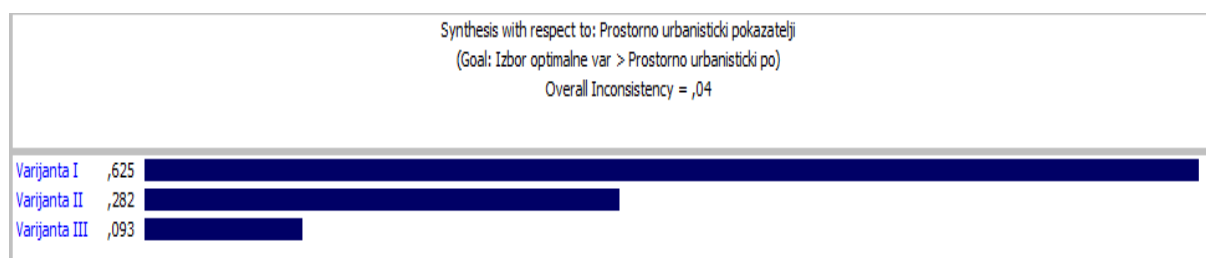
Varijante	Kompleksnost izvedbe raskrižja	Rang
Varijanta I	Minimalna	1
Varijanta II	Srednja	2
Varijanta III	Velika	3

Priorities with respect to:
 Goal: Izbor optimalne varijante
 >Prostorno urbanistički pokazatelji
 >Kompleksnost izvedbe raskrižja



Slika 53. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Kompleksnost izvedbe raskrižja

Na Slici 54. može se vidjeti da prema kriteriju Prostorno urbanistički pokazatelji najbolje ocjene ima Varijanta I sa 62,5%. Razlog tome je najmanje zauzimanja dodatne površine i minimalno narušavanje krajobraza. Na drugom mjestu nalazi se Varijanta II sa 28,2% i na kraju Varijanta III 9,3%.



Slika 54. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Prostorno urbanistički pokazatelji

Društveni pokazatelji su zadnji kriterij u hijerarhijskoj strukturi. U sklopu njih odabrana su dva potkriterija: Mobilnost pješaka i biciklista i Društvena korist.

Mobilnost pješaka i biciklista prikazuje koja od tri varijante najviše doprinosi povećanju mobilnosti i sigurnosti pješaka i biciklista. Mobilnost pješačkog prometa definira se kao udio pješačkog prometa u ukupnoj raspodjeli prometa, broj pješačkih putovanja u nekom vremenskom razdoblju te mogućnost pješačkih putovanja uz što manje prepreka ili bez njih [10]. Mobilnost pješačkog prometa smanjena je na mjestima koja nemaju uređene nogostupe i pješačke prijelaze jer se smanjuje sigurnost kretanja pješaka, a samim time i njegova atraktivnost. Razina mobilnosti, koja je važan dio u planiranju budućeg izgleda prometnice, postiže se pravilnim obilježavanjem pješačkih i biciklističkih prijelaza, pravilnom izgradnjom kolnika za pješake i bicikliste, dovoljnom širinom i odvojenosti od motoriziranog prometa. Povećanjem sigurnosti pješačkih i biciklističkih prijelaza dolazi i do povećanja mobilnosti pješaka i biciklista.

Varijanta II i III imaju najbolje ocjene zbog izgradnje ugibališta za autobuse izvan javne ceste čime se povećava sigurnost pješaka a samim time raste i mobilnost. Rangiranje Varijanti prikazano je opisno u Tablici 43. Vrednovanje varijanti prikazano je na Slici 55.

Tablica 43. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Mobilnost pješaka i biciklista

Varijante	Mobilnost pješaka i biciklista	Rang
Varijanta I	Minimalna	1
Varijanta II	Srednja	2
Varijanta III	Srednja	2

Priorities with respect to:
 Goal: Izbor optimalne varijante
 >Društveni pokazatelji
 >Mobilnost pješaka i biciklista



Slika 55. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Mobilnost pješaka i biciklista

Društvena korist kao drugi potkriterij u sklopu društvenih pokazatelja može se definirati kao procjena društvene spremnosti da prihvati veličinu troškova ili šteta u okolišu i na račun korištenja okoliša u odnosu na koristi koje će neki zahvat osigurati za društvo. Dakle društvo mora biti spremno prihvatiti određene troškove (štete) u okolišu i na račun okoliša za koristi iskazane kroz rast i razvoj gospodarstva, zaposlenosti, rasta životnog standarda, doprinos prihodu državnog proračuna koje će osigurati svaki pojedinačni zahvat. Procjenom utjecaja i odabirom najprihvatljivije varijante zahvata nastoje se ti utjecaji svesti na prihvatljivu mjeru. Kao štete za društvo uslijed izgradnje ili rekonstrukcije raskrižja mogu se navesti : troškovi izgradnje raskrižja, troškovi održavanja, gubitak u poljoprivrednoj djelatnosti jer će se određene površine morati prenamjeniti, ekološke posljedice (buka, ispušni plinovi). Koristi od novoizgrađene prometnice mogu biti : ušteda na vremenu putnika, ušteda na gorivu, gumama i troškovima održavanja zbog veće kvalitete prometnice, manji broj prometnih nesreća i manje štete u prometnim nesrećama, povećanje korištenja ekološki prihvatljivijeg prijevoza (bicikl, JGP).

Najveću društvenu korist donosi Varijanta II zbog minimalnih troškova izgradnje s kojima se mogu dobiti rezultati koji doprinose poboljšanju života, smanjenju troškova putovanja i povećanju društvene koristi. Rezultati su prikazani opisno u Tablici 44. Vrednovanje varijanti prikazano je na Slici 56.

