

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Klanjšek, A. 2012. Idejna zasnova preureditve in ekonomska analiza križišča cest R1-221 in R1-223 v Trbovljah. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Maher, T., somentor Kostanjšek, J.): 71 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Klanjšek, A. 2012. Idejna zasnova preureditve in ekonomska analiza križišča cest R1-221 in R1-223 v Trbovljah. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Maher, T., co-supervisor Kostanjšek, J.): 71 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
PROMETNA SMER

Kandidatka:

ANJA KLANJŠEK

**IDEJNA ZASNOVA PREUREDBITVE IN EKONOMSKA
ANALIZA KRIŽIŠČA CEST R1-221 IN R1-223 V
TRBOVLJAH**

Diplomska naloga št.: 3253/PS

**OUTLINE SCHEME OF ALTERNATIVES AND
ECONOMIC ANALYSIS OF THE INTERSECTION ON
ROADS R1-221 AND R1-223 IN TRBOVLJE**

Graduation thesis No.: 3253/PS

Mentor:
doc. dr. Tomaž Maher

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:
viš. pred. mag. Jure Kostanjšek

Član komisije:
izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Ljubljana, 27. 09. 2012

POPRAVKI

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **ANJA KLANJŠEK** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
**»IDEJNA ZASNOVA PREUREditVE IN EKONomsKA ANALIZA KRIŽIŠČA CEST R1-221
IN R1-223 V TRBOVLJAH«.**

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 6. 9. 2012

(podpis kandidatke)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.739 (043.2)
Avtor: Anja Klanjšek
Mentor: doc. dr. Tomaž Maher, univ. dipl. inž. grad.
Somentor: viš. pred. mag. Jure Kostanjšek, univ. dipl. inž. grad.
Naslov: Idejna zasnova preureditve in ekonomska analiza križišča cest R1-221 in R1-223 v Trbovljah
Obseg in oprema: 71 str., 28 pregl., 15 graf., 31 sl., 1 en., 11 pril.
Ključne besede: križišča, semaforizirano križišče, krožno križišče, prometna varnost, kapaciteta, ekonomska analiza, stroški in koristi uporabnikov

Izvodček:

V diplomski nalogi je na konkretnem primeru predstavljena medsebojna primerjava dveh variant rekonstrukcije neustreznega križišča regionalnih cest R1-221/1220 Bevško–Trbovlje, R1-221/1219 Zagorje–Bevško in R1-223/1229 Bevško–most čez Savo. Prikazan je postopek planiranja rekonstrukcije križišča z opisom obstoječega stanja, analizo prometne varnosti, podatkih o prometnih obremenitvah in kapacitetno analizo. Na osnovi tega sta bili predlagani dve možni varianti rekonstrukcije: klasično semaforizirano štirikrako križišče in krožno križišče. Predlagani varianti sem medsebojno primerjala po gradbeno-tehničnih, prometno-ekonomskih, okoljskih parametrih ter prostorskih in prometno-varnostnih pogojih. Za vsako izmed variant so opisane projektne rešitve ter izdelana kapacitetna analiza. Ekonomska upravičenost posameznih variant je določena s programom TUBA, ki vrednoti uspešnost investicije na podlagi koristi in stroškov uporabnikov. Primerjava posameznih rešitev je pokazala, da je izvedba krožnega križišča ugodnejša po vseh kriterijih, razen kriterija prometne prepustnosti. Predlagana rešitev krožnega križišča tako predstavlja najbolj optimalno rešitev. Diplomaska naloga prikazuje smiselnost prometne študije, s katero medsebojno primerjamo različne variante preureditve in izberemo najboljšo varianto, ki zagotavlja ustrezno prepustnost, je prometno varna, ustrezno umeščena v prostor ter ekonomsko upravičena. Poudariti je potrebno tudi smiselnost ekonomskega vrednotenja investicije na osnovi stroškov in koristi uporabnikov.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 625.739 (043.2)
Author: Anja Klanjšek
Supervisor: Assist. Prof. Tomaž Maher, Ph.D.
Co-supervisor: Sen. Lect. Jure Kostanjšek, M.Sc.
Title: Outline scheme of alternatives and economic analysis of the intersection on roads R1-221 and R1-223 in Trbovlje
Scope and tools: 71 p., 28 tab., 15 graph., 31 fig., 1 eq., 11 ann.
Keywords: intersection, signalised intersection, roundabout, traffic safety, capacity, economic analysis, user costs and benefits

Abstract:

The thesis presents an inter-comparison of two variants of a reconstruction of the unsuitable intersection of regional roads R1-221/1220 Bevško-Trbovlje R1-221/1219 Zagorje-Bevško and R1-223/1229 Bevško-Most čez Savo. The process of planning the reconstruction of the intersection is shown, with a description of the existing situation, the analysis of road safety data on traffic loads, and the capacity analysis. Based on this, two possible variants of reconstruction were proposed: the classic x-junction with traffic lights and the roundabout. The proposed variants were compared with each other by construction- technical, transport-economic, environmental parameters and the spatial and traffic- safety conditions. Design solutions and performance-analysis are described for each of the variants. The economic efficiency of the variants is determined by the TUBA program, which evaluates the successfulness of the investment on the basis of user cost-benefit. Comparison of individual solutions showed that the implementation of the roundabout is favorable according to all criteria, except the traffic permeability criterion. The proposed roundabout preposition was proven as the most optimal solution. The thesis shows reasonableness of the traffic study, with which different variants of the conversion are compared and the best variant is chosen, the one which ensures adequate permeability, is safe (considering traffic safety), properly placed in the surroundings, and economically justified. It is also necessary to point out the reasonableness of the economic evaluation of the investment, based on the user costs and benefits.

ZAHVALA

Nobena pot ni ravna.

Nobena pot ni revna, a vsaka je zahtevna

in tvoja ena sama – glavna.

(Tone Pavček)

Zahvaljujem se doc. dr. Tomažu Maherju za prevzem mentorstva ter viš. pred. mag. Juretu Kostanjšku za somentorstvo pri diplomski nalogi. Za pomoč in nasvete pri uporabi računalniških programov pa se zahvaljujem viš. pred. dr. Aleksandru Srdiču in asist. mag. Roku Marsetiču.

Hvala Jožetu Forteju, univ. dipl. inž. grad. in Gregorju Božiču, univ. dipl. inž. geod. za strokovne napotke in nasvete ter odgovore na številna vprašanja.

