

Višekriterijska analiza varijanata projekta spojne ceste između državne ceste D31 i Međunarodne zračne luke Zagreb

Kuman, Krešimir

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:811706>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-29**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Krešimir Kuman

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA PROJEKTA
SPOJNE CESTE IZMEĐU DRŽAVNE CESTE D31 I
MEĐUNARODNE ZRAČNE LUKE ZAGREB

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
DIPLOMSKI STUDIJ

Diplomski studij: Promet
Zavod: Zavod za cestovni promet
Predmet: Vrednovanje cestovnih projekata

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Pristupnik: Krešimir Kuman
Matični broj: 0135216366
Smjer: Cestovni promet

ZADATAK:

Višekriterijska analiza varijanata projekta spojne ceste između državne ceste D31 i
Međunarodne zračne luke Zagreb

ENGLESKI NAZIV ZADATKA:

Multi Criteria Decision Making of Project Solutions for Connecting Road Between State Road
31 and Zagreb International Airport

Opis zadatka:

Istraživanje treba obuhvatiti detaljnu analizu postojećeg stanja cestovnih prometnica u užem gravitacijskom području Međunarodne zračne luke Zagreb u svrhu predlaganja projekta nove spojne ceste koja bi bila u funkciji povezivanja nedavno izgrađene državne ceste D31 i Međunarodne zračne luke Zagreb s ciljem rasterećenja postojećih prometnica i kvalitetnije povezanosti sa zračnom lukom. Za predložene projektne varijante potrebno je izraditi SWOT analizu, a zatim ih vrednovati višekriterijskom analizom primjenom AHP metode uz pomoć programskog alata Expert Choice. Za optimalnu varijantu 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:
15. travnja 2015.

Nadzorni nastavnik:

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Djelovođa:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA PROJEKTA SPOJNE CESTE
IZMEĐU DRŽAVNE CESTE D31 I MEĐUNARODNE ZRAČNE LUKE ZAGREB**

**MULTI CRITERIA DECISION MAKING OF PROJECT SOLUTIONS FOR
CONNECTING ROAD BETWEEN STATE ROAD 31 AND ZAGREB
INTERNATIONAL AIRPORT**

Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić

Student: Krešimir Kuman, 0135216366

Zagreb, 2015.

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA PROJEKTA SPOJNE CESTE IZMEĐU DRŽAVNE CESTE D31 I MEĐUNARODNE ZRAČNE LUKE ZAGREB

SAŽETAK

Kvalitetna cestovna prometna veza zračne luke s prometnim pravcima u njenom gravitacijskom području od izrazite je važnosti za kvalitetu cjelokupne usluge. U radu se analizira mogućnost izgradnje spojne ceste između Međunarodne zračne luke Zagreb i državne ceste D31 čija je osnovna funkcija ostvarenje kvalitetne prometne veze zračne luke i okolnih prometnih pravaca te rasterećenje postojećih prometnih tokova, odnosno preusmjerenje dijela prometnog opterećenja. Predložene su tri varijante izgradnje prometnice za koje je u prvoj fazi izrađena SWOT analiza, a zatim su vrednovane višekriterijskom analizom temeljem relevantnih kriterija i potkriterija, primjenom AHP metode uz programsku podršku u okviru programskog paketa Expert Choice. Za izabranu optimalnu varijantu predložen je model financiranja.

KLJUČNE RIJEČI: spojna cesta; varijante; kriteriji; potkriteriji; AHP metoda; Expert Choice; SWOT analiza

MULTI CRITERIA DECISION MAKING OF PROJECT SOLUTIONS FOR CONNECTING ROAD BETWEEN STATE ROAD 31 AND ZAGREB INTERNATIONAL AIRPORT

SUMMARY

Quality road connection between airport and traffic routes in his gravitation area is from a major importance for a quality of an entire utility. In this thesis it will be analysed the possibility of construction a connecting road between Zagreb International Airport and State Road 31 which main function is to accomplish quality road connection between airport and surrounding traffic routes so as unballesting of existing road capacity and partly redirectioning of traffic burden. Three alternatives of road constructions are offered for whose are in the first phase made a SWOT analysis and after that for offered alternatives are implemented the evaluation of multi-criteria analysis based on relevant criteria and sub-criteria, applying AHP method by using Expert Choice program. For selected optimal variant, a funding model is suggested.

KEYWORDS: connecting road; variants; criteria; sub-criteria; AHP method; Expert Choice; SWOT analysis

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. PRIJEDLOG VARIJANATA RJEŠENJA PROJEKTA NOVE CESTE	3
2.1. Postojeće stanje prometnica	4
2.2. Osnovni elementi projektiranja i planiranja izgradnje cestovnih prometnica.....	8
2.3. Varijanta 1 - dvosmjerna dvotračna cesta	16
2.4. Varijanta 2 - dvosmjerna dvotračna cesta s pješačkim kolnikom i biciklističkom stazom	18
2.5. Varijanta 3 - dvosmjerna dvotračna cesta s pješačkim kolnikom, biciklističkom stazom i posebnim trakom za vozila JGP-a.....	19
3. UTVRĐIVANJE PARAMETARA ZA VREDNOVANJE VARIJANATA RJEŠENJA... ..	21
3.1. Kriterij sigurnosti	21
3.2. Ekološko urbanistički kriterij	23
3.3. Ekonomski kriterij	24
3.4. Tehnološko-tehnički kriterij	25
4. VREDNOVANJE VARIJANTNIH RJEŠENJA VIŠEKRITERIJSKOM ANALIZOM	27
4.1. Vrednovanje varijanata metodom SWOT analize.....	28
4.1.1. Osnovne značajke metode SWOT analize	28
4.1.2. SWOT matrice predloženih varijanata	29
4.2. Vrednovanje varijanata metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa	33
4.2.1. Osnovne značajke AHP metode	33
4.2.2. Definiranje hijerarhijske strukture AHP modela.....	35
4.2.3. Rangiranje kriterija i potkriterija.....	36
4.2.4. Vrednovanje varijanata	42
5. IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA I PRIJEDLOG MODELA FINANCIRANJA	59
5.1. Analiza osjetljivosti.....	60
5.2. Prijedlog modela financiranja	62
6. ZAKLJUČAK	64
LITERATURA.....	66
POPIS TABLICA.....	67
POPIS SLIKA	69
POPIS PRILOGA.....	71

1. UVOD

Tema ovog diplomskog rada je odabir i vrednovanje predloženih varijanata projekta nove ceste u funkciji spajanja državne ceste D31 i Međunarodne zračne luke Zagreb. Državna cesta D31 u ulozi velikogoričke obilaznice u punom je profilu dovršena i puštena u promet koncem 2013. godine. Osim značajnog povećanja sigurnosti i udobnosti putovanja za sve sudionike u prometu ostvaren je i primarni cilj, rasterećenje postojećih prometnica. Prije svega tu se misli na rasterećenje Zagrebačke ulice koja je do izgradnje prethodno navedene prometnice bila jedina spojna gradska cesta između Zagreba i Velike Gorice. Izgradnjom obilaznice u bolji položaj nisu dovedeni samo putnici iz Velike Gorice već i stanovnici Petrinje i Siska kojima je značajno smanjena kako udaljenost tako i vrijeme putovanja do Zagreba. Zagrebačka ulica jedna je od najopterećenijih prometnica u državi i njenim rasterećenjem odnosno preusmjeravanjem prometnih tokova jedan dio problema se riješio. Ipak i dalje dolazi do preopterećenja i urušavanja prometnog sustava u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima.

U ovom radu razmatra se mogućnost izgradnje nove prometnice koja bi povezivala nedavno izgrađenu državnu cestu D31 i Međunarodnu zračnu luku Zagreb. Kvalitetna prometna veza koja osigurava konstantno zadovoljavajuću razinu usluge vrlo je važna za konkurentnost zračne luke. Pristupačnost, odnosno blizina svih važnijih prometnih pravaca koji gravitiraju u području zračne luke od velike je važnosti kako bi cjelokupna usluga za putnika bila što bolja. Spoj odnosno raskrižje ceste D31 i novo planirane ceste za zračnu luku predložen je i već prostorno namijenjen na samom početku D31, 1.000 metara od prethodno izgrađenog Domovinskog mosta. Čvor Selnica na kojem je planirano odvajanje i prometnica za zračnu luku nalazi se u neposrednoj blizini čvora Kosnica, izlaska s autoceste i nastavlja se na Domovinski most.

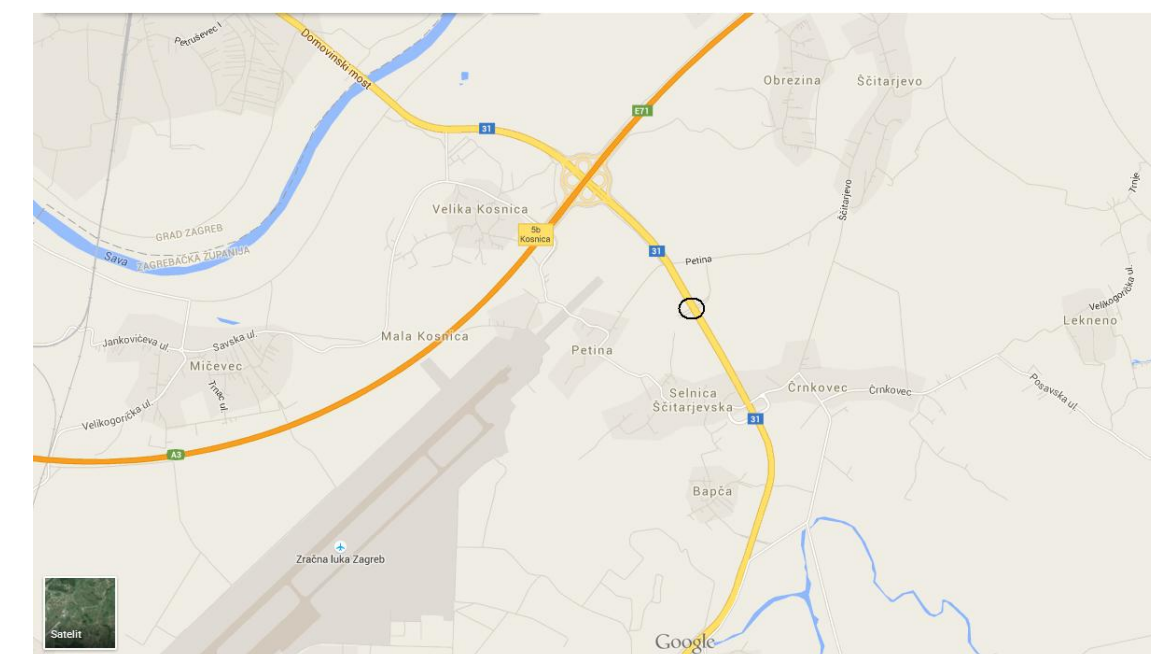
Dakle svrha ovoga rada je predložiti te AHP metodom vrednovati predložena rješenja izgradnje prethodno navedene spojne ceste. Glavni razlozi za planiranje izgradnje nove prometnice jesu rasterećenje postojećih prometnih pravaca, preraspodjela prometnih tokova i izgradnja kvalitetne prometne veze sa zračnom lukom.

Diplomski rad je izveden kroz šest poglavlja i to:

1. Uvod
2. Prijedlog varijanata rješenja projekta nove ceste
3. Utvrđivanje parametara za vrednovanje varijanata rješenja
4. Vrednovanje varijantnih rješenja višekriterijskom analizom
5. Izbor optimalnog rješenja i prijedlog modela financiranja
6. Zaključak

2. PRIJEDLOG VARIJANATA RJEŠENJA PROJEKTA NOVE CESTE

Izgradnjom nove spojne ceste koja bi zračnu luku znatno bolje povezala s okolnim prometnim pravcima došlo bi i do rasterećenja državnih cesta D31 i D30 (Velikogorička cesta) sa zapadne strane. U radu su predložena 3 varijantna rješenja nove ceste. Kod svakog od ta tri prijedloga prometnica ima istu duljinu i trasu polaganja koja je već prethodno određena raskrižjem na D31. Radi se o raskrižju u mjestu Selnica koje je smješteno između čvorova Kosnica i Črnkovec (Slika 1.). Na tom raskrižju, gledajući u smjeru grada Zagreba nedostaje lijevo skretanje, koje je planski namijenjeno za nastavak prometnice koja bi direktno povezala zračnu luku Pleso s promatranim dijelom dionice. U ovome radu analizirat će se moguće varijante izgradnje prometnice koja bi povezala čvor Selnica sa zračnom lukom Pleso i time omogućila bržu i jednostavniju poveznicu sa zračnom lukom te sa centrom Velike Gorice a ujedno bi i preuzela dio prometnog opterećenja već izgrađene obilaznice.



Slika 1. Prikaz raskrižja Selnica na D31

Izvor: [1]

S obzirom na opseg radova, kvalitetu nove prijevozne usluge te funkcionalnost za sve grupe sudionika u prometu mogu se predložiti tri varijante rješenja za planiranu prometnicu. Predložene varijante razlikuju se oblikovno tehničkim elementima prometnice, uključivanju

više prijevoznih modova u sustav prometnice te sukladno tome o opsegu radova te o ekonomskoj strani projekta.

Jedinstvena trasa koja se predlaže za analizu kod sve tri varijante zapravo je jedino logično rješenje zbog samog položaja okolnih prometnica te prije svega zbog stupnja izgrađenosti okolnih zemljišta. Cjelokupna zemljišna površina na kojoj se predlaže gradnja ceste nalazi se na području grada Velike Gorice te prolazi naseljima Selnica, Petina, Rakarje i Pleso. Cestu je moguće ostvariti uz minimalne intervencije na zemljištu i gotovo bez zauzimanja odnosno rušenja privatnih stambenih objekata. Zračna udaljenost od čvora Selnica do spoja na cestu zračne luke je 1.600 metara dok bi prometnica, po planiranoj ruti, trebala biti dugačka 2.100 metara. Teren na koji bi se polagala trasa ceste jest ravničarski, bez većih brežuljaka i što je vrlo važno, bez drugih prirodnih prepreka. Što se tiče naseljenosti, kako je spomenuto, moguće je odabrati relativno prihvatljivu trasu te izbjeci sukobljavanje sa većinom izgrađenih objekata. Većim dijelom planirane dionice prostire se prazno, uglavnom poljoprivredno zemljište.

2.1. Postojeće stanje prometnica

Vrlo je važno dobro analizirati geoprometni položaj zračne luke i postojeće prometne tokove kako bi se dobio uvid u povezanost s glavnim prometnim sustavima. Analizom geoprometnog položaja područja (grada) za koji se izrađuje prometna studija analizira se odnos tog područja prema glavnim prometnim pravcima i koridorima šireg područja. Na taj način analizira se odnos prema glavnim prometnim pravcima i koridorima na razini županije, države, Europe i svijeta [2].

Analizirajući zračnu luku Zagreb te prometnice s kojima se ostvaruje cestovna veza sa gradom i njenim gravitacijskim područjem može se uočiti da postoje dvije glavne prometnice. Državna cesta D30 (Velikogorička cesta) povezuje zračnu luku s gradom Zagrebom sa zapadne strane dok je s jugoistočne strane zračna luka povezana preko sustava dvotračnih jednosmjernih ulica koji se nadovezuje na državnu cestu D31 (Velikogorička obilaznica).

Državna cesta D30 izvedena je kao četverotračna prometnica sa dva odvojena jednosmjerna kolnika. Prometne trake su širine 3,25 metara te se na jednoj strani prometnice, odvojeno od motornog prometa nalazi zajednička prometna površina za bicikliste i pješake. Prometnica je dužine oko 6.000 metara, gledajući potez ceste od čvora Buzin do odvajanja za zračnu luku Zagreb. Ovaj prometni pravac prema podacima o brojanju prometu jedan je od

najprometnijih u Republici Hrvatskoj. Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) izmjeren na brojačkom mjestu Velika Mlaka je 42.000 voz/dan [3]. Na ovoj prometnici vrlo često dolazi do zagušenja prometa, poglavito u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima. Na Slici 2. prikazan je dio Velikogoričke ceste D30.



Slika 2. Prikaz Velikogoričke ceste D30

Izvor: [1]

Kapacitet prometnice je otprilike 3.700 [voz/h] te je većinom dostignut u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima. Izgradnjom većeg broja poslovnih objekata, poglavito na području mjesta Buzin te boljim cestovnim vezama s manjim okolnim mjestima u proteklih desetak godina došlo je do značajnijeg povećanja prometnog opterećenja te još većih prometnih komplikacija i stvaranja repova čekanja na raskrižjima upravljanim prometnim svjetlima. Uz takve značajke prometnog opterećenja i samog sastava prometnog toka na postojećoj Velikogoričkoj cesti može se zaključiti kako takva prometnica nije u stanju pružiti adekvatnu, kvalitetnu i konstantno zadovoljavajuću prometnu uslugu za korisnika. U slučaju prometne nesreće ili potpunog zatvaranja ceste zbog nekog drugog razloga Međunarodna

zračna luka Zagreb bila bi odsječena. Izuzmu li se okolni seoski putevi koji su nejasni i neprimjereni, poglavito za određeni profil korisnika koji putuju do i od zračne luke, do završetka pune dionice D31 (Velikogorička obilaznica) nije postojao drugi prometni pravac.

Puštanjem u promet novog dijela dionice ceste D31 od čvora Kosnica do Velike Gorice, prema Sisku, te kompletiranjem cjelokupne dionice stvorio se novi prometni pravac koji je preuzeo znatan dio prometnog opterećenja Velikogoričke ceste. Osim rasterećenja gradskih prometnica javlja se i efekt povećanja sigurnosti, kako za vozače tako i za nemotorizirani promet. Premještanjem dijela prometnog opterećenja van gradskih ulica, paralelno sa centrom grada, omogućena je redukcija broja prometnih trakova kroz sami centar te uvođenje pješačkih zona i biciklističkih staza. Prometnica je četverotračna sa dva odvojena jednosmjerna kolnika te je s jedne strane izgrađena biciklistička i pješačka staza na zajedničkoj površini, odvojena razdjelnom crtom (Slika 3.).

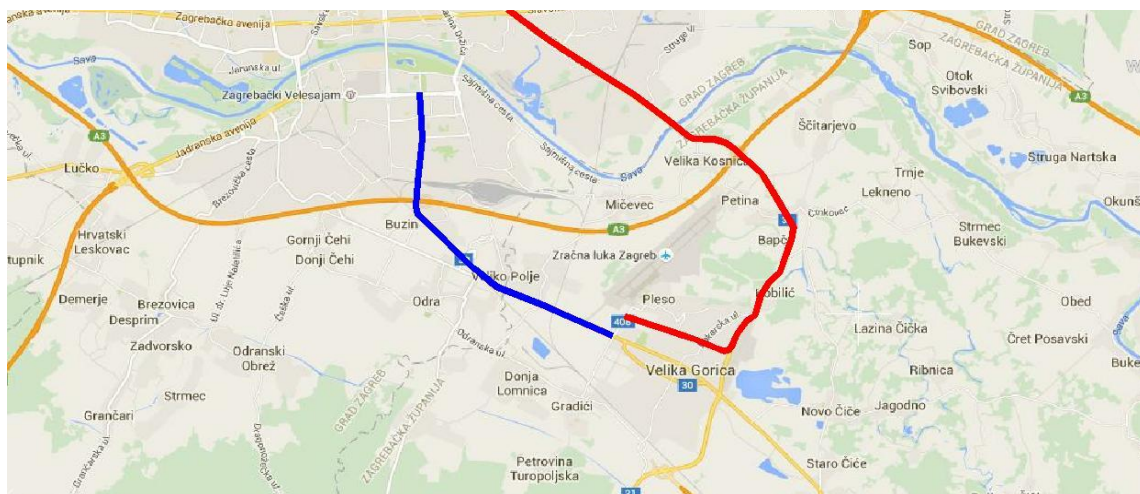


Slika 3. Prikaz jugoistočne Velikogoričke obilaznice

Izvor: [1]

Na Slici 4. prikazana su, prethodno opisana, dva postojeća prometna pravca koji čine poveznicu zračne luke s gradom Zagrebom i važnijim prometnim pravcima. Plavom linijom prikazana je Velikogorička cesta D30 dok je crvenom bojom označena Velikogorička obilaznica koja se nadovezuje na sustav dvotračnih jednosmjernih ulica i zračnu luku povezuje s jugoistočne strane. Sa slike se može uočiti da oba prometna pravca sijeku autocestu A3. Također na tim mjestima napravljena su i odvajanja sa autoceste. Najveći problem kod obje prometnice i nije pristupačnost za korisnika već kvaliteta prometne usluge,

odnosno brzina i vrijeme putovanja koje je rezultat čestih zagušenja, poglavito na D30, koja se javljaju u nekoliko perioda tokom 24 sata.