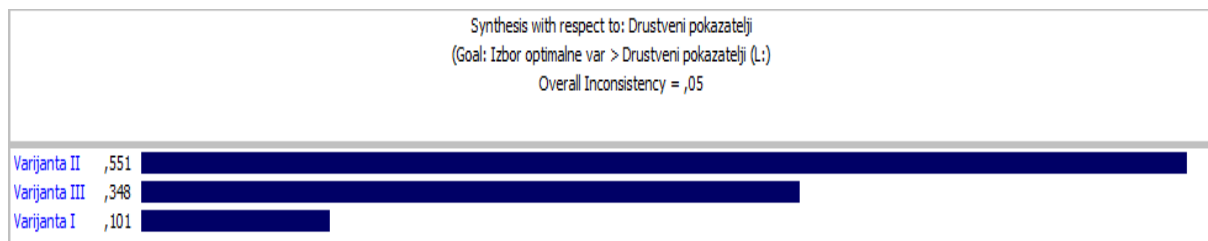
Tablica 44. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Društvena korist

Varijante	Društvena korist	Rang
Varijanta I	Minimalna	1
Varijanta II	Velika	3
Varijanta III	Srednja	2



Slika 56. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Društvena korist

Na Slici 57. može se vidjeti da prema kriteriju Društveni pokazatelji najviše zadovoljava Varijanta II sa 55,1 %, potom Varijanta III sa 34,8% i najmanje Varijanta I sa 10,1%.



Slika 57. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Društveni pokazatelji

5.4. Prijedlog modela financiranja

Prometni objekti, kao i svi drugi projekti imaju naručitelja, odnosno investitora projekta. Investitor je pravna ili fizička osoba u čije ime se gradi građevina, odnosno prometni objekt te on naručuje posao projektiranja od izrađivača projekta. Investitor može biti privatna ili pravna osoba. Privatni naručitelji prometnih projekata mogu biti trgovački i poslovni centri, hoteli, privatne bolnice, privatne benzinske postaje, operateri privatnih javnih garaža, privatni koncesionari prometne infrastrukture i drugi. Javni naručitelji prometnih projekata mogu biti ministarstva (Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva), jedinice regionalne i lokalne samouprave (Karlovačka županija, Grad Karlovac), društva za upravljanje prometnom infrastrukturom kojima je osnivač država (Hrvatske ceste d.o.o., Hrvatske autoceste d.o.o., Autocesta Zagreb-Rijeka d.d.), županijske uprave za ceste (ŽUC Karlovačke županije) itd. [2].

Prema Zakonu o cestama propisani su izvori sredstava za financiranje javnih cesta [11]:

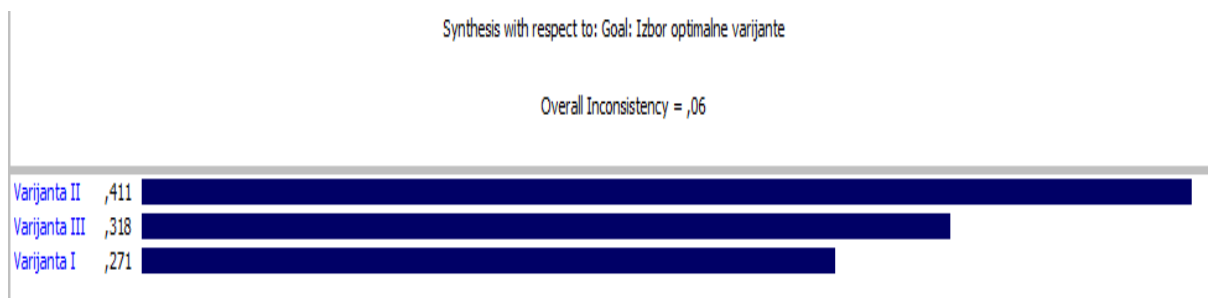
- 1) godišnja naknada za uporabu javnih cesta, koja se plaća pri registraciji motornih i priključnih vozila,
- 2) cestarina za uporabu autoceste i objekta s naplatom (most, tunel, vijadukt i slično),

- 3) naknada za uporabu javnih cesta motornim i priključnim vozilima registriranim izvan Republike Hrvatske,
- 4) naknada za izvanredni prijevoz,
- 5) naknada za prekomjernu uporabu,
- 6) korisnička naknada,
- 7) naknada za korištenje cestovnog zemljišta,
- 8) naknada za obavljanje pratećih djelatnosti,
- 9) naknada za koncesije,
- 10) sredstva državnog proračuna,
- 11) naknada za financiranje građenja i održavanja javnih cesta
- 12) naknada za osnivanje prava služnosti i prava građenja na javnoj cesti
- 13) i ostali izvori.

Kod financiranja prometnog projekta može sudjelovati više subjekata u ulozi investitora što većinom ovisi o koristima koji određeni subjekti mogu imati od projekta ali i od preuzetih obaveza. Rekonstrukcija raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Nežićeva i Horvatova je koristan projekt kako bi se smanjila zagušenja i povećala sigurnost, što je u najvećem interesu Grada Zagreba. Također s gospodarske strane ovo raskrižje povezuje obližnje poslovne zone s Zagrebom, što je dodatni motiv za financiranje rekonstrukcije.