Za lektoriranje diplomske naloge se zahvaljujem višji učiteljici slovenščine Marjani Eberlinc.

Hvaležna sem staršem, bratu in starim staršem, ki so mi v času šolanja stali ob strani in mi pomagali iskati glavno pot. Na poti me je spremljal tudi fant Jaša, ki mi je bil v veliko pomoč pri grafičnem oblikovanju diplomske naloge.

Moja pot do diplome je bila vsekakor lažja tudi zaradi Tadeje, Nuše, Janje, Tine ter ostalih sošolcev, s katerimi smo s skupnimi močmi premagovali tegobe in okušali radosti študentskega življenja.

Še enkrat se zahvaljujem vsem, ki ste verjeli vame, me spodbujali in mi pomagali.

Anja Klanjšek

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	TEORETIČNE OSNOVE	2
2.1	Splošno o križiščih	2
2.2	Upravičenost izvedbe svetlobno signalnih naprav	3
2.3	Kriteriji za presojo upravičenosti izvedbe krožnega križišča	5
2.4	Globalni kriteriji za upravičenost izvedbe	5
2.4.1	Določitev kapacitetnih parametrov s programom Synchro 6.0	6
3	OBSTOJEČE STANJE OBRAVNAVANEGA KRIŽIŠČA	8
3.1	Opis obstoječega stanja	8
3.2	Analiza prometne varnosti	11
3.2.1	Križišče Sušnik	11
3.2.2	Priključek industrijske ceste	20
3.3	Prometne obremenitve	21
3.3.1	Prometne obremenitve v križišču »Sušnik«	21
3.3.2	Prometne obremenitve priključka industrijske ceste	24
3.3.3	Stopnja rasti in planska doba	26
3.4	Kapacitetna analiza obstoječega stanja	28
4	VARIANTA 1: KLASIČNO SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE	32
4.1	Opis projektne rešitve klasičnega semaforiziranega križišča	32
4.2	Kapacitetna analiza klasičnega semaforiziranega štirikrakega križišča	32
5	VARIANTA 2: KROŽNO KRIŽIŠČE	38
5.1	Opis projektne rešitve krožnega križišča	38
5.2	Kapacitetna analiza krožnega križišča	38
6	PROJEKTIRANJE KRIŽIŠČA »SUŠNIK«	42
6.1	Trasirni elementi	42
6.1.1	Horizontalni potek	42
6.1.2	Vertikalni potek in odvodnjavanje	43
6.1.3	Prečni nagib vozišča	43
6.2	Normalni prečni profili	44
6.3	Zgornji ustoj	44
6.4	Preddela in zemeljska dela	45
6.5	Ocena stroškov	46
7	PPREVERJANJE PREVOZNOSTI	47
7.1	Preverjanje prevoznosti klasičnega semaforiziranega štirikrakega križišča	47

7.2	Preverjanje prevoznosti krožnega križišča	49
8	EKONOMSKA ANALIZA	53
8.1	Metodologija	53
8.2	Ekonomsko vrednotenje križišča »Sušnik«	58
8.3	Investicijski stroški in koristi	59
8.3.1	Stroški časa	59
8.3.2	Stroški za gorivo	61
8.3.3	Investicijski stroški	61
8.4	Ugotovitve ekonomskega vrednotenja	62
8.4.1	Klasično semaforizirano križišče	62
8.4.2	Krožno križišče	64
9	ZAKLJUČKI IN UGOTOVITVE	67
	VIRI	70
	SEZNAM PRILOG	71

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Nivo uslug za križišče s stransko cesto	7
Preglednica 2: Nivo uslug za semaforizirano križišče	7
Preglednica 3: Nivo uslug določen po metodi ICU	7
Preglednica 4: Število prometnih nesreč v posameznem analiziranem letu	12
Preglednica 5: Tip prometnih nesreč	13
Preglednica 6: Vzrok prometnih nesreč	14
Preglednica 7: Udeleženci prometnih nesreč	15
Preglednica 8: Posledice prometnih nesreč	16
Preglednica 9: Urni interval prometnih nesreč	17
Preglednica 10: Vreme v času nastanka prometnih nesreč	18
Preglednica 11: Vozišče v času nastanka prometnih nesreč	18
Preglednica 12: Promet v času nastanka prometnih nesreč	19
Preglednica 13: Prometne obremenitve za števno mesto 307 Zagorje–Bevško	27
Preglednica 14: Prometne obremenitve za števno mesto 582 Bevško–Trbovlje	27
Preglednica 15: Nivo uslug rekonstruiranega križišča ob koncu planske dobe	28
Preglednica 16: Povzetek simulacije obstoječega stanja	29
Preglednica 17: Povzetek simulacije semaforiziranega križišča	35
Preglednica 18: Povzetek simulacije krožnega križišča	40
Preglednica 19: Razmerje glavnih oblikovnih elementov krožnega križišča	49
Preglednica 20: Rekapitulacija zemeljskih del:	45
Preglednica 21: Ocena stroškov izgradnje klasičnega semaforiziranega križišča	46
Preglednica 22: Ocena stroškov izgradnje krožnega križišča	46
Preglednica 23: Vrednosti časa glede na namen in vrsto vozila (leto 2012)	59
Preglednica 24: Delež potovanj po namenih (v %)	60
Preglednica 25: Povprečna zasedenost vozila	60
Preglednica 26: Cene goriva dne 29. 5. 2012	61
Preglednica 27: Klasično semaforizirano križišče – razporeditev koristi (v 1000 €)	63
Preglednica 28: Krožno križišče – razporeditev koristi (v 1000 €)	65

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Razvoj števila prometnih nesreč	12
Grafikon 2: Tip prometne nesreče	13
Grafikon 3: Vzrok prometne nesreče	14
Grafikon 4: Udeleženci prometnih nesreč	15
Grafikon 5: Posledice prometnih nesreč	16
Grafikon 6: Urni interval nastanka prometne nesreče	17
Grafikon 7: Vreme v času nastanka prometne nesreče	18
Grafikon 8: Stanje vozišča v času prometne nesreče	19
Grafikon 9: Promet v času nastanka prometnih nesreč	19
Grafikon 10: Sedanja vrednost stroškov in koristi klasičnega semaforiziranega križišča (v 1000 €)	62
Grafikon 11: Struktura koristi klasičnega semaforiziranega križišča	63
Grafikon 12: Prikaz koristi glede na tip vozila – klasično semaforizirano križišče	64
Grafikon 13: Sedanja vrednost stroškov in koristi krožnega križišča (v 1000 €)	65
Grafikon 14: Struktura koristi krožnega križišča	66
Grafikon 15: Prikaz koristi glede na tip vozila – krožno križišče	66