Slika 4. Prikaz postojećih prometnih pravaca

Izvor: [1]

Izgradnjom predložene dionice od čvora Selnica direktno do zračne luke u značajnoj mjeri bi se smanjila udaljenost i vrijeme putovanja. Uz to, potrebno je naglasiti da bi takav prometni pravac bio jednostavniji i logičniji od dosadašnjeg. Uz pravilnu izvedbu, s odgovarajućim atributima prometnice te uz dobro prometno planiranje razina usluge bila bi na zadovoljavajućoj razini za sve sudionike u prometu. Prema Programu građenja i održavanja javnih cesta za razdoblje od 2013. do 2016. godine [3] Vlada Republike Hrvatske predviđela je određena financijska sredstva za izgradnju spojne ceste za zračnu luku. Uslijed problema s otkupom zemljišta koja su u privatnom vlasništvu i ekonomske situacije projekt izgradnje ove prometnice nije otpočeo s realizacijom. Predviđena financijska sredstva kroz godine ulaganja priložena su u Tablici 1.

Tablica 1. Ulaganja u izgradnju državnih cesta u razdoblju od 2013. do 2016. godine po projektu „Spojna cesta od obilaznice V. Gorice – zračna luka“

Spojna cesta od obilaznice	Ukupno 2013.– 2016.	Plan za 2013.	Plan za 2014.	Plan za 2015.	Plan za 2016.
V. Gorice – zračna luka	44.450.000 mil.kn	1.250.000	23.200.000	20.000.000	0

Izvor: [3]

2.2. Osnovni elementi projektiranja i planiranja izgradnje cestovnih prometnica

U ovom poglavlju obrađeni su osnovni projektni elementi ceste te su dana opća pravila i preporuke za projektiranje dijelova prometnice. Od izrazite je važnosti kod određivanja pojedinih veličina projektnih elemenata ceste da budu međusobno usklađeni s ostatkom prometnice te da međudnosi ovisnih elemenata budu u preporučenim granicama.

PGDP planirane prometnice vrlo je teško procijeniti i planirati te je za to potrebno više provedenih istraživanja, detaljnog brojanja prometa na okolnim prometnim pravcima i kvalitetno planiranje prometa. Obzirom na PGDP okolnih prometnih pravaca, oslanjajući se na podatke o brojanju prometa na Velikogoričkoj sjevernoj obilaznici za dio D30 (2013. godine koji iznosi 7.958 [voz/dan]) [3], na potrebe za prijevozom koje generira zračna luka Zagreb te procjenom preraspodjele postojećih prometnih tokova okvirno se može pretpostaviti PGDP novo planirane spojne ceste. Brojanje prometa rađeno je na 1.200 metara dionice ceste koja završava na ulazu u zračnu luku Zagreb tako da je predložena brojka relevantna i može se koristiti u planiranju prometa planirane spojne ceste. Na Slici 5. prikazana je dionica ceste za koju se odnosi podatak o broju vozila. Prometnica je označena plavom bojom.



Slika 5. Prikaz dionice Velikogoričke obilaznice na kojoj je provedeno brojanje prometa

Izvor: [3]

U okviru ovoga rada pretpostavit će se da će planirana prometnica imati PGDP od 12.000 voz/dan te će se sukladno tome projektirati elementi prometnice. Obzirom da se prometna

infrastruktura planira i projektira za duži vremenski period eksploatacije koji je često dvadeset i više godina te imajući u vidu gospodarsku važnost prometnice i gradnju novog terminala Međunarodne zračne luke Zagreb kao i općenito stalni porast motoriziranog prometa predlaže se gradnja brze ceste. Podatak o PGDP-u važan je radi kategorizacije ceste koja kasnije utječe na odabir osnovnih projektnih elemenata. U Tablici 2. prikazana je kategorizacija ceste prema veličini prometa, zadaći povezivanja i srednjoj duljini putovanja.

Tablica 2. Prikaz kategorizacije cesta

Kategorija ceste	Društ. gospod. značenje	Vrsta prometa	Veličina prometa	Zadaća povezivanja	Srednja duljina putovanja [km]
AC	Državna	Prom. mot. vozila	>14.000	Međudržavno i državno	>100
1. kat.	Državna	Prom. mot. vozila	>12.000	Međudržavno i državno-regionalno	50-100
2. kat.	Državna	Prom. mot. v. mješoviti prom.	7.000-12.000	Državno i županijsko	20-50
3. kat.	Državna; županijska	Mješoviti promet	3.000-7.000	Međuopćinsko	5-50
4. kat.	Županijska; lokalna	Mješoviti promet	1.000-3.000	Općinsko	5-20
5. kat.	Lokalna	Mješoviti promet	<1.000	Općinsko-lokalno	<5

Izvor: [4]

Prema priloženoj tablici planirana spojna cesta pripada 1. kategoriji cesta. U Tablici 3. predložene su ovisnosti projektne brzine i nagiba nivelete o kategoriji prometnice. Konfiguracija terena je takva da nema prostornih ograničenja ali uzevši u obzir prisutnost raskrižja te vođenje ceste u zavoju uzet će se projektna brzina $V_p = 80$ [km/h] dok je najveći nagib nivelete 6 [%].

Tablica 3. Projektne brzine i najveći nagibi nivelete

PROMETNO - TEHNIČKO RAZVRSTAVANJE		PROJEKTNNA BRZINA V_p (km/h) / NAGIB s_{max} (%)							
KAT.	Razina usluge	120	100	90	80	70	60	50	40
		a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.
AC	C/D	$\geq 120/4^*$	100/5*	90/5.5**	80/6***				
1. kat.	D		100/5.5*	90/5.5*	80/6**	70/7***			
2. kat.	D		100/5.5*	90/5.5*	80/6*	70/7**	60/8***		
3. kat.	E				80/7*	70/7*	60/8**	50/9***	
4. kat.	E					70/8*	60/9*	50/10**	40/11***
5. kat.	E						60/10*	50/11*	40/12** 40(30)/12***

Izvor: [4]

Projektna brzina V_p određuje granične vrijednosti tlocrtnih i visinskih elemenata trase, odnosno:

- najmanji polumjer horizontalnog zavoja R_{min} [m]
- najveći uzdužni nagib trase S_{max} [%]
- poprečni presjek ceste (tipski: a, b, ..., h) [5].

Projektna brzina određena je za cijelu dionicu ceste pošto nema većih razlika u pružanju trase na dijelovima ceste. Sljedeća brzina koju je potrebno odrediti jest računska brzina V_r . Računska brzina (V_r) je voznodinamička veličina na temelju koje se određuju pojedini geometrijski elementi trase:

- poprečni nagib kolnika u zavojima q [%]
- potrebne duljine preglednosti P_1 i P_2 [m]
- polumjeri vertikalnih zaobljenja trase
- najmanji polumjer horizontalnog zavoja sa suprotnim nagibom kolnika R_{min} [m] [5].

Računska brzina (V_r) ne može biti manja od projektne brzine (V_p) a najveća vrijednost V_r ne smije biti veća od najveće zakonom dopuštene brzine vožnje za određenu kategoriju ceste.

Načinom vođenja linije i odabirom pojedinih elemenata treba težiti da računska brzina ima ujednačene vrijednosti na što duljim dionicama trase, ne kraćim od:

- 10 km na autocestama i cestama 1. kategorije,
- 5 km na cestama 2.-5. kategorije [5].

Razlika između najmanje i najveće vrijednosti računske brzine V_r unutar iste dionice ne smije biti veća od 15 [km/h]. Računska brzina V_r određuje se na temelju projektiranih tlocrtnih i visinskih elemenata trase:

- najmanjeg primijenjenog polumjera horizontalnih zavoja,
- najvećeg primijenjenog uzdužnog nagiba [4].

Mjerodavna računska brzina V_r za određeni dio trase jednaka je manjoj vrijednosti od dviju ovako određenih veličina. Tako određena računska brzina ne smije preći najveću zakonom dozvoljenu brzinu za utvrđenu kategoriju ceste. U Tablici 4. prikazan je odnos računske brzine i minimalnog polumjera zavoja.

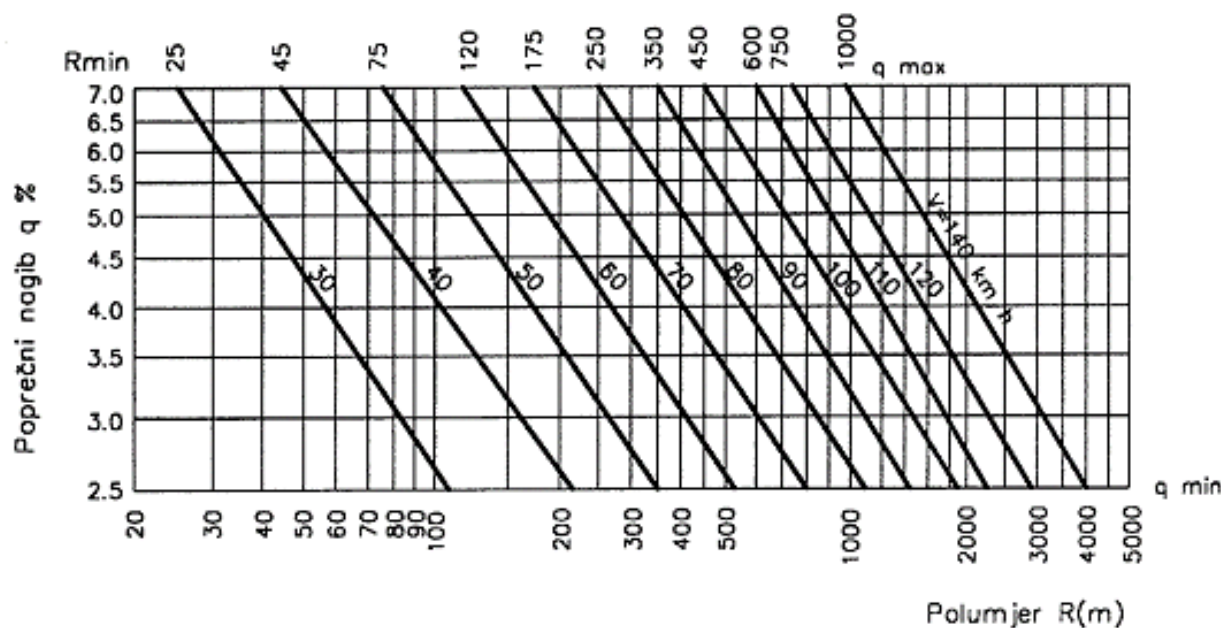
Tablica 4. Odnos računske brzine i minimalnog polumjera zavoja

V_r [km/h] ceste	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min} [m]	25	45	75	120	175	250	350	450	600	750	850

Izvor: [4]

Kod određivanja projektnih elemenata prometnice vrlo je bitan poprečni nagib kolnika. Poprečni nagib kolnika u pravcu izvodi se zbog odvodnjavanja kolnika. Za sve vrste cesta i za sve suvremene zastore poprečni nagib kolnika u pravcu iznosi: $q_{min} = 2,5$ [%]. Što se tiče smjera nagiba kolnika on je u slučaju prometnice s dva prometna traka, sa suvremenim kolničkim zastorom, jednostran. Kod vođenja kolnika u zavoju poprečni nagib je usmjeren prema centru radi smanjenja djelovanje centrifugalne sile i radi odvodnje kolnika. Najveća dopuštena veličina poprečnog nagiba kolnika u kružnom luku (q_{max}) izvodi se u zavoju najmanjeg polumjera (R_{min}) i iznosi: $q_{max} = 7$ [%] [5].

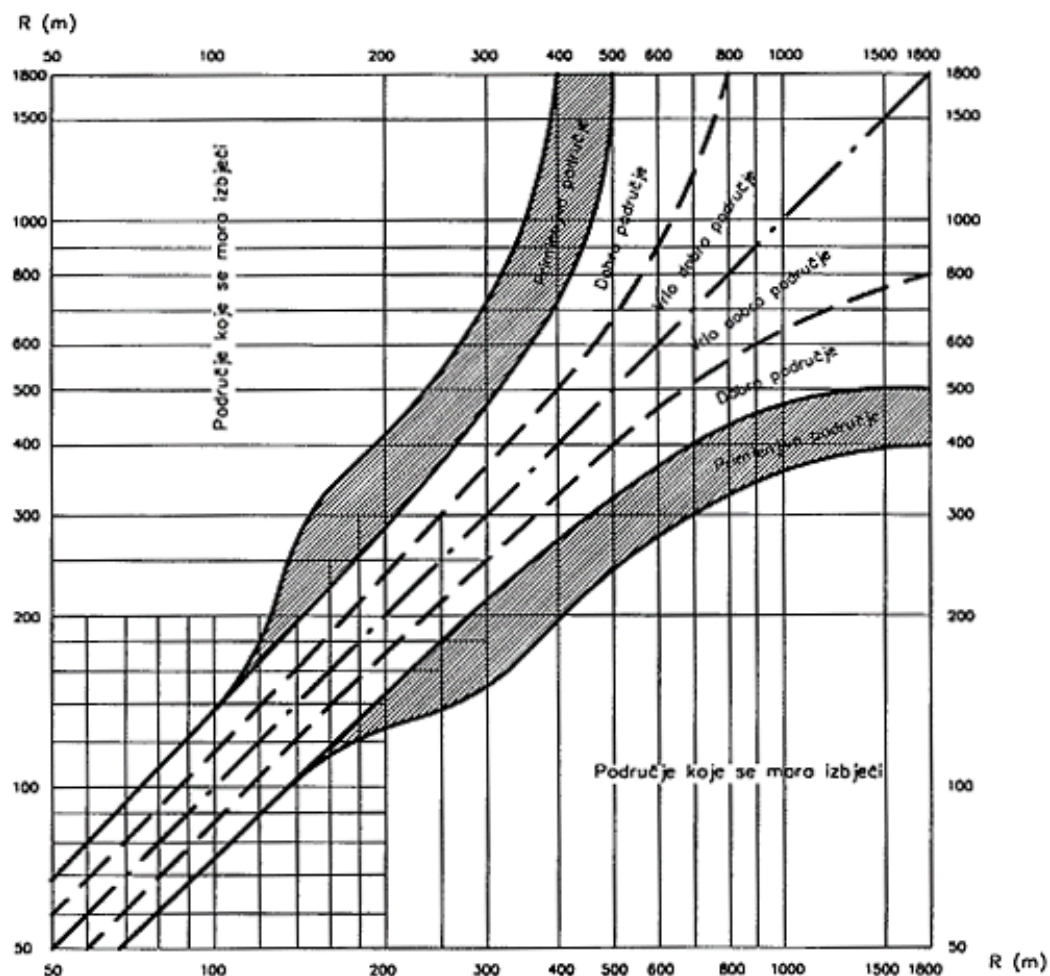
Na Slici 6. može se vidjeti odnos poprečnog nagiba kolnika i polumjera zavoja $q=f(R)$



Slika 6. Odnos poprečnog nagiba kolnika i polumjera zavoja

Izvor: [5]

Prometnica koja se predlaže za izgradnju kroz tri predložene varijante prema kategorizaciji pripada 1. kategoriji cesta. S obzirom na funkciju povezivanja i razinu usluge koja se želi ostvariti te veliku dozvoljenu brzinu kretanja vozila nužno je zavoje projektirati s velikim polumjerima zakrivljenosti. Također bitan je odnos polumjera susjednih zavoja koji treba biti u određenim granicama kako bi se dobio skladan tok trase. Na Slici 7. prikazan je odnos polumjera susjednih zavoja.



Slika 7. Odnos polumjera susjednih zavoja

Izvor: [4]

Trasa je usklađena ako su polumjeri susjednih zavoja u sljedećim područjima:

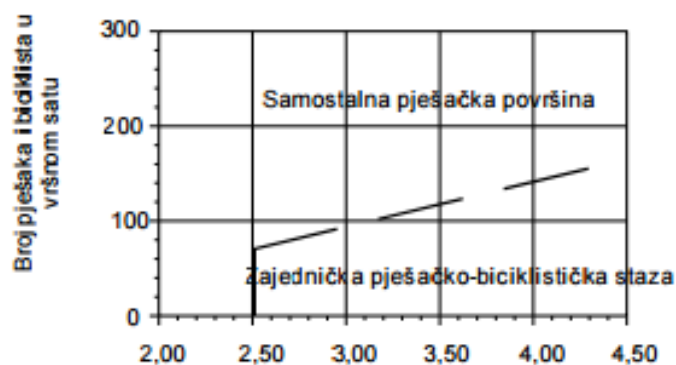
- u “vrlo dobrom području” na autocestama i cestama 1. kategorije
- u “dobrom području” na cestama 2. i 3. kategorije
- u “primjenjivom području” na cestama 4. i 5. Kategorije [4].

Kod druge i treće varijante predlaže se izgradnja biciklističke i pješačke staze. Predlaže se zajednička prometna površina za biciklistički i pješački promet. Kod određivanja minimalnih dimenzija korištena je Tablica 5. i Slika 8., prema pravilniku o uvjetima za projektiranje i izgradnju biciklističke i pješačke infrastrukture na cestama.

Tablica 5. Dimenzije biciklističke trake

	Optimalna širina [m]	Minimalna širina [m]
Biciklistička traka	1,60	1,00

Izvor: [6]

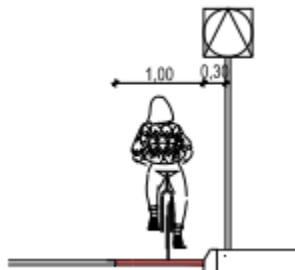


Slika 8. Širina pješačkih i biciklističkih traka u ovisnosti od broja pješaka i biciklista u vršnom satu

Izvor: [6]

Biciklističko–pješačka prometna površina projektirana je za očekivani minimalan broj pješaka i biciklista u vršnom satu. Kako se prometnica nalazi izvan naselja ne očekuje se velika frekvencija pješaka i biciklista. Ukupna širina pješačko biciklističke staze iznosi 3,60 [m] što je vidljivo u poglavljima 2.4. i 2.5.

Na Slici 9. prikazan je minimalan razmak prometnog profila biciklističke trake od nepomične prepreka kao što je prometni znak ili rasvjetni stup.



