Vrednovanje varijanata projektnih rješenja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa

Pižeta, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:511603

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Filip Pižeta

VREDNOVANJE VARIJANATA PROJEKTNIH RJEŠENJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNOG PRIJELAZA TRNAVA PRIMJENOM ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 19. travnja 2016.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3347

Pristupnik: **Filip Pižeta (0135222248)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Vrednovanje varijanata projektnih rješenja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa**

Opis zadatka:

Istraživanje u diplomskom radu treba obuhvatiti analizu postojećeg stanja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava koje se nalazi na križanju pruge Zagreb GK - Dugo Selo (M102) u KM 430+112 i nerazvrstane ceste u Zagrebu. Temeljem provedene analize postojećeg stanja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava i cestovnih prometnica u okruženju potrebno je predložiti nova rješenja za rekonstrukciju. Za predložene varijante potrebno je izraditi SWOT analizu, a zatim varijante vrednovati metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa. U tu svrhu potrebno je definirati relevantne kriterije i potkriterije koji će činiti hijerarhijsku strukturu AHP modela. Za vrednovanje varijanata metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa predlaže se primjena programskog alata Expert Choice. Nakon utvrđene optimalne varijante, potrebno je izraditi analizu osjetljivosti.
Svrha i cilj istraživanja je odrediti način osiguranja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava koja će doprinijeti povećanju sigurnosti na navedenom željezničko-cestovnom prijelazu, smanjenju broja prometnih nesreća, smanjenju onečišćenja okoliša, povećanju protoka vozila u zoni navedenog željezničko-cestovnog prijelaza, smanjenju zagušenja na samom prijelazu i susjednim raskrižjima.
Zaključno, autor treba dati svoj osvrt na izabrano optimalno rješenje dobiveno temeljem rezultata višekriterijske analize te predložiti izvor financiranja investicije.

Zadatak uručen pristupniku: 16. ožujka 2016.

Mentor:

doc. dr. sc. Danijela Barić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

VREDNOVANJE VARIJANATA PROJEKTNIH RJEŠENJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNOG PRIJELAZA TRNAVA PRIMJENOM ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA

PROJECT VARIANTS EVALUATION OF TRNAVA LEVEL CROSSING BY APPLYING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić

Student: Filip Pižeta

JMBAG: 0135222248

Zagreb, rujan 2016.

VREDNOVANJE VARIJANATA PROJEKTNIH RJEŠENJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNOG PRIJELAZA TRNAVA PRIMJENOM ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA

SAŽETAK

Sigurnost odvijanja prometa i korištenje alternativnih modova prijevoza predstavljaju veliki problem u gradovima diljem svijeta. Za rješavanje tih problema poduzimaju se mjere i postupci kojima se na suvremen i ekološki održiv način poboljšava kvaliteta mobilnosti korisnika prometnog sustava. U ovom radu analizira se način odvijanja prometa na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava. Glavni problemi za nizak stupanj sigurnosti na prijelazu su nepoštivanje prometnih pravila i propisa te niska razina prometne kulture sudionika. Također se očituje problem loše povezanosti prometnog sustava koja ograničava mobilnost korisnika. Kao rješenje tih problema predlažu se nova projektna rješenja s ciljem povećanja sigurnosti i mobilnosti korisnika na užem području željezničko-cestovnog prijelaza Trnava. Za određivanje optimalne projektne varijante potrebno je izraditi SWOT analizu, vrednovanje varijanata Analitičko hijerarhijskim procesom te simulacije postojećeg i budućeg stanja.

KLJUČNE RIJEČI: sigurnost prometa; metoda Analitičkog hijerarhijskog procesa; SWOT analiza; željezničko-cestovni prijelaz; mobilnost korisnika

SUMMARY

Traffic safety and using alternative mode of transport are main problem sin big cities all over the world. To solve these problems there are used measures and procedures which improves quality od mobility users of traffic system on modern and environmentally sustainable way. In these paper are analyzed traffic flows on rail-road level crossing Trnava. Main problem for low stage of safety on rail-road crossing are failure to comply traffic rules and regulations and low lever traffic culture of participants. Also is a problem of bad traffic connection which limits mobility of users. As solutions for these problems there are proposed new project solutionswith a goal increasing safety and mobility of users on narrow area of rail-road level crossing Trnava. For assessment optimal project solutins it is needed to do SWOT analyses, Analytic Hierarchy process method and simulation of condition before and after.

KEY WORDS: traffic safety; method Analytic Hierarchy Process; SWOT analysis; rail-road level crossing; mobility of users

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNOG PRIJELAZA TRNAVA 2

2.1. Geografski položaj željezničko-cestovnog prijelaza Trnava 2

2.2. Problematika odvijanja prometa na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava 4

2.3. Utvrđivanje postojećeg stanja primjenom relevantnih metoda 5

2.3.1. Analiza prometnih tokova temeljenih na rezultatima primjene metode brojanja prometa 6

2.3.2. Metoda anketiranja 14

2.3.3. Metoda simulacije primjenom programskog alata PTV Vissim 22

3. PRIJEDLOZI NOVIH PROJEKTNIH RJEŠENJA 26

3.1. Varijanta 1 26

3.2. Varijanta 2 27

3.3. Varijanta 3 27

3.4. Varijanta 4 31

4. SWOT ANALIZA NOVIH PROJEKTNIH RJEŠENJA 33

4.1. SWOT matrica Varijante 1 35

4.2. SWOT matrica Varijante 2 36

4.3. SWOT matrica Varijante 3 37

4.4. SWOT matrica Varijante 4 38

5. VREDNOVANJE PREDLOŽENIH VARIJANATA PRIMJENOM ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA 39

5.1. Hijerarhijska struktura AHP modela 41

5.2. Rangiranje kriterija i potkriterija 44

5.3. Rangiranje varijanata 49

6. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE I ANALIZA OSJETLJIVOSTI 66

6.1. Izbor optimalne varijante 66

6.2. Analiza osjetljivosti 67
6.3. Simulacija za optimalnu varijantu u programskom alatu PTV Vissim te usporedba s postojećim stanjem 69
7. ZAKLJUČAK 71
LITERATURA 73
POPIS KRATICA 74
POPIS SLIKA 75
POPIS TABLICA 78
POPIS GRAFIKONA 79

1. UVOD

Željezničko-cestovni prijelaz Trnava nalazi se na križanju pruge Zagreb GK – Dugo Selo (M102) u KM 430+112 i nerazvrstane ceste u Zagrebu. Paralelno pruzi proteže se Branimirova ulica koja je jedna od najprometnijih ulica u Zagrebu. Uz promet motornih vozila odvija se jak pješački i biciklistički promet na užem području ŽCP-a Trnava. Unatoč velikom prometnom opterećenju površine za prometovanje svih sudionika u prometu nisu adekvatno uređene. Zbog toga je na tom području nizak stupanj sigurnosti sudionika u prometu te nastaju prometne nesreće s najtežim posljedicama. Cilj ovog rada je odrediti optimalnu projektnu varijantu koja bi doprinijela povećanju stupanja sigurnosti, kraćem vremenu putovanja, smanjenju onečišćenje okoliša te povećanju mobilnost stanovništva.

U drugom poglavlju opisuje se postojeće stanje na ŽCP-u Trnava. Makroskopskim i mikroskopskim uvidom prikazuje se točan geografski položaj ŽCP-a. Zatim se detaljno razrađuje problematika odvijanja prometa na navedenom prijelazu. Utvrđivanje postojećeg stanja provodi se primjenom relevantnih metoda, a to su metoda brojanja prometa, metoda anketiranja i metoda simulacije.

U trećem poglavlju predlažu se četiri projektne varijante te je detaljno objašnjeno funkcioniranje odvijanja prometnog sustava u pojedinoj varijanti.

U narednom poglavlju provedena je SWOT analiza koja pomoću tablica prikazuje snage, slabosti, prilike i prijetnje koje utječu na odabir optimalne varijante.

U petom poglavlju provedeno je vrednovanje predloženih projektnih varijanata primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa u programskom alatu Expert Choice. Hijerarhijskom strukturom AHP modela prikazani su cilj, kriteriji, potkriteriji i varijante. Također je prikazano rangiranje kriterija, potkriterija i varijanata.

U narednom poglavlju je predložena optimalna varijanta na temelju rezultata AHP modela. Također je izrađena analiza osjetljivosti i simulacija budućeg stanja.

U posljednjem poglavlju opisana su zaključna razmatranja na temelju dobivenih rezultata provedenih analiza.

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNOG PRIJELAZA TRNAVA

Osnovno polazište pri utvrđivanju postojećeg stanja željezničko-cestovnog prijelaza (ŽCP) Trnava je prikupljanje realnih podataka o veličini i raspodjeli postojećeg prometnog opterećenja, zatim je potrebno analizirati karakteristike postojeće prometne mreže, kao i lokalnih čimbenika koji utječu na tok prometa (gustoća stanovanja, navike vozača, prometna kultura, etc.). Uz postojeću prometnu mrežu potrebno je raspolagati podacima o predviđenim infrastrukturnim zahvatima na analiziranom području, tj. planiranim rekonstrukcijama, novim prometnicama i raskrižjima te načinu regulacije i usmjeravanja prometnih tokova [1].

U ovom poglavlju prikazuje se geografski položaj željezničko-cestovnog prijelaza Trnava te se analiziraju važni čimbenici kao što su kategorije prometnica, struktura prometa, ponašanje sudionika u prometu i struktura stanovništva u užem području ŽCP-a. Također se opisuje problematika odvijanja prometa na samom ŽCP-u te isto tako i u užem području. Nadalje, provodi se utvrđivanje postojećeg stanja primjenom relevantnih metoda (metoda brojanja prometa, metoda anketiranja i metoda simulacije) čiji će rezultati biti osnova za predlaganje novih rješenja za poboljšanje odvijanja prometnog sustava na analiziranom području.

2.1. Geografski položaj željezničko-cestovnog prijelaza Trnava

Željezničko-cestovni prijelaz Trnava nalazi se na križanju pruge Zagreb GK - Dugo Selo (M102) u KM 430+112 i nerazvrstane ceste u istočnom dijelu grada Zagreba. Na Slici 1 prikazan je položaj željezničke pruge (crvenom bojom) i položaj ŽCP-a (žutom bojom). Spomenutom prugom dnevno prolazi 199 vlakova [2]. Maksimalna brzina prometovanja vlakova na dionici koja prolazi kroz Trnavu je 140 km/h [3].



Slika 1. Makroskopski prikaz ŽCP-a Trnava

Za detaljniji prikaz postojećeg stanja koristi se mikroskopski prikaz. Položaj ŽCP-a Trnava i užeg područja u gradskoj mreži prikazan je na Slici 2. Crvenom bojom označena je pruga najvišeg ranga M102 (Zagreb GK – Dugo Selo) koja se proteže paralelno sa Branimirovom ulicom. Branimirova ulica je vrlo opterećena prometnica koja ima po dvije prometne trake za svaki smjer. Žutom bojom označen je položaj ŽCP Trnava. Navedeni prijelaz najviše koriste pješaci i biciklisti, a nešto manje cestovna motorna vozila koja traže mjesto za parkiranje. Stanovnici kvarta Trnava nemaju omogućen izlaz cestovnim motornim vozilima na Branimirovu ulicu na navedenom prijelazu stoga odlaze na petstotinjak metara udaljen ŽCP Osječka – Trnava I koji je na Slici 2 označen plavom bojom.



Slika 2. Mikroskopski prikaz ŽCP-a Trnava i užeg područja

2.2. Problematika odvijanja prometa na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava

Jedan od najvećih problema je taj što pruga i nerazvrstana cesta čine prijelaz u istoj razini. Pruga M102 je međunarodna pruga najvišeg ranga gdje je preporučljivo izbjegavati križanja u razini s drugim modovima prometa. Ovim prijelazom svakodnevno prolazi velik broj pješaka i biciklista (intenzitet pješačkih i biciklističkih tokova analiziran je u potpoglavlju 2.3.), a razlozi prelaska su odlazak na posao, školu, fakultet, kupovinu ili ostale aktivnosti. Površine kojim prometuju osobna vozila te pješaci i biciklisti nisu uređene što dodatno ugrožava sigurnost sudionika u prometu. Na Slici 3 može se vidjeti da nedostaju vertikalna i horizontalna prometna signalizacija za regulaciju cestovnog prometa te isto tako nedostaju pješačke i biciklističke staze.



Slika 3. Neuređenost prometnih površina

Veliki problem očituje se u nepoštivanju prometnih pravila i propisa. Pješaci i biciklisti nepropisno prelaze preko pruge kada je branik spušten kao što je vidljivo na Slici 4. Iako je ŽCP osiguran s najvišim stupnjem osiguranja (polubranik i svjetlosno-zvučna signalizacija),

analizom dosadašnjeg stanja utvrđen je značajan broj prometnih nesreća sa smrtnim posljedicama ili velikom materijalnom štetom. Prema podacima o broju prometnih nesreća (Ministarstvo unutarnjih poslova) od 2001. godine do danas zabilježeno je 6 prometnih nesreća na ŽCP Trnava u kojima je 7 osoba smrtno stradalo, a 2 osobe su zadobile teške tjelesne ozljede [4].



Slika 4. Nepropisno prelaženje preko pruge

2.3. Utvrđivanje postojećeg stanja primjenom relevantnih metoda

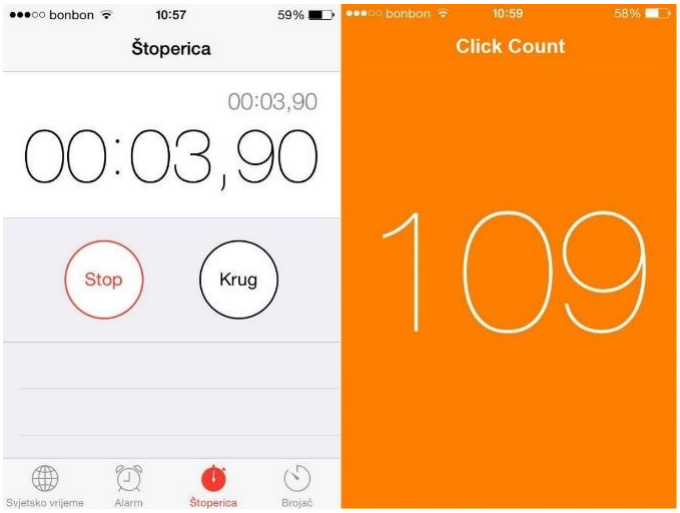
Utvrđivanjem postojećeg stanja primjenom relevantnih metoda (metoda brojanja prometa, metoda anketiranja i metoda simulacije u programskom alatu PTV Vissim) dobiva se realna slika načina odvijanja prometa i stupanj sigurnosti odvijanja prometa. Detaljnom analizom dobivaju se podaci o kritičnim parametrima čijim se poboljšanjem može doprinijeti kvalitetnijem i sigurnijem odvijanju prometa. Isto tako povećava se kvaliteta života na promatranom području zbog prilagodbe prometnih rješenja zahtjevima i potrebama stanovništva. Takva detaljna analiza je osnova za predlaganje novih projektnih rješenja s ciljem povećanja sigurnosti u prometu, lagodnijem životu stanovništva, smanjenjem troškova društva i boljom prometnom povezanošću.

2.3.1. Analiza prometnih tokova temeljenih na rezultatima primjene metode brojanja prometa

Brojanje prometa vrši se zbog određivanja opterećenja pojedinih prometnica i određivanja vrsta vozila na prometnicama te smjerova kretanja vozila. Brojanje prometa služi kao početna faza za planiranje prometa. Kao izlazni rezultat dobiva se uvid u postojeće stanje prometa na prometnicama, isto tako dobiveni podaci upućuju na predlaganje novih rješenja za poboljšanje odvijanja prometa i prometnog sustava u cjelini. Brojanje prometa potrebno je provoditi zbog prometnog i urbanističkog planiranja, planiranja prometne mreže nekog većeg područja ili oblikovanje prometnih čvorova te zbog rekonstrukcije postojeće prometne mreže ili izgradnje novih prometnih pravaca [5].

Neke od prednosti koje donosi brojanje prometa su: mogućnost dobivanja rezultata o broju vozila, strukturi prometnog toka, smjerovima kojima se vozila kreću unutar raskrižja, brojači mogu zapaziti određene anomalije prilikom brojanja i zabilježiti ih (prometne nesreće, kvar semafora, kvarovi na branicima i polubranicima i sl.), obrasci se lako koriste pri daljnjoj obradi podataka, relativno su niski troškovi brojanja ako se radi o brojanju u kraćem vremenskom periodu [5].

Za potrebe brojanja prometa koristile su se mobilne aplikacije: *Štoperica* i *Click Count*. Izgled aplikacija prikazan je na Slici 5. Pomoću tih aplikacija bilo je moguće odrediti vrlo precizne vremenske intervale brojanja kao i točan broj vozila koji je prošao kroz određeno raskrižje ili presjek prometnice.



Slika 5. Aplikacije za brojanje prometa

Svi prikupljeni podaci na pojedinim lokacijama brojanja upisivali su se na brojački listić. Podaci o vremenu brojanja, smjeru kretanja vozila i struktura prometnog toka od velike su važnosti za točnost podataka pa su se ti podaci bilježili na lokacijama za brojanje prometa, te su prikazani na brojačkom listiću na Slici 6. Brojački listić popunjava se na način da brojač pomoću mobilne aplikacije *Click Count* izbroji vozila koja su prošla kroz raskrižje te zapiše rezultate u određene vremenske intervale od petnaest minuta u određenom vremenskom razdoblju od sat vremena. Također brojač mora upisivati podatke prema odgovarajućim smjerovima kretanja i strukturi vozila. Na svim brojačkim mjestima bilježili su se podaci za broj osobnih automobila, teretnih vozila, autobusa i motocikla zbog određivanja prometnog opterećenja na pojedinom raskrižju.

sat	smjer	15'-int	OA	Teretna	BUS	MOT
07.00-08.00	Presjek 1	0-15'				
		15'-30'				
		30'-45'				
		45'-60				
		ukupno				

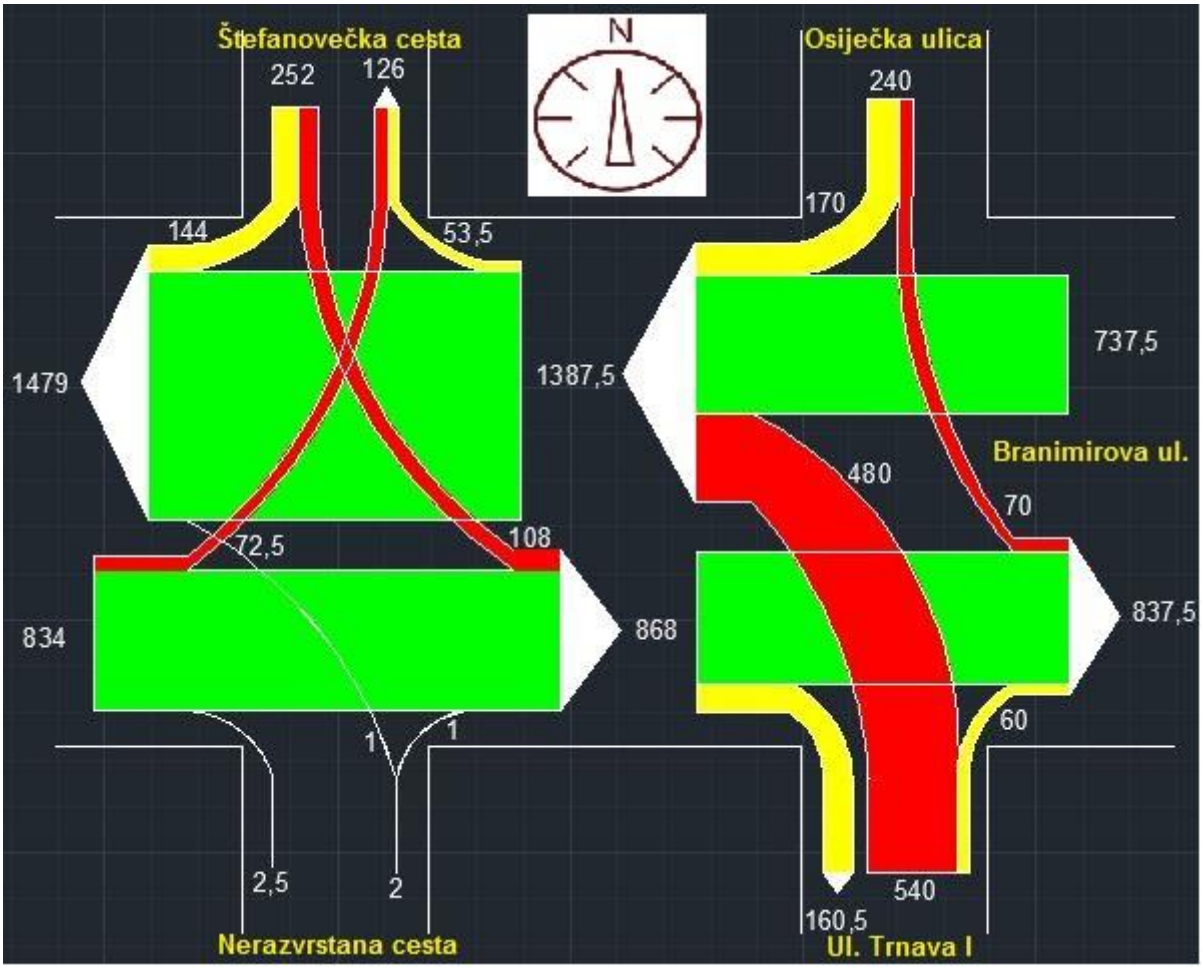
Slika 6. Brojački listić korišten prilikom brojanja motornog prometa

Dana 02. lipnja 2016. (četvrtak) vršeno je brojanje prometa na 2 lokacije (Slika 7) na raskrižju kod ŽCP-a Trnava i na raskrižju kod ŽCP-a Osječka – Trnava I na Branimirovoj ulici. Za potrebe brojanja prometa trebalo je okupiti 6 brojača te ih postaviti na brojačka mjesta i objasniti im princip brojanja. Brojanje je vršeno u jutarnjem vršnom satu od 07:00 do 10:00 i od 10:00 do 13:00 sati izvan vršnog sata. Vrlo važni podaci su broj vozila koja se kreću po Branimirovoj ulici te vozila koja se uključuju na Branimirovu ulicu, a prelaze preko željezničke pruge M102. Cilj ovog brojanja je utvrditi prometno opterećenje na užem području ŽCP-a Trnava i ŽCP-a Osječka – Trnava I zbog izrade simulacijskog modela odvijanja prometa i dobivanja relevantnih parametara za ocjenu kvalitete i sigurnosti odvijanja prometa na promatranom području.



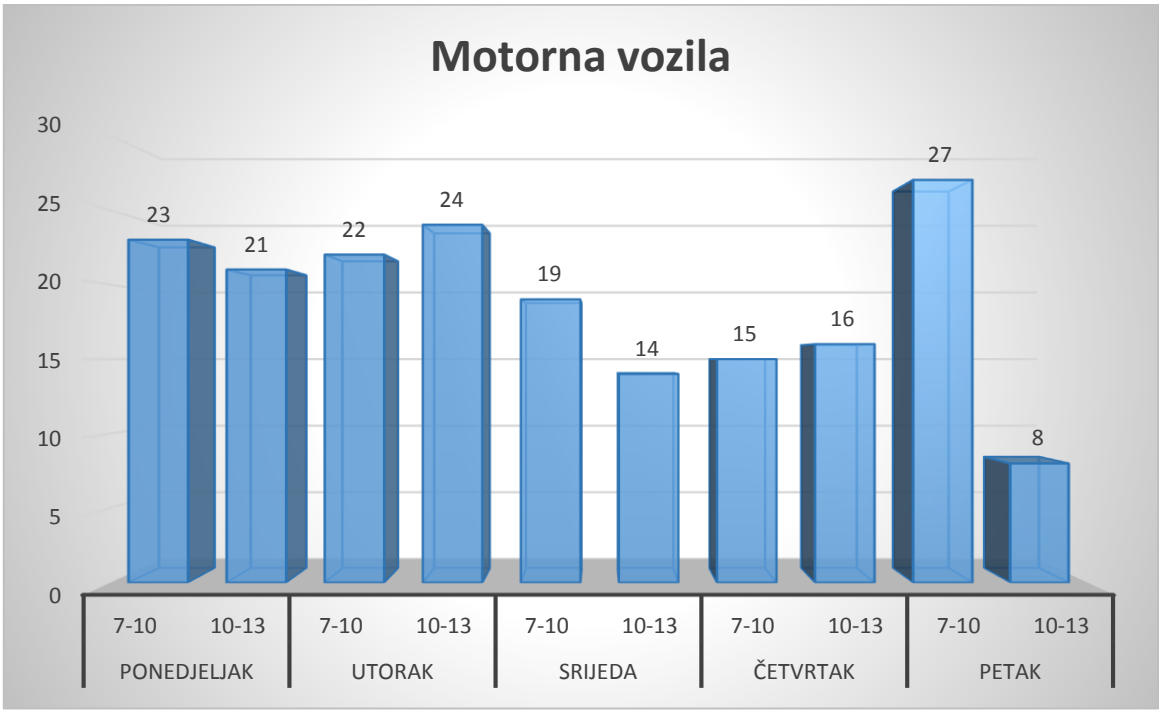
Slika 7. Makroskopski prikaz lokacija brojanja prometa

Prikaz prometnog opterećenja važan je za utvrđivanje postojećeg stanja odvijanja prometa. Iznosi prometnih opterećenja prikazani su za ranije navedene lokacije na Slici 8, a rezultati su izraženi u mjernoj jedinici EJA. Može se vidjeti da je promet jači prema gradu odnosno od istoka prema zapadu. U tom smjeru opterećenje je oko 1400 EJA što je ekvivalent za oko 700 vozila koja su prošla Branimirovom ulicom tokom jednog sata. U smjeru zapada prema istoku prosječno prolazi oko 500 vozila u sat vremena. Također se može primijetiti da je satno opterećenje lijevih skretača 480 EJA iz Ul. Trnava I. Zbog takvog opterećenja i čestog spuštanja polubranika nastaju veliki repovi čekanja kao i kod desnih skretača na Branimirovoj ul. u Ul. Trnava I. Ostala opterećenja su takva da se promet odvija normalno bez nekih većih zastoja.