KAZALO SLIK

Slika 1: Določitev upravičenosti SSN glede na večplastni kriterij (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin, 1991)	4
Slika 2: Prikaz lokacije obravnavanega križišča	8
Slika 3: Pogled na križišče z okoliško pozidavo	8
Slika 4: Krak regionalne ceste R1-223/1229	9
Slika 5: Krak regionalne ceste R1-221/1220	10
Slika 6: Krak regionalne ceste R1-221/1219	10
Slika 7: Obstoječ priključek industrijske ceste	11
Slika 8: Geometrija križišča »Sušnik«	21
Slika 9: Diagram prometnih obremenitev križišča »Sušnik« v jutranji konici	22
Slika 10: Diagram prometnih obremenitev križišča »Sušnik« v popoldanski konici	23
Slika 11: Geometrija priključka industrijske ceste	24
Slika 12: Diagram prometnih obremenitev križišča z industrijsko cesto v jutranji konici	25
Slika 13: Diagram prometnih obremenitev križišča z industrijsko cesto v popoldanski konici	26
Slika 14: Prikaz prometnih obremenitev obstoječega stanja v času jutranje konice	28
Slika 15: Prikaz prometnih obremenitev obstoječega stanja v času popoldanske konice	29
Slika 16: Prikaz geometrije obstoječega trikrakega križišča	31
Slika 17: Prometne obremenitve klasičnega semaforiziranega križišča ob koncu planske dobe – jutranja konica	33
Slika 18: Prometne obremenitve klasičnega semaforiziranega križišča ob koncu planske dobe – popoldanska konica	34
Slika 19: Klasično štirikrako križišče po rekonstrukciji	37
Slika 20: Prometne obremenitve krožnega križišča ob koncu planske dobe – jutranja konica	39
Slika 21: Prometne obremenitve krožnega križišča ob koncu planske dobe – popoldanska konica	40
Slika 22: Krožno križišče s štirimi kraki	41
Slika 23: Prevoznost sedlastega vlačilca pri hitrosti 10 km/h	48
Slika 24: Prevoznost dvoosnega vozila za odvoz smeti (10 km/h)	48
Slika 25: Prevoznost sedlastega vlačilca pri hitrosti 10 km/h	50
Slika 26: Prevoznost sedlastega vlačilca pri hitrosti 10 km/h	50
Slika 27: Prevoznost merodajnega triosnega vozila za odvoz smeti (10 km/h)	51
Slika 28: Prevoznost merodajnega sedlastega vlačilca pri hitrosti 5 km/h	52
Slika 29: Koristi uporabnikov pred investicijo	55
Slika 30: Koristi uporabnikov po investiciji	56
Slika 31: Določanje koristi za leta, ki niso modelirana	57

SEZNAM KRATIC

NU	nivo uslug
HCM	Highway Capacity Manual
ICU	Interception Capacity Utilization
LOS	level of service (nivo uslug)
DRSC	Direkcija Republike Slovenije za ceste
TUBA	Transport Users Benefit Appraisal

1 UVOD

Križišča so prometne površine, kjer se križajo različni prometni tokovi v isti ravnini. Naloga križišč je, da omogočajo varno, hitro, udobno in ekonomično križanje prometnih tokov. Prometne obremenitve iz leta v leto rastejo, zato prihaja do preobremenitev cestne mreže, posledica česar so zastoji v križiščih. Mnoga obstoječa križišča zato ne zmorejo več zagotavljati ustrezne pretočnosti in prometne varnosti.

Glavni pokazatelj, da križišče ne ustreza več prometnim zahtevam, je, da se ob prometnih konicah pojavijo zastoji, časovne zamude in kolone. Obstoječe križišče je potrebno preurediti tudi takrat, ko se izkaže, da se je v območju obravnavanega križišča povečalo število prometnih nesreč.

Pri izboru ustrezne rešitve moramo medsebojno primerjati več variant rekonstrukcije ter glede na funkcijo in pričakovane prometne obremenitve izbrati najustreznejšo varianto. Izbrana varianta mora ob koncu planske dobe zagotavljati zadostno prepustnost, nivo uslug ter ustrezno raven prometne varnosti. Za objektivno presojo izbora najustreznejše variante je potrebno izdelati prometno študijo, ki obravnava vsaj dve varianti projektnih rešitev. Prikazati je potrebno prometno učinkovitost posamezne variante ter izdelati predračun gradbenih in investicijskih stroškov. Načrtovane variante se medsebojno primerjajo po gradbenotehničnih, prometno-ekonomskih, okoljskih parametrih ter prostorskih in prometno-varnostnih pogojih.

Namen diplomske naloge je prikazati postopek planiranja preureditve obstoječega nivojskega križišča z opisom obstoječega stanja, analizo prometne varnosti, prometne obremenitve in kapacitetno analizo obstoječega križišča. Prikaže se predlog in izbira možnih rešitev rekonstrukcije v klasično semaforizirano in krožno križišče s preveritvijo globalnih kriterijev za presojo upravičenosti.

V nalogi je obravnavana problematika predstavljena na konkretnem primeru neustreznega nivojskega križišča regionalnih cest R1-221/1220 Bevško–Trbovlje, R1-221/1219 Zagorje–Bevško in R1-223/1229 Bevško–most čez Savo. Obravnavano križišče je trikrako in nesemaforizirano. Ob prometnih konicah prihaja do zastojev ter dolgih kolon na neprednostni smeri, zato vsakodnevno prihaja do nevarnih situacij, ko levi zavijalci iz neprednostne smeri izsiljujejo prednost. Zaradi povečanja prometne varnosti in prepustnosti je rekonstrukcija obstoječega križišča torej nujna.

Cilj diplomske naloge je prikazati presojo možnih rešitev in izdelati idejno zasnovo preureditve križišča »Sušnik« v Trbovljah. Križišče mora ob koncu planske dobe zagotavljati ustrezno prepustnost, prometno varnost ter mora biti ustrezno umeščeno v prostor. Posebno pozornost bom namenila ekonomskemu vrednotenju, kjer se ugotavlja ekonomska upravičenost rekonstrukcije na podlagi stroškov in koristi uporabnikov.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Splošno o križiščih

Po definiciji iz Tehničnih normativov za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin so križišča prometne površine, na katerih se združujejo, cepijo ali križajo prometni tokovi. Oblikovana morajo biti tako, da:

- je omogočeno varno potekanje prometa skozi križišče,
- so pogoji gibanja prometnih tokov čim bolj podobni pogojem na odprti cesti,
- je zagotovljena potrebna prepustnost,
- je zagotovljena ekonomičnost – stroški za doseganje varnosti in ustrezne kapacitete so v sorazmerju z doseženim uspehom.