Slika 9. Minimalan razmak prometnog profila biciklističke trake

Izvor: [6]

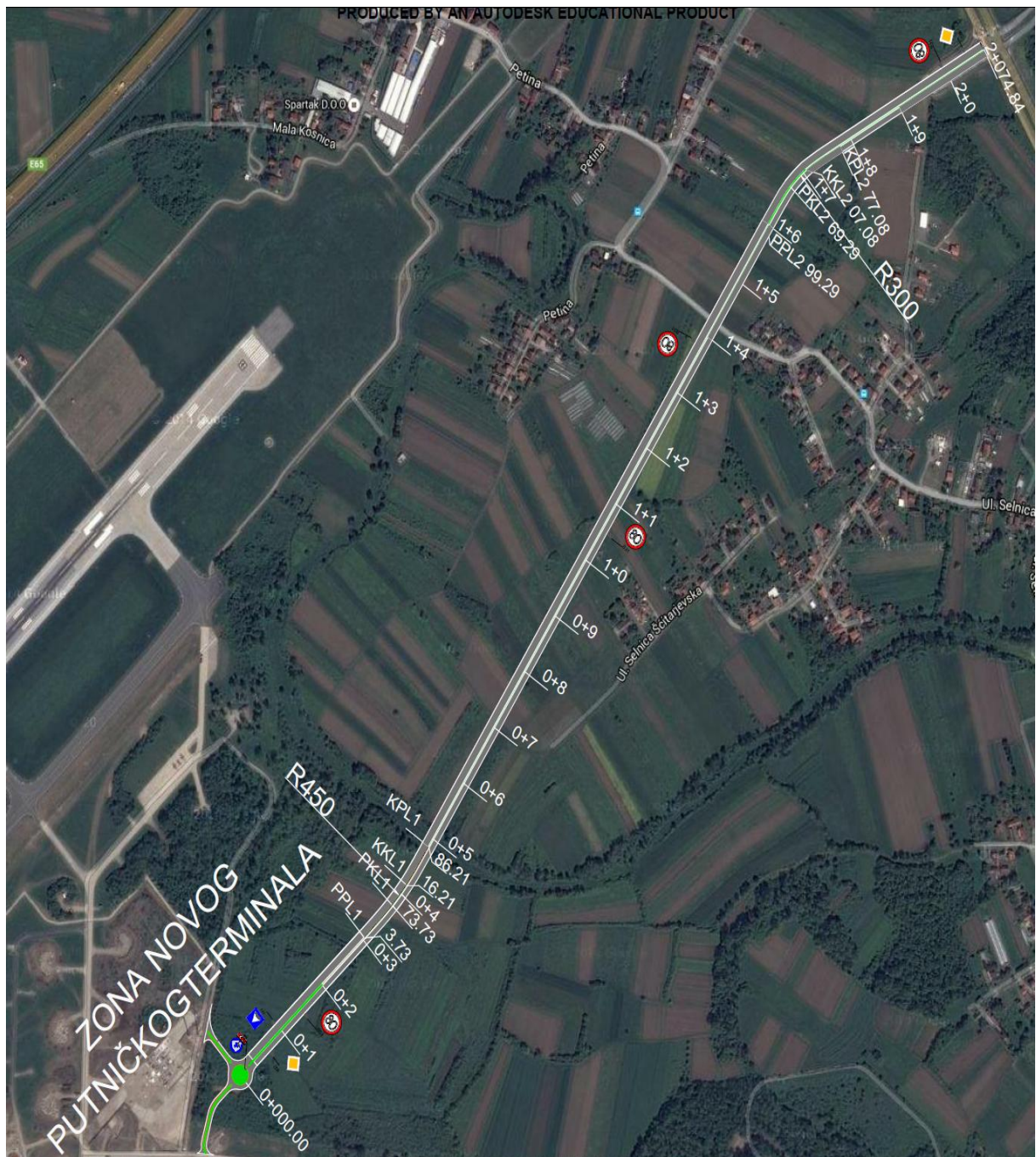
Poprečni nagib biciklističke staze izvodi se radi odvodnje te iznosi 2,5 [%] dok uzdužni nagib prati nagib prometnice. Pješačka staza ima jednake vrijednosti uzdužnog i poprečnog nagiba.

2.3. Varijanta 1 - dvosmjerna dvotračna cesta

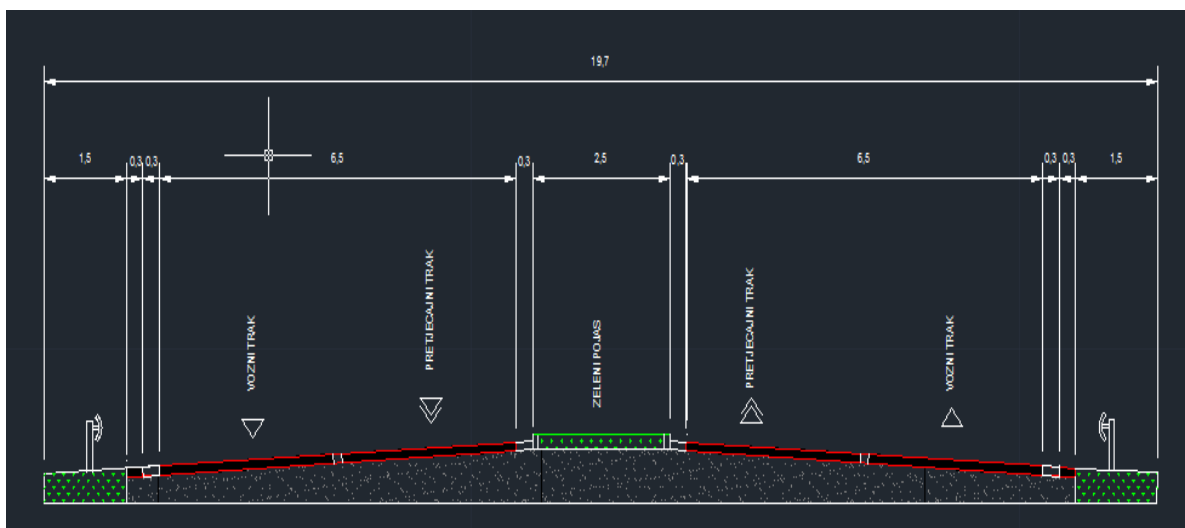
Prva predložena varijanta jest izgradnja dvosmjerne dvotračne ceste bez posebnih površina za biciklistički i pješački promet. Predložena prometnica po klasifikaciji bi bila brza cesta sa brzinom prometovanja od 80 [km/h]. Sukladno tome proizlazi da biciklistički i pješački promet nije moguće kombinirati s motornim prometom na istoj prometnoj površini. Zakonom o sigurnosti prometa na cestama određena je brzina od 80 [km/h] radi usklađenosti s dozvoljenom brzinom prometnice na koju se spojna cesta nastavlja i osiguranjem maksimalne sigurnosti prometovanja te obzirom na oblikovno tehničke elemente prometnice koji su projektirani za računsku brzinu od 80 [km/h]. Dužina spojne ceste iznosi 2.100 [m] tako da povećanje dopuštene brzine kretanja ne bi donijelo znatne uštede u vremenu putovanja. Na trasi predložene ceste postoje dva zavoja sa velikim polumjerima zakrivljenosti, $R_1=300$ [m] i $R_2=450$ [m].

Kao glavna prednost ove varijante predložene ceste može se navesti velika brzina prometovanja te nemogućnost miješanja prijevoznih modova na prometnici. Prometnica je kod ove varijante projektirana isključivo za motorni promet, bez predviđenih prometnih površina za biciklistički i pješački promet. Obzirom na prethodno navedeno planirana prometnica ima niz prednosti od kojih se ističu značajno manji troškovi izgradnje i održavanja ceste kao i potrebne površine za smještaj. Sukladno tome trasa ceste zauzima znatno manje privatnih zemljišta što joj daje prednost u odabiru gledajući ekološko urbanistički kriterij te troškove otkupa zemljišta.

Na Slici 10. prikazana je trasa ceste projektirana u programskom alatu AutoCAD. Treba naglasiti da je ovo jedinstvena trasa ceste koja se predlaže u sve tri varijante ceste.



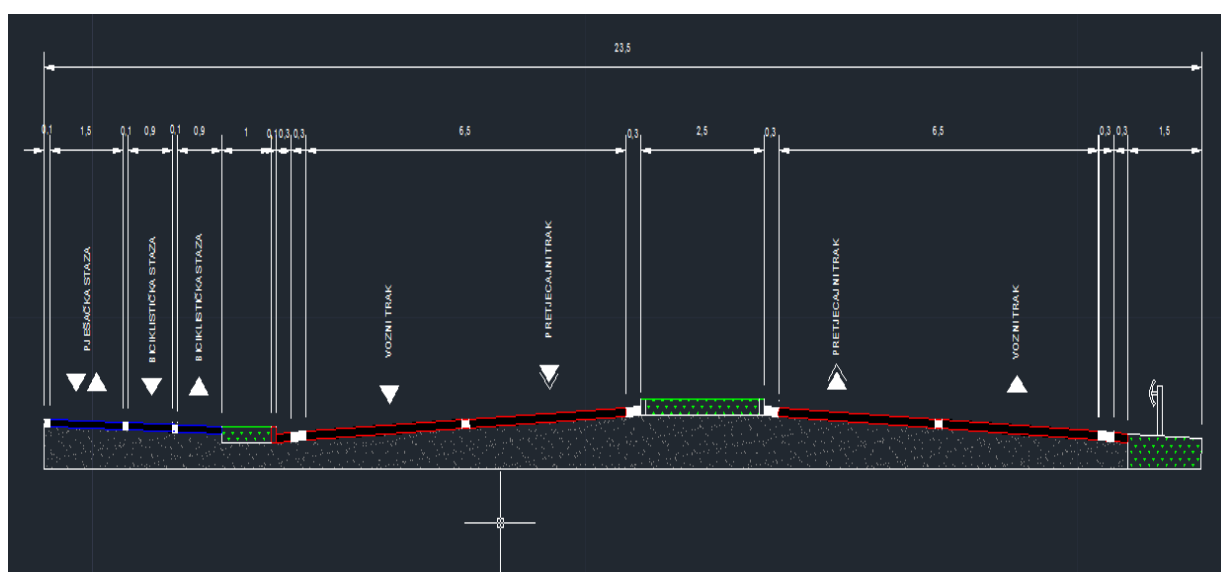
Kako je trasa ceste jednaka kod sve tri varijante potrebno je prikazati poprečni presjek planirane prometnice kako bi se dobio uvid u tehničke elemente ceste o kojima ovisi širina ukupnog poprečnog presjeka. Na Slici 11. prikazan je poprečni presjek prve varijante ceste.



Slika 11. Poprečni presjek prometnice - Varijanta 1

2.4. Varijanta 2 - dvosmjerna dvotračna cesta s pješačkim kolnikom i biciklističkom stazom

Kod druge varijante predlaže se uz dvosmjernu dvotračnu prometnicu, čiji su oblikovno tehnički elementi prethodno obrađeni, izgradnja biciklističke i pješačke staze. Predlaže se izgradnja zajedničke prometne površine za bicikliste i pješake koje su međusobno razdvojene razdjelnom crtom. Ovakva izvedba predlaže se u slučaju dominantnog biciklističkog prometa s manjim intenzitetom pješačkog prometa. Oblikovno tehnički elementi biciklističke i pješačke staze detaljno su razrađeni prethodno u potpoglavlju 2.2. Na Slici 12. prikazan je poprečni presjek prometnice Varijante 2.



Slika 12. Poprečni presjek prometnice - Varijanta 2

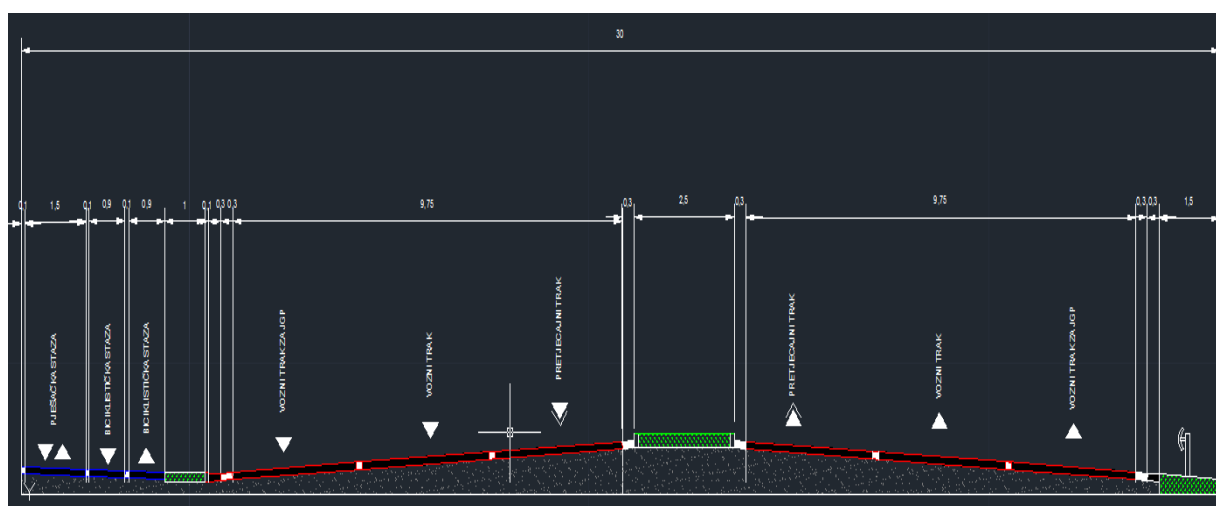
Promatrajući poprečni presjek prometnice iz Varijante 2 može se uočiti povećanje ukupne širine presjeka prometnice. Biciklistička i pješačka staza nalaze se na zajedničkoj prometnoj površini te su projektirane samo uz jednu stranu prometnice. Biciklistička staza ukupne širine 2 [m] projektirana je s razdvojenim smjerovima kretanja dok je pješačka staza zajednička bez odvojenih smjerova kretanja i rubnom trakom odvojena od biciklističkog prometa. Ovako definirana zajednička površina predlaže se u slučaju dominantnog biciklističkog prometa s manjim brojem pješaka. Biciklistička staza uz spojnu cestu uvelike bi biciklistima iz Velike Gorice smanjila vrijeme i duljinu putovanja te im se otvara mogućnost nastavka putovanja preko Domovinskog mosta i Radničke ceste prema gradu Zagrebu. Uzevši u obzir već postojeće biciklističke staze s planiranom izgradnjom nove, uz spojnu cestu, može se očekivati da određeni broj građana kroz jedan period u godini, u svrhu odlaska na posao, odluči osobno vozilo zamijeniti biciklom. Prednosti ove varijante prethodno su navedene, dok se kao glavni nedostatak može navesti dodatno zauzeće privatnih površina cijelom dužinom trase ceste. Uz prisustvo biciklističkog i pješačkog prometa, iako fizički odvojenog s cestovne prometnice, može se definirati smanjenje sigurnosti prometa radi pješačkih i biciklističkih prijelaza te neočekivanih manevara pojedinih modova prijevoza.

2.5. Varijanta 3 - dvosmjerna dvotračna cesta s pješačkim kolnikom, biciklističkom stazom i posebnim trakom za vozila JGP-a

Treća varijanta objedinjuje prve dvije te se u njoj dodatno predlaže izvedba dodatnog, posebnog prometnog traka koji bi bio namijenjen vozilima javnog gradskog prijevoza, odnosno autobusima. Time se, logično povećava širina prostora potrebnog za izvedbu ovakvog zahvata te samim time i kompleksnost predviđenih radova. S time u svezi troškovi gradnje i održavanja značajno su veći. S druge strane ovakvim zahvatom preusmjerile bi se bar dvije postojeće autobusne linije te bi se očekivano vrijeme putovanja skratilo i do 30 [%]. Razlog smanjenju vremena putovanja jest preusmjerenje prometnih tokova vozila JGPP-a na novu dionicu na kojoj takva vozila imaju zaseban prometni trak i sukladno tome veću autonomiju kretanja. Bitno je naglasiti da se s ovim rješenjem također znatno povećava sigurnost i udobnost prometovanja svih sudionika u prometu. Za ostvarenje autobusne linije a naročito za preusmjerenje postojeće autobusne linije potrebno je dobro planirati stajališta te usklađenost s ostalim autobusnim linijama kako bi se putnicima omogućilo presjedanje.

Usklađenost s ostalim autobusnim linijama kod planirane prometnice je vrlo važna zbog male duljine ceste i nemogućnosti da se jednom linijom povežu dvije frekventne lokacije.

Vrlo je važno postaviti kvalitetne i relevantne parametre za procjenu potrebitosti ovakve izvedbe prometnice. Ova varijanta ceste iziskuje najviše novčanih sredstava te zauzima znatno veću površinu od dvije prethodne varijante te baš iz tog razloga bitno je odrediti parametre preko kojih će se odrediti njena opravdanost izvođenja. Na Slici 13. prikazan je poprečni presjek prometnice Varijante 3.



Slika 13. Poprečni presjek prometnice - Varijanta 3

3. UTVRĐIVANJE PARAMETARA ZA VREDNOVANJE VARIJANATA RJEŠENJA

Kako bi se koristeći AHP metodu odabralo optimalno varijantno rješenje koje cjelokupno gledajući predstavlja najkvalitetniju opciju izgradnje prometnice potrebno je definirati relevantne parametre. Uspoređujući svaku od predloženih varijanata i njihovim vrednovanjem po odabranim kriterijima, odnosno parametrima, dolazi se do optimalnog rješenja. Kao relevantni parametri se nameću:

- Kriterij sigurnosti
- Ekološko urbanistički kriterij
- Ekonomski kriterij
- Tehnološko-tehnički kriterij

3.1. Kriterij sigurnosti

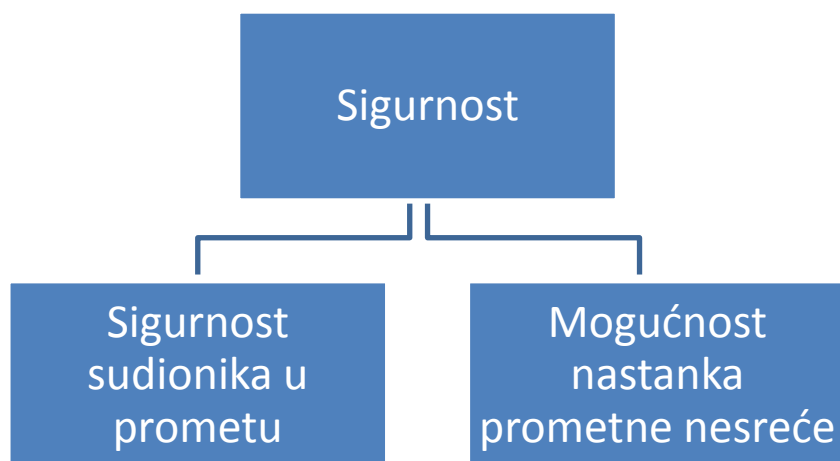
Sigurnost u prometu za sve sudionike jedna je od polaznih osnova i danas svakako prioritet u planiranju i izgradnji prometne infrastrukture. Na sigurnost svih sudionika u prometu utječu tri faktora. Čovjek, vozilo i cesta su tri čimbenika koji u konačnici definiraju broj i težinu prometnih nesreća. U sklopu ovoga rada potrebno je odabrati optimalnu varijantu prometnice koja će, uključujući i druge kriterije, dati najveću moguću razinu sigurnosti prometnice. Na cestu, kao element sigurnosti prometa, utječu:

- trasa ceste
- tehnički elementi ceste
- stanje kolnika
- oprema ceste
- rasvjeta ceste
- križanja
- utjecaj bočne zapreke
- održavanje ceste [7].