Slika 8. Prosječno opterećenje prometnica u vršnim satima izraženo u EJA

Važan podatak za određivanje kretanja prometnih tokova na ŽCP-u Trnava je opterećenje na samom prijelazu. Broj vozila koja prelaze preko ŽCP-a Trnava u promatranom razdoblju od 30. svibnja do 3. lipnja 2016. godine, odnosno od ponedjeljka do petka u jutarnjim vršnim satima od 07:00 do 10:00 i izvan vršnih sati od 10:00 do 13:00 prikazan je na Grafikonu 1. Vidljivo je da prosječan broj motornih vozila u promatranih šest sati iznosi 38 vozila. Broj vozila u jutarnjim vršnim satima približno je jednak vozilima koja prolaze izvan vršnih sati. Razlozi prelaska vozila preko ŽCP-a su potreba za parkiranjem te prilaz skladištu i obiteljskoj kući koja se nalazi stotinjak metara iza skladišta. Taj prilaz nije povezan s kvartom Trnava (nemogućnost izlaska na Branimirovu ulicu) zbog toga njime prolazi mali broj motornih vozila.



Grafikon 1. Prikaz analiziranih podataka za motorna vozila na ŽCP-u Trnava

Brojanje pješačkog i biciklističkog prometa vršilo se u razdoblju od 30. svibnja (ponedjeljak) do 3. lipnja (petak) 2016. godine na ŽCP-u Trnava u vršnim satnim opterećenjima od 7:00 do 10:00 i izvan vršnih sati od 10:00 do 13:00. Brojanje je organizirano u suradnji Fakulteta prometnih znanosti, HŽ-infrastrukture i Ministarstva unutarnjih poslova. Metodologija prikupljanja podataka preuzeta je iz istraživanja na Fakultetu prometnih znanosti u okviru projekta *Istraživanje mjera povećanja sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima* [6], a podrazumijevala je video-snimanje postojećeg stanja, brojanje prometa i anketiranje prema sljedećoj dinamici:

1. i 2. Dan: Prvi i drugi dan analize postojećeg stanja brojači su bili sakriveni od prolaznika i automobila te su brojali promet na mjestu gdje nisu bili uočljivi od strane prolaznika, također sukladno brojačima kamera je bila isto sakrivena.

3. Dan: Treći dan brojači i kamere bili su vidljivi i označeni propisanim retroreflektirajućim prslucima da ih svi sudionici jasno primjećuju.

4. Dan: Četvrti dan udružile su se sve snage, brojači i anketari iz Fakulteta prometnih znanosti, policija iz MUP-a i članovi udruge „Vlak je uvijek brži“. Svi sudionici akcije bili su u odgovarajućim prslucima i svi su radili svoj dio zadatka. Brojači su nastavili brojati pješake, bicikliste i vozila, anketari su bili zaduženi za provedbu ankete koja se

sastojala od 9 brzih i kratkih pitanja, dok je policija kontrolirala prelazak pješaka i biciklista željezničko-cestovnim prijelazom. Članice preventivno-edukativnog programa *Vlak je uvijek brži* dijelile su letke i upozoravale sudionike u prometu koliko je važno paziti prilikom prolaska preko željezničko-cestovnog prijelaza i da svakako pričekaju slobodan prolazak. Također treba napomenuti da su na ŽCP-u bila postavljena dva jumbo plakata koja su upozoravala na opasnost od vlakova i ne manje važno koliko je kazna nepropisnog prolaska pješaka i biciklista ukoliko su spušteni branici.

5. Dan: Zadnji dan analize bili su postavljeni edukativni plakati od prethodnog dana, a kamere su postavljene na mjesta gdje nisu vidljive korisnicima ŽCP-a. Ovakvim pristupom željelo se utvrditi jesu li i u kolikoj mjeri korisnici ŽCP-a pod dojmom prethodnog dana kada je bila provedena velika edukativna akcija i u kojoj mjeri je ona utjecala na njihovo buduće ponašanje na ŽCP-i. U tu svrhu su ostavljeni posteri koji su trebali podsjetiti korisnike ŽCP-a na opasnosti i prethodni edukativni dan.

Tablica 1. Metodologija istraživanja po danima

Dan	Kamere		Autor		Policijski službenik	Anketa	Edukativni posteri	HŽ čuvar prijelaza
	skrivene	vidljive	skriven	vidljiv				
Ponedjeljak	✓		✓					✓
Utorak	✓		✓					✓
Srijeda		✓		✓				✓
Četvrtak		✓		✓	✓	✓	✓	✓
Petak	✓		✓				✓	✓

Zbog lakšeg pregleda metodologije istraživanja po danima podaci su tablično prikazani (Tablica 1). Kvačicom je označeno da li su kamere i autor bili vidljivi prolaznicima ili sakriveni. Također su kvačicama označeni dani kada je bio prisutan policijski službenik, dani kada se provodila anketa, dani kada su bili postavljeni edukativni posteri te koje je dane bio prisutan HŽ čuvar prijelaza.

Za potrebe brojanja pješačko-biciklističkog prometa na ŽCP-u Trnava koristili su se brojački listići prikazani na Slici 9. Na brojački listić upisuju se podaci o broju pješaka i biciklista, podaci o njihovom spolu i smjeru kretanja. Također se upisuje da li sudionici poštuju ili krše prometna pravila i propise te koliko dugo su polubranici spušteni.

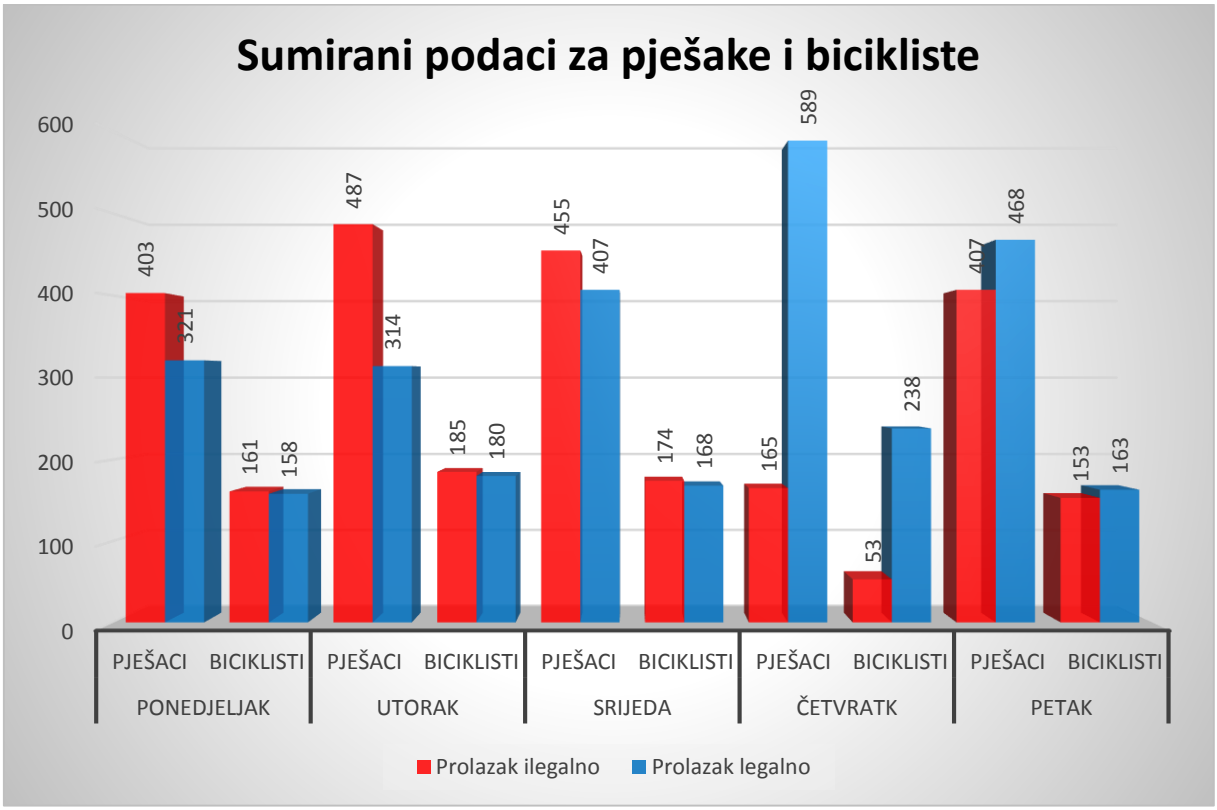
Datum: DAN U TJEDNU:

ŽCP - ID	lokacija	lokalni naziv	stacionaža	pruga
	Grad Zagreb, Zagreb	ŽCP Trnava	KM 430+112	M102

Vrijeme [h]		07:00 - 08:00		08:00 - 09:00		09:00 - 10:00	
Smjer		Sjever - Jug (Trnava)	Jug (Trnava) - Sjever	Sjever - Jug (Trnava)	Jug (Trnava) - Sjever	Sjever - Jug (Trnava)	Jug (Trnava) - Sjever
Broj pješaka (legalno)	Muško						
	Žensko						
Broj biciklista (legalno)	Muško						
	Žensko						
Broj biciklista u prekršaju	Muško						
	Žensko						
Broj pješaka u prekršaju	Muško						
	Žensko						
Σ							
VRIJEME ZAUZETOSTI PRIJELAZA							
MIN							
%							
Σ [min/%]							

Slika 9. Brojački listić korišten prilikom brojanja pješaka i biciklista

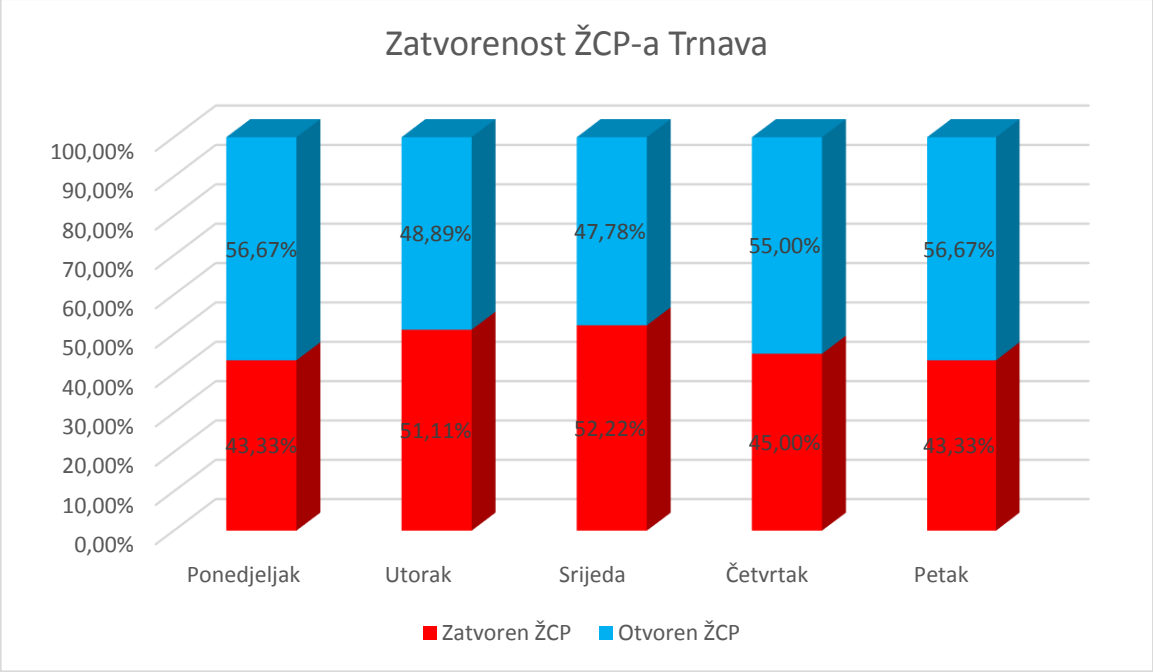
Nakon prikupljenih podataka brojanja prometa izvršena je analiza istih. Analizirani podaci prikazani su na Grafikonu 2, a to su podaci o broju pješaka i biciklista po danu u tjednu i broj onih koji se nisu pridržavali pravila prolaska željezničko-cestovnim prijelazom Trnava.



Grafikon 2. Prikaz analiziranih podataka za pješake i bicikliste

Prema analiziranim podacima može se vidjeti da je u vremenu od 6 sati dnevno prošlo u prosjeku oko 804 pješaka i oko 365 biciklista, od toga 500 pješaka i 190 biciklista u vršnom satu i 304 pješaka i 175 biciklista izvan vršnog sata. Vrijedi spomenuti da je broj prekršitelja u prva dva dana kada su brojači i kamera bili sakriveni približno jednak broju prekršitelja u trećem danu kada su brojači i kamera bili vidljivi, odnosno oko 450 pješaka i 170 biciklista. Četvrti dana brojanja prema metodologiji sudjelovali su i predstavnici MUP-a, HŽ-infrastrukture tj. članice iz „Vlak je uvijek brži“ te anketari i brojači. Na grafikonu 2 može se vidjeti da se broj prekršitelja drastično smanjio, a najveći razlog tome je prisutnost predstavnika MUP-a. Od ukupnog broja pješaka (754) bilo je 165 prekršitelja, a od ukupnog broja biciklista (291) bilo je 53 prekršitelja. U petak se broj prekršitelja opet približio brojci sličnoj kao u prva tri dana iako su bili postavljeni plakati koji su upozoravali na opasnost prolaska.

Nakon prikupljenih i obrađenih podataka o vremenu zatvorenosti željezničko-cestovnog prijelaza Trnava u vremenu od 07:00 do 10:00 u vršnim satima i od 10:00 do 13:00 izvan vršnih sati u razdoblju od ponedjeljka do petka izrađen je Grafikon 3. Može se vidjeti da su branici spušteni oko 47% vremena odnosno da je omogućen slobodan prolazak vozilima, pješacima i biciklistima oko 53% vremena. Ti podaci govore da se polubranici često spuštaju što potiče nervozu kod sudionika u prometu i navodi ih da krše prometna pravila i propise što u konačnici povećava rizik za nastanak prometne nesreće. Razlozi nedozvoljenih prelaska preko ŽCP-a opisani su u narednoj cjelini.



Grafikon 3. Prikaz zatvorenosti ŽCP-a Trnava

2.3.2. Metoda anketiranja

Metoda anketiranja je postupak kojim se na temelju anketnog upitnika istražuju i prikupljaju podaci, informacije, stavovi i mišljenja o predmetu istraživanja [7]. Ova metoda pouzdana je onoliko koliko su pouzdane prikupljene informacije. Informacije se prikupljaju pomoću anketnog upitnika koji se sastoji od niza pitanja na koja ispitanici daju svoje odgovore.

Ovisno o načinu postavljanja pitanja postoje [8]:

1) Anketa u užem smislu. Anketa je pismeno prikupljanje podataka i informacija o stavovima i mišljenjima na reprezentativnom uzorku ispitanika uz pomoć upitnika.

2) Intervju. To je vrsta ankete u kojoj se usmeno postavljaju pitanja i daju odgovori.
3) Testovi. To su specifična vrsta ankete u kojoj se uz pomoć posebno konstruiranih pitanja prikupljaju podaci i informacije o znanju, sposobnostima i interesima ispitanika.

Pomoću ankete može se prikupiti mnogo informacija i podataka koji omogućavaju kvalitetnije definiranje problema istraživanja i usavršavanje postavljene hipoteze. U tu svrhu koristio se anketni upitnik prikazan na Slici 10.

1. Spol Ž M
2. Dob <18 g 18-26 26-60 >60
3. Koliko često prelazite preko ovog ŽCP?
   a) Svakodnevno _____
   b) Tjedno _____
   c) Mjesečno _____
   d) Godišnje _____
4. U kojem kvartu stanujete? _____
5. Stanujete li u radijusu do 500 m od ovog ŽCP? DA NE
6. Svrha/razlozi prelaska preko ovog ŽCP:
   posao škola fakultet kupovina
   ostalo _____
7. Koji su razlozi Vašeg nepropisnog prelaska preko ŽCP?
   _____
8. Znate li kolika je kazna za nepropisni prelazak preko ŽCP? DA NE
9. Da li ima potrebe za izgradnjom podvožnjaka i pothodnika da se smanje repovi čekanja? DA NE

Slika 10. Prikaz anketnog upitnika korištenog u istraživanju

Izvor: [6]

Anketni upitnik za provođenja istraživanja na ŽCP Trnava sastojao se od 9 kratkih i jasnih pitanja. Broj i koncepcija pitanja sastavljeni su na principu kratkih pitanja i brzih odgovora, kako bi se prikupio što veći uzorak, odnosno kako bi što veći broj ljudi pristao na anketiranje. Osim pitanja vezanih uz spolnu i dobnu strukturu ispitanika, ostala pitanja bila su vezana uz učestalost korištenja željezničko-cestovnih prijelaza i navike ponašanja sudionika u prometu. Tako je sljedeće pitanje glasilo koliko često prelazite preko ŽCP. Četvrto i peto pitanje odnosi se na mjesto boravišta anketiranih ljudi i stanovanje u krugu od 500 metara od ŽCP.

Naime, u ranijim istraživanjima, utvrđena su specifična ponašanja korisnika željezničko-cestovnih prijelaza koji stanuju u blizini ŽCP, zbog poznavanja okolnosti na ŽCP, voznog reda i sl. [9]. Sljedeća dva pitanja odnose se na svrhu odnosno razlog prelaska navedenog prijelaza te ukoliko ispitanici prelaze nepropisno koji je također razlog prelaska. Osmim pitanjem anketnog upitnika željela se dobiti informacija znaju li ispitanici koliko je kazna za nepropisan prelazak ŽCP-a. Zadnjim pitanjem dobivaju se informacije i mišljenja ispitanika o nužnosti izgradnje pothodnika i podvožnjaka radi sigurnijeg odvijanja prometa. Pitanja su izrađena na način da se dobiju podaci od kuda i kamo se korisnici kreću zbog određivanja područja produkcije i atrakcije putovanja. Pitanja koja su se odnosila na nepropisno prelaženje ŽCP-a i visina kazne nisu izrađena da bi se kažnjavali ispitanici nego je cilj takvih pitanja da se oni potaknu na razmišljanje i osvijeste o njihovim postupcima. Prilikom anketiranja ispitanici su imali mogućnost izlaganja vlastitih mišljenja i stavova o sigurnosti prelaska ŽCP-a ili o nekim drugim problemima.

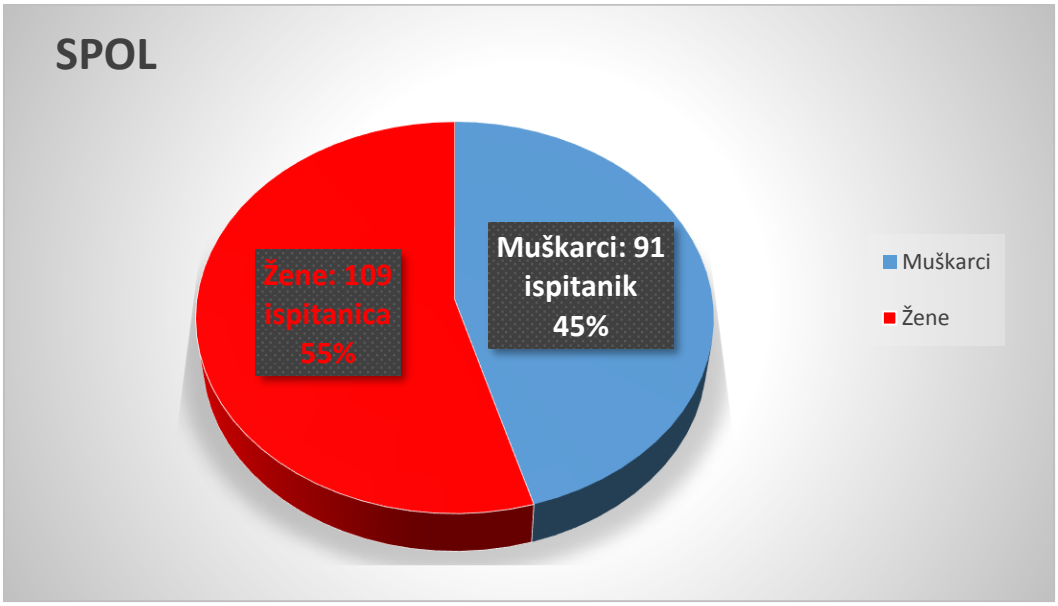
Anketa se provodila dana 02. lipnja 2016. godine na lokaciji ŽCP Trnava u organizaciji Fakulteta prometnih znanosti, na uzorku od 200 ispitanika (Slika 11). Anketu su provodili studenti opremljeni anketnim listićima i odgovarajućim prslucima da ne bi ugrožavali sigurnost i protočnosti prometnih tokova na navedenoj lokaciji. Anketa se sastojala od 9 kratkih i jasnih pitanja gdje je prioritet istražitelja bio saznati broj ljudi koji prolazi ŽCP, koliko često prolaze te da li krše pravila prolaska i ukoliko krše koji su to razlozi.



Slika 11. Anketiranje korisnika ŽCP-a Trnava

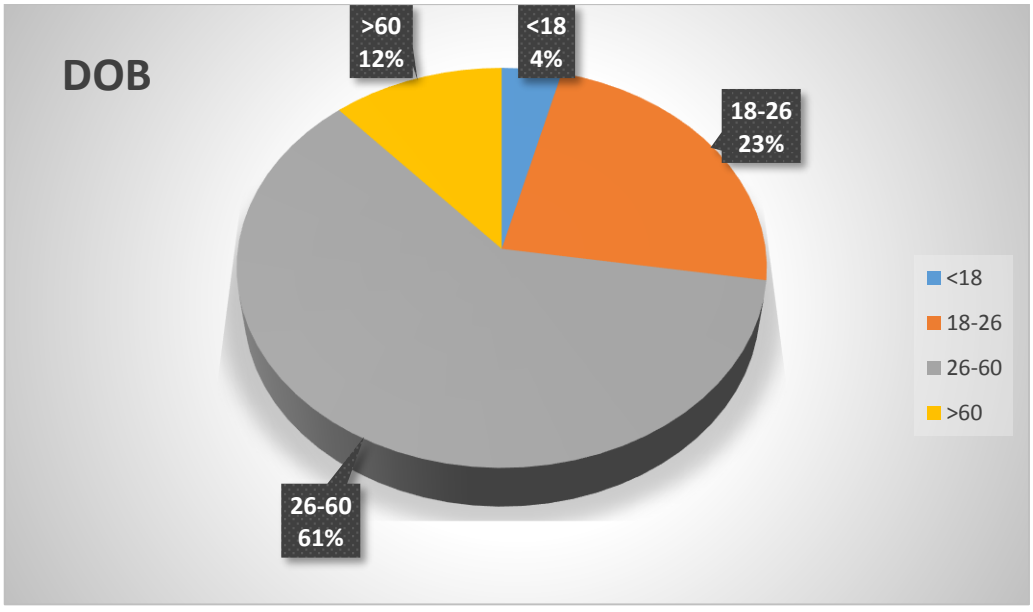
Izvor: [10]

U nastavku slijede rezultati dobiveni anketiranjem. Za svako postavljeno pitanje napravljena je analiza svih prikupljenih odgovora te je izrađen grafikon.



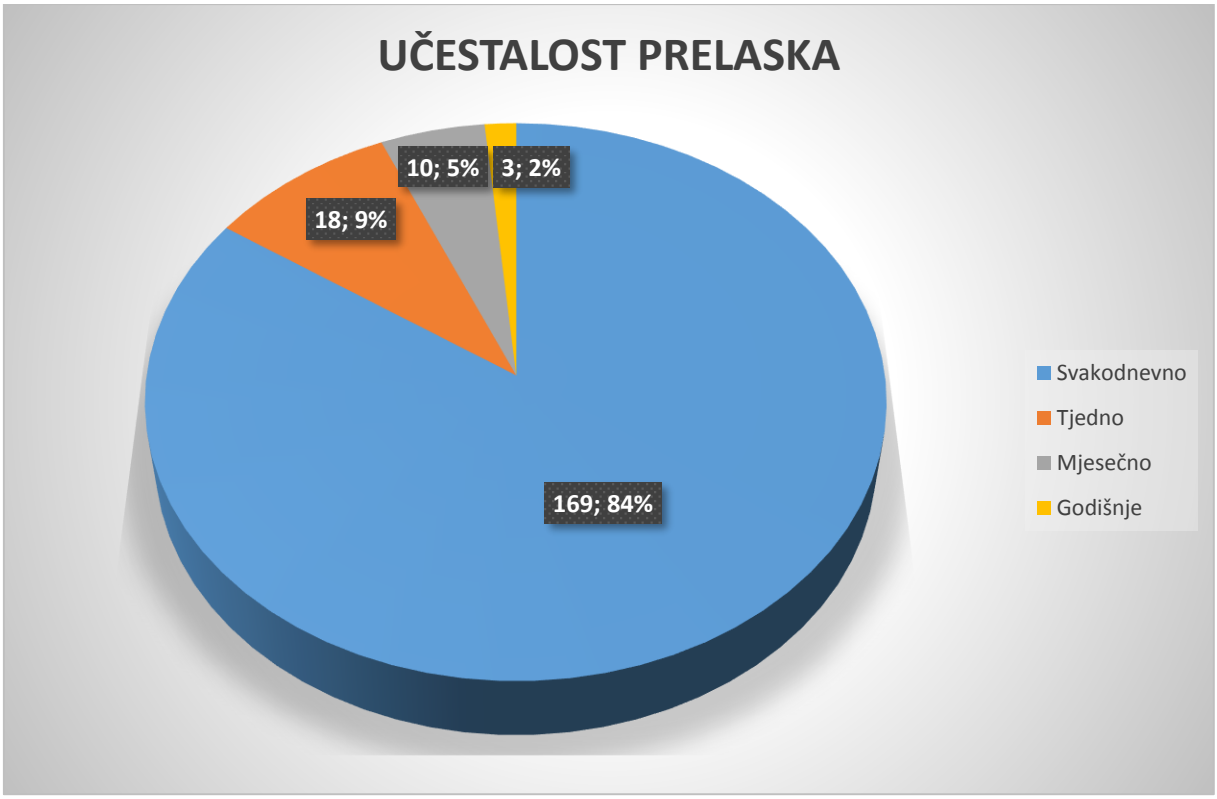
Grafikon 4. Podjela ispitanika prema spolu

Za potrebe prikupljanja podataka anketiranjem prikupljeni su podaci za oba spola. Grafikon 4 prikazuje da je anketirano ukupno 200 ispitanika od čega je 109 žena (55%) i 91 muškarac (45%).