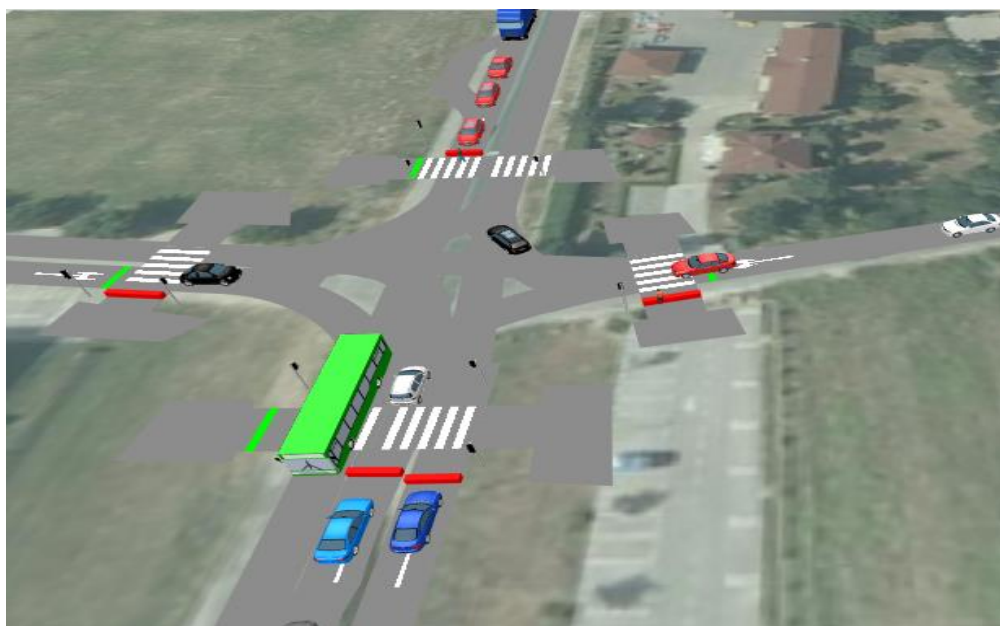
6. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE I ANALIZA OSJETLJIVOSTI

Primjenom metode Analitičkog hijerarhijskog procesa, na osnovu definiranih i međusobno rangiranih kriterija i potkriterija, te vrednujući predložene varijante prema svakom od kriterija i potkriterija, dolazi se do rezultata da Varijanta II – četverokrako raskrižje u razini, uz dodatni trak za lijevo skretanje, izgrađeno ugibalište za autobuse i kolnik za pješake i bicikliste, predstavlja optimalno rješenje na analiziranom raskrižju Avenija Većeslava Holjevca, Nežićeva i Horvatova. Nakon provedenog vrednovanja, na drugom mjestu nalazi se Varijanta III, raskrižje s kružnim tokom prometa. Varijanta I, koja predstavlja financijski najisplativiju investiciju, u konačnici nakon vrednovanja po svim potkriterijima nije zadovoljila i nalazi se na trećem mjestu pri izboru optimalne varijante. Rezultati su prikazani na Slici 58.



Slika 58. Rezultati izbora optimalne varijante

Na Slici 59. može se vidjeti prikaz optimalne varijante izrađene u mikrosimulacijskom programu Vissim.

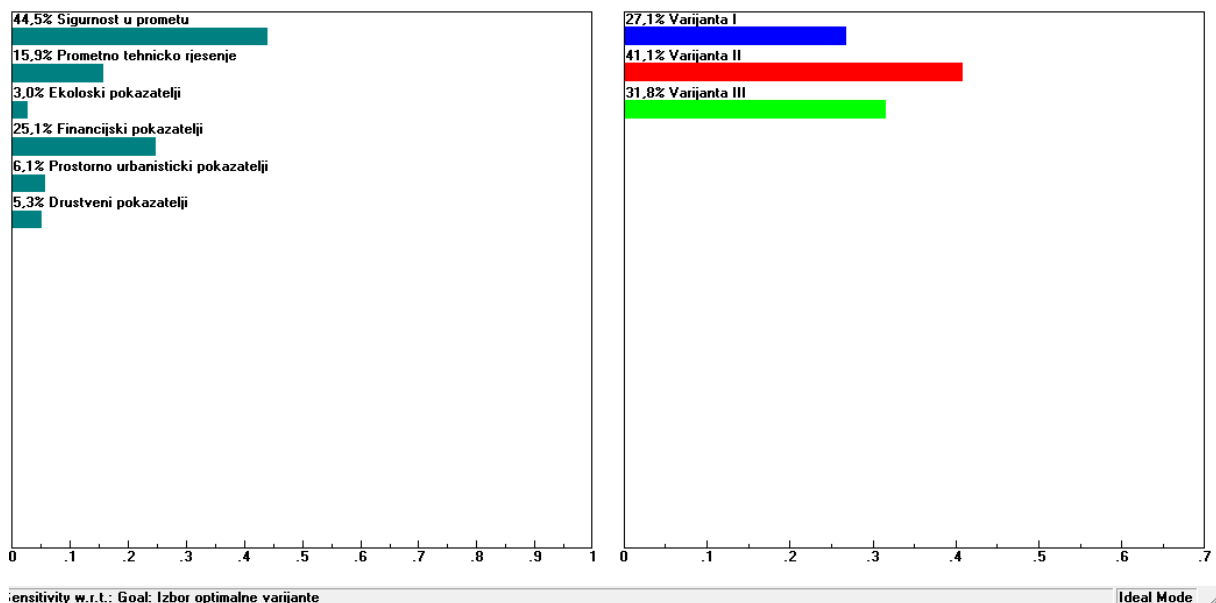


Slika 59. Prikaz optimalne varijante u mikrosimulacijskom programu PTV Vissim

Analiza osjetljivosti je metoda kojom se nastoji utvrditi kako model ovisi o vrijednostima koje su mu dodijeljene u njegovoj strukturi i o pretpostavkama na kojima je postavljen. Ona je važna metoda za provjeru kvalitete danog modela, a ujedno se koristi i za provjeru pouzdanosti modela u slučaju promjene kritičnih parametara.