Kriterij prometne varnosti

Križišče je varno takrat, kadar voznik lahko pravočasno zazna križišče, je pregledno, kadar voznik lahko z enim pogledom objame celotno križišče in kadar je križišče lahko prevozno.

Kriterij prepustnosti

Pri rekonstrukciji križišča je potrebno upoštevati, da križišče s svojimi geometrijskimi elementi ustreza najmanj za obdobje, za katero je načrtovano.

Pravilnik o projektiranju cest (Uradni list Republike Slovenije, št. 91/2005) določa, da se pri projektiranju nove ceste, križišča ali priključka upošteva prometna obremenitev, napovedana za dvajsetletno obdobje po zaključku gradnje. Za projektiranje rekonstrukcije, sanacije ali obnove obstoječe ceste pa se uporabi prometna obremenitev, napovedana za desetletno obdobje po zaključku gradnje.

Stanje prometa v križiščih pogojujejo:

- stopnja pretoka in količina prometa,
- nasičen prometni tok in razmaki pri odhodu vozil,
- vrsta krmiljenja prometa (znaki ali semaforji),
- razpoložljiva vrzel pri navzkrižnem prometu in
- zamude (Maher, 2006).

Ob koncu planske dobe mora biti zagotovljena prepustnost v vseh smereh.

Kriterij vklapljanja v okolje

Križišča morajo biti načrtovana tako, da z njimi čim manj prizadenemo okolje. Odločilni faktorji, ki vplivajo na presojo vklapljanja križišča v okolje, so:

- ustrezno vklapljanje v naravo,
- vklapljanje v mesto,
- količina prometnega hrupa,

- potreba po prostoru,
- upoštevanje ločilnega učinka (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin, 1991).

Ekonomičnost

Ekonomičnost vrednotimo na osnovi ekonomskih raziskav ter izračunov. Če ni drugih vplivov, velja, da mora biti skupna vsota vseh stroškov minimalna.

2.2 Upravičenost izvedbe svetlobno signalnih naprav

Za postavitev svetlobno signalnih naprav se odločimo, kadar želimo izboljšati prometno varnost, potekanje prometnih tokov in vodenje prometa v križiščih. V nadaljevanju so opisani kriteriji za postavitev svetlobno signalnih naprav, povzeti po Tehničnih normativih za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin.

Kriterij prometne varnosti

Postavitev svetlobno signalnih naprav je smiselna, kadar je z analizo prometne varnosti ugotovljeno, da se v obstoječem križišču pojavljajo naslednje vrste nesreč:

- naleti,
- nesreče med levimi zavijalci in nasprotnim prometnih tokom,
- pogoste nesreče vozil s pešci in kolesarji,
- nevarnost prečkanja obstoječega križišča za šolarje, starejše ljudi ter invalide, ki jih ne moremo kako drugače zavarovati.

Postavitev svetlobno signalnih naprav je upravičena tudi takrat, kadar so se drugi ukrepi (omejitve hitrosti, preoblikovanje križišča ...) izkazali za neuspešne.

Kriterij potekanja prometa

Postavitev svetlobno signalnih naprav je upravičena, če z opazovanjem obstoječega območja ugotovimo, da se v času koničnih ur na pasu za leve zavijalce redno pojavlja kolona in presega dolžino pasu za zavijalce. Potekanje prometnih tokov je prav tako potrebno izboljšati, če so zamude vozil v križišču večje od 3 minut. Ob rekonstrukciji obstoječega križišča je potrebno izdelati prognoze prometa, s katerimi preverjamo odvijanje prometa.

Kriterij prometnega vodenja

Kriterij prometnega vodenja je potrebno preveriti v primeru krmiljenja semaforjev na daljših odsekih, kadar je oviran mestni javni prevoz ali pa je cestna mreža že prezasedena in želimo preprečiti vključevanje novih prometnih udeležencev.

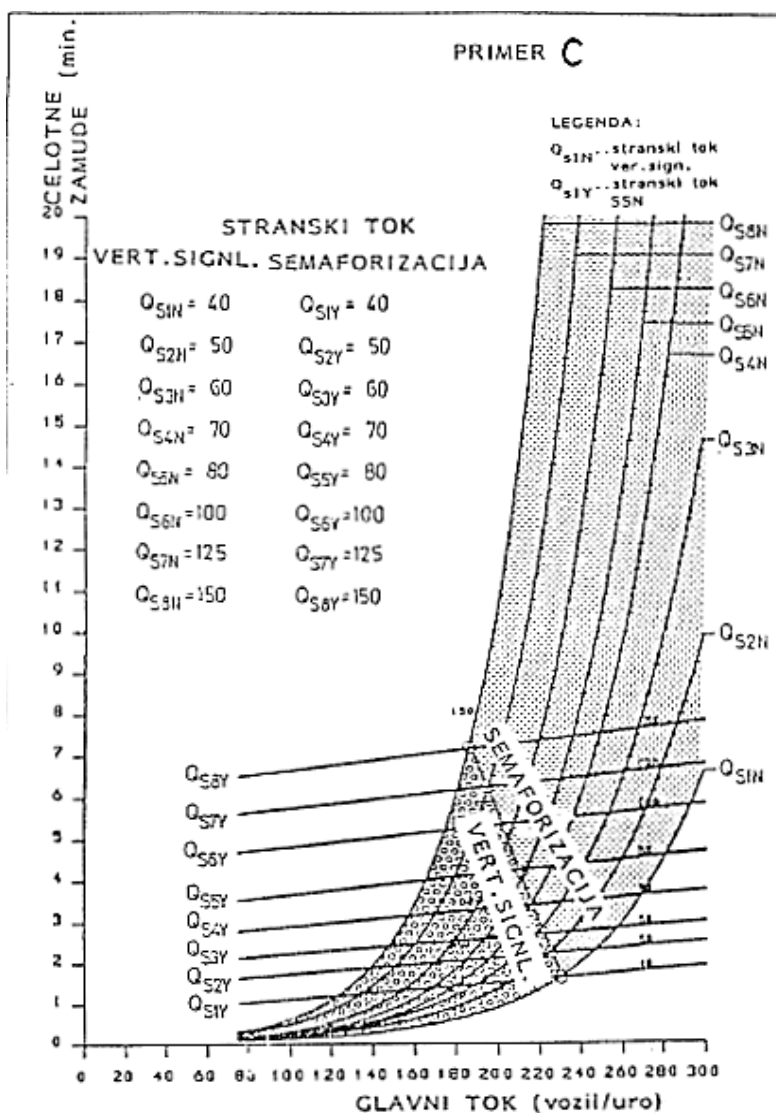
Kriterij prometnih obremenitev

Kriterij prometnih obremenitev je potrebno preveriti, kadar se prometni tokovi na neprednostnem priključku ne morejo odvijati tekoče. Izboljšava obstoječega križišča je nujna predvsem, kadar nastajajo večji zastoji in se poveča število prometnih nesreč.