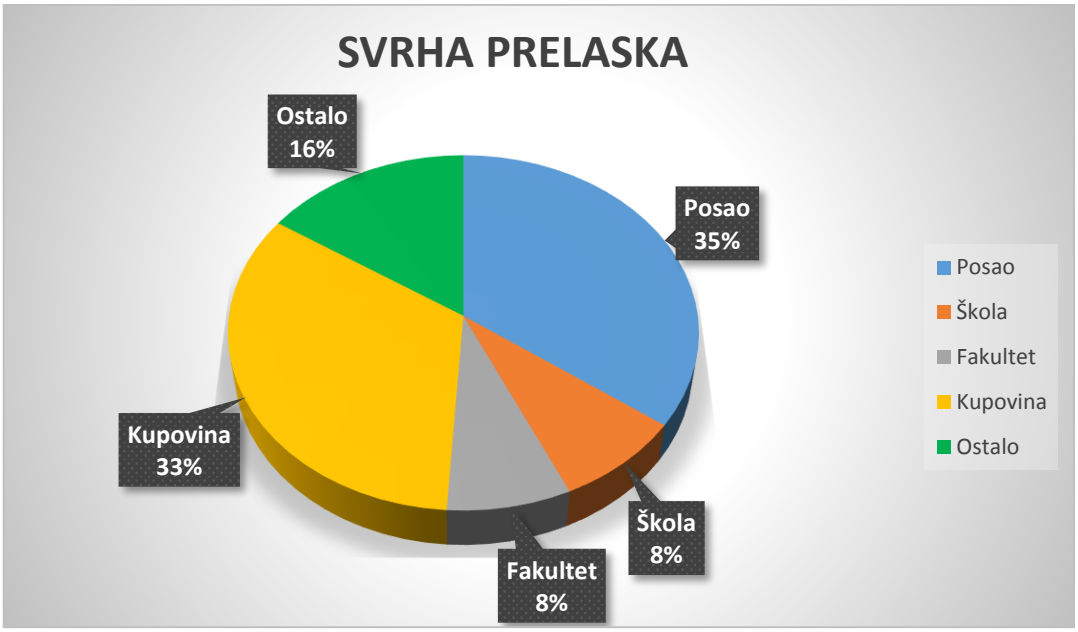
Grafikon 5. Podjela ispitanika po starosnoj skupini

Za prikupljanje što raznovrsnijih podatak ukupan broj anketiranih ljudi raspodijeljen je po starosnim skupinama i to mlađim od 18 godina, od 18 do 26 godina, od 26 do 60 godina i ljudima starijim od 60 godina (Grafikon 5). Pa tako u skupinu onih mlađih od 18 godina spada njih 4% od ukupnog broja ispitanika, u skupinu od 18 do 26 godina spada 23% ispitanika. U skupinu od 26 do 60 godina ulazi 61% ispitanika, a u zadnju skupinu po starosti spadaju ispitanici stariji od 60 godina kojih je bilo 12%.



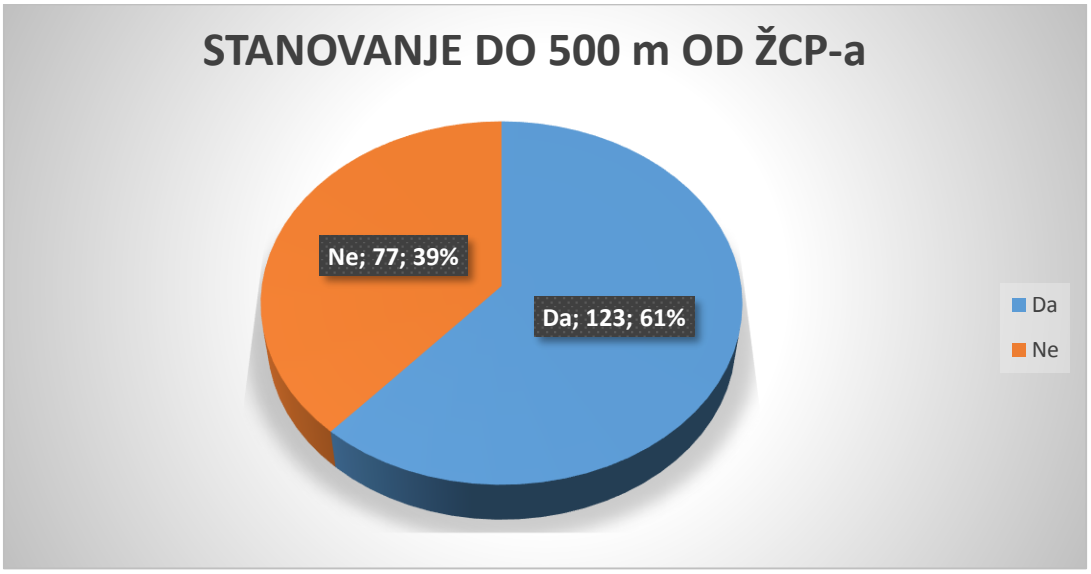
Grafikon 6. Prikaz podataka o učestalosti prelaska preko ŽCP-a Trnava

Podaci o učestalosti prelaska preko ŽCP-a Trnava prikazani su Grafikonom 6. Od ukupnog broja ispitanika ŽCP-om svakodnevno prolazi 84% odnosno 169 ispitanika. Tjedno prolazi 9% ispitanika, mjesečno 5% i godišnje tek 2%.



Grafikon 7. Prikaz podataka o svrsi prelaska preko ŽCP-a Trnava

Većina korisnika željezničko-cestovnog prijelaza, odnosno njih 35%, kao svrhu prelaska navodi odlazak na posao. Drugi razlog prelaska po redu je kupovina, koju obavlja 33% ispitanika. Zatim slijede korisnici željezničko-cestovnog prijelaza koji odlaze na fakultet (8%) i u školu (8%). Od ukupnog broja anketiranih njih 16% navelo je neki drugi razlog svog prelaska ŽCP-a (Grafikon 7).



Grafikon 8. Prikaz podataka o blizini stanovanja ispitanika od ŽCP-a

Podaci o blizini stanovanja ispitanika od ŽCP-a prikazani su na Grafikonu 8. Iz grafikona je vidljivo da 123 ispitanika odnosno 61% njih živi na udaljenosti manjoj od 500 metara od ŽCP-a Trnava, dok 39% njih živi na udaljenosti većoj od 500 metara. Takvi podaci ukazuju na to da većina korisnika ŽCP-a stanuju u blizini prijelaza.



Grafikon 9. Podaci o prometnoj educiranosti ispitanika

Naredno pitanje u anketnom listiću bilo je da li ljudi koji prelaze ŽCP znaju koliko je kazna za nepropisan prelazak. Rezultati su prikazani u Grafikonu 9 iz kojeg je vidljivo da gotovo 73% ispitanika nije informirano koliko iznosi kazna za nepropisan prelazak preko ŽCP-a.

Također jedno od pitanja u provedenoj anketi odnosilo se na razloge prelaženja ŽCP-a kada je rampa spuštena. Najveći broj ispitanika (33%) kao razlog navelo je žurbu dok se 29% njih izjasnilo da prelaze samo propisno. Ostali razlozi nepropisnog prelaska preko ŽCP-a prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Razlozi ilegalnog prelaska preko ŽCP-a

RAZLOZI ILEGALNOG PRELASKA	BROJ ISPITANIKA	POSTOTAK
Dugo spuštena rampa	23	12%
Neda mi se čekati	17	9%
Nema vlaka	25	13%
Prelazi samo propisno	58	29%
Procjeni da je sigurno	11	6%
Žurba	66	33%
Ukupno	200	100%

Analizom prikazanih podataka dolazi se do uvida da velika većina sudionika u prometu nije dovoljno informirana i educirana o ponašanju u prometu i prometnoj kulturi što negativno utječe na sigurnost u prometu.



Grafikon 10. Mišljenje ispitanika o nužnosti izgradnje pothodnika i podvožnjaka

Prema podacima prikazanim u Grafikonu 10 može se vidjeti da građani apeliraju na izgradnju pothodnika i podvožnjaka. Prema njihovim mišljenjima izgradnja pothodnika je

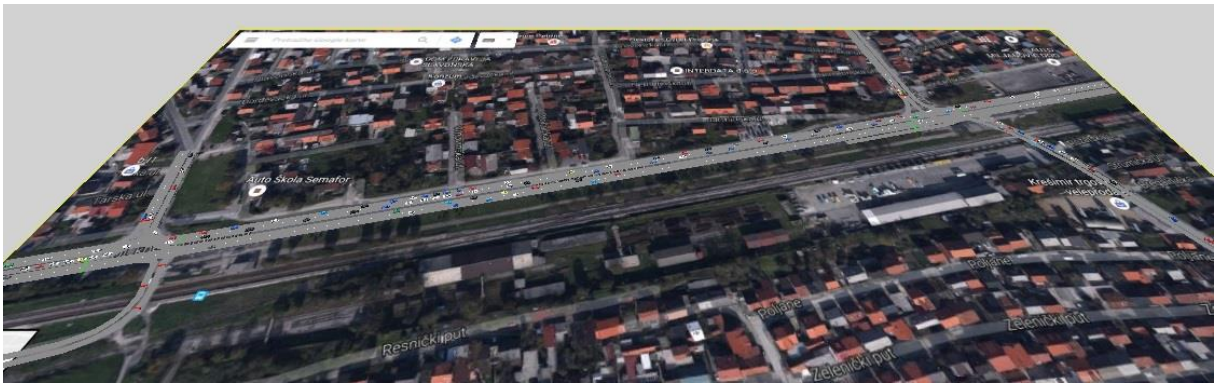
nužna zbog sigurnosti najranjivijih sudionika u prometu, a izgradnja podvožnjaka bi kako kažu bilo dobro rješenje za stanovnike kvarta Trnava kojima bi se omogućio priključak na Branimirovu ulicu.

2.3.3. Metoda simulacije primjenom programskog alata PTV Vissim

PTV VISSIM je mikroskopski simulacijski alat za modeliranje gradske prometne mreže i operacija javnoga gradskoga prijevoza te tokova pješaka. Točnost i vjerodostojnost simulacijskog modela najviše ovisi o kvaliteti modeliranja ponašanja vozila u simuliranoj prometnoj mreži. Za razliku od ostalih simulacijskih alata koji koriste konstantne brzine vozila i deterministička logika slijeđenja, PTV VISSIM koristi psihofizički model ponašanja vozača kojeg je razvio Rainer Wiedemann 1974. godine na Sveučilištu u Karlsruheu [11].

U ovoj analizi mikroskopski simulacijski alat PTV VISSIM koristi se u svrhu analize postojećeg stanja prometnih tokova na području ŽCP-a Trnava i ŽCP-a Osječka – Trnava I. Analizirani su prometni tokovi motornih vozila i promet u mirovanju s ciljem dobivanja duljine repa čekanja na željezničko-cestovnim prijelazima te kako spušteni polubranici i zabrana prelaska motornih vozila i pješaka utječe na protočnost prometnih tokova.

Područje obuhvata za izradu simulacije prikazano je na Slici 12. Simulacija je izrađena na temelju ulaznih podataka o prometnom opterećenju prikupljenih brojanjem prometa. Slika prikazuje prometne tokove na ŽCP-u Trnava i na ŽCP-u Osječka-Trnava I.



Slika 12. Prikaz simulacije postojećeg stanja

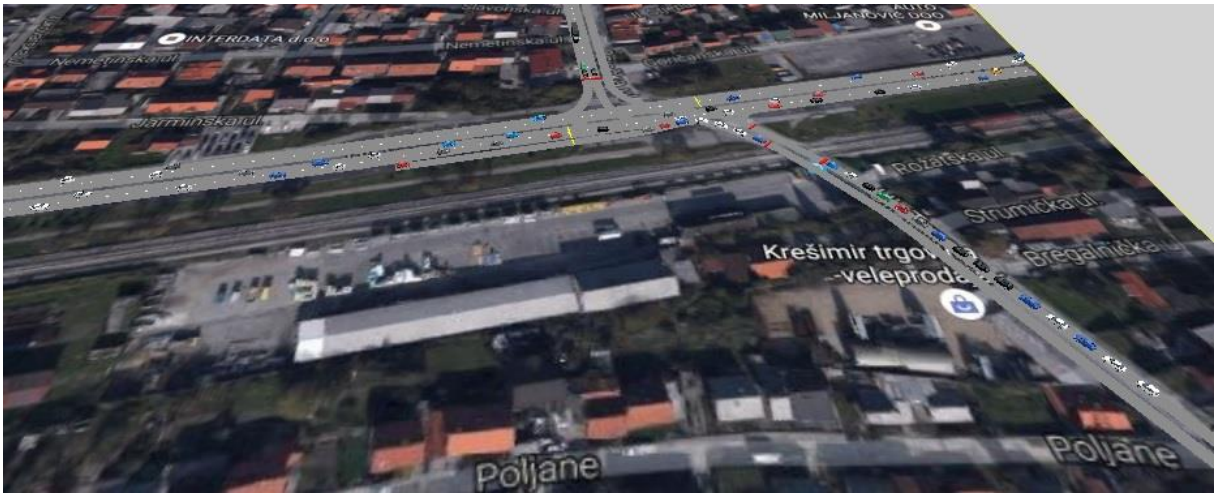
Rezultati dobivene na ŽCP-u Trnava prikazani su na Slici 13. Najveći repovi čekanja stvaraju se na Branimirovoj ulici iz smjera istoka prema zapadu. Repovi su prikazani u metrima te iznose 240,8 metara što je oko 40 vozila. Također su na tom privozu zabilježena najveća

prosječna kašnjenja vozila koja iznose 26,06 sekundi i najduže prosječno čekanje vozila u iznosu od 19,8 sekundi. Najveća emisija štetnih plinova CO zabilježena je na spomenutom privozu u smjeru centra i iznosi 932,103 PPM te u smjeru sjevera u iznosu od 899,611 PPM. Zatim slijedi privoz Branimirove ulice u smjeru zapada prema sjeveru i iznosi 549,051 PPM. Najveća potrošnja goriva zabilježena je na istočnom provozu na Branimirovoj ulici te iznosi 13,335 litara, a zatim slijedi zapadni privoz Branimirove ulice za lijeve skretače prema sjeveru čija prosječna potrošnja goriva iznosi 7,855 litara.

Count: 9	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	VehDelay(All)	StopDelay(All)	EmissionsCO	FuelConsumptior	Stops(All)
1	22	0-3600	1 - 1: B_Z-I@26.3 - 1: B_Z-I@112.9	9,88	57,72	15,38	10,87	467,319	6,686	0,48
2	22	0-3600	1 - 1: B_Z-I@26.3 - 11@31.6	9,88	57,72	26,08	18,10	7,113	0,102	1,00
3	22	0-3600	1 - 2: B_I-Z@626.8 - 2: B_I-Z@713.	60,27	240,80	26,86	19,80	932,103	13,335	0,65
4	22	0-3600	1 - 2: B_I-Z@626.8 - 9: S_J-S@27.7	60,27	240,80	26,78	19,66	899,611	12,870	0,65
5	22	0-3600	1 - 8: S_S-J@40.5 - 1: B_Z-I@112.9	4,11	44,64	17,11	11,41	71,004	1,016	0,60
6	22	0-3600	1 - 8: S_S-J@40.5 - 2: B_I-Z@713.0	4,11	44,64	16,86	11,37	94,986	1,359	0,52
7	22	0-3600	1 - 10: B_Z-I_L@25.3 - 9: S_J-S@27.	38,44	50,89	225,82	195,29	549,051	7,855	4,03
8	22	0-3600	1 - 12@103.4 - 1: B_Z-I@112.9	0,00	0,00			0,000	0,000	
9	22	0-3600	1	22,54	240,80	30,20	23,05	3020,311	43,209	0,72

Slika 13. Prikaz rezultata na ŽCP-u Trnava

Prikaz opterećenja postojećeg stanja na ŽCP-u Osječka-Trnava I nalazi se na Slici 14. Vidljivo je stvaranje repova čekanja iz Ul. Trnava I te na Branimirovoj ulici iz smjera zapada prema jugu (desni skretači na Branimirovoj ulici).



Slika 14. Prikaz postojećeg stanja na ŽCP-u Osječka-Trnava I

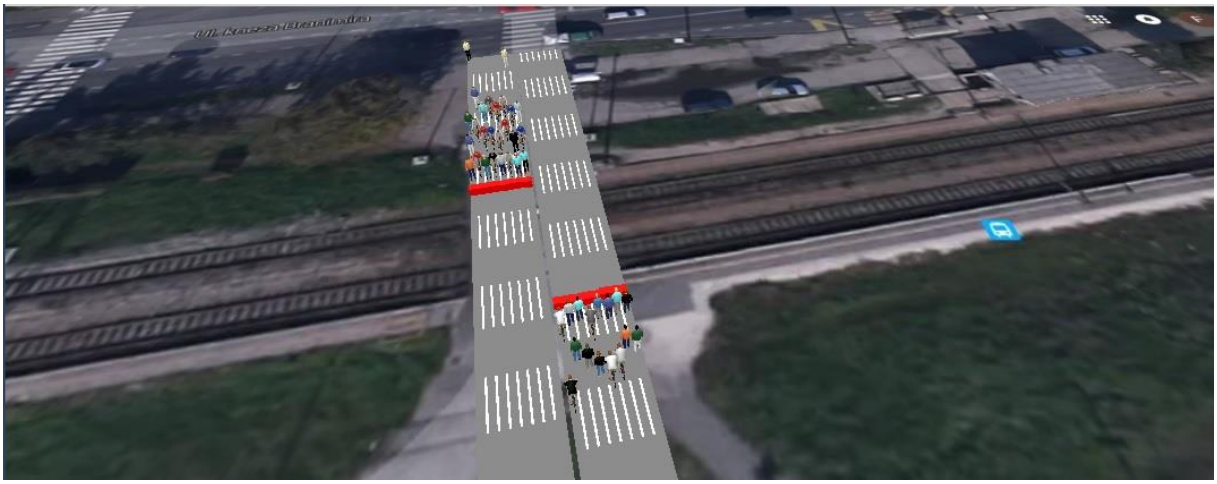
Rezultat prometnih tokova motornih vozila na ŽCP-u Osječka-Trnava I prikazani su na Slici 15. Duljina repova čekanja iz Ul. Trnava I iznosi 143,92 metra što je oko 24 vozila, a duljina repova čekanja na Branimirovoj ulici iz smjera zapada prema jugu (desni skretači)

iznosi 33,88 metara što je u prosjeku oko 6 vozila. Najveće kašnjenje vozila zabilježeno je na južnom privozu Ul. Trnava I koje iznosi 80,44 sekunde i najduže čekanje u iznosu od 69,7 sekundi. Najveća emisija štetnih plinova CO zabilježena je na Branimirovoj ulici iz smjera istoka prema zapadu u iznosu od 1182,821 PPM. Također je na tom privozu zabilježena i najveća potrošnja goriva u iznosu od gotovo 17 litara.

Count: 9	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	VehDelay(All)	StopDelay(All)	EmissionsCO	FuelConsumptior	Stops(All)
1	26	0-3600	1 - 1: B_Z-I@547.6 - 1: B_Z-I@664.	11,53	63,51	15,75	11,71	667,714	9,552	0,45
2	26	0-3600	1 - 2: B_I-Z@75.8 - 2: B_I-Z@193.7	24,49	133,60	18,27	11,41	1182,821	16,922	0,56
3	26	0-3600	1 - 2: B_I-Z@75.8 - 7: O_J-S@42.3	24,49	133,60	19,58	12,88	45,751	0,655	0,57
4	26	0-3600	1 - 3: B_Z-I_D@42.0 - 4: T_S-J@35.	3,91	33,88	45,17	36,95	205,270	2,937	0,92
5	26	0-3600	1 - 5: T_J-S@136.7 - 1: B_Z-I@664.	52,77	143,92	80,44	69,70	53,172	0,761	0,96
6	26	0-3600	1 - 5: T_J-S@136.7 - 2: B_I-Z@193.	52,77	143,92	76,11	64,86	592,377	8,475	0,98
7	26	0-3600	1 - 6: O_S-J@60.3 - 1: B_Z-I@664.2	4,36	37,39	17,71	12,17	59,631	0,853	0,66
8	26	0-3600	1 - 6: O_S-J@60.3 - 2: B_I-Z@193.7	4,36	37,39	17,41	12,23	114,143	1,633	0,52
9	26	0-3600	1	19,41	143,92	25,55	19,03	2920,082	41,775	0,59

Slika 15. Prikaz rezultata na ŽCP-u Osječka-Trnava I

Intenzitet pješačkih i biciklističkih tokova na ŽCP-u Trnava prikazan je Slikom 16. Simulacija je izrađena sa pretpostavkom da svi korisnici poštuju prometne propise i pravila kako bi se dobili realni podaci o prosječnom vremenu kašnjenja i čekanja korisnika. Slika 16 također prikazuje stvaranje repova čekanja kada su polubranici spušteni te strukturu korisnika.



Slika 16. Prikaz intenziteta pješačkog i biciklističkog prometa na ŽCP-u Trnava

Rezultati dobiveni na temelju podataka brojanja intenziteta pješačkog i biciklističkog prometa prikazani su na Slici 17. Unatoč tome što su polubranici spušteni gotovo 50% vremena prosječno vrijeme čekanja korisnika ovisi o njihovoj razdiobi dolazaka na ŽCP. Tako su dobiveni sljedeći rezultati: broj osoba koji dolaze i čekaju na ŽCP-u iznosi 20 korisnika sa sjevera i 31 korisnik sa juga, prosječno kašnjenje korisnika iznosi 51,5 sekundi te prosječno čekanje iznosi 48,03 sekunde.

Count: 3	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	VehDelay(All)	PersDelay(All)	StopDelay(All)	Stops(All)
1	8	0-3600	1 - 1: S-J@6.2 - 1: S-J@40.9	7,34	20,37	418	418	51,50	51,50	47,74	0,60
2	8	0-3600	1 - 2: J-S@17.8 - 2: J-S@52.	9,97	31,11	405	405	51,16	51,16	48,03	0,57
3	8	0-3600	1	8,65	31,11	823	823	51,33	51,33	47,88	0,58

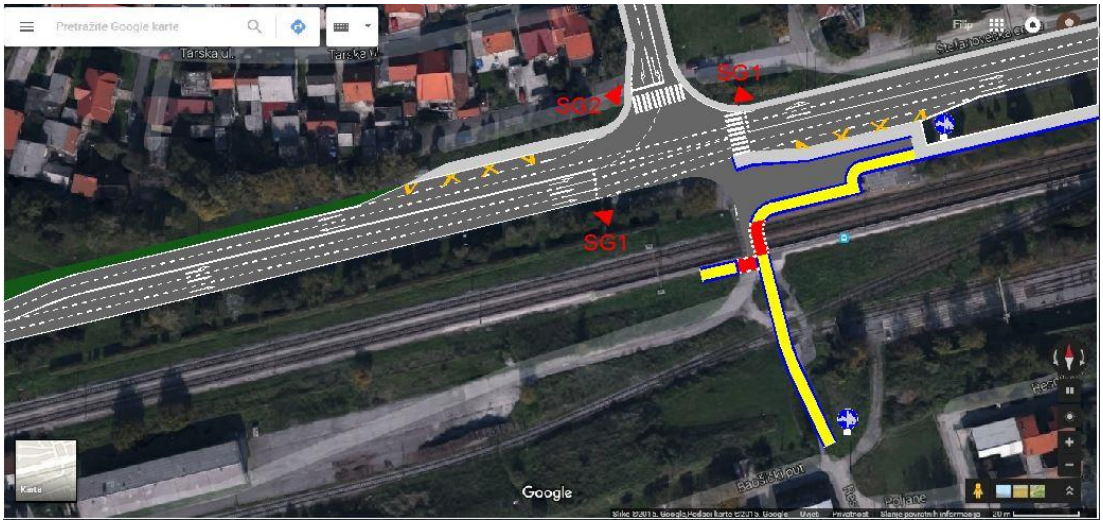
Slika 17. Prikaz rezultata pješačkog i biciklističkog prometa na ŽCP-u Trnava

3. PRIJEDLOZI NOVIH PROJEKTNIH RJEŠENJA

Prijedlozi novih projektnih rješenja opisani su u naredna tri potpoglavlja. Predložene su tri varijante rekonstrukcije ŽCP Trnava kojima je glavni cilj povećanje sigurnosti svih sudionika u užem području ŽCP-a. Uz povećanje sigurnosti predložene varijante također mogu utjecati na kvalitetu odvijanja prometa, boljem vizualnom dojmu i uklopljenost u okolinu, smanjenju onečišćenja okoliša te u konačnici mogu utjecati na smanjenje ukupnih društvenih troškova.