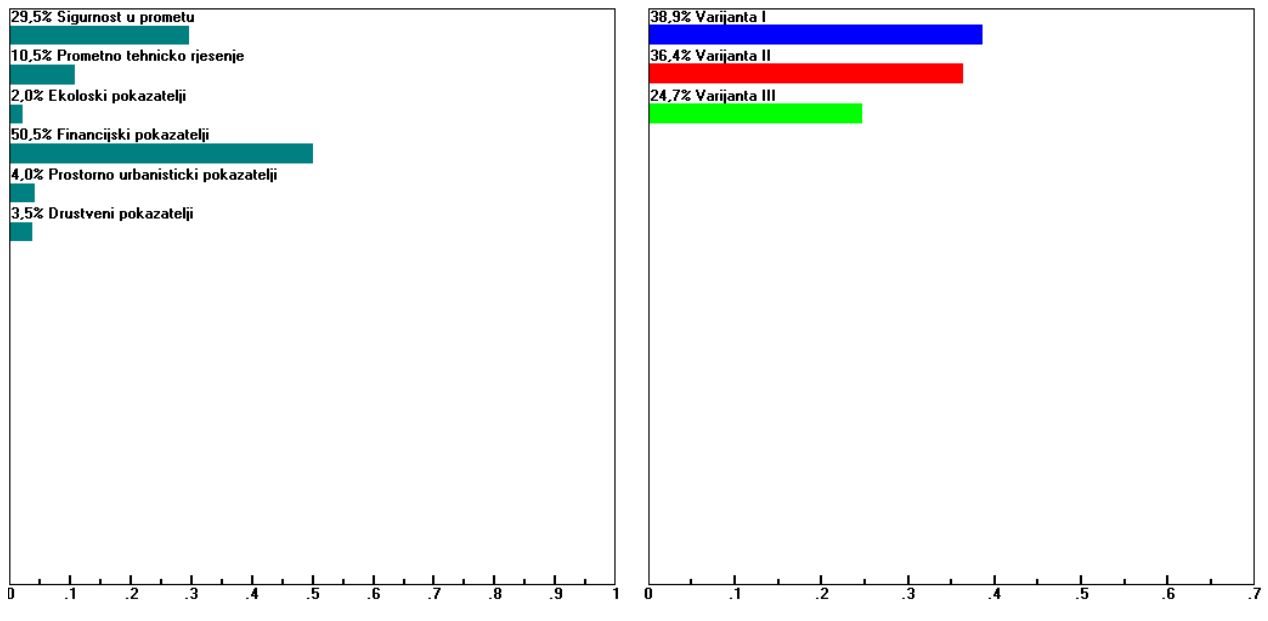
Analiza učinkovitosti investicija koja se naziva i analizom osjetljivosti. Analiza osjetljivosti omogućuje određivanje „kritičkih“ varijabli ili parametara modela, a njezin osnovni cilj je procijeniti prihvatljivost projekta ako vrijednosti kritičnih parametara projekta budu promijenjene. Kritične varijable su one varijable čije varijacije, bilo pozitivne ili negativne, mogu imati najveći utjecaj na financijske ili gospodarske rezultate projekta. Cilj analize osjetljivosti projekta je procjena prihvatljivosti projekta, ako se vrijednosti kritičnih parametara projekta budu razlikovale od planiranih u tijeku dosadašnje analize. Pod kritičnim parametrima projekta razumijevaju se oni elementi koji značajno utječu na njegovu učinkovitost, ali koji su istovremeno i naglašeno neizvjesni [7].

Analiza osjetljivosti provedena je pomoću programskog alata Expert Choice, na način da su se promijenile važnosti kriterija. Na Slici 60. prikazan je dinamički graf postojećeg stanja.



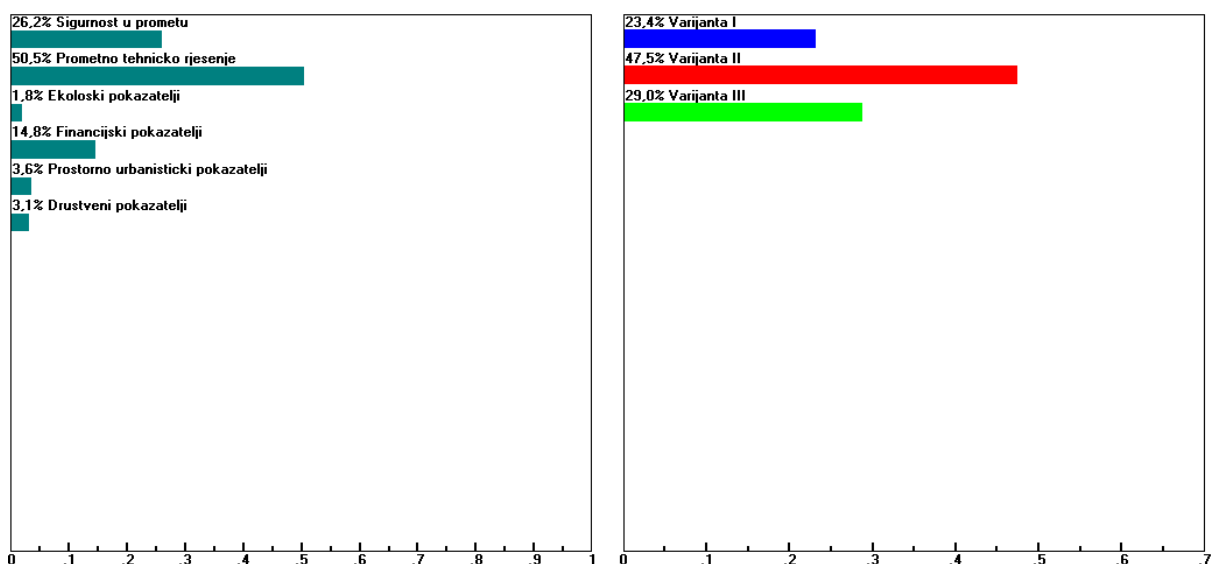
Slika 60. Dinamički graf postojećeg stanja

Na slici 61. prikazan je dinamički graf promijenjenog stanja. Na njemu je vidljivo da se uslijed promijene težine kriterija Financijski pokazatelji, mijenja i optimalna varijanta. Nakon provedene analize osjetljivosti, gdje je povećana važnost kriterija Financijski pokazatelji sa 25% na 50%, kao optimalna varijanta pokazala je se Varijanta I. Dodjeljivanjem prevelike važnosti kriteriju Financijski pokazatelji može imati negativne posljedice kao što je nepravilno projektirana prometnica, nekvalitetna podloga, nedovoljna preglednost i neusklađeni semafori što može imati za posljedicu izazivanja prometnih nesreća.