Večplastni kriterij

Kriterij bazira na metodologiji prometne simulacije. Upošteva vrednost zamud na semaforiziranem oziroma nesemaforiziranem križišču. Postavitev svetlobno signalnih naprav je potrebna takrat, kadar izračunane vrednosti zamud presežejo simulirano vrednost na istem križišču.

Potreba po opremitvi križišča s svetlobno signalnimi napravami se določa s pomočjo diagrama na sliki 1.



Slika 1: Določitev upravičenosti SSN glede na večplastni kriterij (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin, 1991)

Določi se ustrezna kombinacija prometnih obremenitev na glavni ter stranski prometni smeri. Glede na to, v katerem območju se presečišče obremenitev nahaja, se določi nujnost postavitve svetlobno signalnih naprav.

2.3 Kriteriji za presojo upravičenosti izvedbe krožnega križišča

Krožno križišče je definirano kot kanalizirano križišče krožne oblike s središčnim otokom v obliki kroga ter krožnim voziščem, v katerega se stekajo vsaj trije kraki cest in po katerem poteka vožnja v smeri urinega kazalca.

Za vsak primer posebej je potrebno presoditi primernost uvedbe krožnega križišča. Izvedba krožnih križišč je torej primerna in priporočljiva predvsem pri križanjih:

- v obliki X, Y, K (oster kot sekanja);
- večjega števila krakov (pet ali več);
- ki so posebej izpostavljena nastanku prometnih nesreč, katerih posledice so velike;
- ko so hitrosti na uvozih v križišče prevelike;
- kjer se spremenijo pogoji vožnje (na primer na zaključkih hitrih cestnih odsekov, na uvozih v urbana področja, na izvozih z avtoceste);
- v primeru prevelikih hitrosti na glavni prometni smeri, ki ne omogoča varnega priključevanja vozil s stranske prometne smeri;
- kjer semaforizacija ni upravičena, je pa presežena kapaciteta nesemaforiziranega križišča;
- kot ukrep za umirjanje prometa (TSC 03.341:2002).

Ker ni enotnega obrazca za primernost izvedbe krožnega križišča, je potrebno primernost presoditi za vsak primer posebej. Za presojo smiselnosti uvedbe krožnega križišča lahko uporabimo tudi globalne kriterije.

2.4 Globalni kriteriji za upravičenost izvedbe

Globalni kriteriji, s katerimi presojamo upravičenost izvedbe določenega križišča, so naslednji:

- funkcionalni kriterij,
- kriterij prepustnosti,
- prostorski kriterij,
- projektno-tehnični kriterij,
- kriterij prometne varnosti ter
- ekonomski kriterij.

Vsak izmed zgoraj naštetih kriterijev vpliva na upravičenost in izvedljivost posamezne rešitve. Pri tem so funkcionalni, prostorski ter projektno-tehnični kriteriji opisne narave, saj podajo le oceno, katera izmed variant je smiselna, izvedljiva ter kakšni so pogoji izvedbe.

Podlago za preveritev vseh ostalih kriterijev v osnovi predstavljata kriterij prepustnosti ter kriterij prometne varnosti.

Pri analizi prometne varnosti je potrebno, na podlagi podatkov o preteklih prometnih nesrečah v območju obravnavanega križišča, oceniti posamezne nevarne situacije ter določiti pričakovano raven prometne varnosti.

Pri oceni prepustnosti določenega križišča je potrebno preveriti kapacitetne parametre, kot so: kapaciteta križišča, stopnja zasičenosti, zamude, nivo uslug, dolžine kolon ter nivo ustavljanj. Zgoraj navedene parametre je možno določiti z računalniškimi analizami, ki omogočajo optimizacijo projektnih rešitev ter njihovo preverjanje brez nepotrebnih posegov v prostor ali prometni režim. Na osnovi rezultatov kapacitetne analize je mogoče predlagati najustreznejšo rešitev.

2.4.1 Določitev kapacitetnih parametrov s programom Synchro 6.0

Program Synchro 6.0 omogoča upoštevanje realnih prometnih tokov ter modeliranje različnih oblik križišč. Upoštevamo lahko različne parametre, ki vplivajo na izhodne rezultate modeliranih situacij (signalizirano ali nesignalizirano krmiljenje križišč, umirjanje prometa, uvedba krožnih križišč ...). Na podlagi izhodnih rezultatov lahko analiziramo posamezne variante in jih medsebojno primerjamo.

Izhodni rezultati, ki jih dobimo s programom Synchro 6.0:

- število vozil v cestnem omrežju,
- povprečne zamude na vozilo,
- zamude čakajočih vozil,
- povprečno število ustavljanj na vozilo,
- najdaljše kolone vozil,
- povprečne kolone vozil.

Za uspešnost delovanja križišča sta pomembna dva kriterija:

- kriterij prometnih obremenitev (kapaciteta), ki je izražen preko stopnje zasičenja $X=V/C$;
- kriterij čakalnih časov, ki je izražen preko zamud.

Merilo so nivoji uslug (NU) v posameznih smereh.

Program uporablja dve metodi izračuna nivojev uslug, in sicer:

- metoda HCM (Highway Capacity Manual), kjer dobimo nivo uslug oziroma LOS (Level of Service), ki je določen iz povprečnih zamud v križišču;

- metoda ICU (Intersection Capacity Utilization), kjer dobimo ICU LOS, ki se ne meri z zamudami, ampak je izražen z odstotki in nam pove, koliko dodatne kapacitete je še na voljo za prevzemanje prometnih obremenitev.