3.1. Varijanta 1

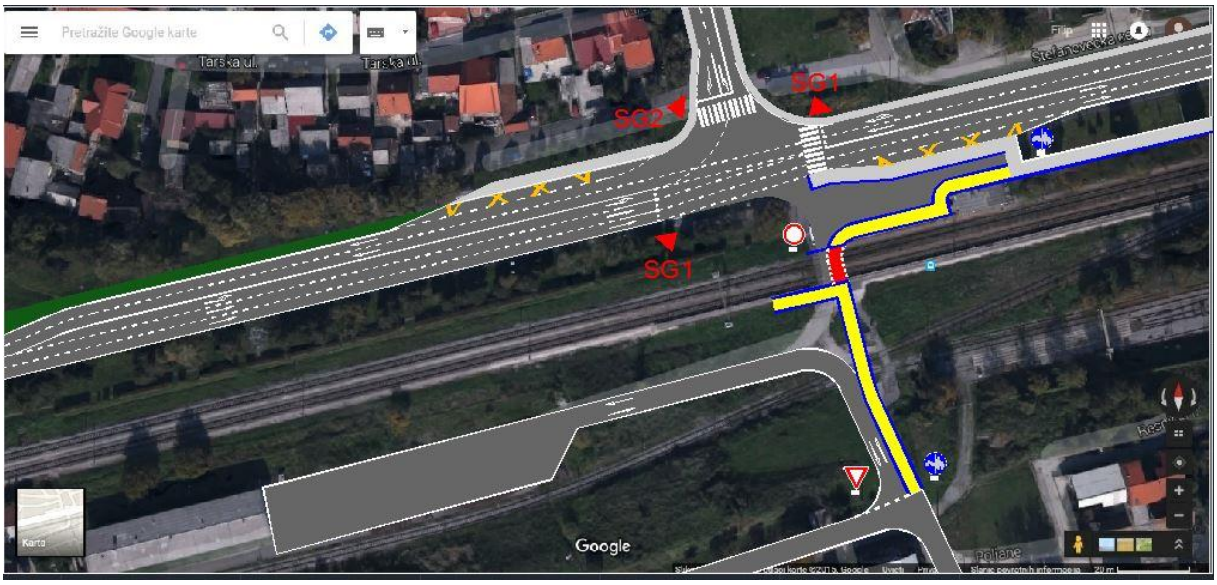
Prijedlog projektnog rješenja Varijante 1 je izgradnja pješačko-biciklističkog pothodnika (Slika 18). Izgradnjom pothodnika eliminiraju se konfliktne točke između najranjivijih sudionika u prometu, cestovnih i željezničkih vozila. Na Slici 18 žutom bojom prikazan je uzdužni nagib uređene površine koji je prilagođen za nesmetano prometovanje pješaka, biciklista i osoba s invaliditetom. Crvenom bojom označeni su pothodnici koji se nalaze ispod same željezničke pruge i nerazvrstane ceste. Visina prometnog profila iznosi 3 metra, a širina 6 metara. Crvenom bojom također su prikazane signalne grupe 1 i 2 kojima je upravljano semaforizirano raskrižje. Plavom bojom označena su mjesta na kojima je potrebno postaviti zaštitne ograde kako bi se povećala sigurnost sudionika u prometu te kako bi pješaci, biciklisti i osobe s invaliditetom prvenstveno koristili površine namijenjene njihovom kretanju i na taj bi način ograde spriječile njihovo nepropisno kretanje.



Slika 18. Prikaz projektnog rješenja Varijante 1

3.2. Varijanta 2

Prijedlog projektnog rješenja Varijante 2 je izgradnja pješačko-biciklističkog pothodnika kao i iz prethodne varijante i izgradnja pristupne ceste prema skladištu iz smjera Trnave te zabrana kretanja cestovnim vozilima sa Branimirove ulice prema ŽCP-u. Zabrana cestovnim vozilima izrečena je prometnim znakom izričite naredbe te je postavljena zaštitna ograda koja onemogućuje kršenje prometnih propisa od strane vozača (Slika 19). Crvenom bojom označene su signalne grupe 1 i 2 pomoću kojih se upravlja semaforiziranim raskrižjem.



Slika 19. Prikaz projektnog rješenja Varijante 2

3.3. Varijanta 3

Povezanost između ŽCP-a Trnava i ŽCP-a Osječka – Trnava I i raskrižja s kružnim tokom prometa prikazana je na Slici 20. Udaljenost između navedenih ŽCP-ova iznosi 500 metara. Što se tiče cestovnih prometnih tokova na promatranom području najveći problem kod ŽCP-a Trnava je taj da stanovnici iz kvarta Trnava nemaju izlaz na Branimirovu ulicu stoga putuju prema ŽCP-u Osječka – Trnava I gdje se stvaraju veliki repovi čekanja. Prilikom anketiranja dobiveni su podaci da neki od stanovnika kvarta Trnava prodaju svoje kuće i stanove zbog loše prometne povezanosti, smanjene sigurnosti i dugog čekanja na ŽCP-u prilikom uključivanja na Branimirovu ulicu. Također je problem, kod ŽCP-a Osječka – Trnava I, stvaranje dugačkih repova čekanja za desne skretače od zapada prema jugu na Branimirovoj ulici zbog velike frekvencije vlakova koji prolaze. Ukoliko bi se izgradio podvožnjak kod ŽCP-

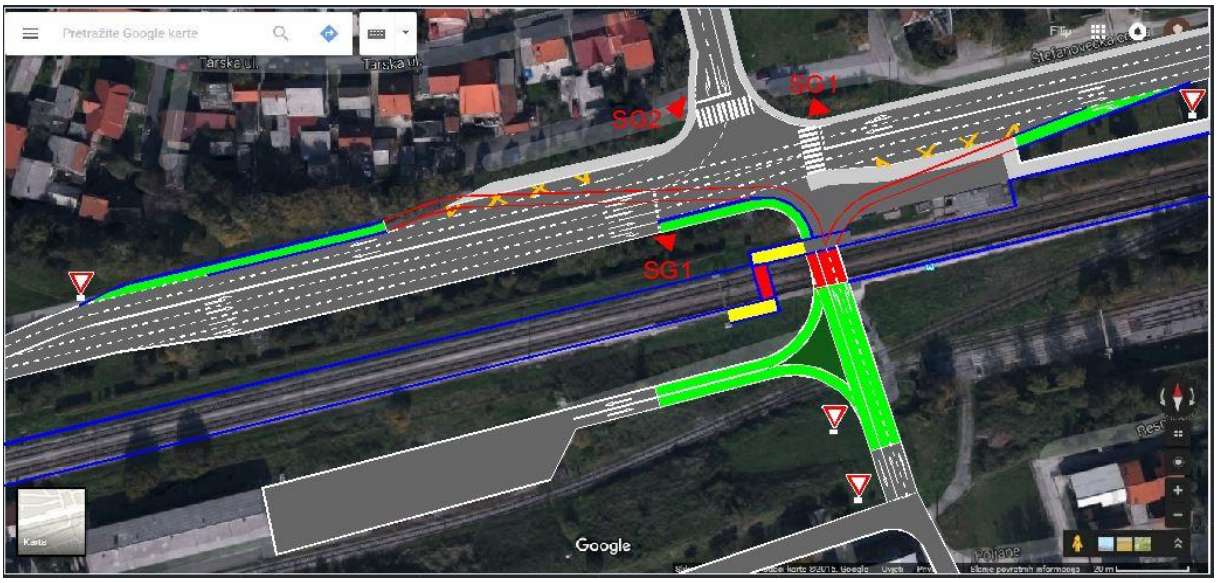
a Trnava koji bi bio spojen na Resnički put i podvožnjak na ŽCP-u Osječka – Trnava I može se pretpostaviti da će dio vozača koristiti podvožnjak na ŽCP-u Trnava, a dio vozača podvožnjak na ŽCP-u Osječka – Trnava I. Time bi se postiglo rasterećenje raskrižja Ul. Kneza Branimira – Trnava I. Izgradnjom podvožnjaka također bi se izbjeglo stvaranje dugačkih kolona te bi se skratilo vrijeme čekanja na spomenutim ŽCP-ima.



Slika 20. Povezanost raskrižja sa kružnim tokom

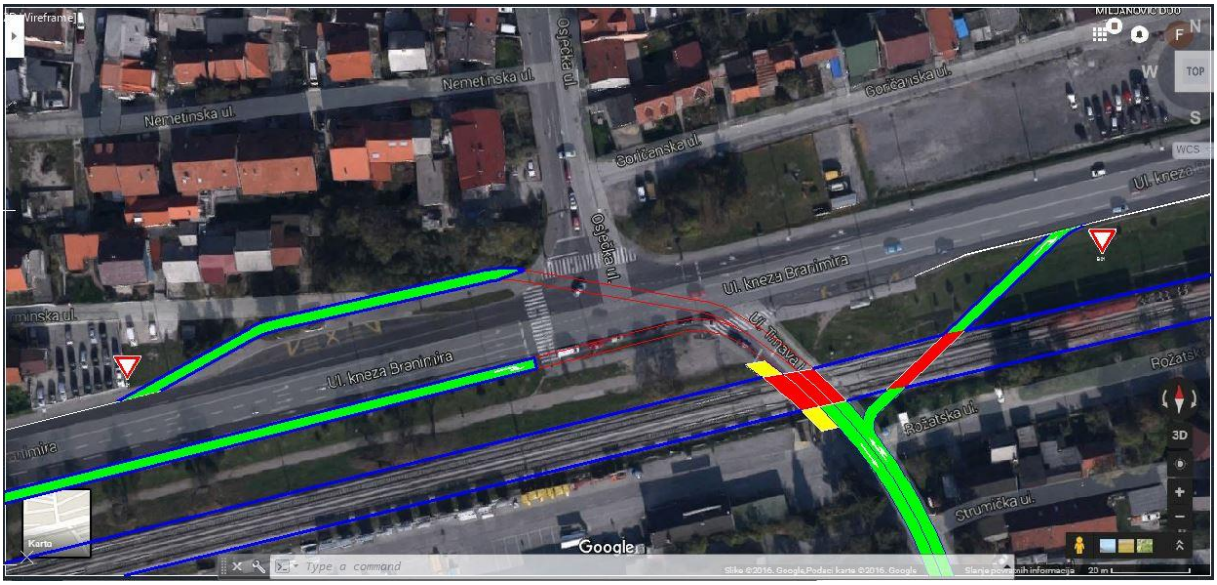
Kako bi se detaljno prikazali svi elementi predložene varijante potrebno je više grafičkih prikaza. Projektna rješenja Varijante 3 prikazana su na Slici 21 i Slici 22. Slika 21 prikazuje projektno rješenje varijante 3 na ŽCP-u Trnava. Predlaže se izgradnja pothodnika koji je na slici prikazan crvenom bojom (dio potpuno ispod razine zemlje), a žutom bojom označen je dio za postupno svladavanje visinske razlike prilagođen korisnicima (otvoreni dio). Plavom bojom označene su zaštitne ograde koje je potrebno postaviti radi povećanja sigurnosti na prijelazu i sprječavanja nepropisnog kretanja korisnika. Uz izgradnju pothodnika predlaže se izgradnja prometne trake za desne skretače na Branimirovoj ulici iz smjera zapada prema jugu te izgradnja podvožnjaka prema skladištu i spajanje ulice prema Trnavi. Zelenom bojom je označeni uzdužni nagib kolnika od 10% za potrebe izgradnje podvožnjaka s dovoljnom visinom prometnog profila koja iznosi 4 metra. Također bi se izgradile dvije prometne trake koje bi povezivale kvart Trnava i Branimirovu ulicu. Izgradnjom tih dviju prometnih traka omogućio

bi se izlaz na spomenutu ulicu. Zelenom bojom označen je uzdužni nagib kolnika za potrebe svladavanja visinske razlike. Crvenim punim crtama prikazan je položaj podvožnjaka koji bi se jednim djelom protezao ispod semaforiziranog raskrižja i omogućio da se vozači iz Trnave koji putuju prema zapadu priključe na Branimirovu ulicu, a drugim bi se djelom protezao prema istoku koji bi omogućio desnim skretačima iz Trnave da se uključe na Branimirovu ulicu. Izgradnjom podvožnjaka i pješačko-biciklističkog pothodnika eliminiraju se sve konfliktne točke između cestovnog i željezničkog prometa odnosno konflikti između pješaka i biciklista sa željezničkim i cestovnim vozilima te konflikti između cestovnih vozila sa željezničkim vozilima.



Slika 21. Prikaz projektnog rješenja Varijante 3 na ŽCP-u Trnava

Projektno rješenje Varijante 3 na ŽCP-u Osječka – Trnava I prikazano je na Slici 22. Ovim projektnim rješenjem predlaže se izgradnja pothodnika za najranjivije sudionike u prometu (označen žutom i crvenom bojom na Slici 22) te izgradnja podvožnjaka za vozače iz Trnave koji se uključuju na Branimirovu ulicu prema istoku (desni skretači) i zapadu (lijevi skretači). Također se predlaže izgradnja podvožnjaka za desne skretače iz Branimirove ulice prema Trnavi. Crvenom bojom su prikazani podvožnjaci i njihov položaj ispod razine zemlje, a zelenom bojom su označeni uzdužni nagibi kolnika za potrebe svladavanja visinskih razlika. Ovakvim načinom uređenja užeg područja ŽCP-a Osječka – Trnava I povećava se sigurnost svih sudionika u prometu te se pješacima i biciklistima osigurava veća površina za nesmetano i ugodno kretanje. Plavom bojom su označene ograde koje treba postaviti zbog sprječavanja nepropisnog prelaženja preko ŽCP-a.



Slika 22. Prikaz projektnog rješenja Varijante 3 na ŽCP-u Osječka - Trnava I

Suvremeni način izgradnje podvožnjaka i pothodnika izgrađenih u New Yorku prikazan je na Slici 23. Takav način izgradnje omogućuje sigurno odvijanje prometa te je ekološki održiv. Sami dizajn izgradnje se veoma dobro uklapa u okolinu i ne predstavlja problem vizualnog odstupanja od okoline i odvlačenja pozornosti vozača koja loše utječe na sigurnost u prometu.

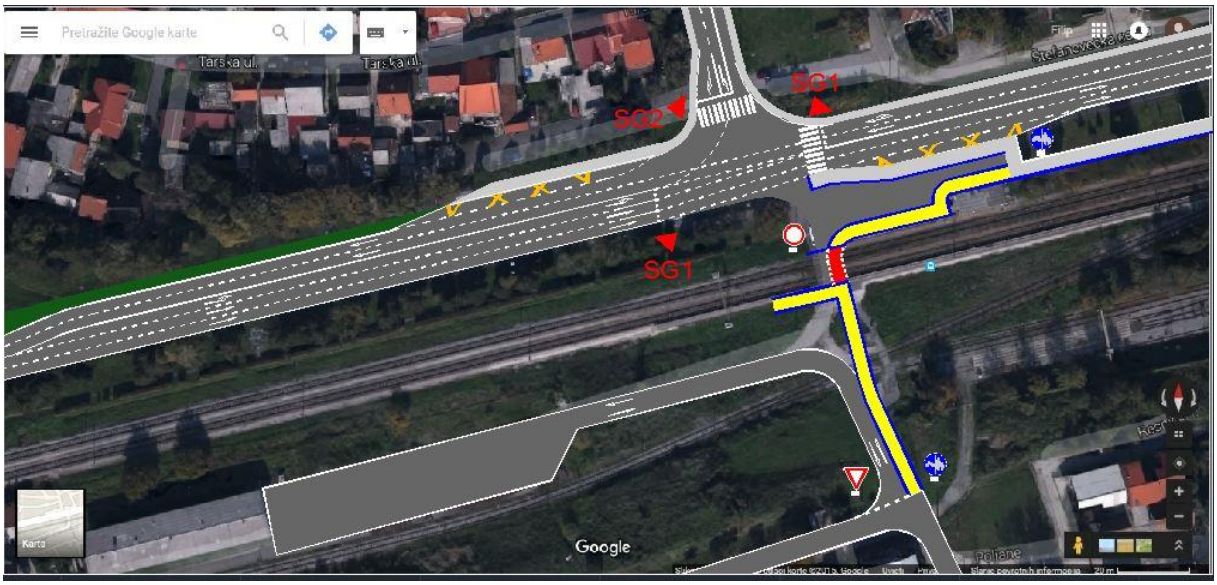


Slika 23. Primjer pothodnika Port Jervis, New York

Izvor: [12]

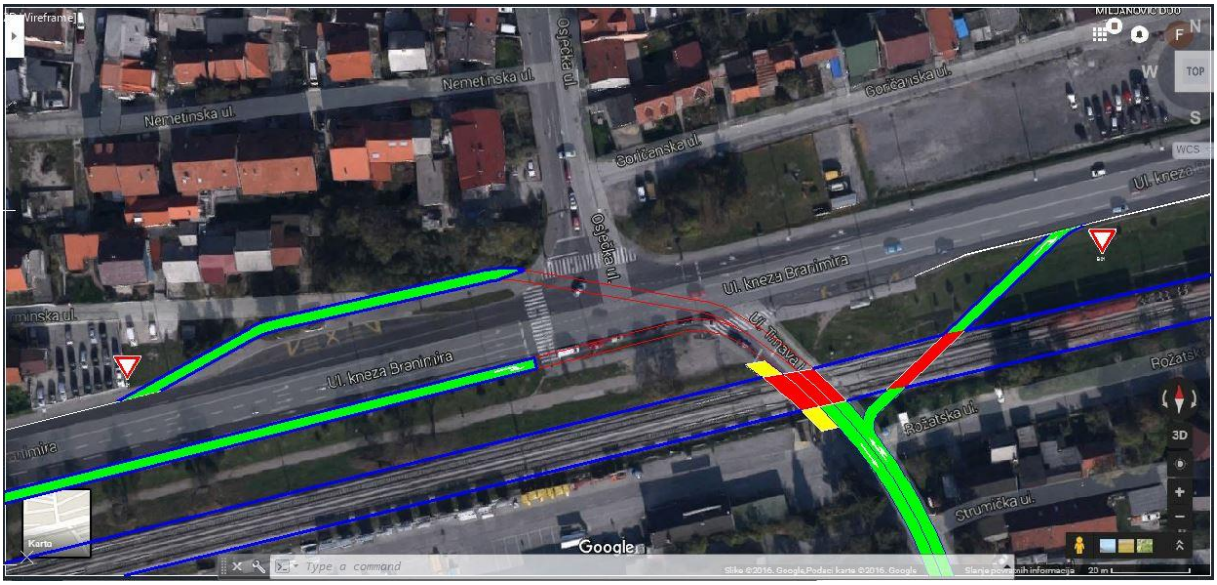
3.4. Varijanta 4

Prijedlog projektnog rješenja Varijante 4 kombinacija je prijedloga rješenja iz Varijante 2 i Varijante 3. Ovaj prijedlog rješenja željezničko-cestovnih prijelaza Trnava i Osječka – Trnava I osigurava visoki stupanj sigurnosti odvijanja prometa. Potpuno se eliminiraju konfliktne točke između cestovnih vozila i pješaka, cestovnih vozila i željezničkih vozila te pješaka i željezničkih vozila na navedenim ŽCP-ima. Troškovi izgradnje ovih projektnih rješenja nešto su niži nego za izgradnju elemenata iz prethodne varijante. Za realizaciju navedenih projektnih rješenja potrebno je manje prostora za izgradnju nego što je potrebno za izgradnju elemenata iz prethodne varijante. Uz navedene prednosti predloženih projektnih rješenja Varijante 4 postoje i nedostaci u odnosu na prijedloge rješenja opisanih u varijanti 3, a to su: nemogućnost uključivanja stanovnika kvarta Trnava na Branimirovu ulicu kod ŽCP-a Trnava, veće opterećenje priključaka na Branimirovu ulicu kod ŽCP-a Osječka – Trnava I te lošije iskorištenje površine. Na Slici 24 prikazano je predloženo projektno rješenje ŽCP-a Trnava kao što je opisno u Varijanti 2.



Slika 24. Prikaz projektnog rješenja Varijante 4 na ŽCP-u Trnava

Predloženo projektno rješenje ŽCP-a Osječka – Trnava I opisano je u Varijanti 3, a grafički prikaz nalazi se na Slici 25.



Slika 25. Prikaz projektnog rješenja Varijante 4 na ŽCP-u Osječka - Trnava I

4. SWOT ANALIZA NOVIH PROJEKTNIH RJEŠENJA

SWOT analiza je kvalitativna analitička metoda i strategijski instrument pomoću kojeg se dinamički sučeljavaju snage i slabosti predmeta analize s prilikama i prijetnjama okruženja radi identificiranja mogućnosti i rizika. To je najjednostavnija metoda za analizu okruženja i od velike je pomoći prilikom planiranja i ocjene određenog projekta. SWOT analiza ne daje nikakve specifične odgovore, nego predstavlja način učinkovite organizacije informacija i osjetljivih značajki kao baza podataka za izgradnju poslovne strategije i operativnih poslova. Relativno je brza, jednostavna, jasna i učinkovita metoda. SWOT analizu projektant koristi u kreiranju strategije [13]. Kao što je navedeno ranije ova analiza ima četiri glavna elementa koja podrazumijevaju slijedeće [13]:

- **"S" - Strengths** - snage predstavljaju unutarnja svojstva koja su usmjerena na postizanje odgovarajućih konkurentnih strategijskih prednosti; omogućuju ostvarivanje svojih ciljeva;

- **"W" - Weaknesses** – slabosti predstavljaju 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 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;

- **"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.

SWOT matrica koja se sastoji od četiri polja i time omogućuje u dvodimenzionalnom obliku povezivanje unutarnjih (snage, slabosti) i vanjskih (prilike, prijetnje) čimbenika. Takva matrica predstavlja sredstvo za analizu prilika i prijetnji u vanjskom okruženju, kao i njihovih veza sa unutarnjim slabostima i snagama predmeta analize, što je prikazano na Slici 26 [13].

Unutarnji čimbenici / Vanjski čimbenici	SNAGE (S)	SLABOSTI (W)
PRILIKE (O)	S – O Strategija	W – O Strategija
PRIJETNJE (T)	S – T strategija	W – T Strategija

Slika 26. Osnovna SWOT matrica

Izvor: [13]

4.1. SWOT matrica Varijante 1

SWOT matrica za Varijantu 1, odnosno snage, slabosti, prilike i prijetnje prikazane su u Tablici 3. Varijantom 1 predlaže se izgradnja pješačko/biciklističkog pothodnika na ŽCP-u Trnava te pješačke i biciklističke staze koja bi omogućavala nastavak kretanja pješaka i biciklista od i do pothodnika.

Tablica 3. SWOT matrica za Varijantu 1

SNAGE	*SLABOSTI*
• *Povećavanje sigurnosti pješaka i biciklista* • *Povećanje udobnosti putovanja pješaka i biciklista* • *Povećanje propusne moći tokova pješaka i biciklista* • *Kraće vrijeme putovanja* • *Izgradnja novih pješačko/biciklističkih staza* • *Poticanje ekoloških vidova prometa* • *Povećanje temeljnih urbanih vrijednosti odnosno humanizacija života u gradskom području*	• *Relativno visoka financijska ulaganja* • *Trošak izrade dokumentacije* • *Potrebno uklanjanje postojećih građevina*
PRILIKE	*PRIJETNJE*
• *Povezivanje u mrežu biciklističkih staza grada Zagreba* • *Povećanje stupnja iskoristivosti kroz povećanje pješačko/biciklističkih tokova* • *Mogućnost iskorištenja EU fondova*	• *Ne uklapanje u tokove pješaka i biciklista* • *Financijski trošak izvedbe* • *Ne riješeni imovinsko pravni odnosi* • *Ne shvaćanje potrebe za izgradnjom od strane izvršne vlasti*

4.2. SWOT matrica Varijante 2

Snage, slabosti, prilike i prijetnje za Varijantu 2 prikazane su Tablicom 4. Ovom varijantom predlaže se osim već navedenog pothodnika na ŽCP-u, i izgradnja pristupne ceste do skladišta iz smjera kvarta Trnava. Zatim se predlaže uređenje površine za parkirališta u sklopu skladišta i prostora pokraj kučice za prodaju karata. Također se zabranjuje promet motornim vozilima preko ŽCP-a.

Tablica 4. SWOT matrica za Varijantu 2

SNAGE	*SLABOSTI*
• *Povećavanje sigurnosti pješaka i biciklista* • *Povećanje udobnosti putovanja pješaka i biciklista* • *Kraće vrijeme putovanja* • *Povećanje propusne moći tokova pješaka i biciklista* • *Izgradnja novih pješačko/biciklističkih staza* • *Poticanje ekoloških vidova prometa* • *Povezivanje kvarta Trnava s skladištem* • *Povećanje temeljnih urbanih vrijednosti odnosno humanizacija života u gradskom području* • *Stvaranje nove parkirališne zone*	• *Relativna visoka financijska ulaganja* • *Trošak izrade dokumentacije* • *Potrebno uklanjanje postojećih građevina*
PRILIKE	*PRIJETNJE*
• *Povezivanje u mrežu biciklističkih staza grada Zagreba* • *Povećanje stupnja iskoristivosti kroz povećanje pješačko/biciklističkih tokova* • *Mogućnost iskorištenja EU fondova* • *Dodatna zarada od naknade za parkiranje*	• *Ne uklapanje u tokove pješaka i biciklista* • *Financijski trošak izvedbe* • *Ne riješeni imovinsko pravni odnosi* • *Ne dostatna potražnja za parkirališnim prostorom*

4.3. SWOT matrica Varijante 3

Snage, slabosti, prilike i prijetnje za Varijantu 3 prikazane su u Tablici 5. Varijanta 3 zahtjeva poduzimanje kompleksnih mjera za izvedbu opisanih rješenja. Izgradnja pothodnika i podvožnjaka na ŽCP-u Trnava i na ŽCP-u Osječka – Trnava I omogućila bi bolju prometnu povezanost i povećala bi se sigurnost u prometu. Za realizaciju ovog prijedloga potrebna su velika financijska ulaganja, potreban je otkup zemljišta i izmjena regulacije prometa.