Trasa ceste podrazumijeva pravce, zavoje i prijelazne krivine. U ovome radu trasa ceste za sve tri predložene varijante je jednaka tako da ovaj element neće utjecati na izbor prometnice

koja osigurava veću sigurnost prometa. Kod tehničkih elemenata ceste najviše se ističe broj prometnih trakova kolnika. U prve dvije predložene varijante kolnik je četverotračan sa odvojenim smjerovima vožnje. Razlika je kod posljednje varijante prometnice gdje je predviđen dodatni prometni trak za vozila JGPP-a što povoljno utječe na sigurnost prometa. Horizontalna i vertikalna preglednost ceste također su bitan element sigurnosti prometa. Trasa predložene prometnice u potpunosti je položena na ravničarskom terenu tako da nema većih uspona što definira i dobru vertikalnu preglednost. Prijelazne krivine i zavoji su većih polumjera i ne ugrožavaju sigurnost prometa te također određuju zadovoljavajuću razinu horizontalne preglednosti.

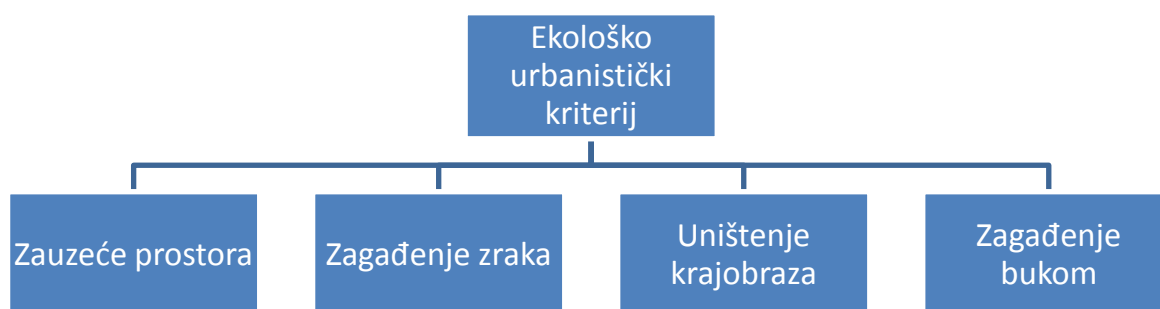
Kod kriterija sigurnost definiraju se dva potkriterija:



Prvi potkriterij „Sigurnost sudionika u prometu“ odnosi se na sigurnost svih sudionika u prometu ovisno o tehničkim elementima ceste i uvjetima na cesti. U svakoj predloženoj varijanti uključen je novi mod prijevoza te je važno dobro promotriti međusobne odnose među modovima prijevoza te da li uključivanje novog moda prijevoza ili npr. izgradnja dodatnog prometnog traka za autobusni prijevoz povoljno utječe na sigurnost sudionika u prometu. Kod drugog potkriterija „Mogućnost nastanka prometne nesreće“ za svaku varijantu treba procijeniti mogućnost nastanka prometne nesreće ovisno o stupnju uključenja pojedinih prijevoznih modova te ovisno o načinu regulacije i načinu razdvajanja različitih prometnih tokova.

3.2. Ekološko urbanistički kriterij

Ekologija i ekološki problemi dio su moderne svakodnevice te je slijedom toga planiranje i izgradnja prometne infrastrukture koja prati određene ekološke standarde nužno pravilo. Svaki novo izgrađeni prometni objekt osim pozitivnih efekata za sobom povlači i negativne posljedice koje se odnose na narušavanje krajolika, zagađenje zraka i vode zbog povećanja motornog prometa te zagađenje novonastalom bukom. Promatrajući tematiku ovoga rada može se uočiti da će npr. povećanjem broja prometnih trakova narasti i kapacitet prometnice te će ona vjerojatno biti i prometnija. Također, veća širina kolnika iziskuje i puno više potrebnog prostora za izgradnju što opet za sobom povlači nekoliko negativnih efekata gledajući „Ekološko urbanistički kriterij“. Zagađenje bukom također je jedan vrlo izražen problem, naročito u naseljenijim područjima. Prometnica je smještena bliže obiteljskim kućama ovisno o ukupnoj širina kolnika te je sukladno tome buka izraženija za okolno stanovništvo. Za zaštitu od buke neposredno uz prometnicu grade se zaštitne stijene koje apsorbiraju zvuk i buku svode na prihvatljivu razinu. Koriste se samo na dijelu prometnice uz koji se nalaze obiteljske kuće. Većih stambenih objekata uz planiranu trasu polaganja ceste nema. Pod ekološko urbanistički kriterij uvodi se potkriterij zagađenje bukom iz razloga što prema očekivanjima postoji razlika u količini prometa na prve dvije i zadnjoj varijanti ceste te mogućnost uvođenja novih i preusmjeravanje postojećih autobusnih linija. Tome je tako zbog dodatnog prometnog traka koji se predlaže te je sukladno prethodno navedenom očekivana proizvedena buka veća. Ekološko urbanistički kriterij definira 4 potkriterija:



3.3. Ekonomski kriterij

Ekonomski kriterij, odnosno prvenstveno troškovi izgradnje nove prometne infrastrukture često su presudan faktor u odabiru konačne varijante za izgradnju. Projekt nove ceste treba biti optimalan što znači da treba voditi računa da se zadovolje svi postavljeni kriteriji u mjeri u kojoj je to moguće. Granicu koja određuje koliko se određeni kriteriji mogu zadovoljiti najčešće definiraju financijske mogućnosti. Objekte prometne infrastrukture važno je ne predimenzionirati, odnosno graditi ih planski za što kvalitetnije procijenjenu prometnu potražnju.

Ekonomski kriterij definira tri potkriterija:



Troškovi održavanja prometnice također su vrlo bitna stavka u ukupnim troškovima. Ponajviše ovise o kvaliteti ugrađenih elemenata prometnice te oblikovno tehničkim elementima koji su određeni projektiranjem.

Prema Zakonu o održavanju javnih cesta u poslove održavanja se ubrajaju:

- planiranje održavanja i mjera zaštite javnih cesta i prometa na njima
- redovito i izvanredno održavanje
- ustupanje radova redovitog i izvanrednog održavanja

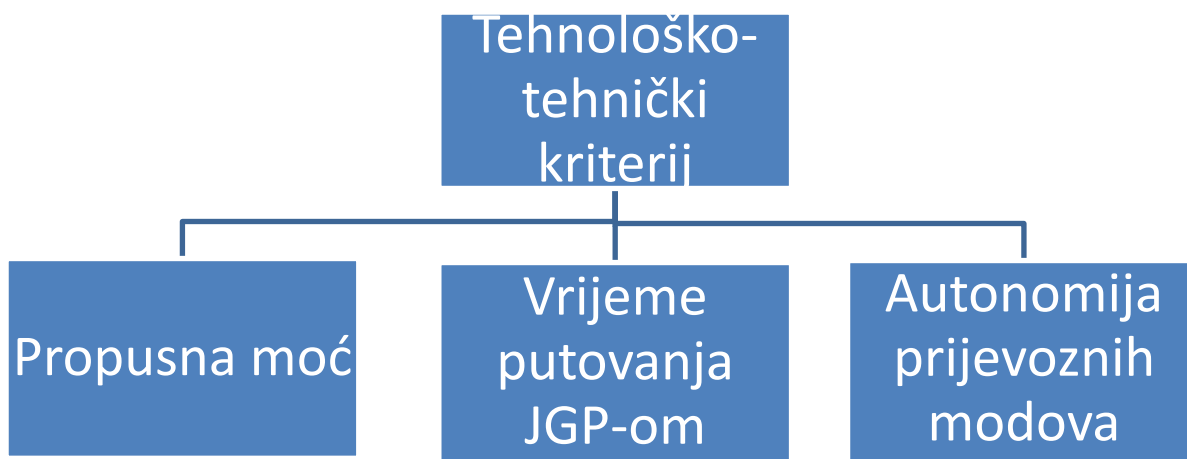
- stručni nadzor i kontrola kakvoće ugrađenih materijala i izvedenih radova održavanja
- ustupanje usluga stručnog nadzora i kontrole kakvoće ugrađenih materijala i izvedenih radova održavanja
- osiguranje uklanjanja oštećenih i napuštenih vozila i drugih stvari s javne ceste
- ophodnja [7].

Troškovi održavanja prometne infrastrukture rastu s stupnjem izgrađenosti prometnice što u ovom slučaju znači različite troškove održavanja za svaku predloženu varijantu ceste.

Potkriterij trošak otkupa zemljišta odnosi se na troškove otkupa zemljišta ovisno o širini poprečnog presjeka prometnice odnosno o zauzeću dodatne površine.

3.4. Tehnološko-tehnički kriterij

Tehnološko-tehnički kriterij definira tri potkriterija: Propusna moć prometnice, vrijeme putovanja JGP-om i autonomija prijevoznih modova.



Kod tehnološko-tehničkog kriterija ističe se posljednja predložena varijanta prometnice koju je potrebno usporediti sa prve dvije, naročito na temelju posebnog dodatnog traka za vozila JGP-a. Dodatni prometni trak povoljno utječe na autonomiju kretanja prijevoznih modova te

na vrijeme putovanja kod autobusa. Potkriterij autonomija prijevoznih modova odnosi se na slobodu kretanja modova prijevoza na prometnici u smislu nesmetanog ulaska i izlaska autobusa sa stajališta pritom ne ometajući prometni tok drugih vozila.

4. VREDNOVANJE VARIJANTNIH RJEŠENJA VIŠEKRITERIJSKOM ANALIZOM

Višekriterijska analiza odnosno višeatributivno odlučivanje jest model koji se koristi u procesu donošenja odluke. Prvi korak koji prethodi procesu vrednovanja varijanti jest uočavanje i definiranje samog problema, definiranje ciljeva i kriterija. Model višekriterijske analize primjeren je za loše strukturirane probleme gdje su ciljevi vrlo složeni i nejasno formulirani te je promatrajući predložene varijante teško doći do jednoznačnog rješenja. Posljedica slabe strukturiranosti problema su kriteriji za vrednovanje rješenja dok model obuhvaća unaprijed poznat broj varijanti. Problem se rješava pronalaskom najbolje varijante iz skupa ponuđenih varijanata u odnosu na postavljenje kriterije i odnose između njih. Matematički model višekriterijske analize se zapisuje u obliku:

$$\begin{aligned} & \max \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\}, k \geq 2 \\ & \text{uz ograničenja} \\ & x \in A = [a_1, a_2, \dots, a_m] \end{aligned}$$

gdje su:

k – broj kriterija, $j = 1, 2, \dots, k$

m – broj alternativa, $i = 1, 2, \dots, m$

f_j – kriteriji, $j = 1, 2, \dots, n$

a_i – alternative za razmatranje, $i = 1, 2, \dots, m$

A – skup svih alternativa [8].

U višekriterijskoj analizi, ovisno o prirodi svakoga konkretnog problema koji se rješava moguća su tri osnovna pristupa njegovu rješavanju:

- rangiranje definiranih alternativa od najbolje do najlošije
- odabir jedne, najbolje varijante i
- izbor više alternativa, gdje se bira više alternativa na dva načina:
 - polazeći od najvišeg ranga usvaja se unaprijed definiran broj alternativa ili
 - biraju se one alternative za koje su ispunjeni neki drugi uvjeti koji nisu ugrađeni u početni model višekriterijske analize [8].

Najčešće korištene metode višekriterijske analize su metoda dominacije, PROMETHEE I-IV, ELEKTRE I-IV, metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP), metoda višekriterijskoga kompromisnog rangiranja (VIKOR) i druge [8].

U okviru ovoga rada predložene varijante vrednovat će se metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa prema prethodno definiranim kriterijima i potkriterijima. Prije vrednovanja varijanti AHP metodom, kako bi se još bolje istaknule prednosti i nedostaci predloženih varijanata, analizirat će se pomoću SWOT analize.

4.1. Vrednovanje varijanata metodom SWOT analize

SWOT analiza je brza, jasna i učinkovita metoda kojom se analiziraju čimbenici koji određuju snagu predmeta analize, slabosti, neiskorištene prilike i moguće prijetnje odnosno potencijalne opasnosti.

4.1.1. Osnovne značajke metode SWOT analize

SWOT analiza sagledava četiri osnovna elementa, odnosno snage i slabosti, kao unutarnje čimbenike, i prilike i prijetnje kao vanjske čimbenike.

Navedena četiri elementa podrazumijevaju sljedeće:

"S" - Strenghts – snage

Predstavljaju unutarnja svojstva koja su usmjerena na postizanje odgovarajućih konkurentnih strategijskih prednosti; omogućuju ostvarivanje svojih ciljeva.

"W" – Weaknesses – slabosti

Unutarnja svojstva koja smanjuju konkurentnu sposobnost i uspješnost; odnosno značajno ometaju ili u potpunosti onemogućuju ostvarivanje utvrđenih ciljeva. Slabosti se u praksi iskazuju u obliku nedostataka određenih resursa, odnosno snažnih ograničenja u pogledu iskorištavanja resursa, vještina ili potencijala npr. projekta.

"O" – Opportunities – prilike

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

"T" – Threats – prijetnje

Predstavljaju postojeća ili buduća svojstva i uvjete okoline npr. projekta koji imaju ili će u budućnosti imati negativan utjecaj na konkurentnost i uspješnost projekta [8].

Osnovni cilj SWOT analize je identificirati navedene čimbenike te utvrditi smjer planirane akcije, odnosno razviti strategiju razvoja sustava koji se temelji na:

- potenciranju korištenja snaga,
- eliminiranju slabosti,
- iskorištavanju prilika,
- respektiranju mogućeg utjecaja prijetnji [8].

4.1.2. SWOT matrice predloženih varijanata

Za predložene varijante prometnice u nastavku su dane njihove SWOT matrice. Obzirom na kompleksnost vrednovanja predloženih rješenja te različite važnosti pojedinih atributa varijanti SWOT matrica služi za okvirnu prezentaciju snaga, slabosti, prilika i prijetnja svake varijante te se ne smatra dovoljnom za definiranje konačnog odabira.

SWOT matrica Varijante 1 – dvosmjerna dvotračna cesta

SWOT matrica za varijantu 1, izgradnju dvosmjerne dvotračne ceste, prikazana je u Tablici 6.

Tablica 6. SWOT matrica varijante 1

SNAGE - nemogućnost miješanja motoriziranog i nemotoriziranog prometa - manji troškovi izgradnje - manji troškovi održavanja - manje zauzeće prostora - manji troškovi otkupa zemljišta	SLABOSTI - smanjen protok radi vozila JGP-a - nepovoljan okolni put za bicikliste i pješake - smanjena sloboda kretanja prometnih entiteta na prometnici - nedovoljna izgrađenost prometne infrastrukture za privlačenje postojećih autobusnih linija
PRILIKE - gospodarski utjecaj na razvoj naselja kroz koja prometnica prolazi - otvaranje turističkih sadržaja u vidu prenoćišta	PRIJETNJE - nedovoljna razina usluge u vršnim jutarnjim i popodnevnim satima - zagušenost autobusnih linija - prisutnost biciklističkog prometa na nedozvoljenoj površini za motorizirani promet

SWOT matrica Varijante 2 – dvosmjerna dvotračna cesta sa pješačkim kolnikom i biciklističkom stazom

U Tablici 7. prikazane su snage, slabosti, prilike i prijetnje za varijantu 2.

Tablica 7. SWOT matrica varijante 2

SNAGE - kvalitetna pješačka i biciklistička staza - povećanje mobilnosti građana - relativno malo zauzeće prostora - relativno prihvatljivi troškovi otkupa zemljišta	SLABOSTI - smanjen protok radi vozila JGP-a - veći troškovi izgradnje - veći troškovi održavanja - smanjena sloboda kretanja prometnih entiteta na prometnici
PRILIKE - povezivanje s okolnim biciklističkim rutama - izgradnja dodatnih sadržaja za građane uz biciklističku i pješačku stazu	PRIJETNJE - nedovoljna razina usluge u vršnim jutarnjim i popodnevnim satima - neisplativost gradnje biciklističke i pješačke staze

SWOT matrica Varijante 3 – dvosmjerna dvotračna cesta sa pješačkim kolnikom, biciklističkom stazom i posebnim trakom za vozila JGP-a

SWOT matrica varijante 3 prikazana je u Tablici 8.

Tablica 8. SWOT matrica varijante 3

SNAGE - Povećani protok vozila - Sloboda kretanja za sve modove prijevoza - Kvalitetna pješačka i biciklistička staza - Smanjeno vrijeme putovanja na autobusnim linijama	SLABOSTI - veliki troškovi izgradnje - veliki troškovi održavanja - veliki troškovi otkupa zemljišta - značajno narušavanje krajobraza - zauzeće velike površine za izgradnju - veće zagađenje bukom
PRILIKE - povezivanje s okolnim biciklističkim rutama - izgradnja dodatnih sadržaja uz biciklističku i pješačku stazu - kvalitetnija raspodjela postojećih autobusnih linija - uvođenje novih autobusnih linija	PRIJETNJE - nemogućnost vraćanja kreditnih sredstava zbog nepovoljnog ekonomskog stanja - neisplativost gradnje biciklističke i pješačke staze - nezadovoljavajući PGDP gledajući isplativost dionice

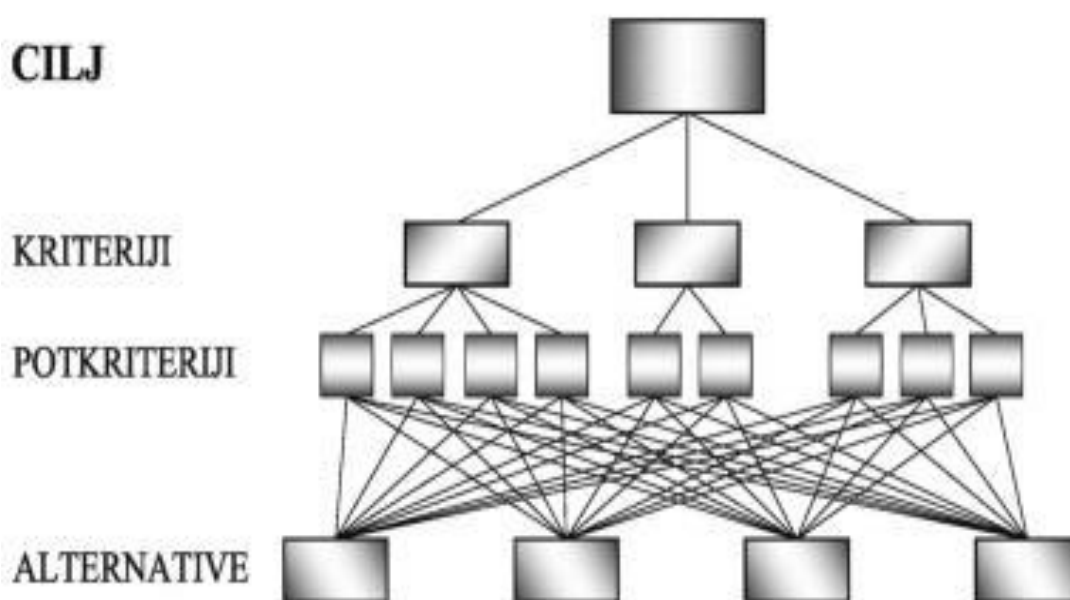
4.2. Vrednovanje varijanata metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa

U ovom poglavlju prikazano je vrednovanje predloženih varijanata metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP metodom) temeljem relevantnih kriterija i potkriterija koji su prethodno definirani u poglavlju 3.

4.2.1. Osnovne značajke AHP metode

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 [8].

Osnovna prednost ove metode očituje se u mogućnosti prilagodbe donositelja odluke u smislu broja kriterija i varijanata o kojima se istovremeno odlučuje, a koje je moguće opisati i kvantitativno i kvalitativno. Prema tome, AHP metoda omogućava fleksibilnost procesa odlučivanja i pomaže donositeljima odluke postaviti prioritete, te donijeti najbolju odluku uzevši u obzir i kvalitativne i kvantitativne aspekte odluke [8]. Na Slici 14. prikazana je hijerarhijska struktura AHP modela.