Preglednica 1: Nivo uslug za križišče s stransko cesto

NIVO USLUG	POVPREČNE ZAMUDE NA VOZILO (s/vozilo)
A	0 – 10
B	>10 – 15
C	>15 – 25
D	>25 – 35
E	>35 – 50
F	>50

Preglednica 2: Nivo uslug za semaforizirano križišče

NIVO USLUG	POVPREČNE ZAMUDE NA VOZILO (s/vozilo)
A	0 – 10
B	>10 – 20
C	>20 – 35
D	>35 – 55
E	>55 – 80
F	>80

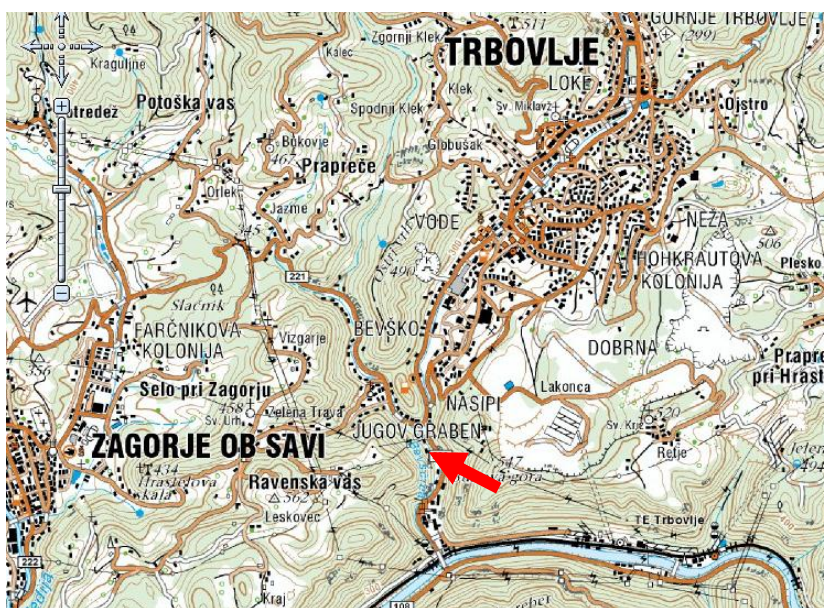
Preglednica 3: Nivo uslug določen po metodi ICU

ICU	NIVO USLUG
0 – 55 %	A
>55 – 64 %	B
>64 – 73 %	C
>73 – 82 %	D
>82 – 91 %	E
>91 – 100 %	F
>100 – 109 %	G
>109 %	H

3 OBSTOJEČE STANJE OBRAVNAVANEGA KRIŽIŠČA

3.1 Opis obstoječega stanja

Obravnavamo križišče regionalnih cest R1-221/1220 Bevško–Trbovlje, R1-221/1219 Zagorje–Bevško in R1-223/1229 Bevško–most čez Savo. Obstoječe križišče je trikrako. Glavna prometna smer poteka v smeri jug–sever, oziroma iz smeri most čez Savo v smeri Trbovlje center. Križišče je locirano v območju naselja, in sicer je to prvo večje križišče po vstopu v Trbovlje. Hitrost vožnje je omejena na 50 km/h. Na spodnjih slikah je prikazana lokacija križišča v ožjem cestnem omrežju ter samo križišče z okolico.



Slika 2: Prikaz lokacije obravnavanega križišča



Slika 3: Pogled na križišče z okoliško pozidavo

Obstoječe križišče je klasično nesemaforizirano trikrako, z dodatnima pasovoma za leve zavijalce na glavni in stranski prometni smeri. Neprednostni krak se na glavno prometno smer priključuje pod pravim kotom.

Krak iz smeri most čez Savo (R1-223/1229) se približuje križišču v rahli desni krivini. V območju križišča se prečni profil ceste razširi še za dodaten pas za leve zavijalce, ki je širine 3 m in dolžine 20 m. V območju križišča se na tem kraku nahaja most čez Trboveljščico, ki predstavlja dominanten objekt, na katerega se navezujemo v primeru rekonstrukcije.



Slika 4: Krak regionalne ceste R1-223/1229

Krak iz nasprotni smeri Trbovlje center (R1-221/1220) prav tako predstavlja glavno prometno smer. Križišču se približuje v S-krivini. Na priključku v križišče se krak razširi in ima urejen kanaliziran promet za desne zavijalce, ki je opremljen z znakom II – 1 »križišče s prednostno cesto«.



Slika 5: Krak regionalne ceste R1-221/1220

Krak iz stranske prometne smeri (R1-221/1219) se križišču približuje v levem zavoju. V območju križišča se prečni profil priključka razširi za dodaten pas za leve zavijalce. Priključek je opremljen s prometnim znakom II – 2 »Ustavi!«.



Slika 6: Krak regionalne ceste R1-221/1219

Prometni režim je torej urejen z vertikalno signalizacijo, ki je dopolnjena z ustreznimi talnimi označbami. Križišče je opremljeno z enostranskimi hodniki za pešce, ki potekajo tik ob cestišču in so širine do 2 m. Kolesarski promet se odvija po vozišču.



Slika 7: Obstoječ priključek industrijske ceste

V oddaljenosti 140 m od križišča »Sušnik« se nahaja priključek industrijske ceste, ki je prometno povsem neurejen, brez pasov za levo zavijanje ter brez talnih označb (slika 7). Z glavno regionalno cesto je povezan prek montažnega mostu čez potok Trboveljščica, vendar pa je obstoječa premostitev hidravlično poddimenzionirana in potok ob močnih padavinah dosega nivo premostitvenega objekta. Industrijska cesta vodi do platojev, ki so izvedeni na območju bivših rudniških površin, kjer se nahaja nekaj starejših in tudi novih industrijskih, poslovnih in trgovskih objektov. To območje je namenjeno širjenju industrijske cone, zato je v prihodnosti pričakovati povečanje tovornega prometa v obeh smereh. Vlačilci ter večji tovornjaki pri vključevanju na regionalno cesto močno ovirajo promet. Podatki o prometnih nesrečah v zadnjih 10 letih sicer ne kažejo na pogostost prometnih nesreč, vsekakor pa je priključek precej nevaren. Zaradi zgoraj navedenih razlogov smo v obeh variantah rekonstrukcije upoštevali priključitev industrijske ceste v križišče »Sušnik«. Na ta način se izognemo še enemu neurejenemu priključku, hkrati pa preprečimo dve križišči na kratki razdalji.