Tablica 5. SWOT matrica za Varijantu 3

SNAGE	*SLABOSTI*
• *Uklanjanje mogućnosti nastanka prometnih nesreća* • *Povećavanje sigurnosti* • *Povećanje udobnosti putovanja korisnika podvožnjaka te pješaka i biciklista* • *Povećanje propusne moći* • *Kraće vrijeme putovanja* • *Izgradnja novih pješačko/biciklističkih staza* • *Povezivanje kvarta Trnava i Branimirove ulice* • *Povećanje temeljnih urbanih vrijednosti odnosno humanizacija života u gradskom području* • *Smanjenje emisije ispušnih plinova*	• *Visoka financijska ulaganja* • *Trošak izrade dokumentacije* • *Izmjena signalnih planova na obližnjim raskrižjima*
PRILIKE	*PRIJETNJE*
• *Povećanje stupnja iskoristivosti kroz povećanje tokova automobila* • *Mogućnost iskorištenja EU fondova* • *Povezivanje u mrežu biciklističkih staza grada Zagreba* • *Povećanje stupnja iskoristivosti kroz povećanje pješačko/biciklističkih tokova* • *Dodatna zarada od naknade za parkiranje*	• *Ne uklapanje u tokove automobila* • *Financijski trošak izvedbe* • *Ne riješeni imovinsko pravni odnosi* • *Ne izgradnja zbog zahtjevnosti izvedbe* • *Ne shvaćanje potrebe za izgradnjom od strane izvršne vlasti* • *Stvaranje prometnog zagušenja na raskrižjima u blizini podvožnjaka* • *Ne dostatna potražnja za parkirališnim prostorom*

4.4. SWOT matrica Varijante 4

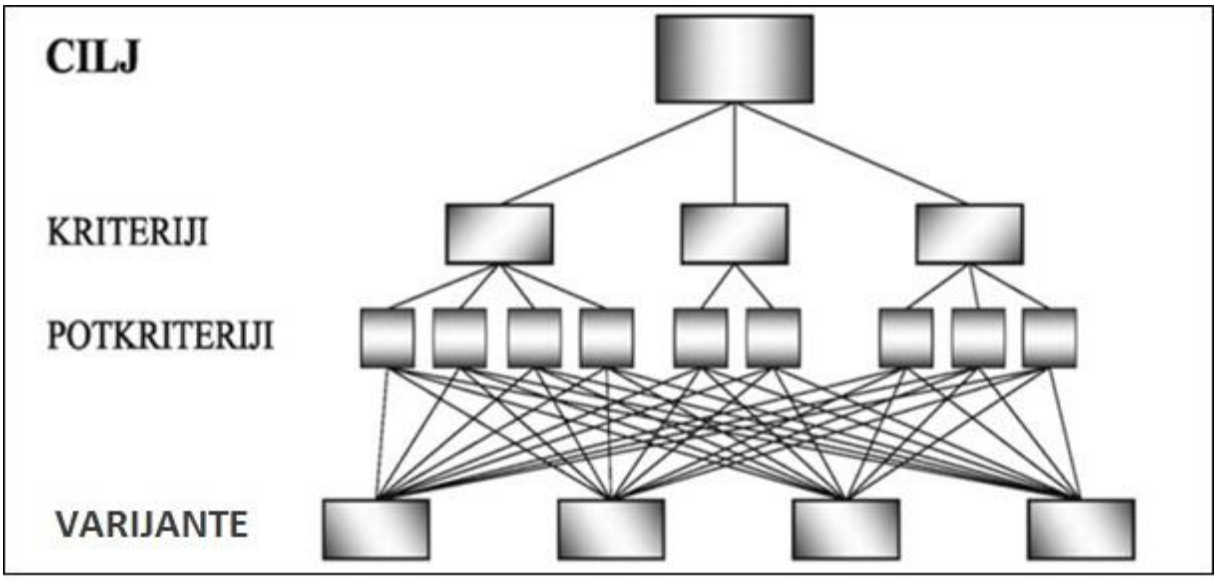
Snage, slabosti, prilike i prijetnje za Varijantu 4 prikazane su u Tablici 6. Varijanta 4 također zahtjeva poduzimanje kompleksnih mjera za izvedbu opisanih rješenja, doduše ne kao kod prethodne varijante. U četvrtoj varijanti predlaže se izgradnja pothodnika na ŽCP-u Trnava, a na ŽCP-u Osječka – Trnava I izgradnja pothodnika i podvožnjaka. Također se zabranjuje promet motornim vozilima preko ŽCP-a Trnava. Predlaže se i uređenje površina za parkiranje. Ova varijanta zahtjeva otkup manje kvadrature zemljišta nego u prethodnoj varijanti.

Tablica 6. SWOT matrica za Varijantu 4

SNAGE	*SLABOSTI*
• *Uklanjanje mogućnosti nastanka prometnih nesreća* • *Povećavanje sigurnosti* • *Povećanje udobnosti putovanja korisnika podvožnjaka te pješaka i biciklista* • *Povećanje propusne moći* • *Kraće vrijeme putovanja* • *Izgradnja novih pješačko/biciklističkih staza* • *Povezivanje kvarta trnava sa skladištem* • *Povećanje temeljnih urbanih vrijednosti odnosno humanizacija života u gradskom području* • *Smanjenje emisije ispušnih plinova*	• *Visoka financijska ulaganja* • *Trošak izrade dokumentacije* • *Izmjena signalnih planova na obližnjim raskrižjima*
PRILIKE	*PRIJETNJE*
• *Povećanje stupnja iskoristivosti kroz povećanje tokova automobila* • *Mogućnost iskorištenja EU fondova* • *Povezivanje u mrežu biciklističkih staza grada Zagreba* • *Povećanje stupnja iskoristivosti kroz povećanje pješačko/biciklističkih tokova* • *Dodatna zarada od naknade za parkiranje*	• *Ne uklapanje u tokove automobila* • *Financijski trošak izvedbe* • *Ne riješeni imovinsko pravni odnosi* • *Ne shvaćanje potrebe za izgradnjom od strane izvršne vlasti* • *Stvaranje prometnog zagušenja na raskrižjima u blizini podvožnjaka* • *Ne dostatna potražnja za parkirališnim prostorom*

5. VREDNOVANJE PREDLOŽENIH VARIJANATA PRIMJENOM ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA

Analitičko hijerarhijski proces je metoda koja se temelji na usporedbi parova mogućih rješenja, svaka sa svakom, gdje donositelj odluke određuje ocjenu, odnosno težinu preferencije jedne varijante u odnosu na drugu temeljem postavljenih kriterija i potkriterija. AHP metodu utemeljio je 70-tih godina prošlog stoljeća Thomas L. Saaty u cilju rješavanja kompleksnih problema odlučivanja u kojima sudjeluje veći broj donositelja odluka, a pojavljuje se veći broj kriterija i potkriterija [14]. Hijerarhijsku strukturu AHP modela čine cilj, kriteriji, potkriteriji i varijante (Slika 27).



Slika 27. Hijerarhijska struktura AHP modela

Izvor: [13]

Nakon postupka strukturiranja problema slijedi drugi korak, koji podrazumijeva usporedbu parova atributa (alternativa, kriterija) na svakoj hijerarhijskoj razini, u ovisnosti o svakom atributu više razine (donositelj odluke dodjeljuje ocjene svakom pojedinom paru atributa na svakoj hijerarhijskoj razini).

Usporedba po parovima formalno se može opisati na način [13, 14]:

Neka su a_i i a_j alternative koje je potrebno usporediti u odnosu na kriterij C_k. Tada postoje tri osnovne mogućnosti:

1. donositelj odluke je indiferentan, tj. alternative a_i i a_j su jednako preferirane u odnosu na kriterij c_k;
2. donositelj odluke preferira alternativu a_i pred a_j u odnosu na kriterij c_k;
3. donositelj odluke preferira alternativu a_j pred a_i u odnosu na kriterij c_k.

Međutim, nije dovoljno definirati samo preferenciju alternative, nego je potrebno odrediti i težinu preferencije. Prema Saatyu postoji: slaba, jaka, vrlo jaka i apsolutna prednost. To su opisne preferencije kojima se pridružuje numerička skala tzv, Saaty-eava skala važnosti [13, 14].

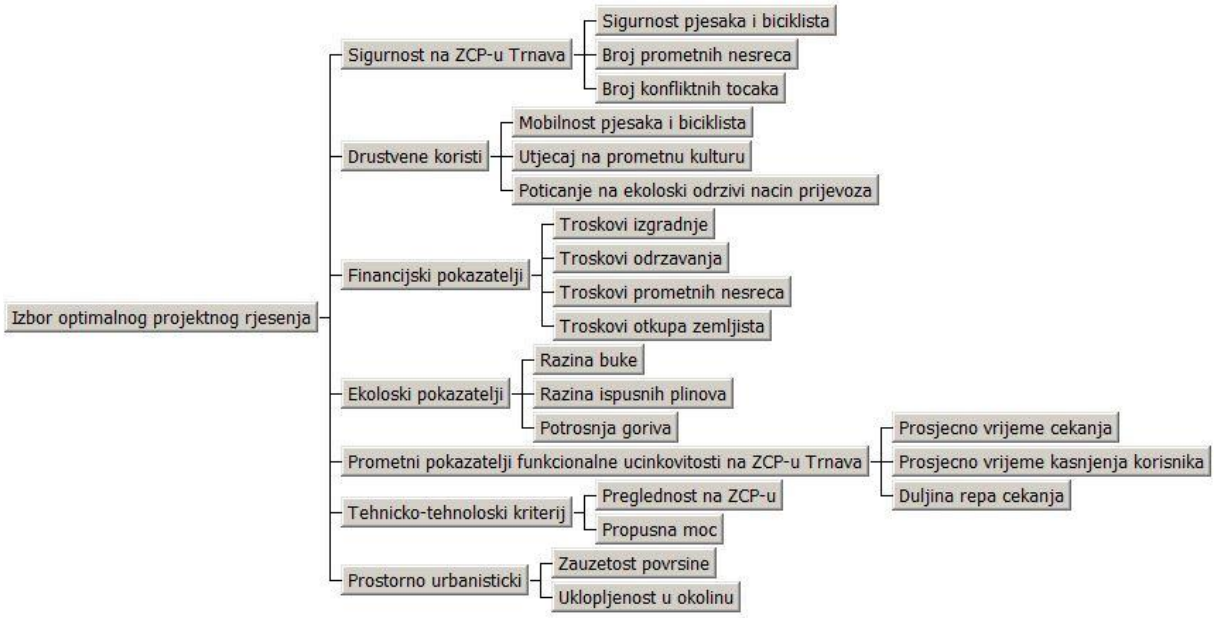
Tablica 7. Saatyeva skala važnosti

Intezitet važnosti	Skala	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dva atributa jednako pridonose cilju
3	Umjereno važnije	Umjerena prednost jednom atributu u odnosu na drugi
5	Strogo važnije	Strogo se favorizira jedan atribut u odnosu na drugi
7	Vrlo stroga, dokazana važnost	Jedan atribut 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	Vrijednost kompromisa među odgovarajućim susjednim vrijednostima

Izvor: [13,14]

5.1. Hijerarhijska struktura AHP modela

Hijerarhijska struktura AHP modela sastoji se od cilja, kriterija i potrkiterija prikazanih na Slici 28.



Slika 28. Hijerarhijska struktura AHP modela

Cilj provedbe metode Analitičkog hijerarhijskog procesa je odabir optimalnog projektnog rješenja između četiri predložene varijante. Prva varijanta uključuje izgradnju pješačko/biciklističkih pothodnika na mjestu ŽCP Trnava te odgovarajućih pješačko/biciklističkih staza. Druga varijanta uz već spomenuti pothodnik uključivala bi pristupnu cestu skladištu iz Trnave te bi se zabranio promet cestovnim motornim vozilima preko ŽCP-a Trnava. Treća varijanta obuhvaćala bi sve već spomenute varijante s dodatkom podvožnjaka za automobile na ŽCP-u Trnava i ŽCP-u Osječka-Trnava I. Četvrtom varijantom predlaže se izgradnja pješačko/biciklističkog pothodnika na ŽCP-u Trnava te zabrana prometa za cestovna motorna vozila i predlaže se izgradnja podvožnjaka i pothodnika na ŽCP-u Osječka-Trnava I.

Odabir optimalne varijante vršiti će se prema slijedećim kriterijima i potkriterijima:

Kriterij 1: Sigurnost na ŽCP-u Trnava. Kriterij se odnosi na stupanj sigurnosti odvijanja prometa u međusobnoj interakciji željezničkih vozila, cestovnih vozila te pješaka i biciklista.

- Potrkiterij 1: Sigurnost pješaka i biciklista. Navedeni potkriterij definiran je zbog čestih nepoštivanja prometnih propisa od strane pješaka i biciklista te ugrožavanja vlastite sigurnosti i sigurnosti ostalih sudionika na promatranom području.
- Potrkiterij 2: Broj prometnih nesreća. Potkriterij podrazumijeva točan broj prometnih nesreća koje su zabilježene na promatranim željezničko-cestovnim prijelazima te su preuzeti iz povjesnih arhiva. Prilikom vrednovanja u obzir se uzima težina prometne nesreće.
- Potkriterij 3: Broj konfliktnih točaka. Potkritrij podrazumijeva broj konfliktnih točaka u interakciji između željezničkih i cestovnih vozila te pješaka i biciklista.

Kriterij 2: Društvene koristi. Odnosi se na sve koristi koje donosi poboljšanje prometnog sustava s ciljem povećanja kvalitete života društva.

- Potkriterij 1: Mobilnost pješaka i biciklista. Važnost se dodjeljuje varijanti koja omogućuje prvenstveno veću mobilnost sudionika u prometu.
- Potkriterij 2: Utjecaj na prometnu kulturu. Važnost se dodjeljuje varijanti koja potiče ljudsku svijest na razmišljanje te na pravilno postupanje u prometu.
- Potkriterij 3: Poticanje na ekološki održivi način prijevoza. Važnost se dodjeljuje varijanti koja omogućuje korištenje više načina prijevoza koji su ekološki održivi.

Kriterij 3: Financijski pokazatelji. Odnosi se na visinu uloženih financijskih sredstava.

- Potkriterij 1: Troškovi izgradnje. Važnost se dodjeljuje varijanti s manjim troškovima izgradnje.
- Potkriterij 2: Troškovi održavanja. Važnost se dodjeljuje varijanti s manjim troškovima održavanja.
- Potrkiterij 3: Troškovi prometnih nesreća. Važnost se dodjeljuje varijanti gdje su potrebna manja financijska ulaganja uzrokovana nastankom prometne nesreće.
- Potkriterij 4: Troškovi otkupa zemljišta. Važnost se dodjeljuje varijanti kod koje je potrebno uložiti manja financijska sredstva za potrebe otkupa zemljišta.

Kriterij 4: Ekološki pokazatelji. Dodjeljivanje važnosti ovisi o razini zagađenja okoliša s obzirom na način odvijanja prometa na promatranim željezničko-cestovnim prijelazima.

- Potkriterij 1: Razina buke. Važnost je dodijeljena potkriteriju koji stvara manju razinu buke.

- Potkriterij 2: Razina ispušnih plinova. Važnost je dodijeljena strani koja ima manje stvaranje emisije štetnih ispušnih plinova.
- Potkriterij 3: Potrošnja goriva. Dodjeljivanje važnosti ovisi o razlici u količini potrošenog goriva.

Kriterij 5: Prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava. Prilikom vrednovanja u obzir se uzimaju prometno-tehnički elementi koji su bitni za određivanje razine usluge prijelaza koja utječe na udobnost i vrijeme putovanja.

- Potkriterij 1: Prosječno vrijeme čekanja korisnika. Važnost je dodijeljena potkriteriju koji osigurava kraće vrijeme čekanja na promatranim prijelazima. Podaci su izraženi u sekundama, a vrednuje se na temelju dobivenih rezultata u programskom alatu Vissim.
- Potkriterij 2: Prosječno vrijeme kašnjenje korisnika. Važnost je dodijeljena potkriteriju koji osigurava manje kašnjenje na promatranim prijelazima. Prosječno kašnjenje izraženo je u sekundama, a korišteni podaci su preuzeti iz rezultata izrađenih simulacija u programskom alatu Vissim.
- Potkriterij 3: Duljina repa čekanja korisnika. Važnost je dodijeljena potkriteriju koji osigurava kraći rep čekanja korisnika, a podaci su dobiveni na temelju izrađenih simulacija u programskom alatu Vissim.

Kriterij 6: Tehničko-tehnološki kriterij. Navedeni kriterij odnosi se na elemente prometne infrastrukture i popratnu opremu te kako ona utječe na odvijanje prometnih tokova.

- Potkriterij 1: Preglednost na prijelazu. Odnosi se na preglednost svih sudionika u prometu i njihovu međusobnu interakciju, kako bi se spriječilo nastajanje incidentnih situacija.
- Potkriterij 2: Propusna moć. Važnost se dodjeljuje na temelju rezultata dobivenih u programskom alatu PTV Vissim. Veća propusna moć ima veću važnost.

Kriterij 7: Prostorno-urbanistički učinak. Odnosi se na uklapanje svih elemenata prometne infrastrukture u prostorno-urbanistički plan te vizualno uklapanje u okolinu.

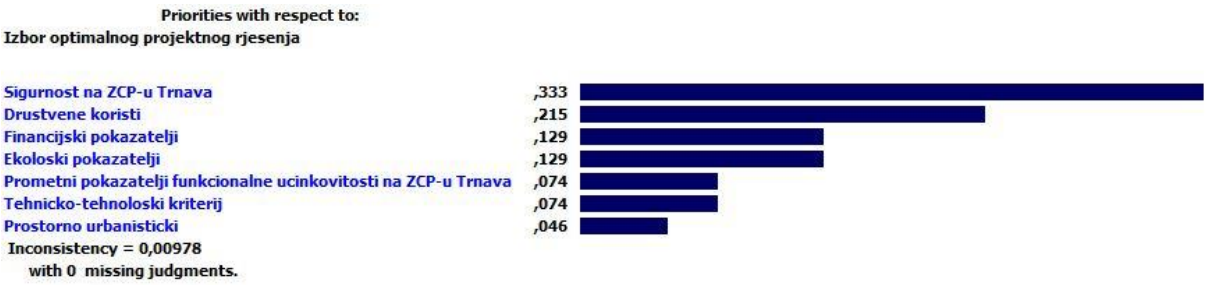
- Potkriterij 1: Zauzetost površine. Važnost se dodjeljuje varijanti koja zauzima manju površinu područja za izgradnju.
- Potkriterij 2: Uklopljenost u okolinu. Važnost se dodjeljuje varijanti čiji se elementi vizualno više uklapaju u okolinu.

5.2. Rangiranje kriterija i potkriterija

Vrednovanje predloženih projektnih varijanti AHP metodom uz primjenu programskog alata Expert Choice vrši se na temelju postavljenih kriterija i potkriterija. Kriteriju „Sigurnost na ŽCP-u Trnava“ dodijeljena je najveća važnost kako bi broj stradalih u prometu bio što manji. Drugi po važnosti je kriterij „Društvene koristi“ zbog svih prednosti koje donosi unaprjeđenje prometnog sustava čime se podiže kvaliteta mobilnosti društva. Financijski pokazatelji su treći kriterij po važnosti zbog toga kako bi se financijska sredstva racionalno uložila u odnosu na dobivene koristi. Jednako važni su ekološki pokazatelji zbog važnosti prilagođavanja standardima zaštite okoliša te poticanja korištenja ekološki prihvatljivih modova prijevoza. Peti po važnosti je kriterij „Funkcionalna učinkovitost“ koji se odnosi na poboljšanje parametara koji utječu na odvijanje prometa. Jednako važan je tehničko-tehnološki kriterij koji se odnosi na izgradnju bitnih elemenata prometnice. Posljednji po važnosti je prostorno-urbanistički kriterij zbog mogućnosti implementacije suvremenih rješenja koja zauzimaju relativno malo prostora, a dobro se uklapaju u okolinu. U Tablici 8 prikazane su međusobno dodijeljene ocjene na temelju kojih su dobiveni rezultati rangiranja kriterija (Slika 29).

Tablica 8. Ocjene za kriterije prema Saaty-u

	Sigurnost na ŽCP-u Trnava	Društvene koristi	Financijski pokazatelji	Ekološki pokazatelji	Funkcionalna učinkovitost	Tehničko-tehnološki kriterij	Prostorno urbanistički kriterij
Sigurnost na ŽCP-u Trnava	1	3	5	5	7	7	9
Društvene koristi	1/3	1	3	3	5	5	7
Financijski pokazatelji	1/5	1/3	1	1	3	3	5
Ekološki pokazatelji	1/5	1/3	1	1	3	3	5
Funkcionalna učinkovitost	1/7	1/5	1/3	3	1	1	3
Tehničko-tehnološki kriterij	1/7	1/5	1/3	1/3	1	1	3
Prostorno urbanistički kriterij	1/9	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1



Slika 29. Rangiranje kriterija

Nakon rangiranja kriterija slijedi rangiranje potkriterija u sklopu pojedinog kriterija. Kriterij sigurnost ima tri potkriterija od kojih je najveća važnost dodijeljena potrkiteriju „Sigurnost pješaka i biciklista“ kako bi se spriječio nastanak prometnih nesreća. Broj prometnih nesreća trebao bi biti što manji, a to se postiže smanjenjem broja konfliktnih točaka. Ocjene i rangiranje potkriterija prikazani su u Tablici 9 i na Slici 30.

Tablica 9. Ocjene za potkriterije kriterija "Sigurnost na ŽCP-u Trnava"

	Sigurnost pješaka i biciklista	Broj prometnih nesreća	Broj konfliktnih točaka
Sigurnost pješaka i biciklista	1	7	9
Broj prometnih nesreća	1/7	1	5
Broj konfliktnih točaka	1/9	1/5	1



Slika 30. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Sigurnost na ŽCP-u Trnava“

Društvene koristi očituju se u povećanju mobilnosti pješaka i biciklista, utjecaju na prometnu kulturu sudionika te u poticanju na ekološki održiv način prijevoza. Najveća važnost dodjeljuje se potrkiteriju mobilnosti kako bi se korisnicima osigurao što jednostavniji, brži, sigurniji i jeftiniji dolazak do odredišta. Zatim slijedi utjecaj na prometnu kulturu kojim se potiče korisnike na razmišljanje i donošenje ispravnih odluka u prometu. Također je potrebno

poticati korisnike na ekološki održive načine prijevoza. Ocjene i rangiranje potkriterija prikazani su u Tablici 10 i na Slici 31.

Tablica 10. Ocjene za potkriterije kriterija "Društvene koristi"

	Mobilnost pješaka i biciklista	Utjecaj na prometnu kulturu	Poticanje na ekološki održiv način prijevoza
Mobilnost pješaka i biciklista	1	3	6
Utjecaj na prometnu kulturu	1/3	1	4
Poticanje na ekološki održiv način prijevoza	1/6	1/4	1

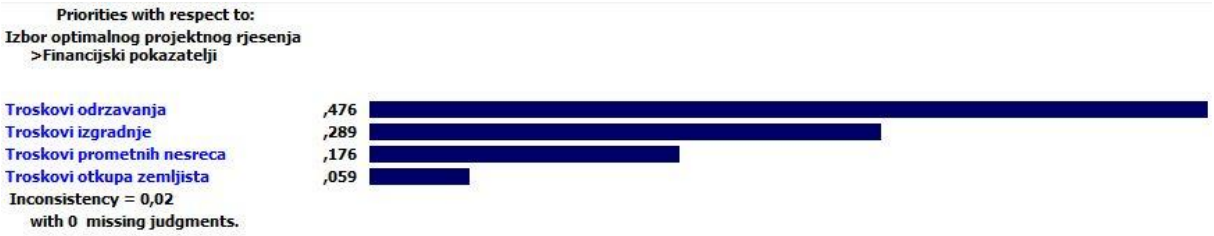


Slika 31. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Društvene koristi“

Financijski pokazatelji vrlo su bitni za realizaciju projekta. Kao najvažniji potkriterij izdvojeni su troškovi održavanja zbog toga jer se u konačnici najviše financijskih sredstva ulaže u održavanje izgrađenih građevina. Zatim slijede troškovi izgradnje, troškovi prometnih nesreća te troškovi otkupa zemljišta. Ocjene i rangiranje potkriterija prikazani su u Tablici 11 i na Slici 32.

Tablica 11. Ocjene za potkriterije kriterija "Financijski pokazatelji"

	Troškovi izgradnje	Troškovi održavanja	Troškovi prometnih nesreća	Troškovi otkupa zemljišta
Troškovi izgradnje	1	1/2	4	5
Troškovi održavanja	2	1	3	6
Troškovi prometnih nesreća	1/4	1/3	1	4
Troškovi otkupa zemljišta	1/5	1/6	1/4	1



Slika 32. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Financijski pokazatelji“

Ekološki pokazatelji imaju štetan utjecaj kako na okoliš tako i na čovjeka. Stoga je potrebno odabrati varijantu koja će imati najmanje štetan ekološki utjecaj pa su zbog toga važnosti potkriterija razina buke i razina ispušnih plinova podjednake, dok potrošnja goriva ima nešto manju važnost. U Tablici 12 su prikazane ocjene, a rangiranje potkriterija prikazano je na Slici 33.