Slika 14. Hijerarhijska struktura AHP modela

Izvor: [8]

Proces rješavanja problema pomoću AHP metode sastoji se od četiri dijela:

- strukturiranje problema
- prikupljanje podataka
- ocjenjivanje relativnih težina
- određivanje rješenja problema [8].

Kod AHP metode koriste se omjerne skale od kojih je najpoznatija tzv. Saatyjeva skala koja ima pet stupnjeva intenziteta i četiri međustupnja. Svakom od njih odgovara vrijednosni sud o tome koliko se puta veća prednost daje jednoj varijanti u odnosu na drugu, a pri uspoređivanju kriterija koliko je puta jedan kriterij važniji od drugog. Kriteriji se međusobno uspoređuju u parovima u odnosu na to koliko puta je jedan od njih važniji za mjerenje postizanja cilja od drugog, dok se varijante međusobno uspoređuju u parovima po svakom od kriterija procjenjujući u kojoj mjeri se po tom kriteriju jednoj od njih daje prednost u odnosu na drugu. Saatyjeva skala važnosti prikazana je u Tablici 9.

Tablica 9. Saaty-eva skala važnosti ocjene

Intenzitet 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 izrazito se 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

Izvor: [8]

Za rješavanje problema AHP metodom koristit će se programski paket Expert Choice.

4.2.2. Definiranje hijerarhijske strukture AHP modela

U cilju odabira najboljeg rješenja, odnosno odabira optimalne varijante ceste potrebno je definirati jasan cilj te kriterije i potkriterije na temelju kojih će se varijante vrednovati. Na temelju definiranog cilja te kriterija i potkriterija moguće je izraditi hijerarhijsku strukturu AHP modela za problem odabira optimalne varijante prometnice. Za definiran problem odabira varijante prometnice prema definiranim kriterijima i potkriterijima prikazana je hijerarhijska struktura na Slici 15.



Slika 15. Hijerarhijska struktura AHP modela

Iz prikazane hijerarhijske strukture vidljivi su svi odabrani kriteriji i potkriteriji koji su tako definirani na temelju analize postojećeg stanja te su opisani i obrazloženi prethodno u poglavlju 3.

4.2.3. Rangiranje kriterija i potkriterija

Vrednovanju predloženih varijanata prethodi ocjenjivanje, odnosno vrednovanje definiranih kriterija i potkriterija. Svaki od postavljenih kriterija ima određenu važnost, odnosno ocjenu u usporedbi s drugim kriterijima. Intenzitet važnosti u rasponu od 1-9 po Saatyjevoj skali, pri usporedbi i rangiranju kriterija, označava koliko je jedan od njih važniji za mjerenje postizanja cilja od drugog. Unutar svakog kriterija definirana su još najmanje dva potkriterija te je na isti način i njih potrebno vrednovati unutar svakog kriterija.

Kriteriji će se rangirati AHP metodom u programskom alatu Expert Choice te je pri davanju ocjena i rangiranju potrebno pripaziti na konzistentnost, kako bi omjer relativnih važnosti kriterija bio prihvatljiv. Konzistentnost mora biti između 0,0 i 0,10.

Pomoću programa su vrednovani odabrani kriteriji:

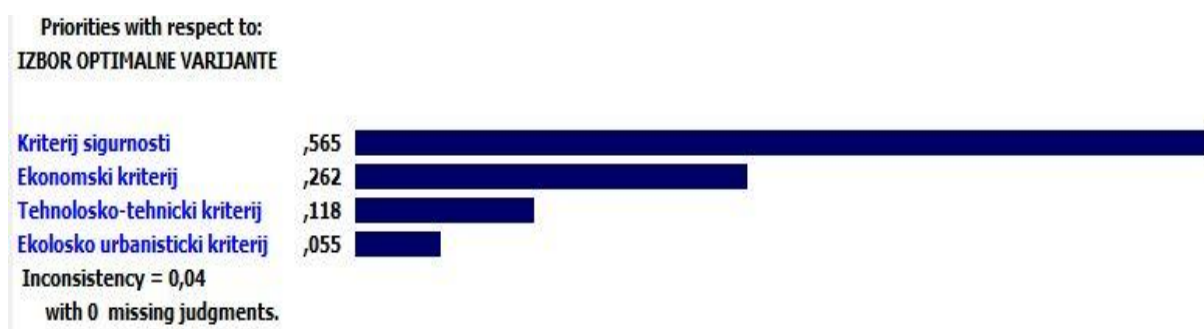
- Kriterij sigurnosti
- Ekonomski kriterij
- Tehnološko-tehnički kriterij
- Ekološko urbanistički kriterij

Kriteriju sigurnost dana je ocjena 3 u odnosu na ekonomski kriterij, ocjena 5 u odnosu na tehnološko-tehnički kriterij te mu je dodijeljena vrlo stroga važnost u odnosu na ekološko urbanistički kriterij. Kriteriju sigurnost dana je najveća važnost iz razloga što je ljudski život neprocjenjiv te je prilikom planiranja dijelova prometne infrastrukture najviše pažnje potrebno usmjeriti na sigurnost vozača, pješaka i biciklista. Ekonomskom kriteriju dodijeljeno je drugo mjesto po važnosti. Ovaj kriterij je visoko pozicioniran radi potrebe za racionalnom gradnjom prometnica, manjih troškova otkupa zemljišta, gradnje i održavanja. Ceste je potrebno racionalno planirati i graditi te nastojati ne predimenzionirati planirani zahvat sukladno potrebama za prijevozom, tehnološko-tehničkim značajkama prometnice te imajući u vidu ekološke odrednice i prije svega sigurnost prometovanja. Sukladno prethodno navedenom i imajući u vidu jednaku trasu ceste za sve tri predložene varijante ceste ekonomski kriterij može se razmatrati odmah nakon kriterija sigurnosti. Tehnološko-tehnički kriterij ima veću važnost (ocjena 3) od ekološko urbanističkog kriterija radi važnosti ukupnog kapaciteta prometnice, smanjenog vremena putovanja javnim prijevozom i autonomije,

odnosno slobode kretanja modova prijevoza. U Tablici 10. prikazane su ocjene dodijeljene svakom od kriterija te je na Slici 16. vidljivo njihovo rangiranje po važnosti.

Tablica 10. Relativne ocjene kriterija prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Kriterij sigurnosti	Ekonomski kriterij	Tehnolosko-tehnicki kriterij	Ekolosko urbanistički kriterij
Kriterij sigurnosti		3,0	5,0	7,0
Ekonomski kriterij			3,0	5,0
Tehnolosko-tehnicki kriterij				3,0
Ekolosko urbanistički kriterij		Incon: 0,04		



Slika 16. Rangiranje kriterija

Kako je prethodno obrazloženo, dominiraju kriterij sigurnost sa 56,5 [%] od ukupne važnosti te ekonomski kriterij s 26,2 [%] važnosti. Sljedeći je tehnološko-tehnički kriterij sa 11,8 [%] te ekološko urbanistički kriterij sa 5,5 [%] od ukupne važnosti.

Potkriteriji kriterija sigurnost su sigurnost sudionika u prometu i mogućnost nastanka prometne nesreće. Potkriterij sigurnost sudionika u prometu ima ocjenu 3 u odnosu na potkriterij mogućnost nastanka prometne nesreće. Tome je tako iz razloga što se prvi potkriterij odnosi na cjelokupnu sigurnost svih sudionika u prometu ovisno o prisutnosti pojedinog moda prijevoza dok potkriterij mogućnost nastanka prometne nesreće podrazumijeva ponajviše siguran i nesmetan ulaz i izlaz autobusa sa stajališta te ovisi o razdvojenosti modova prijevoza. U Tablici 11. te na Slici 17. vidljive su dodijeljene ocjene potkriterijima i njihovo rangiranje po važnosti.

Tablica 11. Relativne ocjene potkriterija kriterija sigurnost prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Sigurnost sudionika u prometu	Mogucnost nastanka prometne nesrece
Sigurnost sudionika u prometu		3,0
Mogucnost nastanka prometne nesrece		Incon: 0,00



Slika 17. Rangiranje potkriterija kriterija sigurnost

Sljedeći kriterij po važnosti je ekonomski kriterij te su unutar njega vrednovani potkriteriji trošak otkupa zemljišta, troškovi izgradnje i troškovi održavanja prometnice. Prvi potkriterij po važnosti je trošak otkupa zemljišta iz razloga što o njemu uvelike ovise sveukupni troškovi i potrebna financijska sredstva za realizaciju projekta. Također mogućnost što bržeg otkupa potrebnog zemljišta za gradnju ovisi o broju privatnih parcela koji se nalaze na planiranom položaju trase ceste što je opet vrlo bitno za brzinu pripremnih i ostalih radova. Troškovi izgradnje umjereno su važniji od troškova održavanja prometnice koji u znatnoj mjeri i ovise o stupnju izgrađenosti prometnice, odnosno o tehničkim elementima ceste. Ponajviše se ovdje misli na broj prometnih trakova. U prvim godinama nakon izgradnje ovakva prometnica ne iziskuje financijska sredstva za izvanredno održavanje prometnica jer nema potrebe za izvođenje radova u svrhu poboljšanja kolnika, produženja njegove trajnosti ili dodatnog povećanja sigurnosti prometa. Troškovi održavanja se gotovo isključivo promatraju u vidu troškova redovnog održavanja. Ophodnja ceste, obnova prometnih traka, nadzor i održavanje zelenila radnje su koje pripadaju redovnom održavanju ceste i omogućuju održanje

prohodnosti i tehničke ispravnosti ceste. Dodijeljene ocjene potkriterijima unutar ekonomskog kriterija prikazane su u Tablici 12. te je na Slici 18. prikazano njihovo rangiranje po važnosti.

Tablica 12. Relativne ocjene potkriterija unutar ekonomskog kriterija prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Trosak otkupa zemljišta	Troškovi izgradnje	Troškovi održavanja
Trosak otkupa zemljišta		3,0	5,0
Troškovi izgradnje			3,0
Troškovi održavanja		Incon: 0,04	

Priorities with respect to:
IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE
>Ekonomski kriterij



Slika 18. Rangiranje potkriterija unutar ekonomskog kriterija

Tehnološko-tehnički kriterij na trećem je mjestu po važnosti za donošenje odluke o optimalnoj varijanti prometnice. Sadrži potkriterije propusna moć, vrijeme putovanja JGP-om i autonomija prijevoznih modova. Potkriteriju propusna moć dana je najveća važnost te ima ocjenu 3 u odnosu na vrijeme putovanja JGP-om i strogo je važniji od potkriterija autonomija prijevoznih modova. Važnosti su postavljene tako iz razloga što kapacitet odnosno propusna moć ceste ima najveću ulogu u ostvarenju bolje razine usluge. Kapacitet prometnice definira kvalitetu prijevozne usluge u velikoj mjeri te u tom smislu određuje kvalitetu povezivanja zračne luke pomoću predložene prometnice. Potkriterij vrijeme putovanja JGP-om umjereno je važniji od potkriterija autonomija prijevoznih modova zato što značajno smanjenje vremena putovanja u javnom prijevozu može povoljno utjecati na planiranje novih i preusmjerenje

nekih postojećih autobusnih linija. Relativne ocjene potkriterija dane su u Tablici 13. dok je rangiranje potkriterija prikazano na Slici 19.

Tablica 13. Relativne ocjene potkriterija unutar tehnološko-tehničkog kriterija prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Propusna moc	Vrijeme putovanja JGP-om	Autonomija prijevoznih modova
Propusna moc		3,0	5,0
Vrijeme putovanja JGP-om			3,0
Autonomija prijevoznih modova		Incon: 0,04	

Priorities with respect to:
IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE
> Tehnološko-tehnički kriterij



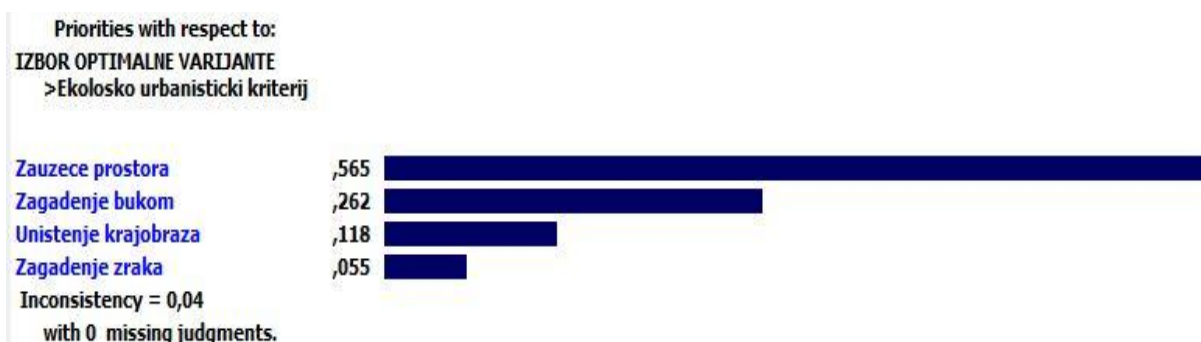
Slika 19. Rangiranje potkriterija unutar tehnološko-tehničkog kriterija

Posljednje rangirani kriterij je ekološko urbanistički kriterij. On sadrži sljedeće potkriterije: zauzeće prostora, zagađenje bukom, uništenje krajobraza i zagađenje zraka. Prvi rangirani potkriterij je zauzeće prostora, prvenstveno iz razloga što trasa ceste prolazi kroz zemljišta koja su isključivo u privatnom vlasništvu što za sobom povlači otkup tih površina. Zauzeće prostora za izgradnju prometnice najvažniji je potkriterij i iz razloga što se zauzimaju velikim dijelom poljoprivredne površine što je nepovoljno gledajući na aspekt ekološke proizvodnje hrane. Prethodno navedeno u korelaciji je i s treće rangiranim potkriterijom uništenje krajobraza. Krajobraz je potrebno u što je većoj mjeri moguće očuvati i u upravljanju kroz krajobraznu politiku voditi se načelom održivog razvoja. Zagađenje bukom drugi je potkriterij po važnosti radi toga što se buka smatra ozbiljnom prijetnjom mirnom životu ljudi. Razina buke se, ovisno o veličini prometnice i prisustvu različitih modova

prijevoza, različito manifestira u naseljima koja se nalaze u neposrednoj blizini. Potkriterij zagađenje zraka na posljednjem je mjestu po važnosti radi male duljine planirane spojne ceste te iz razloga što se na planiranoj spojnoj cesti, pretpostavljajući na temelju analize prometa okolnih prometnica, ne očekuje visok udio teških vozila koja su u znatnoj mjeri veći onečišćivači zraka od osobnih vozila. Relativne ocjene potkriterija te njihovo rangiranje prikazano je u Tablici 14. i na Slici 20.

Tablica 14. Relativne ocjene potkriterija unutar ekološko urbanističkog kriterija prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Zauzeće prostora	Zagađenje bukom	Unistenje krajobrazza	Zagađenje zraka
Zauzeće prostora		3,0	5,0	7,0
Zagađenje bukom			3,0	5,0
Unistenje krajobrazza				3,0
Zagađenje zraka		Incon: 0,04		



Slika 20. Rangiranje potkriterija unutar ekološko urbanističkog kriterija

4.2.4. Vrednovanje varijanata

Predložene varijante izgradnje prometnice vrednuju se po prethodno postavljenim i ocjenjenim kriterijima i potkriterijima. U ovom poglavlju prikazani su rezultati rangiranja varijanata po svakom od utvrđenih potkriterija i kriterija. Kod varijanata, različito od ocjenjivanja kriterija i potkriterija, vrednovanje se provodi kako bi se utvrdilo koja varijanta ima prednost u odnosu na drugu gledajući po istom kriteriju. Nakon provedbe vrednovanja po svakom od kriterija dolazi se do konačnog odabira optimalne varijante.

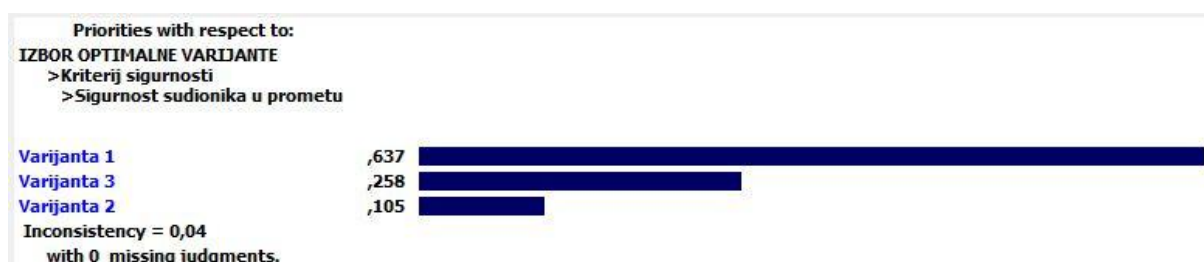
U nastavku se vrednuju varijante prema kriteriju sigurnost. Varijante su prvo rangirane po potkriteriju sigurnost sudionika u prometu koji ima najveću važnost. Ocjene varijanti prikazane su u Tablici 15. dok je njihovo rangiranje prikazano u Tablici 16. i na Slici 21. Iz priloženih tablica vidljivo je da je problem sigurnosti sudionika u prometu najbolje riješen kod Varijante 1. Tome je tako iz razloga što kod Varijante 1 – dvosmjerne dvotračne ceste postoji najmanja mogućnost sukobljavanja prometnih entiteta iz razloga što nema prisustva biciklističkog i pješačkog prometa te ne postoji mogućnost nekontroliranih prelazaka preko prometnice. Ipak u Varijanti 1 ne postoji poseban trak za vozila JGP-a te je ocjenjeno da je tu sigurnost vozača i putnika JGP-a narušena. Iz tog je razloga Varijanta 3, koja ima poseban trak za vozila JGP-a ali i prometnu površinu za bicikliste i pješake, na drugom mjestu po sigurnosti sudionika u prometu. Poseban trak za autobuse uvelike povećava sigurnost prometa jer se fizički odvaja javni i osobni prijevoz te u bolji položaj dovodi putnike na stajalištima. Ipak, radi prisustva biciklističkog i pješačkog prometa ova je varijanta rangirana na drugom mjestu prema ovom potkriteriju. Varijanta 3 na posljednjem je mjestu prema potkriteriju sigurnost sudionika u prometu radi nepostojanja posebnog traka za autobuse i zbog prisustva biciklističkog i pješačkog prometa.