V nadaljevanju sta obravnavani dve varianti rekonstrukcije križišča. Prva varianta predvideva klasično semaforizirano štirikrako križišče, druga varianta pa krožno križišče s štirimi kraki.

3.2 Analiza prometne varnosti

3.2.1 Križišče »Sušnik«

Analiza je izdelana na osnovi Podatkov o prometnih nesrečah, katerih evidenco vodi DRSC (Direkcija Republike Slovenije za ceste). Podatki se nanašajo na obravnavane odseke:

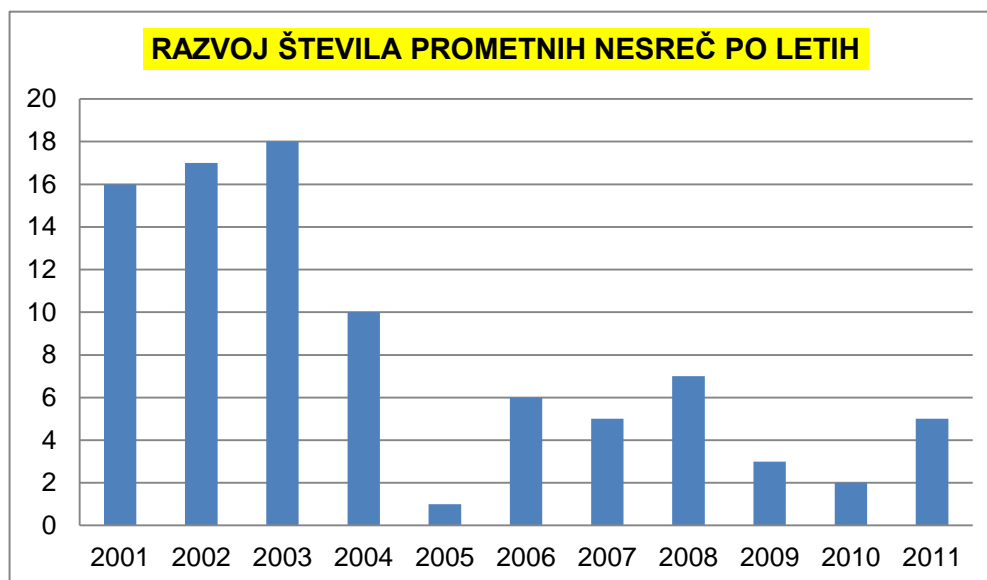
- R1-221 odsek 1219 Zagorje–Bevško od stacionaže km 5.2+48 do stacionaže km 5.3+48, torej v območju obravnavanega križišča v dolžini 100 m,

- R1-221 odsek 1220 Bevško–Trbovlje od stacionaže km 0.0+00 do stacionaže km 0.1+00, to je v območju obravnavanega križišča v dolžini 100 m,
- R1-223 odsek 1229 Bevško–most čez Savo od stacionaže km 0.0+00 do stacionaže km 0.1+00, v območju obravnavanega križišča v dolžini 100 m.

Podatki so zbrani za obdobje od leta 2001 do leta 2011. V nadaljevanju je prikazana analiza podatkov o prometnih nesrečah po različnih kriterijih.

Preglednica 4: Število prometnih nesreč v posameznem analiziranem letu

Leto	Število prometnih nesreč
2001	16
2002	17
2003	18
2004	10
2005	1
2006	6
2007	5
2008	7
2009	3
2010	2
2011	5
Skupaj	90

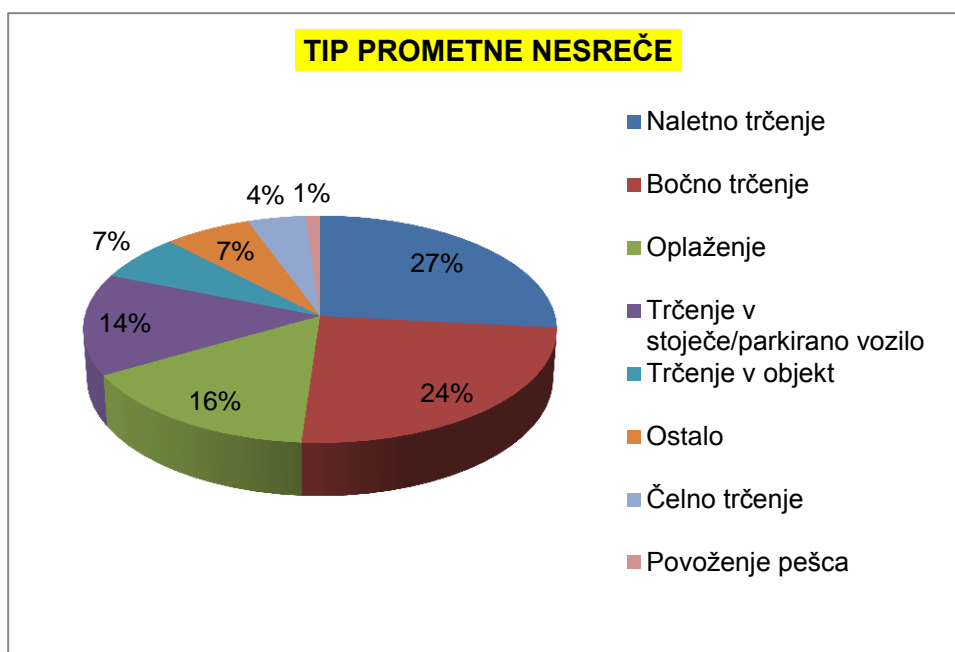


Grafikon 1: Razvoj števila prometnih nesreč

V zadnjih desetih letih se je v križišču »Sušnik« zgodilo 90 prometnih nesreč, kar je povprečno 9 na leto. Največ prometnih nesreč se je zgodilo v letih 2001 (16), 2002 (17) in 2003 (18). Po letu 2004 pa se je število prometnih nesreč nekoliko zmanjšalo.