Tablica 12. Ocjene za potkriterije kriterija "Ekološki pokazatelji"

	Razina buke	Razina ispušnih plinova	Potrošnja goriva
Razina buke	1	1	3
Razina ispušnih plinova	1	1	3
Potrošnja goriva	1/3	1/3	1

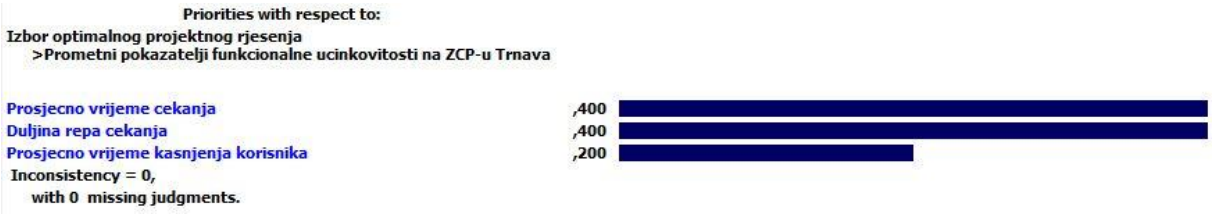


Slika 33. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Ekološki pokazatelji“

Prosječno vrijeme čekanja i duljina repa čekanja su međusobno povezani, odnosno što je vrijeme čekanja duže to se stvara duži rep čekanja. Stoga im je dodijeljena jednaka važnost. Nešto manju važnost ima potkriterij prosječno vrijeme kašnjenja korisnika zbog pretpostavke da duže vrijeme čekanja ima veći psihološki utjecaj na čovjeka koji rezultira nepromišljenim postupcima u prometu. Ocjene su prikazane u Tablici 13, a rangiranje kriterija na Slici 34.

Tablica 13. Ocjene za potkriterije kriterija "Prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava"

	Prosječno vrijeme čekanja	Prosječno vrijeme kašnjenja korisnika	Duljina repa čekanja
Prosječno vrijeme čekanja	1	2	1
Prosječno vrijeme kašnjenja korisnika	1/2	1	1/2
Duljina repa čekanja	1	2	1



Slika 34. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava“

Tehničko-tehnološki kriterij sastoji se od dva potkriterija pri čemu je veća važnost dodijeljena preglednosti na ŽCP-u u odnosu na propusnu moć. Ocjene su prikazane u Tablici 14, a rangiranje potkriterija je prikazano na Slici 35.

Tablica 14. Ocjene za potkriterije tehničko-tehnološkog kriterija

	Preglednost na ŽCP-u	Propusna moć
Preglednost na ŽCP-u	1	5
Propusna moć	1/5	1



Slika 35. Prikaz rangiranih potkriterija tehničko-tehnološkog kriterija

Prostorno-urbanistički kriterij sastoji se od dva potkriterija gdje je veća važnost dodijeljena potrkiteriju zauzetost površine u odnosu na uklopljenost u okolinu. Razlog tome je

ušteda prostora i financijskih sredstava. U Tablici 15 nalaze se ocjene, a rangiranje potkriterija prikazano je na slici 36.

Tablica 15. Ocjene za potkriterije prostorno-urbanističkog kriterija

	Zauzetost površine	Uklopljenost u okolinu
Zauzetost površine	1	8
Uklopljenost u okolinu	1/8	1



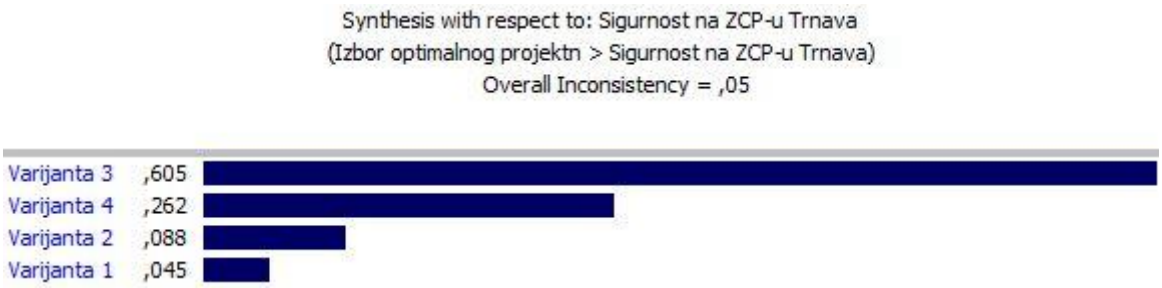
Slika 36. Prikaz rangiranih potkriterija prostorno-urbanističkog kriterija

5.3. Rangiranje varijanata

Nakon međusobnog rangiranja kriterija i potkriterija vršeno je rangiranje varijanata u odnosu na kriterije i potkriterije. Zbog teških prometnih nesreća koje su nastale na ŽCP-u Trnava potrebno je odabrati varijantu s najvećim stupnjem sigurnosti. U Tablici 16 nalaze se rangovi varijanata kriterija „Sigurnost na ŽCP-u Trnava“, a Slika 37 prikazuje rangiranje varijanata prema kriteriju sigurnost na ŽCP-u Trnava u programskom alatu Expert Choice. Iz ovih prikaza se može vidjeti da je Varijanta 3 najbolje rješenje prema navedenom kriteriju.

Tablica 16. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Sigurnost na ŽCP-u Trnava"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



Slika 37. Rangiranje varijanata prema kriteriju „Sigurnost na ŽCP-u Trnava“ u programskom alatu Expert Choice

Zbog žurbe pješaka i biciklista te njihovih nepropisnih prelazaka preko ŽCP-a potrebno je odabrati varijantu koja donosi najveći stupanj sigurnosti spomenutih korisnika ŽCP-a. Rangiranje varijanata prikazano je u Tablici 17 i na Slici 38.

Tablica 17. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Sigurnost pješaka i biciklista"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



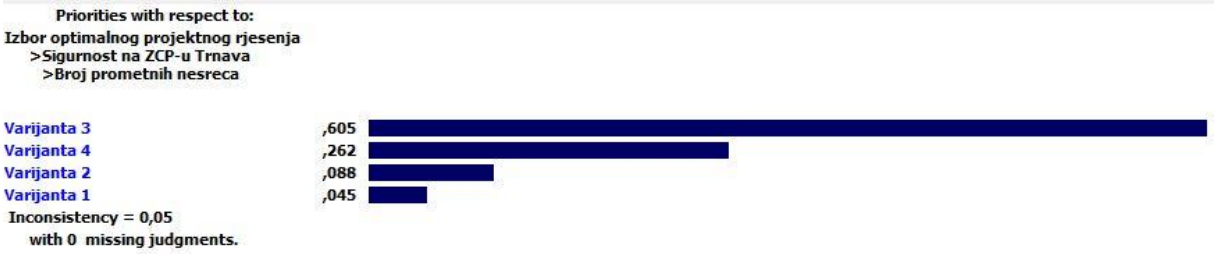
Slika 38. Rangiranje varijanata prema kriteriju „Sigurnost pješaka i biciklista“ u programskom alatu Expert Choice

Kod analize broja prometnih nesreća u obzir se uzimaju podaci o broju prometnih nesreća te podaci o broju stradalih u prometnim nesrećama. Od 2001. godine do danas na prijelazu je nastalo 6 prometnih nesreća u kojima je poginulo 7 osoba, a 2 su osobe teško ozlijeđene [4]. Podaci o troškovima prometnih nesreća u Hrvatskoj prikazuju da su troškovi prometnih nesreća sa smrtnim posljedicama jednaki iznosu 1.333.000 eura, dok su troškovi prometnih nesreća s teško ozlijeđenim osobama jednaki iznosu od 173.300 eura [4]. Što znači da su troškovi navedenih prometnih nesreća Hrvatsku stajale 9.677.600 eura. Stoga je potrebno

odabrati varijantu koja bi osigurala što manji broj prometnih nesreća kako bi se troškovi prometnih nesreća sveli na najmanju moguću razinu. Rangiranje varijanata prikazano je u Tablici 18 i na Slici 39.

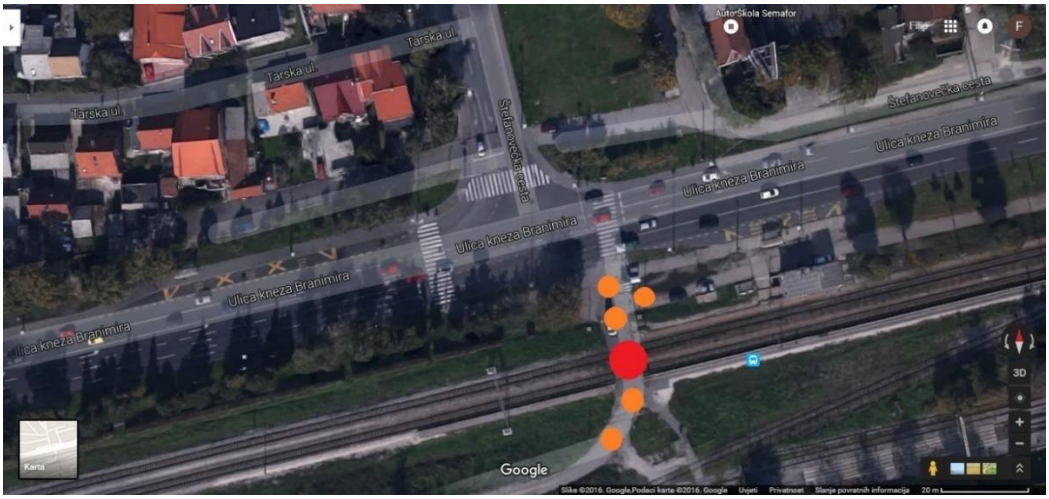
Tablica 18. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Broj prometnih nesreća"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



Slika 39. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Broj prometnih nesreća" u programskom alatu Expert Choice

Posljednji potkriterij odnosi se na broj konfliktnih točaka. Konfliktne točke predstavljaju opasna mjesta na kojima se pojavljuje mogućnost nastanka prometnih nesreća u međusobnoj interakciji pješaka i biciklista, cestovnih i željezničkih vozila. Kako bi se smanjila vjerojatnost nastanka prometne nesreće potrebno je odabrati varijantu s najmanjim brojem konfliktnih točaka. Na Slici 40 crvenom bojom je označena konfliktna točka u kojoj može nastati prometna nesreća pješaka ili biciklista i cestovnih vozila, pješaka ili biciklista i željezničkih vozila te između cestovnih i željezničkih vozila. Narančastom bojom označene su konfliktne točke gdje dolazi do prometnih nesreća između pješaka ili biciklista i cestovnih vozila. Predloženom projektnom Varijantom 3 uklanjaju se sve konfliktne točke stoga je rangirana kao najbolja. Varijantom 1 uklanjaju se konflikti između pješaka ili biciklista sa željezničkim vozilima. Varijantom 2 uklanjaju se konfliktne točke između pješaka/biciklista i cestovnih vozila međusobno te istih sa željezničkim vozilima. Varijantom 4 uklanjaju se konfliktne točke kao što je navedeno Varijantom 2. Rangiranje varijanata prema potkriteriju „Broj konfliktnih točaka“ prikazano je Tablicom 19 i Slikom 41.



Slika 40. Prikaz konfliktnih točaka postojećeg stanja

Tablica 19. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Broj konfliktnih točaka"

VARIJANTE	BROJ KONFLIKTNIH TOČAKA	RANG
VARIJANTA 1	3	4
VARIJANTA 2	2	3
VARIJANTA 3	0	1
VARIJANTA 4	1	2

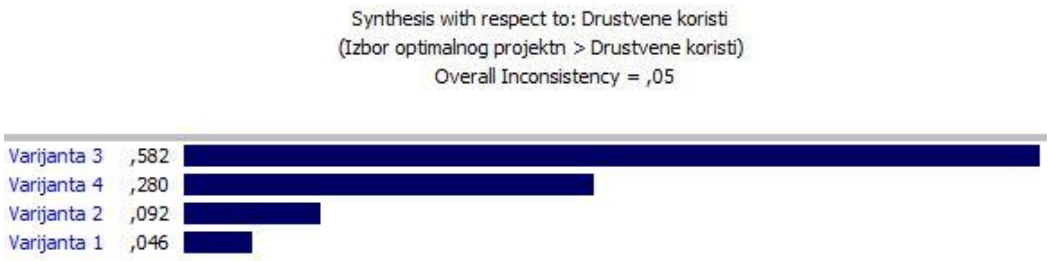


Slika 41. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Broj konfliktnih točaka" u programskom alatu Expert Choice

Zbog podizanja kvalitete života stanovništva potrebno je odabrati varijantu koja omogućuje najveću mobilnost, koja utječe na povećanje prometne kulture te potiče na korištenje alternativnih modova prijevoza. Slika 42 i Tablica 20 prikazuju rangiranje varijanata prema kriteriju društvene koristi. Može se vidjeti da je Varijanta 3 najbolje rješenje prema navedenom kriteriju.

Tablica 20. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Društvene koristi"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



Slika 42. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Društvene koristi" u programskom alatu Expert Choice

Prilikom rangiranja varijanata prema kriteriju „Mobilnost pješaka i biciklista“ promatra se utjecaj kvalitete prometne povezanosti i stupanj mobilnosti. Zbog nezadovoljstva građana s postojećim stanjem potrebno je osigurati površine za sigurno prometovanje pješaka i biciklista te povećati stupanj mobilnosti. Stoga se veća važnost dodjeljuje varijanti koja omogućuje bolju povezanost i veći stupanj mobilnosti. Iz rezultata (Tablica 21 i Slika 43) se može vidjeti da je Varijanta 3 najbolje rangirana. Također se može vidjeti rangiranje ostalih varijanata.

Tablica 21. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Mobilnost pješaka i biciklista"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



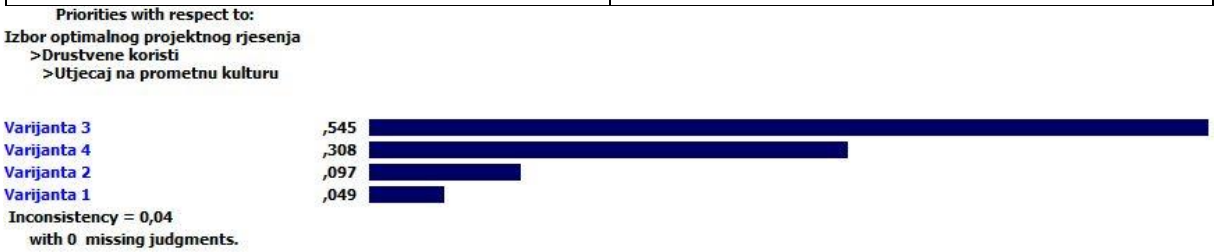
Slika 43. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Mobilnost pješaka i biciklista" u programskom alatu Expert Choice

Uočavanjem nedostatka prometne kulture sudionika u prometu cilj je potaknuti sudionike na razmišljanje i na ispravno donošenje vlastitih odluka. Osnovno polazište za postizanje povećanja

prometne kulture je uređenje pješačkih i biciklističkih površina za prometovanje. Tako će spomenuti sudionici biti zadovoljni i smirenije će donositi svoje odluke. Na taj način će sudionici koristiti površine koje su namijenjene njihovom prometovanju te će se povećati stupanj prometne kulture. Rangiranje varijanata vršeno je prema uvjetima koje pružaju pojedine varijante. Iz Tablice 22 i Slike 44 može se vidjeti da je Varijanta 3 najbolje rangirana. Također je prikazano rangiranje ostalih varijanata.

Tablica 22. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Utjecaj na prometnu kulturu"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



Slika 44. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Utjecaj na prometnu kulturu" u programskom alatu Expert Choice

Osnovno polazište za poticanje građana na ekološki održiv način prijevoza također je uređenje površina za njihovo putovanje. Osim što bi građani uštedjeli novac također bi se osjećali slobodnije te bi se smanjilo onečišćenje okoliša. Veći rang dodjeljuje se varijanti s boljim uvjetima prilagođenim alternativnim modovima prijevoza. Rezultati rangiranja prikazani su u Tablici 23 i na Slici 45.

Tablica 23. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Poticanje na ekološki održiv način prijevoza"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



Slika 45. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Poticanje na ekološki održiv način prijevoza" u programskom alatu Expert Choice

Kriterij financijski pokazatelji ukazuje na visinu utrošenih financijskih sredstava za pojedinu varijantu. Financijski pokazatelji uključuju potkriterije troškovi izgradnje, troškovi održavanja, troškovi prometnih nesreća i troškovi otkupa zemljišta. Varijante za koje je potrebno izdvojiti manje financijskih sredstava bolje su rangirane (Tablica 24 i Slika 46).

Tablica 24. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Financijski pokazatelji"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	1
VARIJANTA 2	2
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3



Slika 46. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Financijski pokazatelji" u programskom alatu Expert Choice

Troškovi izgradnje podrazumijevaju samo one troškove koji su potrebni da bi se izgradili svi elementi predloženi određenom varijantom. Najbolje rangirana je ona varijanta koja iziskuje najmanje financijskih sredstava za izgradnju (Tablica 25 i Slika 47).

Tablica 25. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi izgradnje"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	1
VARIJANTA 2	2
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3

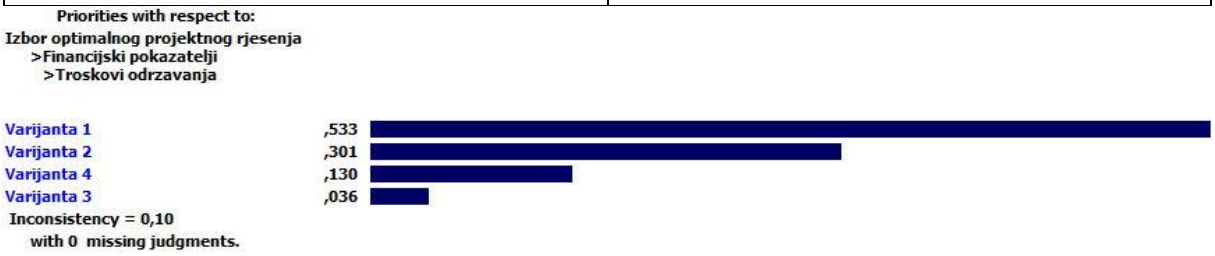


Slika 47. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi izgradnje" u programskom alatu Expert Choice

Troškovi održavanja podrazumijevaju sva financijska sredstva koja se ulažu u obnovu određenih elemenata pojedine varijante u razdoblju nakon izgradnje da bi ona mogla osigurati nesmetano odvijanje prometa. Najbolje rangirana varijanta je Varijanta 1 jer je održavanje relativno jeftino. Rangiranje svih varijanti prikazano je u Tablici 26 i na Slici 48.

Tablica 26. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi održavanja"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	1
VARIJANTA 2	2
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3

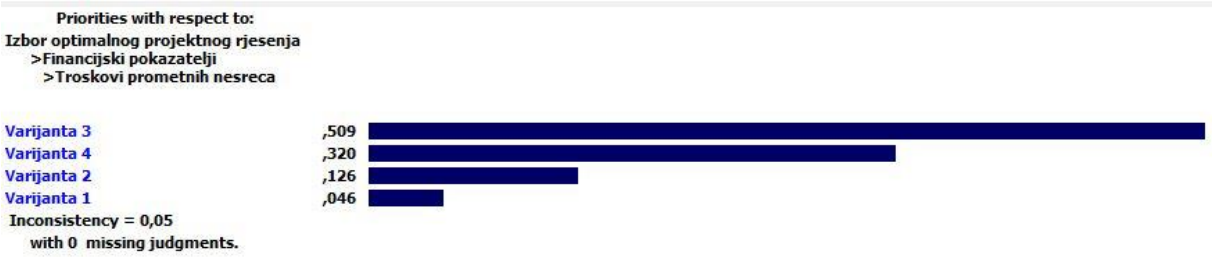


Slika 48. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi održavanja" u programskom alatu Expert Choice

Troškovi prometnih nesreća podrazumijevaju troškove koji idu na teret državi zbog nastanaka prometne nesreće. Najbolje rangirana varijanta je Varijanta 4 zbog toga jer se pretpostavlja da će nastati najmanji broj nesreća te ako nastanu biti će lakše posljedice. Rangiranje svih varijanata prikazano je u Tablici 27 i na Slici 49.

Tablica 27. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi prometnih nesreća"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2

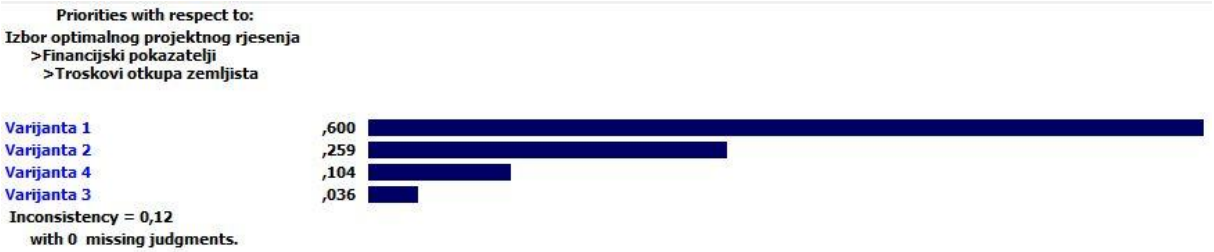


Slika 49. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi prometnih nesreća" u programskom alatu Expert Choice

Troškovi otkupa zemljišta podrazumijevaju one troškove koji nastaju radi otkupa zemljišta koje je u privatnom vlasništvu, a potrebno je za izgradnju određene varijante. Najbolje rangirana varijanta je ona kod koje je potrebno otkupiti što manje zemljišta ili čiji otkup iziskuje što manje financijskih sredstava. Rezultati rangiranja svih varijanata nalaze se u Tablici 28 i na Slici 50.

Tablica 28. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi otkupa zemljišta"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	1
VARIJANTA 2	2
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3

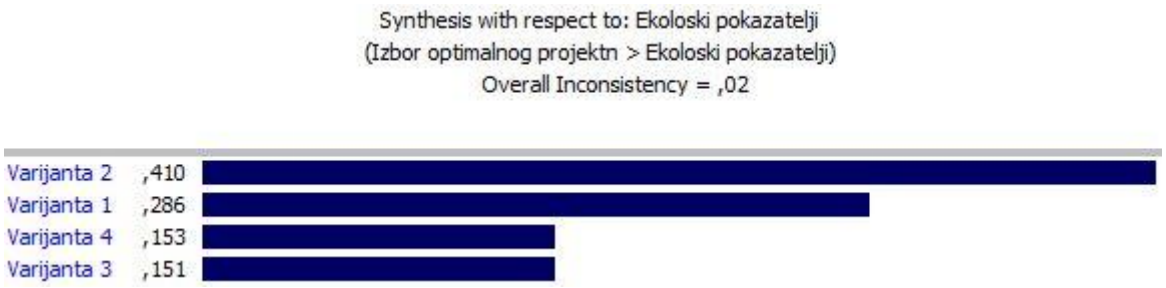


Slika 50. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi otkupa zemljišta" u programskom alatu Expert Choice

Kriterij ekološki pokazatelji podrazumijeva količinu zagađenja okoliša s obzirom na način odvijanja prometa. Navedeni kriterij uključuje tri potkriterija, a to su razina buke, razina ispušnih plinova i potrošnja goriva. Rangiranje varijanata prema navedenom kriteriju vrši se na temelju ekološki prihvatljivijeg rješenja, a rezultati su prikazani u Tablici 29 i na Slici 51.

Tablica 29. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Ekološki pokazatelji"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	2
VARIJANTA 2	1
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3

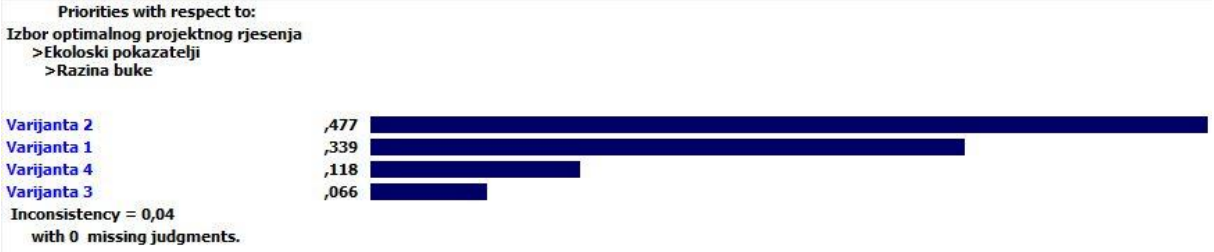


Slika 51. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Ekološki pokazatelji" u programskom alatu Expert Choice

Potkriterij razina buke podrazumijeva razinu buke kod svake varijante. Također treba uzeti u obzir da li je navedeno područje naseljeno u užem ili širem području. Najbolje rangirana varijanta je ona koja osigurava najnižu razinu buke. Rezultati rangiranja prikazani su u Tablici 30 i na Slici 52.