Tablica 15. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju sigurnost sudionika u prometu prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		5,0	3,0
Varijanta 2			3,0
Varijanta 3		Incon: 0,04	

Tablica 16. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Sigurnost sudionika u prometu

Varijante	Sigurnost sudionika u prometu	Rang
Varijanta 1	Velika	1
Varijanta 2	Mala	3
Varijanta 3	Srednja	2



Slika 21. Rangiranje varijanti prema potkriteriju sigurnost sudionika u prometu pomoću Expert Choice programskog alata

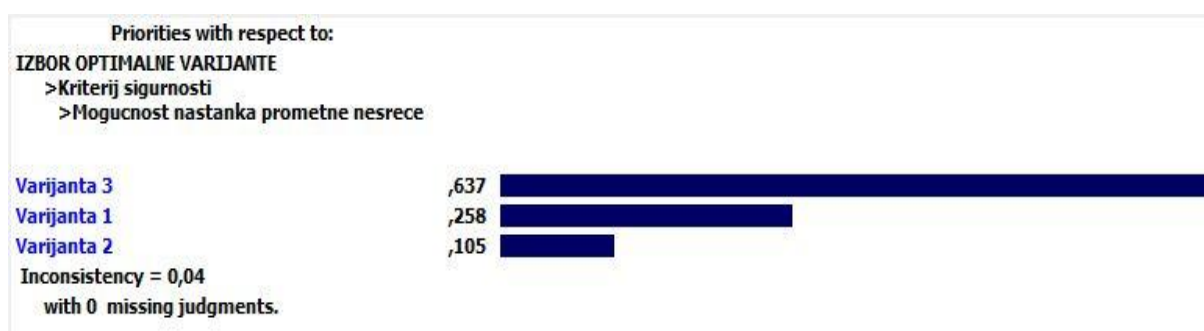
Prema potkriteriju mogućnost nastanka prometne nesreće kao najbolja je odabrana Varijanta 3 iz razloga što se smatra da poseban trak za autobuse eliminira više mjesta na kojima je moguć nesretni događaj. Ovdje se misli na eliminaciju sudara između autobusa i osobnih vozila zbog odvojenosti u zasebne prometne trake te odvojenost putnika koji se nalaze na stajalištu javnog prijevoza. Ova varijanta ima površine za bicikliste i pješake koji su fizički razdvojeni od ostatka prometnice te se unatoč njihovom prisustvu smatra da je mogućnost nastanka nesreće mala ako se svi sudionici u prometu pridržavaju utvrđenih pravila. Varijanta 1 je prema ovom potkriteriju rangirana iza Varijante 3 zbog nepostojanja posebnog traka za autobuse. Varijanta 2 je posljednje rangirana također iz razloga nepostojanja prometnog traka za JGP i radi prisustva biciklističkog i pješačkog prometa. Ocjene varijanata prikazane su u Tablici 17., a njihovo rangiranje u Tablici 18. i na Slici 22.

Tablica 17. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju mogućnost nastanka prometne nesreće prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		3,0	3,0
Varijanta 2			5,0
Varijanta 3		Incon: 0,04	

Tablica 18. Rangiranje varijanti prema potkriteriju mogućnost nastanka prometne nesreće

Varijante	Mogućnost nastanka prometne nesreće	Rang
Varijanta 1	Srednja	2
Varijanta 2	Velika	3
Varijanta 3	Mala	1



Slika 22. Rangiranje varijanti prema potkriteriju mogućnost nastanka prometne nesreće pomoću Expert Choice programskog alata

Kao drugi kriterij po važnosti postavljen je ekonomski kriterij. Varijante su vrednovane prema njegovim potkriterijima trošak otkupa zemljišta, troškovi izgradnje i troškovi održavanja. Prvo je prikazano vrednovanje po potkriteriju trošak otkupa zemljišta. Kod izračuna troška otkupa zemljišta u obzir je uzeta ukupna površina koju svaka od tri predložene varijante prometnice zauzima. Kao okvirna otkupna cijena kvadrata zemljišta uzeta je cijena od 70 €/m². Ova cijena određena je na temelju aritmetičke sredine srednje cijene poljoprivrednog zemljišta i srednje cijene građevinskog zemljišta na ukupnom području kroz koje prolazi trasa ceste. Okvirni izračun troškova otkupa zemljišta za sve tri varijante prometnice dan je u nastavku, a izračunat je prema obrascu:

$$CV_n = P_n \times C_n \quad (1)$$

gdje su: CV_n – trošak otkupa zemljišta

P_1, P_2 i P_3 - ukupne površine koju svaka od varijanata ceste zauzima

C_n - prosječna cijena m² zemljišta koje je potrebno otkupiti

Temeljem (1) napravljen je proračun za svaku varijantu, kako slijedi:

$$CV_1 = P_1 \times C_n = (2.075 \times 19,7) \times 70 = 40.877 \times 70 = 2.861.425 \text{ [€]} \approx 21.603.760 \text{ [kn]}$$

$$CV_2 = P_2 \times C_n = (2.075 \times 23,5) \times 70 = 48.763 \times 70 = 3.413.410 \text{ [€]} \approx 25.771.250 \text{ [kn]}$$

$$CV_3 = P_3 \times C_n = (2.075 \times 30) \times 70 = 62.250 \times 70 = 4.357.500 \text{ [€]} \approx 32.900.000 \text{ [kn]}$$

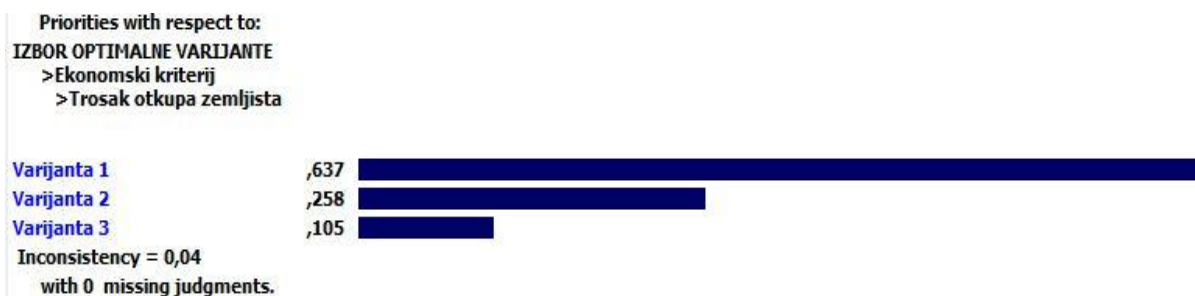
Na temelju ovako predloženih troškova otkupa zemljišta može se uočiti važnost ovoga potkriterija u ukupnom vrednovanju varijanata. Iz priložene Tablice 19. i Tablice 20. te iz Slike 23. vidljivo je da je Varijanta 1 najbolje rangirana. Tome je tako radi najmanjeg poprečnog presjeka prometnice, prikazanog u poglavlju 2.3., koja sukladno tome zauzima najmanje površine i najmanje privatnih zemljišta koje je potrebno otkupiti. Zbog predložene izgradnje prometne površine za bicikliste i pješake Varijanta 2 je nepovoljnija prema ovom potkriteriju jer iziskuje otkup dodatnih zemljišta. Prometnica predložena varijantom 3 ima najveći poprečni presjek te je prema ovom potkriteriju na posljednjem mjestu.

Tablica 19. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju trošak otkupa zemljišta prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		3,0	5,0
Varijanta 2			3,0
Varijanta 3		Incon: 0,04	

Tablica 20. Rangiranje varijanti prema potkriteriju trošak otkupa zemljišta

Varijante	Trošak otkupa zemljišta [kn]	Rang
Varijanta 1	21.603.760	1
Varijanta 2	25.771.250	2
Varijanta 3	32.900.000	3



Slika 23. Rangiranje varijanti prema potkriteriju trošak otkupa zemljišta pomoću Expert Choice programskog alata

Kod potkriterija troškovi izgradnje varijante su vrednovane na način da se analizom sličnih projekata odredila prosječna cijena svake predložene varijante prometnice. Iako je troškove predloženih varijanata moguće omjerno prikazati zbog očite razlike u stupnju njihove izgrađenosti, kako bi se dobio što detaljniji uvid analizirani su slični projekti. U obzir kod analize uzet je trošak izgradnje dionice Velikogoričke obilaznice iz 2013. godine. Troškovi izgradnje za 5 [km] dvosmjerne dvotračne ceste, sa zajedničkom površinom za biciklistički i pješački promet s jedne strane prometnice, iznosili su 107 milijuna kuna. Uz ovaj projekt u obzir su uzeti projekti izgradnje zajedničke prometne površine za bicikliste i pješake u gradu Koprivnici te analiza troškova izgradnje dodatnog prometnog traka. Iz priložene Tablice 21. vidljive su ocjene pojedinih varijanti po potkriteriju troškovi izgradnje dok je njihovo rangiranje prikazano Tablicom 22. i Slikom 24. Varijanta 1 logično je, radi stupnja izgrađenosti, odnosno tehničkih elemenata prometnice rangirana na prvom mjestu prema potkriteriju troškovi izgradnje. Slijede Varijanta 2 i Varijanta 3.

Tablica 21. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju troškovi izgradnje prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		2,0	5,0
Varijanta 2			3,0
Varijanta 3		Incon: 0,00	

Tablica 22. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi izgradnje

Varijante	Troškovi izgradnje [kn]	Rang
Varijanta 1	48.000.000	1
Varijanta 2	50.000.000	2
Varijanta 3	62.000.000	3

Priorities with respect to:
 IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE
 >Ekonomski kriterij
 >Troškovi izgradnje



Slika 24. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi izgradnje pomoću Expert Choice programskog alata

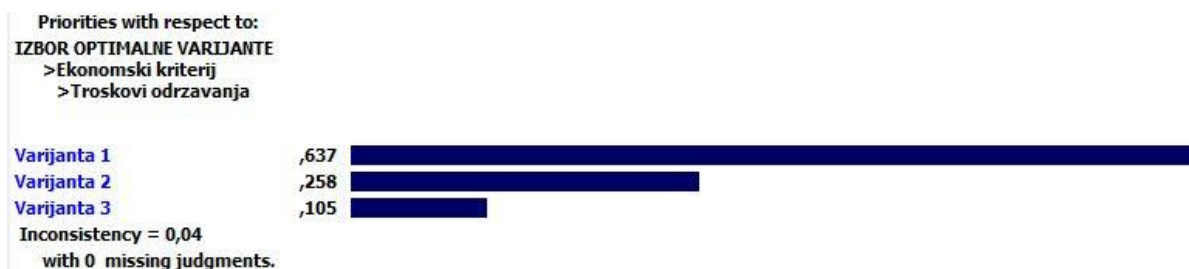
Prema potkriteriju troškovi održavanja kao najbolja odabrana je Varijanta 1 iz razloga što zbog svojih tehničkih elemenata iziskuje najmanja sredstva za redovno održavanje prometnice. Pod troškovima redovnog održavanja, sukladno vrsti prometnice ponajviše se misli na ophodnju ceste, obnovu prometnih traka, nadzor i održavanje zelenila. Kako se radi o izgradnji nove prometnice nisu planirani veći troškovi izvanrednog održavanja u narednom periodu od desetak godina. Varijanta 2 zbog postojanja biciklističke i pješačke staze te sukladno tome većih troškova održavanja rangirana je na drugom mjestu. Varijanta 3 uz prethodno navedeno ima i dodatan prometni trak te ima najveće troškove održavanja. Ocjene varijanata dane su u Tablici 23. te je njihovo rangiranje prikazano Tablicom 24. i Slikom 25.

Tablica 23. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju troškovi održavanja prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		3,0	5,0
Varijanta 2			3,0
Varijanta 3		Incon: 0,04	

Tablica 24. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi održavanja

Varijante	Troškovi održavanja	Rang
Varijanta 1	Mali	1
Varijanta 2	Srednji	2
Varijanta 3	Veliki	3



Slika 25. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi održavanja pomoću Expert Choice programskog alata

Kod tehnološko-tehničkog kriterija varijante su vrednovane po potkriterijima propusna moć, vrijeme putovanja JGP-om i autonomija prijevoznih modova. Kod vrednovanja varijanata prema potkriteriju propusna moć izračunate su propusne moći predloženih varijanata prometnice. Kod izračuna propusne moći koristit će se formula za praktičnu propusnu moć dionica višetrakčnih cesta za dvosmjerni promet [9]:

$$C = 2200 \times N \times F(\check{S}) \times F(BS) \times F(PS) \times F(KV) \times F(E) \quad (2)$$

gdje je:

N – broj prometnih traka dionice dvotračne ceste u oba smjera

F(Š) – faktor kojim se izražava kvantitativni utjecaj širine prometne trake na brzinu toka pri praktičnoj propusnoj moći i na praktičnu propusnu moć dionice dvotračne ceste (Tablica 25.).

F(BS) – faktor kojim se izražava kvantitativni utjecaj udaljenosti nepokretnih bočnih smetnji na brzinu toka pri praktičnoj propusnoj moći i na praktičnu propusnu moć (Tablica 26.).

F(PS) – faktor kojim se izražava kvantitativni utjecaj udaljenosti pokretnih bočnih smetnji na brzinu toka pri praktičnoj propusnoj moći i na praktičnu propusnu moć dionice dvotračne ceste (Tablica 27.).

F(KV) – faktor kojim se izražava kvantitativni utjecaj heterogenosti prometnog toka, izražen postotnim učešćem tzv. komercijalnih vozila u toku, na gustoću toka pri praktičnoj propusnoj moći i na praktičnu propusnu moć dionice dvotračne ceste (Tablica 28.).

F(E) - faktor kojim se iskazuje utjecaj tipa dionice i razdjelnog pojasa na praktičnu propusnu moć višetračnih cesta (Tablica 29.) [9].

Tablica 25. Vrijednosti faktora $F(\check{S})$

Tipične širine prometne trake $\check{S}$ [m]	Vrijednost faktora $F(\check{S})$	
	Za NU „A“ do „D“	Za NU „E“
3,75	1,00	1,00
3,50	0,98	1,00
3,25	0,93	0,95
3,00	0,87	0,90
2,75	0,75	0,80
2,50	0,70	0,75
2,25	0,65	0,70

Izvor: [9]

Tablica 26. Vrijednosti faktora $F(BS)$

Udaljenosti nepokretne bočne smetnje od ruba kolnika BS [m]	Smetnje sa 1 strane		Smetnje sa 2 strane	
	Za NU „A“ - „D“	Za NU „E“	Za NU „A“ - „D“	Za NU „E“
1,75	1,00	1,00	1,00	1,00
1,50	0,98	0,99	0,96	0,98
1,25	0,96	0,98	0,92	0,96
1,00	0,94	0,97	0,88	0,94
0,75	0,92	0,96	0,83	0,92
0,50	0,90	0,95	0,78	0,90
0,25	0,88	0,94	0,74	0,88
0,00	0,86	0,93	0,70	0,86

Izvor: [9]

Tablica 27. Vrijednosti faktora $F(PS)$

Vrsta pokretne bočne smetnje	Vrijednost faktora pokretne bočne smetnje $F(PS)$
<i>Istosmjerna sa jedne strane</i>	0,98
<i>Istosmjerna sa obje strane</i>	0,97
<i>Sa jedne strane u suprotnom smjeru</i>	0,96
<i>Sa jedne strane u suprotnom smjeru, istosmjerna s druge strane</i>	0,95

*Izvor: [9]***Tablica 28. Vrijednosti faktora $F(KV)$**

Udio komercijalnih vozila (autobus+TV+AV) u prometnom toku	Vrijednost faktora $F(KV)$ [voz/PA]
0	1,000
2	0,995
4	0,990
6	0,985
8	0,980
10	0,975
12	0,970
14	0,965
16	0,960
18	0,955
20	0,950

*Izvor: [9]***Tablica 29. Vrijednosti faktora $F(E)$**

TIP DIONICE	SA RAZDJELNIM POJASOM	BEZ RAZDJELNOG POJASA
<i>Vangradska dionica</i>	1,00	0,95
<i>Prigradska dionica</i>	0,90	0,80

Izvor: [9]

Kao referentne vrijednosti o kojima ovise vrijednosti navedenih faktora određena je širina prometnog traka od 3,25 [m], udaljenost nepokretne bočne smetnje od 1 [m], istosmjerna pokretna bočna smetnja s jedne strane te udio teških vozila od 4 [%] za prvu i drugu predloženu varijantu. Ovaj udio uglavnom se odnosi na autobuse te je kod Varijante 3 taj udio povećan na 8 [%] iz razloga što se očekuje, radi postojanja posebnog traka, veći autobusni

promet na spojnoj cesti. Također kod izračuna propusne moći u obzir je uzeto i postojanje razdjelnog pojasa.

Temeljem (2) napravljen je proračun kapaciteta za svaku varijantu, kako slijedi:

$$C_1 = 2.200 \times 4 \times 0,93 \times 0,94 \times 0,98 \times 0,990 \times 1,00 = 7.460 \text{ [voz/h]}$$

$$C_2 = 2.200 \times 4 \times 0,93 \times 0,94 \times 0,98 \times 0,990 \times 1,00 = 7.460 \text{ [voz/h]}$$

$$C_3 = 2.200 \times 6 \times 0,93 \times 0,94 \times 0,98 \times 0,980 \times 1,00 = 11.080 \text{ [voz/h]}$$

Ukupni kapacitet za sve tri varijante ceste prikazan je u Tablici 31. u kojoj su odmah i rangirane varijante te dodatno prikazane na Slici 26. Ocjene varijanata u Expert Choice programu prikazane su u Tablici 30.

Tablica 30. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju propusna moć prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		1,0	5,0
Varijanta 2			5,0
Varijanta 3		Incon: 0,00	

Tablica 31. Rangiranje varijanti prema potkriteriju propusna moć

Varijante	Propusna moć [voz/h]	Rang
Varijanta 1	7.460	2
Varijanta 2	7.460	2
Varijanta 3	11.080	1

Priorities with respect to:
IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE
> Tehnološko-tehnicki kriterij
> Propusna moc



Slika 26. Rangiranje varijanti prema potkriteriju propusna moć pomoću Expert Choice programskog alata

Iz priloženog je vidljivo da Varijanta 1 i Varijanta 2 imaju jednake ukupne propusne moći dok je Varijanta 3 uvjerljivo rangirana na prvom mjestu zbog dodatnog prometnog traka za JGP koji je izveden u oba smjera. Prikazana propusna moć odnosi se na cjelokupnu prometnicu, odnosno za oba smjera dionice. Ovaj potkriterij je definiran s razlogom da prikaže očiglednu prednost Varijante 3 u odnosu na prve dvije, obzirom na kapacitet prometnice.

Prema Tablici 32. ocjenjene su varijante po potkriteriju vrijeme putovanja JGP-om te je u Tablici 33. i na Slici 27. prikazano rangiranje varijanata po ovom potkriteriju.

Tablica 32. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju vrijeme putovanja JGP-om prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		1,0	5,0
Varijanta 2			5,0
Varijanta 3		Incon: 0,00	

Tablica 33. Rangiranje varijanti prema potkriteriju vrijeme putovanja JGP-om

Varijante	Vrijeme putovanja JGP-om [min]	Rang
Varijanta 1	9	2
Varijanta 2	9	2
Varijanta 3	4	1

Priorities with respect to:
IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE
> Tehnološko-tehnicki kriterij
> Vrijeme putovanja JGP-om



Slika 27. Rangiranje varijanti prema potkriteriju vrijeme putovanja JGP-om pomoću Expert Choice programskog alata

Iz priloženoga je vidljivo da Varijanta 3 ima ocjenu 5 u odnosu na Varijantu 1 i Varijantu 2 te je rangirana na prvom mjestu. Tome je tako iz razloga što autobusi u Varijanti 3 imaju svoj zaseban prometni trak te na njih ne utječe brzina ukupnog prometnog toka osobnih vozila te drugih teških vozila. Javni prijevoz fizički je odvojen od ostatka prometnog toka te vrijeme putovanja autobusa ovisi isključivo o dozvoljenoj brzini kretanja na dionici te brzini ulaska/izlaska putnika na stajalištu. Prikazane su i procijenjene vrijednosti vremena putovanja

autobusa na temelju duljine spojne ceste i prosječne brzine vožnje autobusa. Kod prve dvije varijante brzina je procijenjena i određena prosjekom brzina u različitim uvjetima prometnog toka.

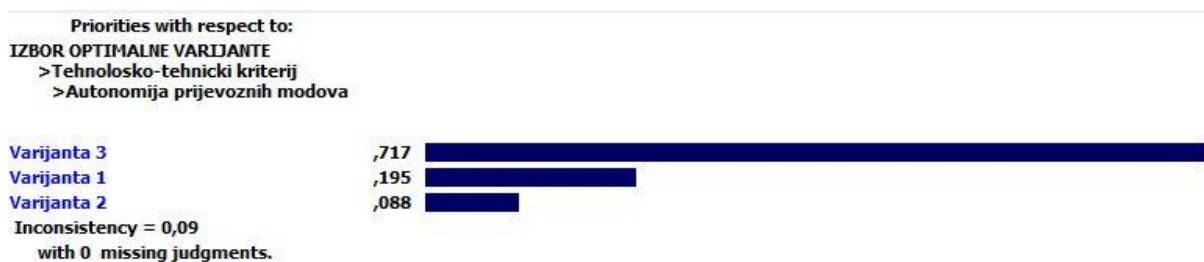
Ocjene varijanata prema potkriteriju autonomija prijevoznih modova dane su u Tablici 34. Njihovo rangiranje prikazano je u Tablici 35. i na Slici 28.