Slika 61. Dinamički graf promijenjenog stanja (Financijski pokazatelji)

U drugom slučaju izvršila je se promjena težine kriterija Prometno tehničko rješenje, kako bi se prikazalo što bi se dogodilo ako na prvom mjestu pri rekonstrukciji ili izgradnji raskrižja budu prometno tehnički parametri kao što su propusna moć, ograničenje brzine, duljina repa čekanja i preglednost u raskrižju. Na Slici 62. vidljivo je da pri promjeni težine kriterija Prometno tehničko rješenje, Varijanta II ima veliku prednost u odnosu na druge dvije varijante.



Slika 62. Dinamički graf promijenjenog stanja (Prometno tehničko rješenje)

7. ZAKLJUČAK

Glavni cilj ovog rada je prikazati problematiku raskrižja Avenija Većeslava Holjevca, Horvatova i Nežićeva, predložiti nove varijante rješenja i na kraju izabrati optimalno rješenje višekriterijskim odlučivanjem s ciljem omogućavanja sigurnog odvijanja prometa na navedenom raskrižju. Raskrižje Avenije Većeslava Holjevca, Horvatova i Nežićeva nalazi se u južnom dijelu Zagreba, te povezuje u širem geografskom području naselja Slobostina, Klara i Sopot sa Velikom Goricom i središnjim dijelom Zagreba. Prvi korak koji je bilo potrebno izvršiti je detaljna analiza postojećeg stanja, gdje je utvrđeno nepostojanje adekvatne prometne signalizacije na sporednim i glavnim privozima, propusna moć u vršnom periodu, nepostojanje kolnika za pješake i bicikliste i ostali čimbenici koji su ovo raskrižje činili nesigurnim za sve sudionike u prometu.

Brojanje prometa provedeno je u jutarnjem vršnom periodu i izvanvršnom periodu kako bi se dobili podaci o prometnom opterećenju, što je podloga za izradu prijedloga novih varijantnih rješenja. Kao rješenja predložene su tri varijante čiji cilj je poboljšanje protoka vozila i povećanje sigurnosti svih sudionika u prometu. Za predložene varijante izrađena je SWOT analiza kako bi se prikazali unutarnji i vanjski čimbenici koji mogu utjecati na raskrižje.

U svrhu izbora optimalne varijante, vrednovanje se provelo primjenom AHP metode uz korištenje programskog alata Expert Choice. Kao optimalna varijanta odabrana je Varijanta II, raskrižje upravljano prometnim svjetlima uz dodatni trak za lijevo skretanje na južnom privozu i ugibalište za autobuse izvan javne ceste na sjevernom privozu. Utvrđeno je da bi ova varijanta najbolje riješila problem smanjene sigurnosti i zagušenja na navedenom raskrižju. Najveća prednost Varijante II u odnosu na Varijantu I je smanjenje repa čekanja i povećanje propusne moći, dok glavna prednost u odnosu na Varijantu III predstavljaju financijski pokazatelji i bolja propusna moć u vršnom periodu.

Rješavanjem problema kao što je navedeno raskrižje ulaže se u prometnu infrastrukturu, povećava se kvaliteta usluge i sigurnost sudionika u prometu. Pri rješavanju problema potrebno je koristiti softversku podršku programa kao što su Expert Choice, Vissim, Sidra Intersection kako bi se prikazalo funkcioniranje predloženih varijanti u stvarnom okruženju i na kraju odabrala optimalna varijanta.

LITERATURA

- [1] Dadić, I., Kos, G.: Nastavni materijali iz kolegija Teorija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2014/2015
- [2] Brlek, P., Dadić I., Šoštarić M.: Prometno tehnološko projektiranje (autorizirana predavanja, radna verzija), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
- [3] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta / Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2008.
- [4] Hozjan, D., : Nastavni materijali iz kolegija Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2014/2015
- [5] Pravilnik o autobusnim stajalištima, Narodne novine, 119/07
- [6] Pilko, H., Brčić, D., Šubić, N.: Istraživanje brzine kretanja vozila pri projektiranju kružnih raskrižja, Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera „Građevinar“ , 2014
- [7] Barić, D.: Nastavni materijali iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2015/2016
- [8] Lanović, Z.: Nastavni materijali iz kolegija Cestovna telematika, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2014/2015
- [9] Županović, D.: Uvod u simulacijsko modeliranje u cestovnom prometu, materijali za predavanja iz kolegija Cestovna telematika, Fakultet prometnih znanosti, 2014/2015
- [10] Janjatović, J., Pilepić, D., Pevalek, V.: Utjecaj pješačkih prijelaza na poboljšanje mobilnosti pješačkog prometa u gradovima, Zbornik Veleučilišta u Rijeci , 2015
- [11] Zakon o cestama, NN 84/11, 22/13,54/13, 148/13 i 92/14

Programska podrška:

- 1) AutoCad 2014
- 2) Expert Choice
- 3) MS Excel 2010
- 4) Sidra Interception
- 5) PTV Vissim