Tablica 30. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Razina buke"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	2
VARIJANTA 2	1
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3

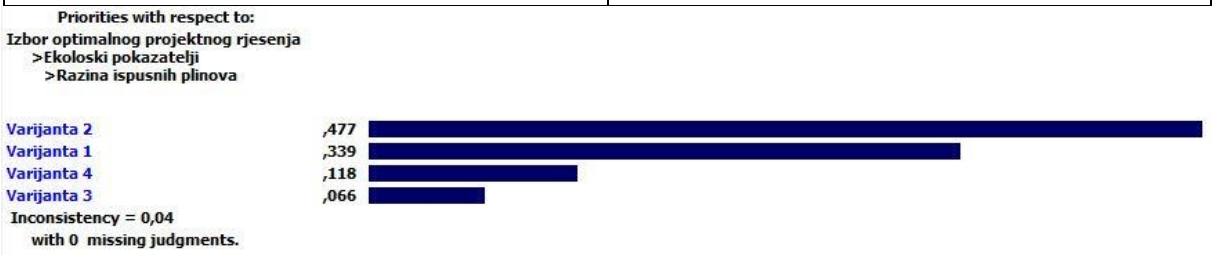


Slika 52. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Razina buke" u programskom alatu Expert Choice

Potkriterij razina ispušnih plinova podrazumijeva količinu emisije zagađenja kod svake varijante. Prema potkriteriju razina ispušnih plinova, najviši rang dobiva ona varijanta koja ima najmanju emisiju štetnih plinova. Rezultati rangiranja varijanata prikazani su u Tablici 31 i na Slici 53.

Tablica 31. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Razina ispušnih plinova"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	2
VARIJANTA 2	1
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3

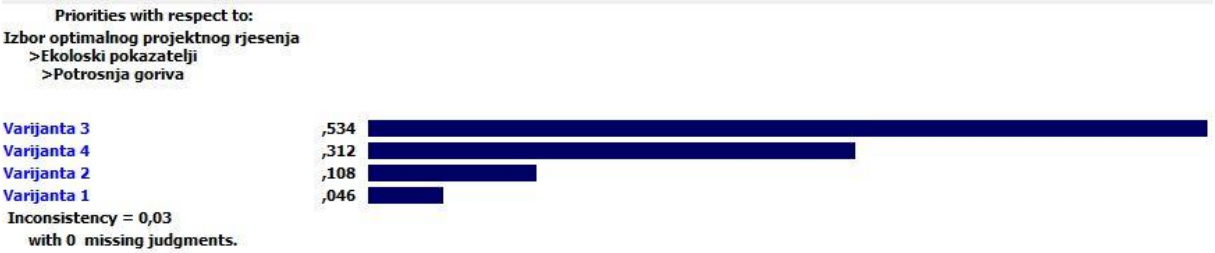


Slika 53. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Razina ispušnih plinova" u programskom alatu Expert Choice

Potkriterij potrošnja goriva podrazumijeva količinu potrošnje goriva koja nastaje zbog čekanja na ŽCP-u, a izražena je u litrama po satu po vozilu. Prosječna potrošnja goriva automobila u praznom hodu iznosi 0,8 L/h. Najbolje rangirana varijanta je ona koja osigurava najmanju potrošnju goriva. Rezultati rangiranja varijanata prikazani su u Tablici 32 i na Slici 54.

Tablica 32. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Potrošnja goriva"

VARIJANTE	POTROŠNJA GORIVA (L/h po vozilu)	RANG
VARIJANTA 1	0,5	4
VARIJANTA 2	0,4	3
VARIJANTA 3	0	1
VARIJANTA 4	0,1	2

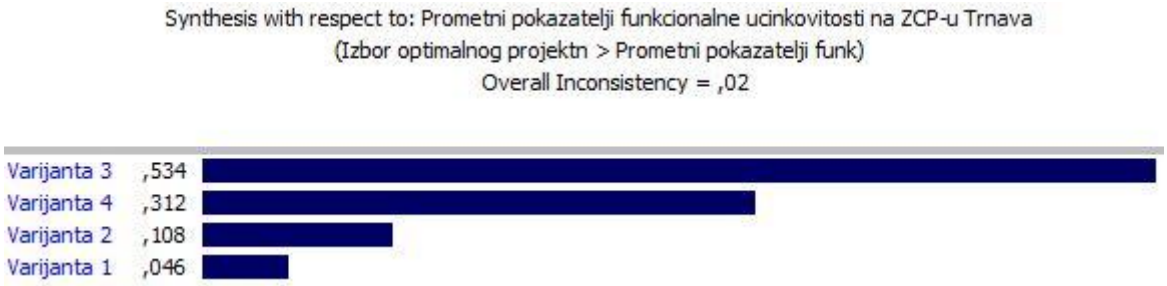


Slika 54. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Potrošnja goriva" u programskom alatu Expert Choice

Prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava uzimaju u obzir sve elemente koji utječu na kvalitetu i duljinu putovanja. Kriterij prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava uključuje tri potkriterija, a to su prosječno vrijeme čekanja, prosječno vrijeme kašnjenja korisnika te duljina repa čekanja. U Tablici 33 i na Slici 55 prikazano je rangiranje varijanata prema navedenom kriteriju.

Tablica 33. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2

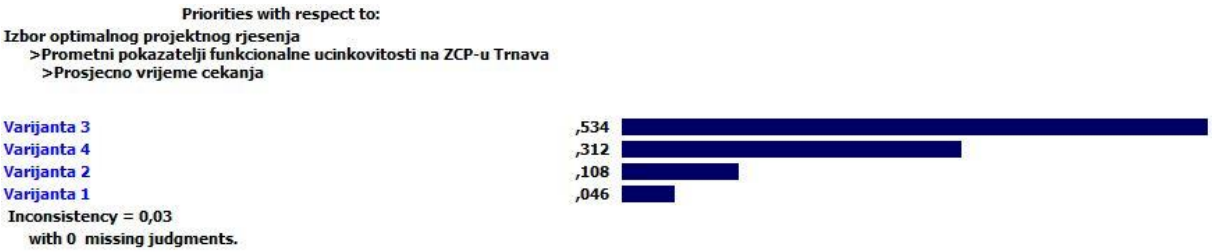


Slika 55. Rangiranje varijanata prema kriteriju prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava u programskom alatu Expert Choice

Prosječno vrijeme čekanja podrazumijeva vrijeme provedeno na ŽCP-u kada korisnik čeka na siguran prolaz. Tako je najbolje rangirana varijanta ona koja osigurava najkraće čekanje na ŽCP-u. Rezultati rangiranja prikazani su u Tablici 34 i na Slici 56.

Tablica 34. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Prosječno vrijeme čekanja"

VARIJANTE	PROSJEČNO VRIJEME ČEKANJA (min)	RANG
VARIJANTA 1	3	4
VARIJANTA 2	2	3
VARIJANTA 3	0	1
VARIJANTA 4	1	2

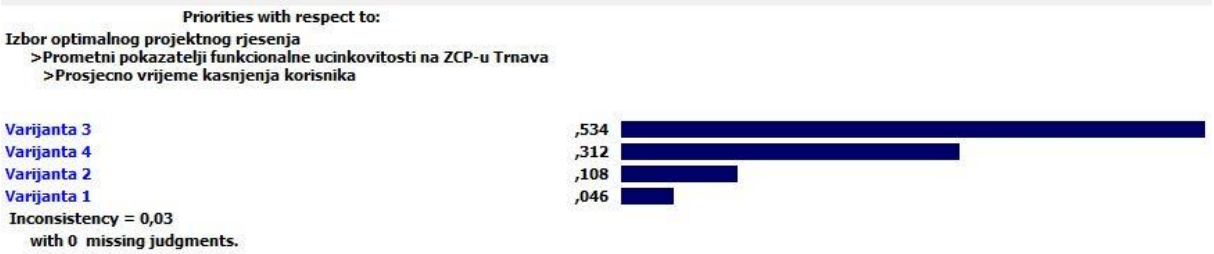


Slika 56. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Prosječno vrijeme čekanja" u programskom alatu Expert Choice

Prosječno vrijeme kašnjenja korisnika podrazumijeva razliku između planiranog vremena dolaska na odredište i stvarnog vremena dolaska. Spomenuto kašnjenje prouzročilo je čekanje na ŽCP-u. Rangiranje varijanata prema navedenom potrkiteriju prikazano je u Tablici 35 i na Slici 57.

Tablica 35. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Prosječno vrijeme kašnjenja korisnika"

VARIJANTE	PROSJEČNO VRIJEME KAŠNJENJA (min)	RANG
VARIJANTA 1	5	4
VARIJANTA 2	3	3
VARIJANTA 3	0	1
VARIJANTA 4	2	2

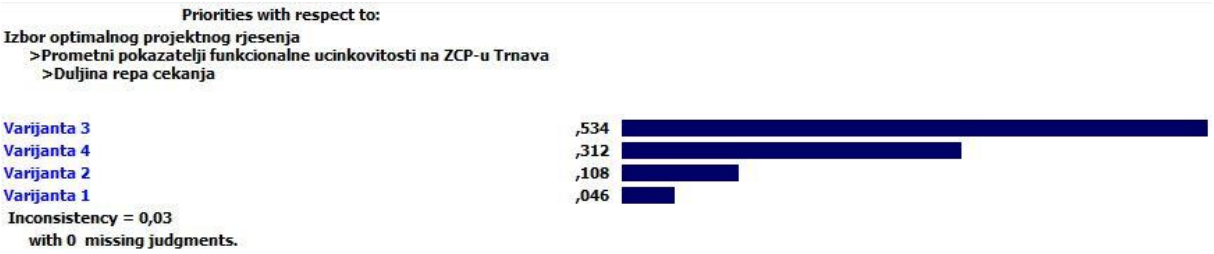


Slika 57. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Prosječno vrijeme kašnjenja" u programskom alatu Expert Choice

Duljina repa čekanja podrazumijeva broj vozila koji čekaju na prolaz na ŽCP-u. Prema potkriteriju duljina repa čekanja najveći rang dobiva ona varijanata koja osigurava što manji rep čekanja. Rezultati rangiranja prikazani su u Tablici 36 i na Slici 58.

Tablica 36. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Duljina repa čekanja"

VARIJANTE	DULJINA REPA ČEKANJA (voz)	RANG
VARIJANTA 1	6	4
VARIJANTA 2	5	3
VARIJANTA 3	0	1
VARIJANTA 4	1	2

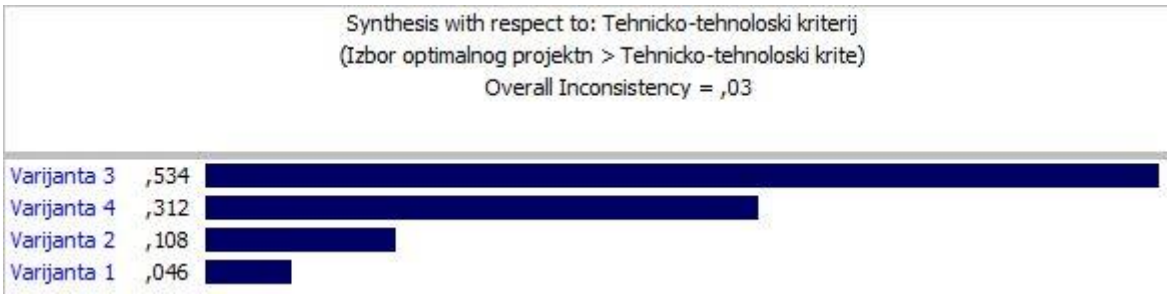


Slika 58. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Duljina repa čekanja" u programskom alatu Expert Choice

Tehničko-tehnološki kriterij podrazumijeva korištenje više elemenata koji povećavaju kvalitetu prometnog sustava. On uključuje dva potkriterija, a to su preglednost na ŽCP-u i propusna moć. Prednost kod rangiranja varijanata (Tablica 37 i Slika 59) dodjeljuje se varijanti koja osigurava bolju preglednost na ŽCP-u i veću propusnu moć.

Tablica 37. Rangiranje varijanata prema tehničko-tehnološkom kriteriju

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



Slika 59. Rangiranje varijanata prema tehničko-tehnološkom kriteriju u programskom alatu Expert Choice

Kod rangiranja varijanata prema potkriteriju „Preglednost na ŽCP-u“ u veća važnost dodjeljuje se varijanti koja osigurava bolju preglednost na ŽCP-u. Rangiranje varijanata prikazano je u Tablici 38 i na Slici 60.

Tablica 38. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Preglednost na ŽCP-u"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	4
VARIJANTA 2	3
VARIJANTA 3	1
VARIJANTA 4	2



Slika 60. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Preglednost na ŽCP-u" u programskom alatu Expert Choice

Propusna moć podrazumijeva najveći broj vozila koja mogu proći u jedinici vremena na određenom području. Prema potkriteriju propusna moć, veći rang dobiva ona varijanta koja omogućuje veću propusnu moć. Rangiranje varijanata prikazano je u Tablici 39 i na Slici 61.

Tablica 39. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Propusna moć"

VARIJANTE	PROPUSNA MOĆ (voz/h)	RANG
VARIJANTA 1	1.800	4
VARIJANTA 2	1.900	3
VARIJANTA 3	3.200	1
VARIJANTA 4	2.000	2



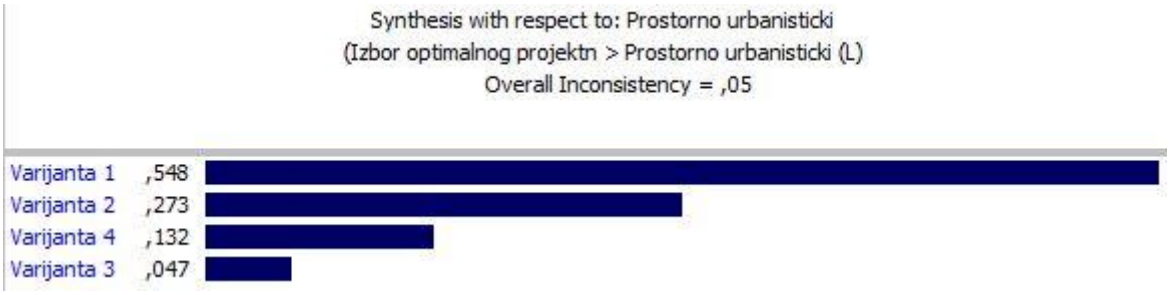
Slika 61. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Propusna moć" u programskom alatu Expert Choice

Prostorno-urbanistički kriterij odnosi se na potrebnu veličinu građevinskih zahvata kako bi se realizirala izgradnja svih elemenata koji su predloženi varijantama. Navedeni kriterij uključuje potkriterij zauzetost površine te potkriterij uklopljenost u okolinu. Prednost kod

rangiranja varijanata (Tablica 40 i Slika 62) dodjeljuje se varijanti koja zauzima manje površine i koja se bolje uklapa u okolinu.

Tablica 40. Rangiranje varijanata prema prostorno-urbanističkom kriteriju

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	1
VARIJANTA 2	2
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3

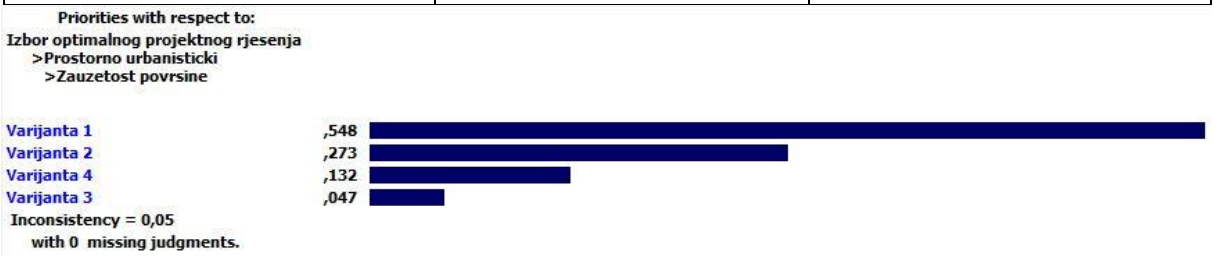


Slika 62. Rangiranje varijanata prema prostorno-urbanističkom kriteriju u programskom alatu Expert Choice

Potkriterij zauzetost površine podrazumijeva koju veličinu površine zauzima određena varijanta da bi mogla imati svoju funkciju. Varijanta koja zauzima manje površine bolje je rangirana zbog racionalnog korištenja prostora. Kako bi se izgradili svi elementi predloženi varijantama potrebna je određena veličina površine za pojedinu varijantu (Tablica 41). Rangiranje varijanata prikazano je u Tablici 41 i na Slici 63.

Tablica 41. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Zauzetost površine"

VARIJANTE	ZAUZETOST POVRŠINE (m^2)	RANG
VARIJANTA 1	800	1
VARIJANTA 2	3.800	2
VARIJANTA 3	11.980	4
VARIJANTA 4	9.710	3

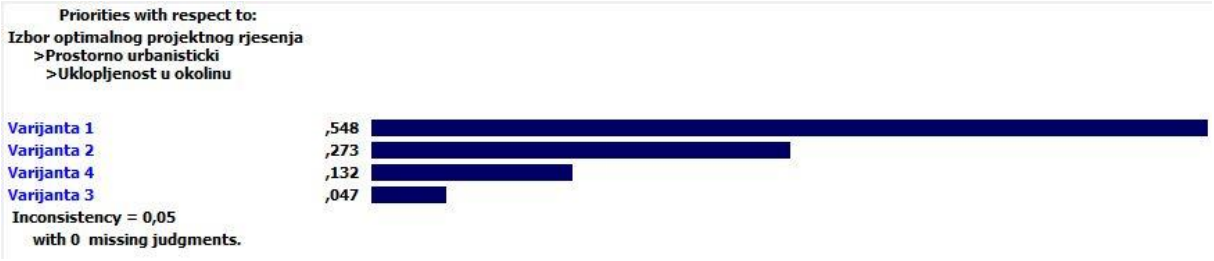


Slika 63. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Zauzetost površine" u programskom alatu Expert Choice

Potkriterij uklopljenost u okolinu odnosi se više na estetski dio izvedbe nego na funkcionalni. Unatoč tome, bitno je da se odabrana varijanta uklopi na područje ŽCP-a Trnava. Varijanti koja sadrži suvremene i moderne elemente koji se mogu s lakoćom koristit na ŽCP-u Trnava dodjeljuje se veći rang. Rangiranje varijanata prikazano je u Tablici 42 i na Slici 64.

Tablica 42. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Uklopljenost u okolinu"

VARIJANTE	RANG
VARIJANTA 1	1
VARIJANTA 2	2
VARIJANTA 3	4
VARIJANTA 4	3



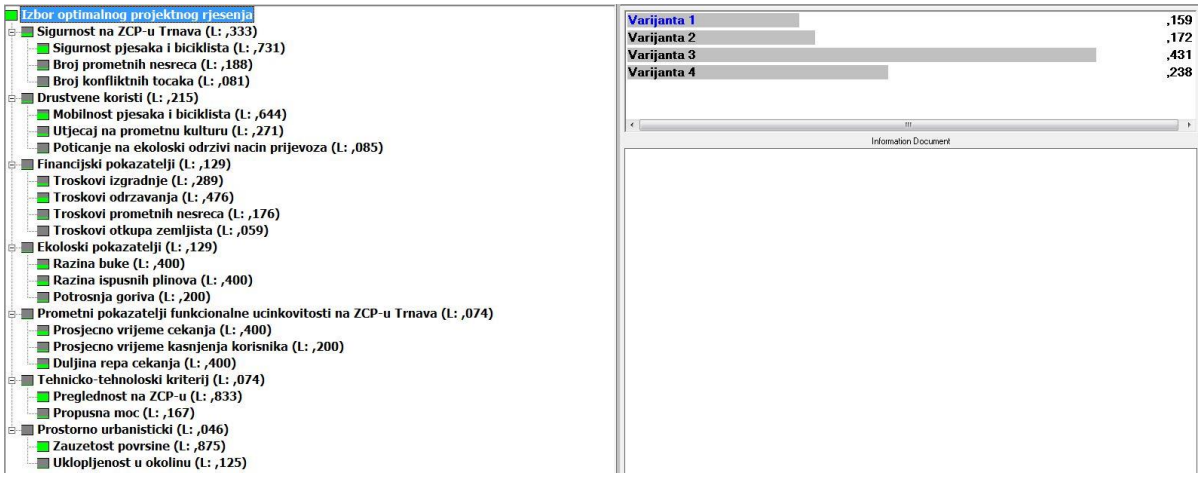
Slika 64. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Uklopljenost u okolinu" u programskom alatu Expert Choice

6. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE I ANALIZA OSJETLJIVOSTI

U ovom poglavlju prikazan je izbor optimalne varijante projektnog rješenja te je prikazana analiza osjetljivosti. Analiza osjetljivosti omogućuje određivanje „kritičkih“ varijabli ili parametara modela, a njezin osnovni cilj je procijeniti prihvatljivost projekta ako vrijednosti kritičnih parametara projekta budu promijenjene [13].

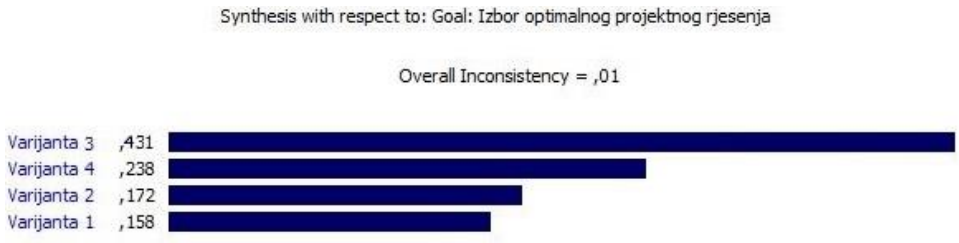
6.1. Izbor optimalne varijante

Izbor optimalne varijante određuje se AHP metodom tako da se svi relevantni podaci unose u programski alat Expert Choice. Dobiveni rezultati prikazani su na Slici 65. Rezultati prikazuju da je najbolji izbor Varijanta 3 koja je za 19,3% bolja od Varijante 4, za 25,9% bolja od Varijante 2 i za 27,2% bolja od Varijante 1.



Slika 65. Izbor optimalne varijante

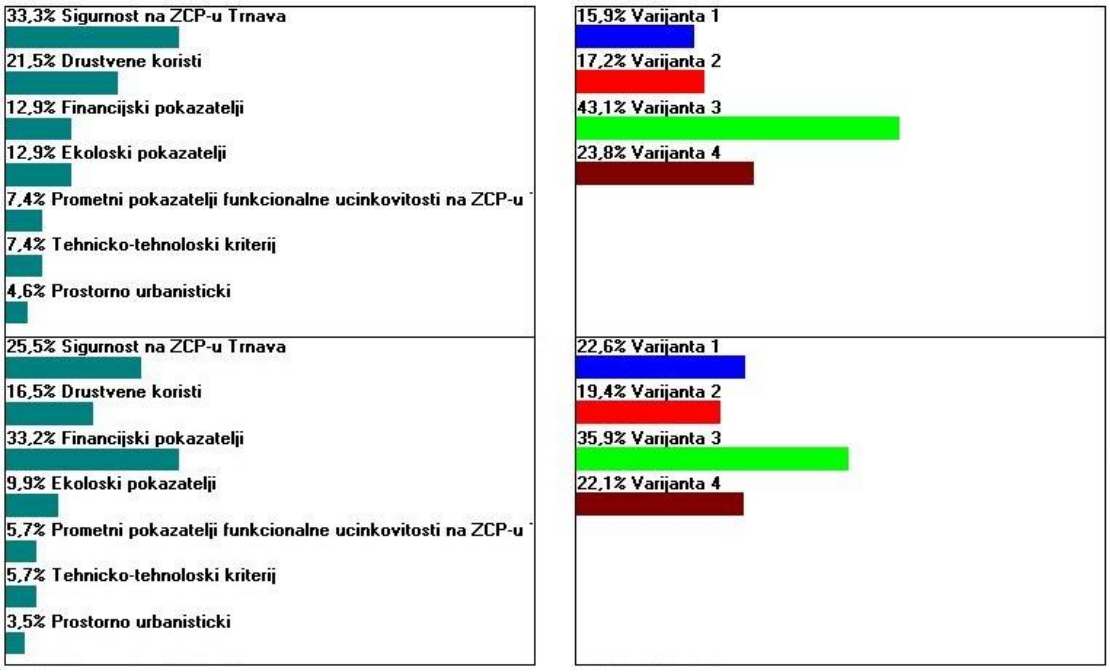
Redoslijed varijanata počevši od najbolje prikazan je na Slici 66. Varijanta 3 je optimalno rješenje za izgradnju uz minimalnu konzistentnost 0,01.