Tablica 34. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju autonomija prijevoznih modova prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		3,0	5,0
Varijanta 2			6,0
Varijanta 3		Incon: 0,09	

Tablica 35. Rangiranje varijanti prema potkriteriju autonomija prijevoznih modova

Varijante	Autonomija prijevoznih modova	Rang
Varijanta 1	Srednja	2
Varijanta 2	Mala	3
Varijanta 3	Velika	1



Slika 28. Rangiranje varijanti prema potkriteriju autonomija prijevoznih modova pomoću Expert Choice programskog alata

Potkriterij autonomija prijevoznih modova, kako je prije objašnjeno, odnosi se na slobodu kretanja prisutnih modova prijevoza. Varijanta 3 rangirana je na prvom mjestu iz razloga što JGP ima zaseban prometni trak te se njegova sloboda kretanja, u smislu ulazaka i izlazaka autobusa sa stajališta te neometanje toka drugih vozila, nameće kao najbolje rješenje prema ovom potkriteriju. Varijanta 1 u odnosu na Varijantu 2 bolje je rangirana iz razloga što nema prisustva biciklističkog i pješačkog prometa te ne mogu negativno utjecati na prometni tok vozila te tima ugroziti, odnosno ograničiti njihovu slobodu kretanja.

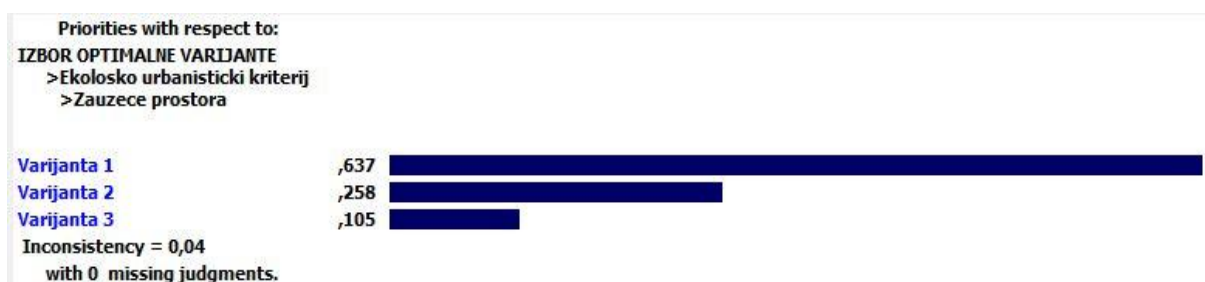
Varijante su zatim vrednovane po ekološko urbanističkom kriteriju koji sadrži potkriterije zauzeće prostora, zagađenje bukom, uništenje krajobraza i zagađenje zraka. Prvo je provedeno vrednovanje varijanata po potkriteriju zauzeće prostora. Varijanta 1 vrednovanjem je ocjenjena kao najbolja prema ovom potkriteriju zato jer ima najmanji poprečni presjek te sukladno tome iziskuje najmanje zauzeće prostora. Varijanta 2 zauzela bi veću površinu potrebnu za smještaj jer se uz tehničke elemente iz Varijante 1 predlaže izgradnja dodatne prometne površine za bicikliste i pješake. Varijanta 3 prema ovom potkriteriju zauzima uvjerljivo najveću površinu te je rangirana na posljednjem mjestu zbog najvećeg poprečnog presjeka ukupne prometnice. Ocjene varijanata prikazane su u Tablici 36. dok je vrednovanje varijanata prikazano u Tablici 37. i na Slici 29. Površine su prethodno izračunate prilikom određivanja troška otkupa zemljišta.

Tablica 36. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju zauzeće prostora prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		3,0	5,0
Varijanta 2			3,0
Varijanta 3		Incon: 0,04	

Tablica 37. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zauzeće prostora

Varijante	Zauzeće prostora [m ²]	Rang
Varijanta 1	40.877	1
Varijanta 2	48.763	2
Varijanta 3	62.250	3



Slika 29. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zauzeće prostora pomoću Expert Choice programskog alata

Ocjene varijanata prema potkriteriju zagađenje bukom prikazane su u Tablici 38. Rangiranje varijanata predloženo je Tablicom 39. i Slikom 30. Kod Varijante 2 ocjenjeno je najmanje zagađenje bukom iz razloga što nema posebnog traka za javni prijevoz te se time pretpostavlja manji promet radi manjka uvjeta za privlačenje postojećih i uvođenje novih autobusnih linija. Također zajednička biciklističko pješačka površina sa jedne strane ceste u jednoj mjeri odvaja prometnicu od obližnjih kuća. Varijanta 1 nema površine za bicikliste i pješake te je pretpostavljeno veće zagađenje bukom radi manje udaljenosti prometnog toka od obližnjih stambenih objekata. Kod Varijante 3 se očekuje veći promet motornih vozila radi veće propusne moći prometnice i zasebnog traka za JGP tako da je očekivana razina buke veća.

Tablica 38. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju zagađenje bukom prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		3,0	3,0
Varijanta 2			5,0
Varijanta 3		Incon: 0,04	

Tablica 39. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zagađenje bukom

Varijante	Zagađenje bukom	Rang
Varijanta 1	Srednje	2
Varijanta 2	Malo	1
Varijanta 3	Veliko	3

Priorities with respect to:
 IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE
 >Ekolosko urbanistički kriterij
 >Zagađenje bukom



Slika 30. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zagađenje bukom pomoću Expert Choice programskog alata

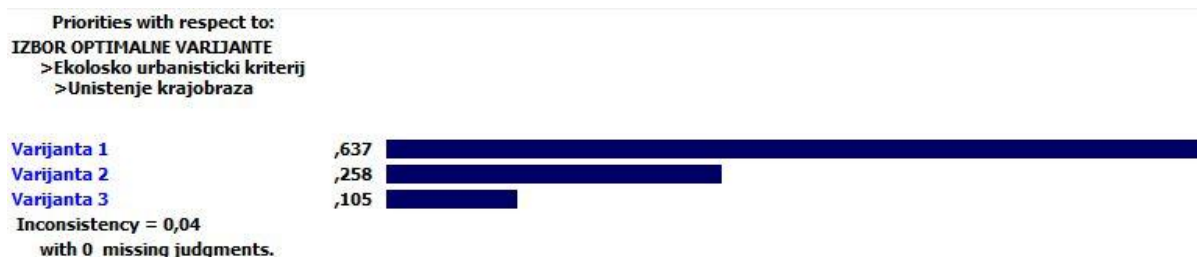
Varijante su sljedeće rangirane po potkriteriju uništenje krajobraza. Pojam uništenje krajobraza definira narušavanje krajobrazne prirodne strukture koja se izgradnjom bilo koje infrastrukture pa tako i prometne postupno pretvara u antropogenu strukturu. Antropogena struktura pojam je koji označava visoko urbanizirani prostor na kojem je u potpunosti narušena prirodna struktura krajobraza. U današnjem svijetu vrlo je česta ovakva pojava te se može reći da je gotovo neizbježna. Ipak, usprkos sve većem tehnološkom napretku i sve većom potrebom za povezivanjem, odnosno izgradnjom prometne infrastrukture, treba voditi računa i o krajobraznoj politici određenoga kraja. U okviru rada predlažu se na izgradnju tri varijante prometnice od kojih svaka u određenoj mjeri uništava krajobraz kroz koji prolazi. Kod prve varijante je ocjenjeno najmanje uništenje krajobraza isključivo zbog najmanje predloženog stupnja izgrađenosti. Obzirom da je trasa ceste jednaka kod sve tri varijante širina poprečnog presjeka je mjerilo narušavanja krajolika te iza prve varijante slijedi Varijanta 2 i Varijanta 3. Ocjene varijanata prema potkriteriju uništenje krajobraza prikazane su u Tablici 40. te je njihovo rangiranje predloženo u Tablici 41. i na Slici 31.

Tablica 40. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju uništenje krajobraza prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		3,0	5,0
Varijanta 2			3,0
Varijanta 3		Incon: 0,04	

Tablica 41. Rangiranje varijanti prema potkriteriju uništenje krajobraza

Varijante	Uništenje krajobraza	Rang
Varijanta 1	Malo	1
Varijanta 2	Srednje	2
Varijanta 3	Veliko	3



Slika 31. Rangiranje varijanti prema potkriteriju uništenje krajobraza pomoću Expert Choice programskog alata

Kod predloženih varijanata ceste smatra se da ne postoji značajna opasnost od zagađenja zraka zbog vrlo male duljine spojne ceste te iz razloga što se ne očekuje velik udio teških vozila koja su veći onečišćivači zraka. Iz tog razloga ovom potkriteriju dodijeljena je najmanja važnost. Ocjene varijanata prema posljednjem potkriteriju zagađenje zraka prikazane su u Tablici 42. dok je njihovo rangiranje vidljivo u Tablici 43. i na Slici 32. Varijanta 1 i Varijanta 2 ocjenjene su jednakima zbog očekivanog istok sastava prometnog toka. Pješački i biciklistički tok koji su prisutni kod prometnice u Varijanti 2 nisu uzeti u obzir jer oni ne sudjeluju u zagađenju zraka. Varijanta 3 posljednje je rangirana radi očekivanog većeg intenziteta prometnog toka i sukladno tome većeg zagađenja zraka.

Tablica 42. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju zagađenje zraka prikazane u programskom alatu Expert Choice

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Varijanta 1		1,0	5,0
Varijanta 2			5,0
Varijanta 3		Incon: 0,00	

Tablica 43. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zagađenje zraka

Varijante	Zagađenje zraka	Rang
Varijanta 1	Malo	1
Varijanta 2	Malo	1
Varijanta 3	Srednje	2

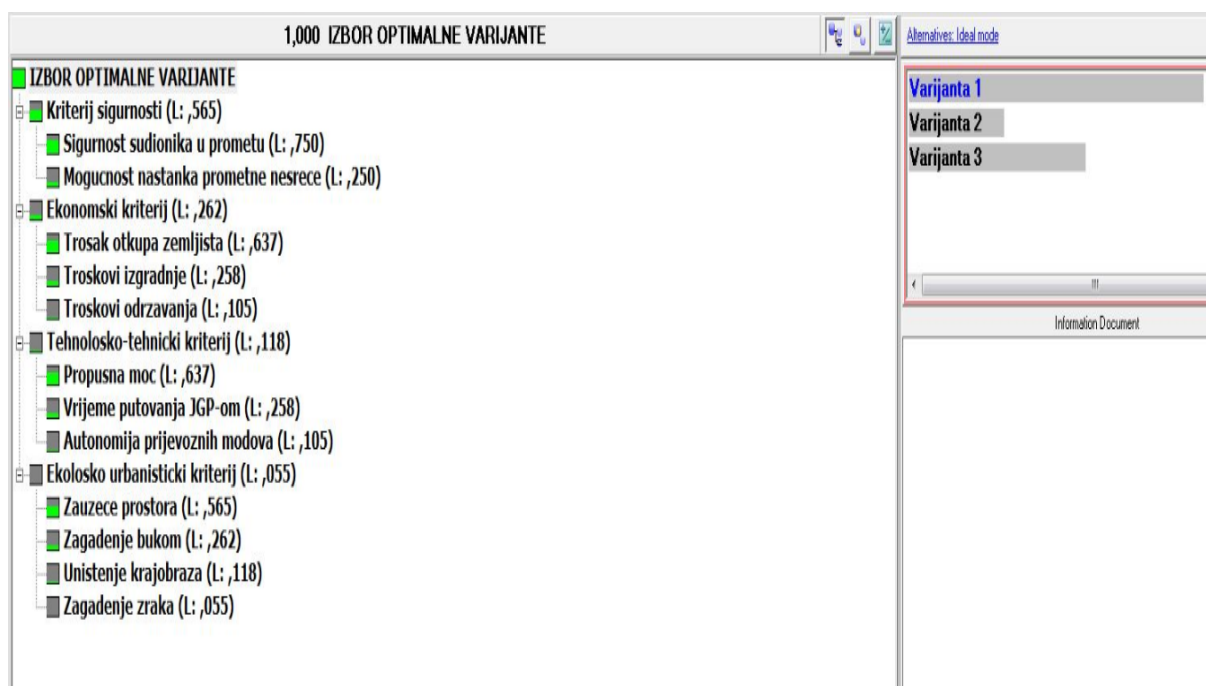
Priorities with respect to:
IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE
 >Ekolosko urbanistički kriterij
 >Zagađenje zraka



Slika 32. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zagađenje zraka pomoću Expert Choice programskog alata

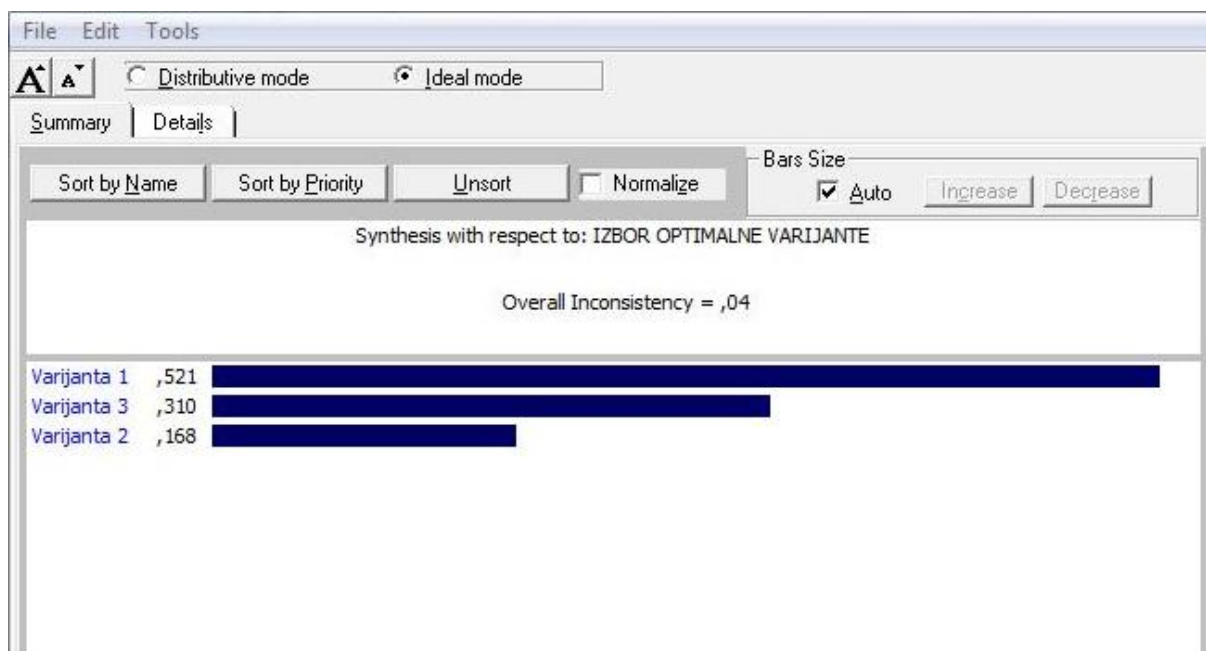
5. IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA I PRIJEDLOG MODELA FINANCIRANJA

Primjenom Expert Choice programskog alata, na osnovu definiranih i međusobno rangiranih kriterija i potkriterija te vrednujući predložene varijante prometnice prema svakom od potkriterija dolazi se do konačnog, optimalnog rješenja prometnice. Pojedinačnim vrednovanjem svake varijante po potkriterijima dolazi se do odabira Varijante 1 kao optimalnog rješenja za izgradnju spojne ceste između državne ceste D31 i Međunarodne zračne luke Zagreb. Varijanta 1 (izgradnja dvosmjerne dvotračne ceste) definirana je kao optimalno rješenje na temelju prethodno postavljenih odnosa između pojedinih kriterija i potkriterija. Varijanta 3 (izgradnja dvosmjerne dvotračne ceste s pješačkim kolnikom, biciklističkom stazom i posebnim trakom za vozila JGP-a) nakon provedenog vrednovanja određena je kao druga po redu dok je Varijanta 2 (izgradnja dvosmjerne dvotračne ceste s pješačkim kolnikom i biciklističkom stazom) rangirana na posljednjem mjestu. Prikaz rangiranih varijanata s važnostima kriterija i potkriterija nalazi se na Slici 33.



Slika 33. Prikaz konačnog vrednovanja varijanata i važnosti kriterija i potkriterija u programskom alatu Expert Choice

Na Slici 34. prikazano je konačno vrednovanje varijanata u programskom alatu Expert Choice te njihove težinske vrijednosti. Konzistentnost je u dozvoljenim granicama te iznosi 0,04.

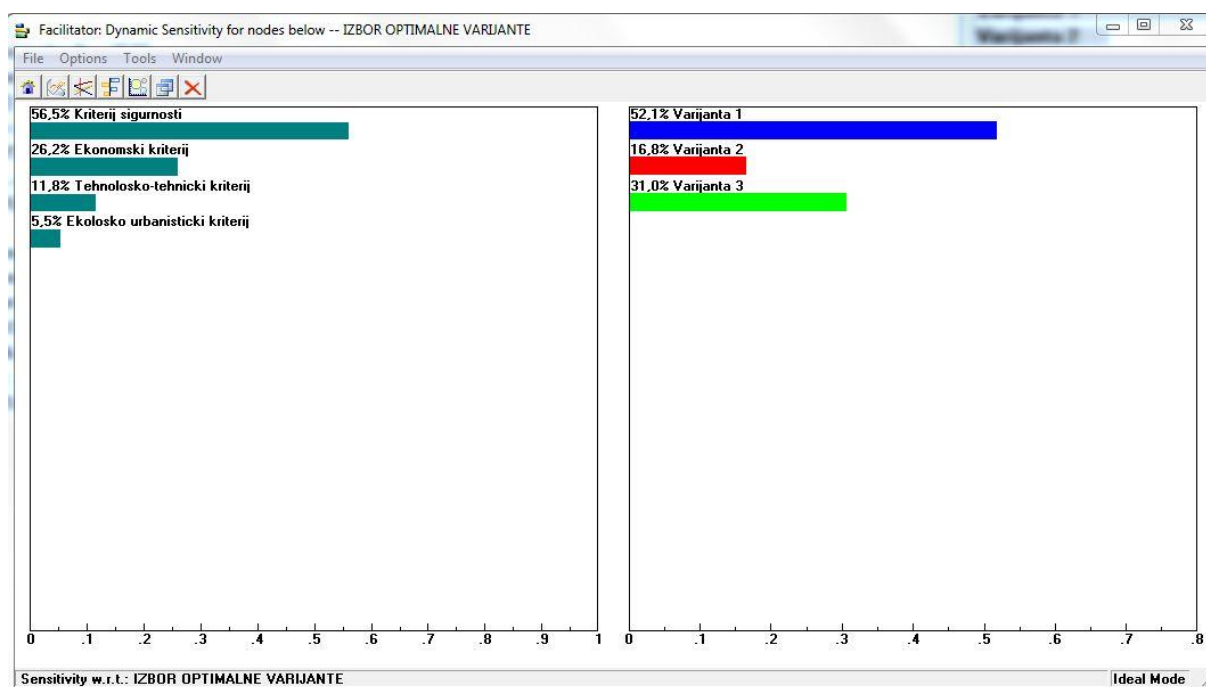


Slika 34. Prikaz konačnog vrednovanja varijanata

Radi provjere u kojem slučaju, odnosno po kojim važnostima kriterija bi neka druga varijanta bila određena kao optimalna provodi se analiza osjetljivosti.