POPIS TABLICA

Tablica 1. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – vozila koja idu ravno (07:00 – 08:00h)	9
Tablica 2. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – desni skretači (07:00 – 08:00h)	9
Tablica 3. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – desni skretači (07:00 – 08:00h)	9
Tablica 4. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – lijevi skretači (07:00 – 08:00h)	10
Tablica 5. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – vozila koja idu ravno (07:00 – 08:00h)	10
Tablica 6. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – vozila koja idu ravno (07:00 – 08:00h)	10
Tablica 7. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – lijevi skretači (07:00 – 08:00h)	11
Tablica 8. Rezultati brojanja prometa u Horvatoj ulici – desni skretači (07:00 – 08:00h) ...	11
Tablica 9. Rezultati brojanja prometa u Horvatoj ulici – lijevi skretači (07:00 – 08:00h)	11
Tablica 10. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – vozila koja idu ravno (11:00 – 12:00)	12
Tablica 11. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – desni skretači (11:00 – 12:00).....	12
Tablica 12. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – desni skretači (11:00 – 12:00)	13
Tablica 13. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – lijevi skretači (11:00 – 12:00)	13
Tablica 14. Rezultati brojanja prometa u Ulici Stjepana Nežića – vozila koja idu ravno (11:00 – 12:00).....	13
Tablica 15. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – vozila koja idu ravno (11:00 – 12:00)	14
Tablica 16. Rezultati brojanja prometa na Aveniji Većeslava Holjevca – lijevi skretači (11:00 – 12:00).....	14
Tablica 17. Rezultati brojanja prometa u Horvatoj ulici – desni skretači (11:00 – 12:00) ...	14
Tablica 18. Rezultati brojanja prometa u Horvatoj ulici – lijevi skretači (11:00 – 12:00)	15
Tablica 19. Strategije SWOT matrice [7]	27
Tablica 20. SWOT matrica Varijante I.....	28
Tablica 21. SWOT matrica Varijante II.....	28
Tablica 22. SWOT matrica Varijante III.....	29
Tablica 23. Saaty-eva skala važnosti ocjene [7]	31
Tablica 24. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Broj konfliktnih točaka.....	42
Tablica 25. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Vjerojatnost nastanka prometne nesreće	42
Tablica 26. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Sigurnost pješaka i biciklista	43

Tablica 27. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Propusna moć	47
Tablica 28. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Preglednost u raskrižju	48
Tablica 29. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Ograničenje brzine	49
Tablica 30. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Duljina repa čekanja	50
Tablica 31. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Potrošnja goriva	51
Tablica 32. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Buka	51
Tablica 33. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Količina štetnih ispušnih plinova	52
Tablica 34. Troškovi izgradnje Varijante I.....	53
Tablica 35. Troškovi izgradnje Varijante II.....	54
Tablica 36. Troškovi izgradnje Varijante III.....	55
Tablica 37. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Troškovi izgradnje	55
Tablica 38. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Troškovi otkupa zemljišta	56
Tablica 39. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Troškovi održavanja	57
Tablica 40. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Dodatno zauzimanje površine	59
Tablica 41. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Narušavanje krajobraza	60
Tablica 42. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Kompleksnost izvedbe raskrižja	60
Tablica 43. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Mobilnost pješaka i biciklista	62
Tablica 44. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Društvena korist.....	62

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz položaja raskrižja u odnosu na centar grada.....	3
Slika 2. Prikaz postojećeg stanja raskrižja	4
Slika 3. Sjeverni privoz raskrižju	5
Slika 4. Zapadni privoz raskrižju	5
Slika 5. Južni privoz raskrižja.....	6
Slika 6. Istočni privoz raskrižju.....	6
Slika 7. Prikaz položaja brojača na raskrižju	8
Slika 8. Grafički prikaz prometnog opterećenja prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu (07:00 – 08:00)	15
Slika 9. Grafički prikaz prometnog opterećenja prometnih tokova izvan vršnog perioda (11:00 – 12:00).....	16
Slika 10. Varijanta I izrađena u programskom alatu Autocad	21
Slika 11. Varijanta II izrađena u programskom alatu Autocad	23
Slika 12. Varijanta III izrađena u programskom alatu Autocad	25
Slika 13. Hijerarhijska struktura AHP modela [7]	31
Slika 14. Hijerarhijska struktura AHP modela	32
Slika 15. Prikaz rangiranja kriterija u programskom alatu Expert Choice	34
Slika 16. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Sigurnost u prometu u programskom alatu Expert Choice.....	35
Slika 17. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Prometno tehničko rješenje u programskom alatu Expert Choice	35
Slika 18. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Ekološki pokazatelji u programskom alatu Expert Choice.....	36
Slika 19. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Ekonomski pokazatelji u programskom alatu Expert Choice.....	36
Slika 20. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Prostorno urbanistički pokazatelji u programskom alatu Expert Choice	37
Slika 21. Rangiranje potkriterija unutar kriterija Društveni pokazatelji u programskom alatu Expert Choice.....	37
Slika 22. Prikaz konfliktnih točaka i prometnih radnji u četverokrakom i kružnom raskrižju u razini [3].....	38
Slika 23. Prikaz konfliktnih točaka Varijante I – zeleno svjetlo na glavnom privozu.....	39
Slika 24. Prikaz konfliktnih točaka Varijante I – zeleno svjetlo na sporednim privozima	39
Slika 25. Prikaz konfliktnih točaka Varijante II – zeleno svjetlo na glavnom privozu.....	40
Slika 26. Prikaz konfliktnih točaka Varijante II – zeleno svjetlo na sporednom privozu.....	41
Slika 27. Prikaz konfliktnih točaka Varijante III	41
Slika 28. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Broj konfliktnih točaka	42
Slika 29. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Vjerojatnost nastanka prometne nesreće	43
Slika 30. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Sigurnost pješaka i biciklista	43
Slika 31. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Sigurnost u prometu	44