Slika 66. Prikaz redoslijeda varijanata uz određeno odstupanje

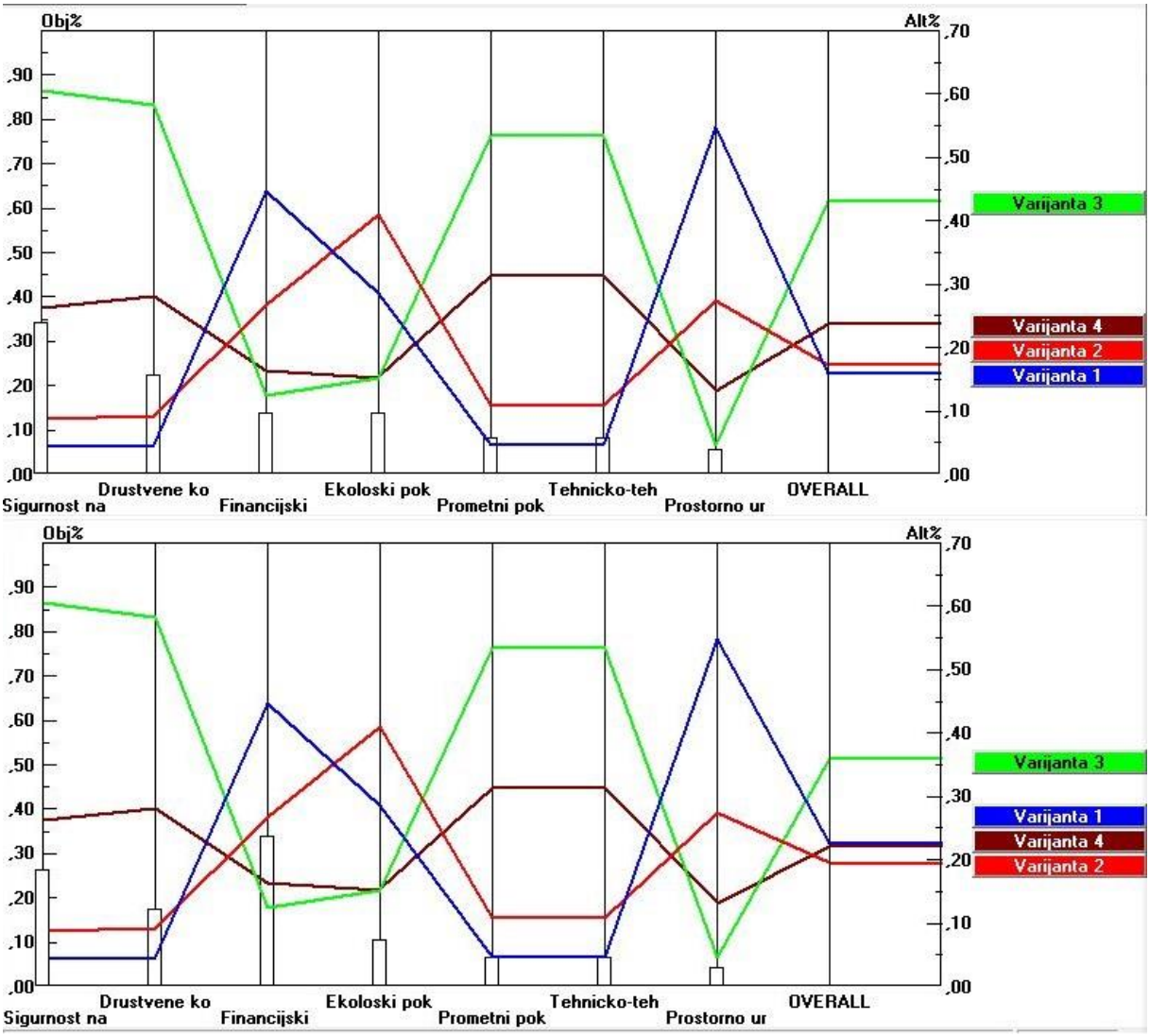
6.2. Analiza osjetljivosti

Analiza osjetljivosti vrši se zbog uvida kako promjena važnosti kriterija utječe na osjetljivost varijanata. Cilj ove analize je procijeniti je li određeni projekt prihvaćen ako se promijene kriteriji prema kojem se odabire. Najviše rangirani kriterij je sigurnost budući da ima veliki broj korisnika koji ne poštuju propise, a posljedice mogu biti fatalne. Kriterij financijski pokazatelj je rangiran na 3. mjestu zbog toga što važniju ulogu pri odabiru varijante svakako ima ljudski život i sama kvaliteta prometnog rješenja koja bi poboljšala ljudsku mobilnost. Slika 67 prikazuje promjenu vrijednosti kriterija financijski pokazatelji. Ako se važnost navedenog kriterija poveća sa 12,9% na 33,2% može se vidjeti da je Varijanta 3 i dalje optimalno rješenje. Također se može primijetiti da je Varijanta 1 bolje rješenje od Varijante 2 i Varijante 4. Povećanje vrijednosti kriterija financijskih pokazatelja vršeno je zbog promatranja kretanja vrijednosti najvažnijeg kriterija „Sigurnost na ŽCP-u Trnava“ i uočavanja promjene rangiranja varijanata. Prema dobivenim rezultatima može se vidjeti da je Varijanta 1 bolje rješenje od Varijante 2 i Varijante 4 bez obzira što je stupanj sigurnosti daleko najniži kod Varijante 1.



Slika 67. Analiza osjetljivosti

Promjena važnosti kriterija također se može prikazati linijskim grafikonom. Na Slici 68 nalazi se grafički prikaz osjetljivosti. Iz grafa se mogu očitati promjene težina kriterija za izbor optimalne varijante.



Slika 68. Grafički prikaz analize osjetljivosti

6.3. Simulacija za optimalnu varijantu u programskom alatu PTV Vissim te usporedba s postojećim stanjem

Prikaz rezultata budućeg stanja odvijanja motornog prometa na ŽCP-u Trnava nalazi se na Slici 69. Može se primijetiti da su repovi čekanja smanjeni na minimum u odnosu na postojeće stanje. Najveća duljina repa čekanja stvara se na Štefanovečkoj cesti za vozila koja se uključuju na Branimirovu ulicu u smjeru istoka (lijevi skretači), a iznosi 38,35 metara što je oko 6 vozila. Zatim na Branimirovoj ulici za lijeve skretače iz smjera zapada prema sjeveru, a iznosi 19,73 metara što je oko 3 vozila. Unatoč stvaranja repova čekanja njihovo prosječno kašnjenje iznosi 15 sekundi što je zanemarivo u odnosu na postojeće stanje. Najveća emisija CO zabilježena je kod vozila koja se kreću Branimirovom ulicom od istoka prema zapadu te iznosi 578,335 PPM što je upola manje nego kod postojećeg stanja. Također je u tom smjeru zabilježena i najveća potrošnja goriva u iznosu od 8.27 litara što je upola manje nego kod postojećeg stanja.

Count: 9	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	VehDelay(All)	StopDelay(All)	EmissionsCO	FuelConsumptio	Stops(All)
1	8	0-3600	1 - 1@94.2	0,00	0,00	0,01	0,00	295.705	4.230	0,00
2	8	0-3600	1 - 2@37.8	0,00	0,00	0,02	0,00	32.935	0.471	0,00
3	8	0-3600	1 - 3@70.0	1,07	19,73	15,87	8,98	70.529	1.009	0,79
4	8	0-3600	1 - 4@66.9	0,00	0,00	0,20	0,00	578.335	8.274	0,00
5	8	0-3600	1 - 4@66.9	0,00	0,00	0,48	0,00	10.091	0.144	0,00
6	8	0-3600	1 - 6@68.4	0,00	0,00	0,04	0,00	7.886	0.113	0,00
7	8	0-3600	1 - 7@7.4 -	0,15	13,65	2,59	0,23	44.016	0.630	0,06
8	8	0-3600	1 - 8@7.7 -	2,27	38,35	12,24	6,54	64.118	0.917	0,62
9	8	0-3600	1	0,50	38,35	1,25	0,55	1103.670	15.789	0,05

Slika 69. Prikaz rezultata budućeg stanja na ŽCP-u Trnava

Prikaz budućeg stanja odvijanja motornog prometa na ŽCP-u Osječka-Trnava I nalazi se na Slici 70. Može se primijetiti da su repovi čekanja smanjeni na minimum u odnosu na postojeće stanje. Najveća duljina repa čekanja stvara se na Osječkoj ulici za vozila koja se uključuju na Branimirovu ulicu u smjeru istoka (lijevi skretači), a iznosi 38,42 metara što je oko 6 vozila. Unatoč stvaranju repova čekanja njihovo prosječno kašnjenje iznosi 9 sekundi što je zanemarivo u odnosu na postojeće stanje. Na ostalim privozima nije zabilježeno stvaranje repova čekanja. Najveća emisija CO zabilježena je kod vozila koja se kreću Branimirovom ulicom od istoka prema zapadu te iznosi 578,496 PPM što je upola manje nego kod postojećeg stanja. Također je u tom smjeru zabilježena i najveća potrošnja goriva u iznosu od 8.27 litara što je upola manje nego kod postojećeg stanja. Rezultati o najvećoj emisiji CO i prosječnoj

potrošnji goriva zabilježeni su upravo u smjeru koji je naviše opterećen te koji nije nastao zbog čekanja vozila u repu.

Count: 8	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	VehDelay(All)	StopDelay(All)	EmissionsCO	FuelConsumptior	Stops(All)
1	2	0-3600	1 - 1@84.0	0,00	0,00	0,05	0,00	365.126	5.224	0,00
2	2	0-3600	1 - 2@64.8	0,00	0,00	0,16	0,00	578.496	8.276	0,00
3	2	0-3600	1 - 2@64.8	0,00	0,00	0,37	0,00	7.132	0.102	0,00
4	2	0-3600	1 - 3@79.2	0,00	0,00	0,01	0,00	34.093	0.488	0,00
5	2	0-3600	1 - 4@26.3	0,00	0,00	0,28	0,00	6.035	0.086	0,00
6	2	0-3600	1 - 6@15.3	0,35	38,42	8,69	4,95	17.922	0.256	0,35
7	2	0-3600	1 - 6@15.3	0,06	6,73	2,99	0,29	18.943	0.271	0,16
8	2	0-3600	1	0,07	38,42	0,29	0,07	1027.584	14.701	0,01

Slika 70. Prikaz rezultata budućeg stanja na ŽCP-u Osječka-Trnava I

Što se tiče pješačkog i biciklističkog prometa pothodnici koji su predloženi optimalnom varijantom omogućuju nesmetani prolazak korisnika ŽCP-om uz najveći stupanj sigurnosti. Takav način rješavanja pješačko-biciklističkih tokova uvelike skraćuje vrijeme putovanja, u potpunosti eliminira vrijeme čekanja na ŽCP-u, povećava udobnost putovanja do odredišta i stvara osjećaj zadovoljstva koji ih potiče na korištenje alternativnih modova prijevoza.

7. ZAKLJUČAK

Zapaženi problemi poput kršenja prometnih propisa i pravila, neuređenosti prometnih površina, dugih čekanja na ŽCP-u, velikih kašnjenja korisnika i ograničene mobilnosti korisnika dovode do niske razine sigurnosti na ŽCP-u Trnava i užem području. Takav način odvijanja prometa rezultira većoj potrošnji goriva pri čemu nastaju velike količine štetnih ispušnih plinova koji su uzročnici zagađenja okoliša. Polazne osnove za rješavanje navedenih problema su rezultati metoda istraživanja postojećeg stanja na temelju kojih se predlažu nove projektne varijante. Rezultati metoda istraživanja su konkretni i mjerljivi čimbenici na temelju kojih se donose odluke o izboru optimalne varijante.

Na temelju prikupljenih podataka metodom anketiranja (200 anketa), brojanja prometa te snimanjem ponašanja sudionika i samo odvijanje prometa na navedenom ŽCP-u dolazi se do zaključka da dnevno ima u prosjeku 450 ilegalnih prelazaka pješaka i 160 ilegalni prelazaka biciklista. Nadalje 73% ispitanika ne zna koliko iznosi kazna za nepropisan prelazak što govori da sudionici u prometu nisu dovoljno informirani te da ne shvaćaju ozbiljnost nepropisnih prelaska. Također je vidljivo da je polubranik spušten gotovo 50% vremena što dovodi do dugog čekanja na prijelazu, a samim time i nepropisne prelaske. Sudionici u prometu smatraju da su nužne promjene koje bi osigurale veći stupanj sigurnosti sudionika te bolju povezanost i mobilnost stanovnika odnosno 93% ispitanika smatra da su pothodnik i podvožnjak nužna potreba.

Izrađenom simulacijom dolazi se do podataka da se na ŽCP-ima stvaraju veliki repovi čekanja vozila koja iznose do 240 metara, prosječno vrijeme kašnjenja vozila je 80 sekundi, udio CO iznosi 1100 PPM, a prosječna potrošnja goriva zbog čekanja iznosi 17 litara. Kod izrade simulacije pješačkih i biciklističkih tokova pretpostavka je da svi korisnici poštuju prometne propise kako bi se dobili podaci o broju osoba u repu čekanja i njihovo kašnjenje. Pa se tako dolazi do podataka da prosječno na prijelazu čeka 40 korisnika. Unatoč tome što ispitanici tvrde da su polubranici dugo spušteni mjerenjem intervala spuštenosti dolazi se podatka da su polubranici u prosjeku spušteni oko 4 minute, stoga je prosječno kašnjenje korisnika 50 sekundi.

Rezultati provedene metode Analitičkog hijerarhijskog procesa prikazuju da je optimalan izbor Varijanta 3 koja je za 19,3% bolja od Varijante 4, za 25,9% bolja od Varijante 2 i za 27,2% bolja od Varijante 1. Nakon provedene analize osjetljivosti Varijanta 3 i dalje ostaje optimalna varijanta.

Na temelju izbora optimalne varijante izrađena je simulacija budućeg stanja te usporedba s postojećim stanjem. Rezultati simulacije govore da se duljina repa čekanja smanjila sa 240 metara na 38 metara, prosječno kašnjenje vozila smanjilo se s 80 sekundi na 16 sekundi. Udio CO gotovo se prepolovio te iznosi 578 PPM. Također se prosječna potrošnja goriva sa 17 litara smanjila na 8,2 litre. Što se tiče pješačkih i biciklističkih tokova nema zabilježenih repova čekanja niti kašnjenja korisnika zbog toga jer je predložena izgradnja pothodnika koji omogućuje nesmetan prelazak preko ŽCP-a te se eliminiraju konfliktne točke sa svim motornim vozilima.

Na temelju svih navedenih rezultata istraživanja dolazi se do zaključka da se sigurnost odvijanja prometa stavlja na prvo mjesto kako bi se smanjio broj prometnih nesreća i broj stradalih osoba. Financijske pokazatelje treba promatrati objektivno i veću težinu treba prikloniti sigurnosti odvijanja prometa zbog toga jer se ljudski život ne može mjeriti financijskim sredstvima. Također treba uzeti u obzir ekološke pokazatelje i koristi društva za poboljšanje sustava u cjelini, smanjenja troškova, razvoja gospodarstva te poticanje alternativnih načina prijevoza i zdravog načina života.

LITERATURA

[1] Breški D., Cvitanić D., Vukušić P.: *Primjena simulacijskih modela pri izradi prometne analize*, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, 2010., str 113 – 122

[2] *Grafikon voznog reda za (ŠID) – dg – Tovarnik – Dugo Selo – Zagreb Glavni kolodvor*, 2015./2016., HŽ Infrastruktura d.o.o., Zagreb

[3] *Izvješće o mreži 2016*., HŽ Infrastruktura d.o.o., Zagreb, 2016.

[4] *Podaci o broju prometnih nesreća*, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2016.

[5] Legac, I: *Gradske prometnice*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 36 – 54

[6] *Istraživanje mjera povećanja sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima*, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za cestovni promet, Interni podatci, 2016.

[7] Zelenika, R.: *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela*, 2000., str. 366

[8] Vujević, M.: *Uvođenje u znanstveni rad u području društvenih znanosti*, treće izmijenjeno izdanje, Informator, Zagreb, 1988., str. 90 – 108.

[9] Silla, A., Luoma, J.: *Opinions on Railway Trespassing of People Living Close to a Railway Line*, Safety Science, 50 (1), 62–67, 2012

[10] http://www.hzinfra.hr/akcija-vlak-je-uvijek-brzi, (pristupljeno: srpanj 2016.)

[11] Manual PTV Vissim, implementiran u programu

[12] http://minisink.org/tspoi/underpass.jpg, (pristupljeno: lipanj 2016.)

[13] Barić, D.: *Model planiranja prometno-tehnoloških projekata u funkciji razvoja željeznice*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, doktorska disertacija, Zagreb 2010.

[14] Saaty, T. L.: *Decision making with the analytic hierarchy process*, International Journal of Services Sciences 1(1): 83–98, 2008, http://dx.doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590

POPIS KRATICA

AHP – Analitički hijerarhijski proces (eng. Analityc Hierarchy Process)

CO – ugljikov monoksid

EJA – ekvivalent jedinice automobila

HŽ – Hrvatske Željeznice

MUP – Ministarstvo unutarnjih poslova

PPM – mjerna jedinica za udio CO (eng, Parts per million)

SWOT – eng. S – Strengths (snage), W - Weaknesses (slabosti), O - Opportunities (prilike), T - Threats (prijetnje)

ŽCP – željezničko-cestovni prijelaz

POPIS SLIKA

Slika 1. Makroskopski prikaz ŽCP-a Trnava 3
Slika 2. Mikroskopski prikaz ŽCP-a Trnava i užeg područja 3
Slika 3. Neuređenost prometnih površina 4
Slika 4. Nepropisno prelaženje preko pruge 5
Slika 5. Aplikacije za brojanje prometa 6
Slika 6. Brojački listić korišten prilikom brojanja motornog prometa 7
Slika 7. Makroskopski prikaz lokacija brojanja prometa 8
Slika 8. Prosječno opterećenje prometnica u vršnim satima izraženo u EJA 9
Slika 9. Brojački listić korišten prilikom brojanja pješaka i biciklista 12
Slika 10. Prikaz anketnog upitnika korištenog u istraživanju 15
Slika 11. Anketiranje korisnika ŽCP-a Trnava 16
Slika 12. Prikaz simulacije postojećeg stanja 22
Slika 13. Prikaz rezultata na ŽCP-u Trnava 23
Slika 14. Prikaz postojećeg stanja na ŽCP-u Osječka-Trnava I 23
Slika 15. Prikaz rezultata na ŽCP-u Osječka-Trnava I 24
Slika 16. Prikaz intenziteta pješačkog i biciklističkog prometa na ŽCP-u Trnava 24
Slika 17. Prikaz rezultata pješačkog i biciklističkog prometa na ŽCP-u Trnava 25
Slika 18. Prikaz projektnog rješenja Varijante 1 26
Slika 19. Prikaz projektnog rješenja Varijante 2 27
Slika 20. Povezanost raskrižja sa kružnim tokom 28
Slika 21. Prikaz projektnog rješenja Varijante 3 na ŽCP-u Trnava 29
Slika 22. Prikaz projektnog rješenja Varijante 3 na ŽCP-u Osječka - Trnava I 30
Slika 23. Primjer pothodnika Port Jervis, New York 30
Slika 24. Prikaz projektnog rješenja Varijante 4 na ŽCP-u Trnava 31
Slika 25. Prikaz projektnog rješenja Varijante 4 na ŽCP-u Osječka - Trnava I 32
Slika 26. Osnovna SWOT matrica 34
Slika 27. Hijerarhijska struktura AHP modela 39
Slika 28. Hijerarhijska struktura AHP modela 41
Slika 29. Rangiranje kriterija 45
Slika 30. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Sigurnost na ŽCP-u Trnava“ 45
Slika 31. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Društvene koristi“ 46
Slika 32. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Financijski pokazatelji“ 47

Slika 33. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Ekološki pokazatelji“ 47
Slika 34. Prikaz rangiranih potkriterija kriterija „Prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava“..... 48
Slika 35. Prikaz rangiranih potkriterija tehničko-tehnološkog kriterija..... 48
Slika 36. Prikaz rangiranih potkriterija prostorno-urbanističkog kriterija 49
Slika 37. Rangiranje varijanata prema kriteriju „Sigurnost na ŽCP-u Trnava“ u programskom alatu Expert Choice 50
Slika 38. Rangiranje varijanata prema kriteriju „Sigurnost pješaka i biciklista“ u programskom alatu Expert Choice..... 50
Slika 39. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Broj prometnih nesreća" u programskom alatu Expert Choice 51
Slika 40. Prikaz konfliktnih točaka postojećeg stanja..... 52
Slika 41. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Broj konfliktnih točaka" u programskom alatu Expert Choice 52
Slika 42. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Društvene koristi" u programskom alatu Expert Choice..... 53
Slika 43. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Mobilnost pješaka i biciklista" u programskom alatu Expert Choice..... 53
Slika 44. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Utjecaj na prometnu kulturu" u programskom alatu Expert Choice..... 54
Slika 45. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Poticanje na ekološki održiv način prijevoza" u programskom alatu Expert Choice 54
Slika 46. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Financijski pokazatelji" u programskom alatu Expert Choice..... 55
Slika 47. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi izgradnje" u programskom alatu Expert Choice..... 56
Slika 48. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi održavanja" u programskom alatu Expert Choice 56
Slika 49. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi prometnih nesreća" u programskom alatu Expert Choice..... 57
Slika 50. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi otkupa zemljišta" u programskom alatu Expert Choice..... 57
Slika 51. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Ekološki pokazatelji" u programskom alatu Expert Choice..... 58

Slika 52. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Razina buke" u programskom alatu Expert Choice 58
Slika 53. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Razina ispušnih plinova" u programskom alatu Expert Choice 59
Slika 54. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Potrošnja goriva" u programskom alatu Expert Choice 59
Slika 55. Rangiranje varijanata prema kriteriju prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava u programskom alatu Expert Choice 60
Slika 56. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Prosječno vrijeme čekanja" u programskom alatu Expert Choice 61
Slika 57. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Prosječno vrijeme kašnjenja" u programskom alatu Expert Choice 61
Slika 58. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Duljina repa čekanja" u programskom alatu Expert Choice 62
Slika 59. Rangiranje varijanata prema tehničko-tehnološkom kriteriju u programskom alatu Expert Choice 62
Slika 60. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Preglednost na ŽCP-u" u programskom alatu Expert Choice 63
Slika 61. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Propusna moć" u programskom alatu Expert Choice 63
Slika 62. Rangiranje varijanata prema prostorno-urbanističkom kriteriju u programskom alatu Expert Choice 64
Slika 63. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Zauzetost površine" u programskom alatu Expert Choice 64
Slika 64. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Uklopljenost u okolinu" u programskom alatu Expert Choice 65
Slika 65. Izbor optimalne varijante 66
Slika 66. Prikaz redoslijeda varijanata uz određeno odstupanje 66
Slika 67. Analiza osjetljivosti 67
Slika 68. Grafički prikaz analize osjetljivosti 68
Slika 69. Prikaz rezultata budućeg stanja na ŽCP-u Trnava 69
Slika 70. Prikaz rezultata budućeg stanja na ŽCP-u Osječka-Trnava I 70

POPIS TABLICA

Tablica 1. Metodologija istraživanja po danima 11
Tablica 2. Razlozi ilegalnog prelaska preko ŽCP-a 21
Tablica 3. SWOT matrica za Varijantu 1 35
Tablica 4. SWOT matrica za Varijantu 2 36
Tablica 5. SWOT matrica za Varijantu 3 37
Tablica 6. SWOT matrica za Varijantu 4 38
Tablica 7. Saatyeva skala važnosti 40
Tablica 8. Ocjene za kriterije prema Saaty-u 44
Tablica 9. Ocjene za potkriterije kriterija "Sigurnost na ŽCP-u Trnava" 45
Tablica 10. Ocjene za potkriterije kriterija "Društvene koristi" 46
Tablica 11. Ocjene za potkriterije kriterija "Financijski pokazatelji" 46
Tablica 12. Ocjene za potkriterije kriterija "Ekološki pokazatelji" 47
Tablica 13. Ocjene za potkriterije kriterija "Prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava" 48
Tablica 14. Ocjene za potkriterije tehničko-tehnološkog kriterija 48
Tablica 15. Ocjene za potkriterije prostorno-urbanističkog kriterija 49
Tablica 16. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Sigurnost na ŽCP-u Trnava" 49
Tablica 17. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Sigurnost pješaka i biciklista" 50
Tablica 18. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Broj prometnih nesreća" 51
Tablica 19. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Broj konfliktnih točaka" 52
Tablica 20. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Društvene koristi" 53
Tablica 21. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Mobilnost pješaka i biciklista" 53
Tablica 22. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Utjecaj na prometnu kulturu" 54
Tablica 23. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Poticanje na ekološki održiv način prijevoza" 54
Tablica 24. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Financijski pokazatelji" 55
Tablica 25. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi izgradnje" 55
Tablica 26. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi održavanja" 56
Tablica 27. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi prometnih nesreća" 56
Tablica 28. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Troškovi otkupa zemljišta" 57
Tablica 29. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Ekološki pokazatelji" 58
Tablica 30. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Razina buke" 58

Tablica 31. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Razina ispušnih plinova" 59
Tablica 32. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Potrošnja goriva" 59
Tablica 33. Rangiranje varijanata prema kriteriju "Prometni pokazatelji funkcionalne učinkovitosti na ŽCP-u Trnava" 60
Tablica 34. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Prosječno vrijeme čekanja" 60
Tablica 35. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Prosječno vrijeme kašnjenja korisnika" 61
Tablica 36. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Duljina repa čekanja" 61
Tablica 37. Rangiranje varijanata prema tehničko-tehnološkom kriteriju 62
Tablica 38. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Preglednost na ŽCP-u" 63
Tablica 39. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Propusna moć" 63
Tablica 40. Rangiranje varijanata prema prostorno-urbanističkom kriteriju 64
Tablica 41. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Zauzetost površine" 64
Tablica 42. Rangiranje varijanata prema potkriteriju "Uklopljenost u okolinu" 65

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prikaz analiziranih podataka za motorna vozila na ŽCP-u Trnava 10
Grafikon 2. Prikaz analiziranih podataka za pješake i bicikliste 13
Grafikon 3. Prikaz zatvorenosti ŽCP-a Trnava 14
Grafikon 4. Podjela ispitanika prema spolu 17
Grafikon 5. Podjela ispitanika po starosnoj skupini 17
Grafikon 6. Prikaz podataka o učestalosti prelaska preko ŽCP-a Trnava 18
Grafikon 7. Prikaz podataka o svrsi prelaska preko ŽCP-a Trnava 19
Grafikon 8. Prikaz podataka o blizini stanovanja ispitanika od ŽCP-a 19
Grafikon 9. Podaci o prometnoj educiranosti ispitanika 20
Grafikon 10. Mišljenje ispitanika o nužnosti izgradnje pothodnika i podvožnjaka 21

METAPODACI

Naslov rada: Vrednovanje varijanata projektnih rješenja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa

Student: Filip Pižeta

Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić

Naslov na drugom jeziku (engleski): Project Variants Evaluation of Level Crossing Trnava by Applying Analytic Hierarchy Process

Povjerenstvo za obranu:

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

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

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: diplomski

Studij: Promet **(**npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

Datum obrane diplomskog rada: 27. rujna 2016.

Napomena: pod datum obrane diplomskog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Vrednovanje varijanata projektnih rješenja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 14.9.2016 Filip Pižeta

(potpis)