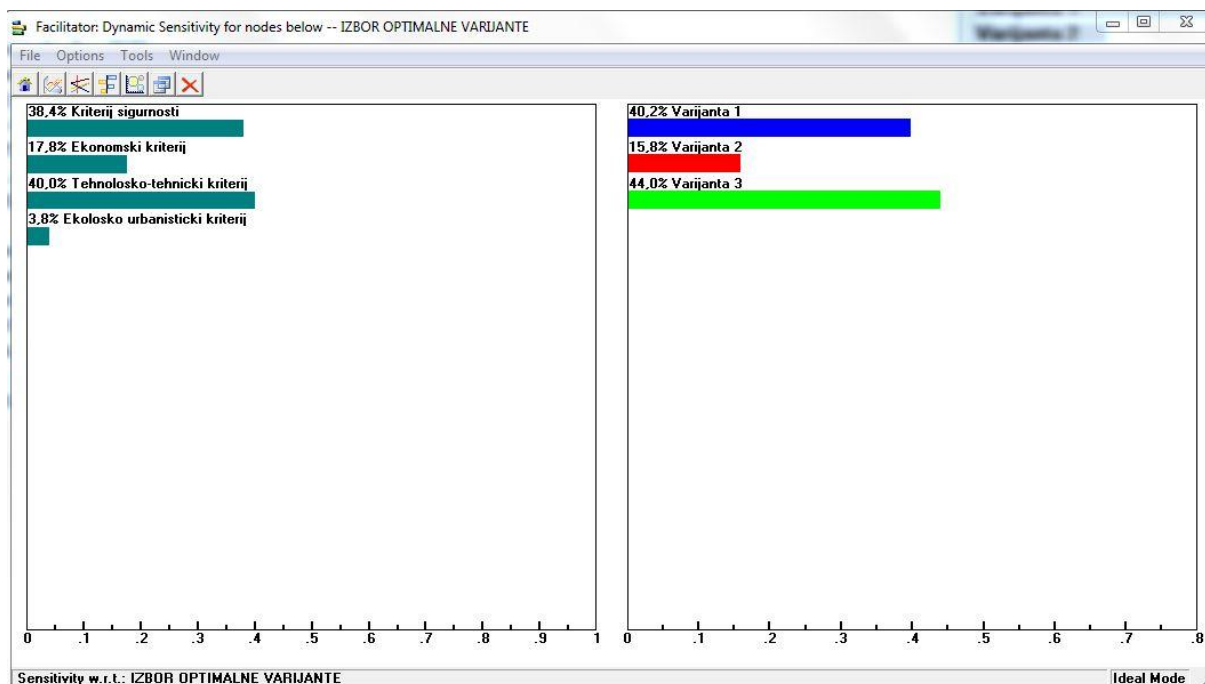
5.1. Analiza osjetljivosti

Analiza osjetljivosti omogućuje određivanje kritičnih parametara prometnog modela te je njenom primjenom moguće procijeniti prihvatljivost projekta ako vrijednosti definiranih kritičnih parametara budu drugačije. Kritičnim parametrima smatraju se oni parametri koji utječu na učinkovitost projekta te ih se može definirati neizvjesnima. Cilj provedbe analize osjetljivosti je utvrditi prihvatljivost predmetnog projekta ako se neke vrijednosti parametara budu razlikovale. Analiza osjetljivosti provedena je pomoću programskog alata Expert Choice na način da su se promijenile vrijednosti, odnosno važnosti kriterija. Na Slici 35. prikazan je dinamički graf postojećeg stanja, nakon provedbe odabira optimalnog rješenja.



Slika 35. Dinamički graf postojećeg stanja

Dinamički graf promijenjenog stanja prikazan je na Slici 36. Na njemu je vidljivo da se uslijed promjene vrijednosti zadanih parametara mijenja i odabir optimalne varijante. Primijenivši analizu osjetljivosti, parametru, odnosno tehnološko-tehničkom kriteriju promijenjena je vrijednost sa 11,8 [%] na 40 [%]. Uslijed tog povećanja vrijednosti tehnološko-tehničkog kriterija primjećuje se i promjena ostalih kriterija. Kako je tehnološko-tehničkom kriteriju značajno povećana važnost kao najbolja varijanta pokazuje se Varijanta 3, izgradnja dvosmjerne dvotračne ceste s pješačkim kolnikom, biciklističkom stazom i posebnim trakom za vozila JGP-a. Dodjeljivanjem prevelike važnosti tehnološko-tehničkom potkriteriju može doći do predimenzioniranja prometnog objekta što za sobom povlači i veće ukupne troškove projekta. Kako bi se odabrala optimalna varijanta od velike je važnosti odrediti potrebe za prijevozom, poglavito analizom postojećeg stanja i procjenom budućih prometnih tokova. Nakon kvalitetno provedene analize i definiranja varijanata potrebno je postaviti relevantne kriterije te im racionalno dodijeliti važnosti.



Slika 36. Dinamički graf promijenjenog stanja

5.2. 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 [6]:

- 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 i
- 13) 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. Izgradnja spojne ceste između državne ceste D31 i Međunarodne zračne luke Zagreb može se promotriti kao uzajamno koristan projekt za jednog privatnog i jednog javnog investitora. Kako je vlasništvo Međunarodne zračne luke Zagreb od 2013. godine iz državnog vlasništva, koncesijom na 30 godina, prebačeno u privatno vlasništvo Francuske grupacije ADPM (Aéroports de Paris Management) novi vlasnik se smatra potencijalnim sudionikom pri sufinanciranju izgradnje predložene spojne ceste. Upravitelj Međunarodne zračne luke Zagreb od projekta izgradnje spojne ceste imao bi višestruke koristi, ponajviše u vidu ostvarenja kvalitetne cestovne prometne veze. Izgradnja novog putničkog terminala koja je u tijeku te očekivano značajno povećanje broja putnika s trenutna 2 na prognoziranih 5 milijuna putnika svakako će u značajnoj mjeri pridonijeti povećanju potrebitosti predložene spojne ceste.

Ukoliko bi došlo do realizacije za očekivati je da dva glavna kandidata za investitora temeljem ovog projekta budu Francuska grupacija ADPM te tvrtka Hrvatske ceste d.o.o. koja je u državnom vlasništvu. Uključenje dodatnih investitora smatra se mogućim te se kao potencijalni investitor može promotriti i Grad Velika Gorica na čijem se lokalitetu predlaže izgradnja spojne ceste.

6. ZAKLJUČAK

Osnovna svrha ovoga rada bila je na temelju definiranih i po važnosti ocjenjenih kriterija i potkriterija metodom analitičkog hijerarhijskog procesa doći do odabira optimalnog rješenja izgradnje prometnice. Uz odabir optimalne varijante druga zadaća ovoga rada bila je analiza tehničkih elemenata prometnice te cjelokupna tematika vezana uz projektiranje ceste te međuodnose pojedinih projektnih elemenata. Također, prethodno je detaljno analizirano postojeće stanje prometnih tokova u gravitacijskom području zračne luke što je bilo od izrazite važnosti za postavljanje parametara i kasnije za samo vrednovanje predloženih varijanata.

Analizom postojećeg stanja predočena je kompletna slika prometnih tokova koji gravitiraju u području Međunarodne zračne luke Zagreb te je time ujedno i predložen problem koji je predmet ovoga rada. Izgradnja spojne ceste između Međunarodne zračne luke Zagreb i državne ceste D31 nameće se kao rješenje u svrhu kvalitetnog povezivanja zračne luke te rasterećenja postojećih prometnih pravaca. Nakon analize postojećeg stanja i detektiranja problema predložene su tri varijante rješenja. U prvoj varijanti predlaže se izgradnja dvosmjerne dvotračne ceste namijenjene isključivo za motorni promet dok se kod druge varijante uz dvosmjernu dvotračnu cestu predlaže i izgradnja zajedničke prometne površine za bicikliste i pješake. Treće predložena varijanta objedinjuje tehničke elemente prve dvije varijante te se dodatno predlaže izgradnja posebnog prometnog traka za vozila JGP-a.

Nakon postavljenih varijanti rješenja definirani su kriteriji i potkriteriji po kojima će se varijante vrednovati te se prije vrednovanja AHP metodom provodi SWOT analiza. Primjenom SWOT analize utvrđeni su unutarnji i vanjski čimbenici svake od varijanata odnosno njihove prednosti i mane.

Primjenom AHP metode, vrednujući varijante po postavljenim kriterijima i potkriterijima, dolazi se do odabira optimalnog rješenja prometnice. Kao optimalna varijanta odabrana je Varijanta 1, koja predstavlja izgradnju dvosmjerne dvotračne ceste. Smatra se, te je vrednovanjem utvrđeno, da bi izbor ove varijante spojne ceste najbolje riješio problem povezivanja te rasterećenja postojećih prometnih pravaca.

Za Varijantu 3 također se može reći da je kvalitetno rješenje izvedbe prometnice te primjenom analize osjetljivosti, uslijed povećanja važnosti tehnološko-tehničkog kriterija, predstavlja najbolje, odnosno optimalno rješenje.

Zaključno, može se utvrditi navedeno, Varijanta 1, izgradnja dvosmjerne dvotračne ceste, pokazala se kao najbolji izbor kod izvedbe spojne ceste te kao takva predstavlja kvalitetno i

racionalno rješenje povezivanja Međunarodne zračne luke Zagreb i državne ceste D31. Ovakva izvedba prometnice ostavlja prostor za buduća poboljšanja i prilagodbu cjelokupnog prometnog sustava u smislu ostvarenja JGP gdje se misli na uvođenje lake željeznice ili tramvajskog sustava.

LITERATURA

- [1] maps.google.hr
- [2] Dadić, I., Šoštarić, M., Brlek, P.: Prometno tehnološko projektiranje (autorizirana predavanja, radna verzija), Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2012.
- [3] Hrvatske ceste: Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2013., Zagreb 2014
- [4] Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa, NN 110/01
- [5] Novačko, L.: Nastavni materijali iz kolegija Cestovne prometnice I, akademska godina 2012/2013
- [6] Zakon o cestama, NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13 i 92/14
- [7] Luburić, G.: Nastavni materijali iz kolegija Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1, akademska godina 2013/2014
- [8] Barić, D.: Nastavni materijali iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata, akademska godina 2014/2015.
- [9] Dadić, I., Kos, G., Brlek, P., Ševrović, M., Šoštarić, M.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2007.
- [10] Legac, I.: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2011
- [11] Legac, I.: Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2006

Programska podrška:

1. AutoCAD 2010
2. Expert Choice 11.5
3. MS Excel 2010

POPIS TABLICA

<i>Tablica 1. Ulaganja u izgradnju državnih cesta u razdoblju od 2013. do 2016. godine po projektu „Spojna cesta od obilaznice V. Gorice – zračna luka“</i>	<i>7</i>
<i>Tablica 2. Prikaz kategorizacije cesta</i>	<i>9</i>
<i>Tablica 3. Projektne brzine i najveći nagibi nivelete</i>	<i>10</i>
<i>Tablica 4. Odnos računske brzine i minimalnog polumjera zavoja.....</i>	<i>11</i>
<i>Tablica 5. Dimenzije biciklističke trake</i>	<i>14</i>
<i>Tablica 6. SWOT matrica varijante 1</i>	<i>30</i>
<i>Tablica 7. SWOT matrica varijante 2</i>	<i>31</i>
<i>Tablica 8. SWOT matrica varijante 3</i>	<i>32</i>
<i>Tablica 9. Saaty-eva skala važnosti ocjene</i>	<i>34</i>
<i>Tablica 10. Relativne ocjene kriterija prikazane u programskom alatu Expert Choice.....</i>	<i>37</i>
<i>Tablica 11. Relativne ocjene potkriterija kriterija sigurnost prikazane u programskom alatu Expert Choice.....</i>	<i>38</i>
<i>Tablica 12. Relativne ocjene potkriterija unutar ekonomskog kriterija prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>39</i>
<i>Tablica 13. Relativne ocjene potkriterija unutar tehnološko-tehničkog kriterija prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>40</i>
<i>Tablica 14. Relativne ocjene potkriterija unutar ekološko urbanističkog kriterija prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>41</i>
<i>Tablica 15. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju sigurnost sudionika u prometu prikazane u programskom alatu Expert Choice.....</i>	<i>42</i>
<i>Tablica 16. Rangiranje varijanti prema potkriteriju Sigurnost sudionika u prometu</i>	<i>43</i>
<i>Tablica 17. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju mogućnost nastanka prometne nesreće prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>43</i>
<i>Tablica 18. Rangiranje varijanti prema potkriteriju mogućnost nastanka prometne nesreće</i>	<i>44</i>
<i>Tablica 19. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju trošak otkupa zemljišta prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>45</i>
<i>Tablica 20. Rangiranje varijanti prema potkriteriju trošak otkupa zemljišta</i>	<i>45</i>
<i>Tablica 21. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju troškovi izgradnje prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>47</i>
<i>Tablica 22. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi izgradnje</i>	<i>47</i>

<i>Tablica 23. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju troškovi održavanja prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>48</i>
<i>Tablica 24. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi održavanja.....</i>	<i>48</i>
<i>Tablica 25. Vrijednosti faktora $F(\check{S})$</i>	<i>49</i>
<i>Tablica 26. Vrijednosti faktora $F(BS)$.....</i>	<i>49</i>
<i>Tablica 27. Vrijednosti faktora $F(PS)$.....</i>	<i>50</i>
<i>Tablica 28. Vrijednosti faktora $F(KV)$</i>	<i>50</i>
<i>Tablica 29. Vrijednosti faktora $F(E)$.....</i>	<i>50</i>
<i>Tablica 30. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju propusna moć prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>51</i>
<i>Tablica 31. Rangiranje varijanti prema potkriteriju propusna moć.....</i>	<i>51</i>
<i>Tablica 32. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju vrijeme putovanja JGP-om prikazane u programskom alatu Expert Choice.....</i>	<i>52</i>
<i>Tablica 33. Rangiranje varijanti prema potkriteriju vrijeme putovanja JGP-om</i>	<i>52</i>
<i>Tablica 34. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju autonomija prijevoznih modova prikazane u programskom alatu Expert Choice.....</i>	<i>53</i>
<i>Tablica 35. Rangiranje varijanti prema potkriteriju autonomija prijevoznih modova.....</i>	<i>53</i>
<i>Tablica 36. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju zauzeće prostora prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>54</i>
<i>Tablica 37. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zauzeće prostora</i>	<i>54</i>
<i>Tablica 38. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju zagađenje bukom prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>55</i>
<i>Tablica 39. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zagađenje bukom.....</i>	<i>55</i>
<i>Tablica 40. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju uništenje krajobraza prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>56</i>
<i>Tablica 41. Rangiranje varijanti prema potkriteriju uništenje krajobraza</i>	<i>57</i>
<i>Tablica 42. Relativne ocjene varijanata prema potkriteriju zagađenje zraka prikazane u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>57</i>
<i>Tablica 43. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zagađenje zraka</i>	<i>58</i>

POPIS SLIKA

<i>Slika 1. Prikaz raskrižja Selnica na D31</i>	<i>3</i>
<i>Slika 2. Prikaz Velikogoričke ceste D30</i>	<i>5</i>
<i>Slika 3. Prikaz jugoistočne Velikogoričke obilaznice</i>	<i>6</i>
<i>Slika 4. Prikaz postojećih prometnih pravaca</i>	<i>7</i>
<i>Slika 5. Prikaz dionice Velikogoričke obilaznice na kojoj je provedeno brojanje prometa</i>	<i>8</i>
<i>Slika 6. Odnos poprečnog nagiba kolnika i polumjera zavoja</i>	<i>12</i>
<i>Slika 7. Odnos polumjera susjednih zavoja</i>	<i>13</i>
<i>Slika 8. Širina pješačkih i biciklističkih traka u ovisnosti od broja pješaka i biciklista u vršnom satu</i>	<i>14</i>
<i>Slika 9. Minimalan razmak prometnog profila biciklističke trake</i>	<i>15</i>
<i>Slika 10. Prikaz trase spojne ceste</i>	<i>17</i>
<i>Slika 11. Poprečni presjek prometnice - Varijanta 1</i>	<i>18</i>
<i>Slika 12. Poprečni presjek prometnice - Varijanta 2</i>	<i>18</i>
<i>Slika 13. Poprečni presjek prometnice - Varijanta 3</i>	<i>20</i>
<i>Slika 14. Hijerarhijska struktura AHP modela</i>	<i>33</i>
<i>Slika 15. Hijerarhijska struktura AHP modela</i>	<i>35</i>
<i>Slika 16. Rangiranje kriterija</i>	<i>37</i>
<i>Slika 17. Rangiranje potkriterija kriterija sigurnost</i>	<i>38</i>
<i>Slika 18. Rangiranje potkriterija unutar ekonomskog kriterija</i>	<i>39</i>
<i>Slika 19. Rangiranje potkriterija unutar tehnološko-tehničkog kriterija</i>	<i>40</i>
<i>Slika 20. Rangiranje potkriterija unutar ekološko urbanističkog kriterija</i>	<i>41</i>
<i>Slika 21. Rangiranje varijanti prema potkriteriju sigurnost sudionika u prometu pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>43</i>
<i>Slika 22. Rangiranje varijanti prema potkriteriju mogućnost nastanka prometne nesreće pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>44</i>
<i>Slika 23. Rangiranje varijanti prema potkriteriju trošak otkupa zemljišta pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>46</i>
<i>Slika 24. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi izgradnje pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>47</i>
<i>Slika 25. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi održavanja pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>48</i>

<i>Slika 26. Rangiranje varijanti prema potkriteriju propusna moć pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>51</i>
<i>Slika 27. Rangiranje varijanti prema potkriteriju vrijeme putovanja JGP-om pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>52</i>
<i>Slika 28. Rangiranje varijanti prema potkriteriju autonomija prijevoznih modova pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>53</i>
<i>Slika 29. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zauzeće prostora pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>55</i>
<i>Slika 30. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zagađenje bukom pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>56</i>
<i>Slika 31. Rangiranje varijanti prema potkriteriju uništenje krajobraza pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>57</i>
<i>Slika 32. Rangiranje varijanti prema potkriteriju zagađenje zraka pomoću Expert Choice programskog alata</i>	<i>58</i>
<i>Slika 33. Prikaz konačnog vrednovanja varijanata i važnosti kriterija i potkriterija u programskom alatu Expert Choice</i>	<i>59</i>
<i>Slika 34. Prikaz konačnog vrednovanja varijanata</i>	<i>60</i>
<i>Slika 35. Dinamički graf postojećeg stanja.....</i>	<i>61</i>
<i>Slika 36. Dinamički graf promijenjenog stanja</i>	<i>62</i>

POPIS PRILOGA

Prilog 1: Prijedlog rješenja spojne ceste





Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

METAPODACI

Naslov rada: Višekriterijska analiza varijanata projekta spojne ceste između
državne ceste D31 i Međunarodne zračne luke Zagreb

Autor: Krešimir Kuman

Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Multi Criteria Decision Making of Project Solutions for Connecting Road Between State
Road 31 and Zagreb International Airport

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 dodjelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: sveučilišni

Naziv studijskog programa: Promet

Stupanj: diplomski

Akademski naziv: mag. ing. traff.

Datum obrane diplomskog rada: 24.9.2015



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Višekriterijska analiza varijanata projekta spojne ceste između
državne ceste D31 i Međunarodne zračne luke Zagreb**
na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 16.9.2015

(potpis)