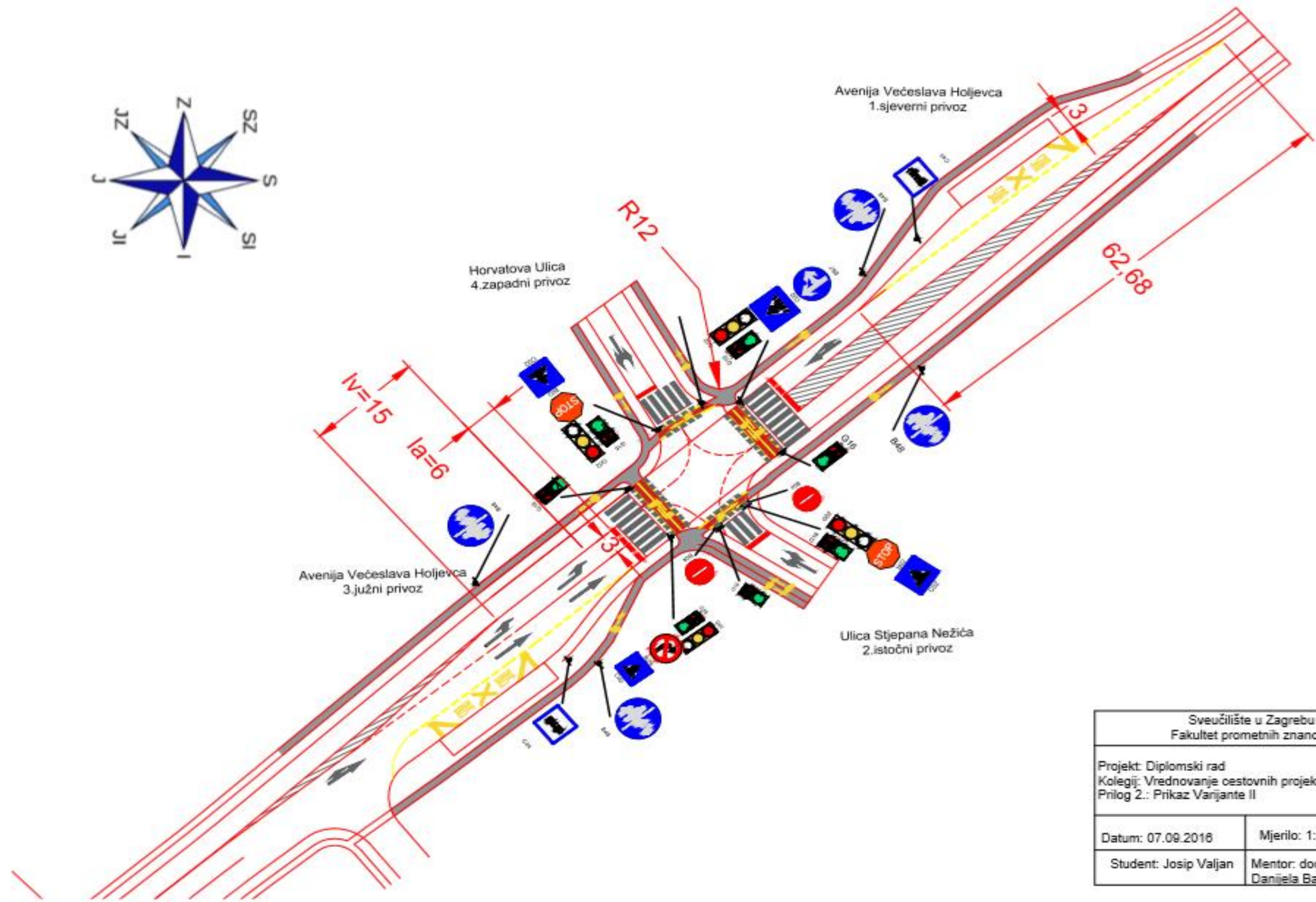
Slika 32. Prikaz propusne moći Varijante I pomoću softvera Sidra Intersection	45
Slika 33. Prikaz propusne moći Varijante II pomoću softvera Sidra Intersection	46
Slika 34. Prikaz propusne moći Varijante III pomoću softvera Sidra Intersection	46
Slika 35. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Propusna moć.....	47
Slika 36. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Preglednost u raskrižju	48
Slika 37. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Ograničenje brzine	49
Slika 38. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Duljina repa čekanja	50
Slika 39. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Prometno tehničko rješenje	50
Slika 40. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Potrošnja goriva.....	51
Slika 41. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Buka	52
Slika 42. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Količina štetnih ispušnih plinova	52
Slika 43. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Ekološki pokazatelji	53
Slika 44. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Troškovi izgradnje.....	56
Slika 45. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Troškovi otkupa zemljišta	56
Slika 46. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Troškovi održavanja.....	57
Slika 47. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Financijski pokazatelji	57
Slika 48. Dodatno zauzimanje površine – Varijanta I	58
Slika 49. Dodatno zauzimanje površine – Varijanta II	58
Slika 50. Dodatno zauzimanje površine – Varijanta III	59
Slika 51. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Dodatno zauzimanje površine	59
Slika 52. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Narušavanje krajobraza.....	60
Slika 53. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Kompleksnost izvedbe raskrižja	61
Slika 54. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Prostorno urbanistički pokazatelji	61
Slika 55. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Moblnost pješaka i biciklista	62
Slika 56. Vrednovanje varijanti prema potkriteriju Društvena korist	63
Slika 57. Vrednovanje varijanti prema kriteriju Društveni pokazatelji	63
Slika 58. Rezultati izbora optimalne varijante.....	65
Slika 59. Prikaz optimalne varijante u mikrosimulacijskom programu PTV Vissim	65
Slika 60. Dinamički graf postojećeg stanja	66
Slika 61. Dinamički graf promijenjenog stanja (Financijski pokazatelji)	67
Slika 62. Dinamički graf promijenjenog stanja (Prometno tehničko rješenje).....	67

POPIS PRILOGA

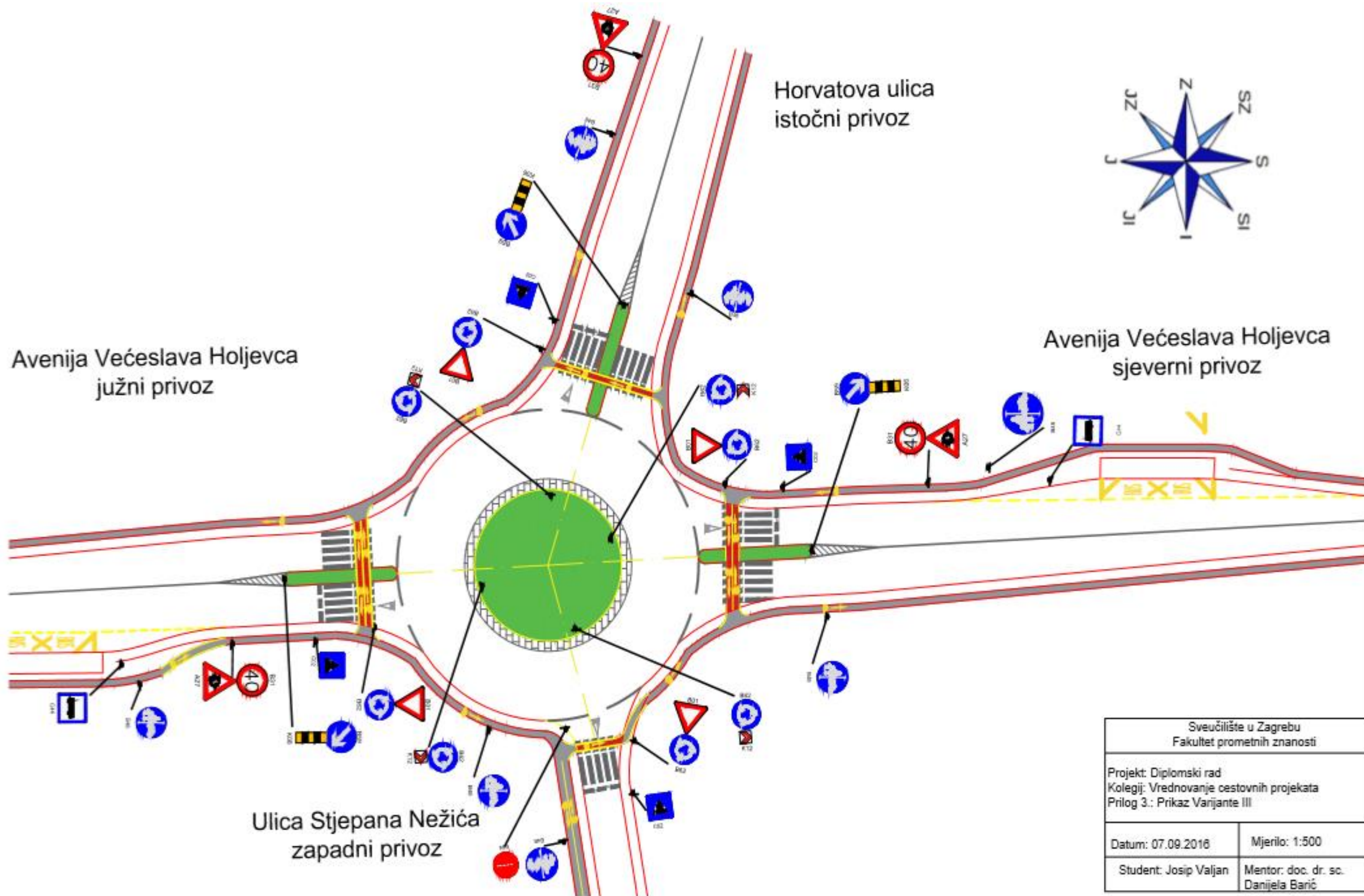
Prilog 1: Prikaz Varijante I u programskom alatu AutoCad

Prilog 2: Prikaz Varijante II u programskom alatu AutoCad

Prilog 3: Prikaz Varijante III u programskom alatu AutoCad



Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti	
Projekt: Diplomski rad Kolegij: Vrednovanje cestovnih projekata Prilog 2.: Prikaz Varijante II	
Datum: 07.09.2016	Mjerilo: 1:500
Student: Josip Valjan	Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić



METAPODACI

Naslov rada: Vrednovanje mogućih rješenja rekonstrukcije raskrižja Avenija Većeslava
Holjevcva, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića u Zagrebu primjenom AHP metode

Student: Josip Valjan

Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić

Naslov na drugom jeziku (engleski): Evaluation of Project Variants for Reconstruction
Intersection Avenija Većeslava Holjevcva, Horvatova ulica and Ulica Stjepana Nežića in Zagreb
by applying AHP Method

Povjerenstvo za obranu:

- izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan predsjednik
- doc. dr. sc. Danijela Barić mentor
- dr. sc. Hrvoje Pilko član
- izv. prof. dr. sc. Marijan Rajsman zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u
Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: diplomski

Studij: Promet

Datum obrane diplomskog rada: 27.09.2016



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.

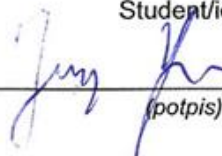
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Vrednovanje mogućih rješenja rekonstrukcije raskrižja Avenija
Većeslava Holjevca, Horvatova ulica i Ulica Stjepana Nežića u Zagrebu primjenom**

Ahp metode

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

U Zagrebu, 7.9.2016

Student/ica:


(potpis)