Preglednica 5: Tip prometnih nesreč

Tip prometnih nesreč	Število	Delež [%]
Naletno trčenje	24	26,67
Bočno trčenje	22	24,44
Oplaženje	14	15,56
Trčenje v stoječe/parkirano vozilo	13	14,44
Trčenje v objekt	6	6,67
Ostalo	6	6,67
Čelno trčenje	4	4,44
Povoženje pešca	1	1,11
Skupaj	90	100,00

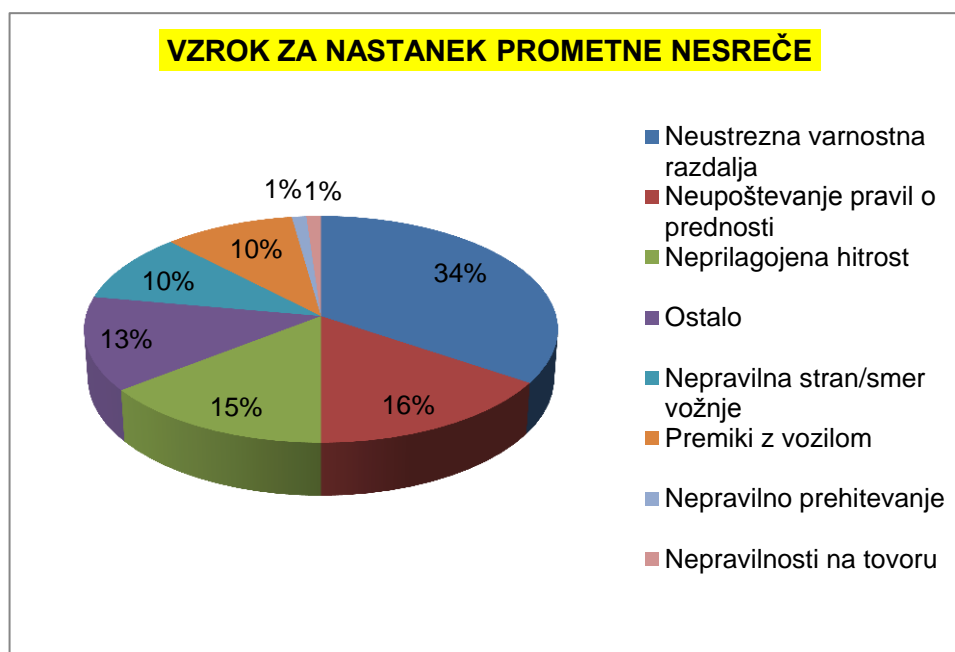


Grafikon 2: Tip prometne nesreče

Med tipi prometnih nesreč prevladuje naletno trčenje (27%). Nato pa sledijo bočno trčenje (24%), oplaženje (16%), trčenje v stoječe ali parkirano vozilo (14%), trčenje v objekt (7%), čelno trčenje (4%) in v 1 primeru povoženje pešca (1%). V 6 primerih pa je tip nesreče neznan.

Preglednica 6: Vzrok prometnih nesreč

Vzrok prometnih nesreč	Število	Delež [%]
Neustrezna varnostna razdalja	31	34,44
Neupoštevanje pravil o prednosti	14	15,56
Neprilagojena hitrost	13	14,44
Ostalo	12	13,33
Nepravilna stran/smer vožnje	9	10,00
Premiki z vozilom	9	10,00
Nepravilno prehitevanje	1	1,11
Nepravilnosti na tovoru	1	1,11
Skupaj	90	100,00



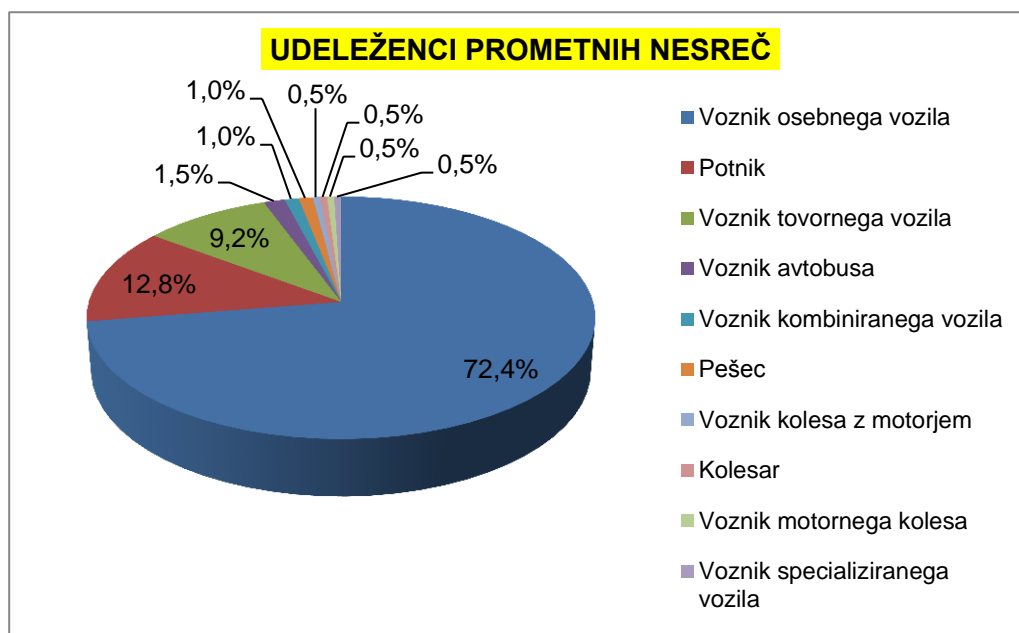
Grafikon 3: Vzrok prometne nesreče

Med vzroki za prometno nesrečo je največkrat zabeležena neustrezna varnostna razdalja (34%). Sledijo neupoštevanje pravil o prednosti (16%), neprilagojena hitrost (15%), nepravilna smer vožnje in premiki z vozilom (oboje po 10%). V enem primeru je bil vzrok za nesrečo nepravilno prehitevanje (1%), v enem primeru pa je nesreča nastala zaradi nepravilnosti na tovoru (1%). Kar v 12 primerih oziroma 13% pa vzrok za nesrečo ni znan.

Najpogostejši vzroki za nastanek prometnih nesreč kažejo na nespoštovanje pravil vožnje ter prilagoditve hitrosti razmeram na cesti. To je tudi razlog, da prihaja do številnih naletnih in bočnih trčenj.

Preglednica 7: Udeleženci prometnih nesreč

Vrsta udeleženca v prometu	Število	Delež [%]
Voznik osebnega vozila	142	72,45
Potnik	25	12,76
Voznik tovornega vozila	18	9,18
Voznik avtobusa	3	1,53
Voznik kombiniranega vozila	2	1,02
Pešec	2	1,02
Voznik kolesa z motorjem	1	0,51
Kolesar	1	0,51
Voznik motornega kolesa	1	0,51
Voznik specializiranega vozila	1	0,51
Skupaj	196	100,00

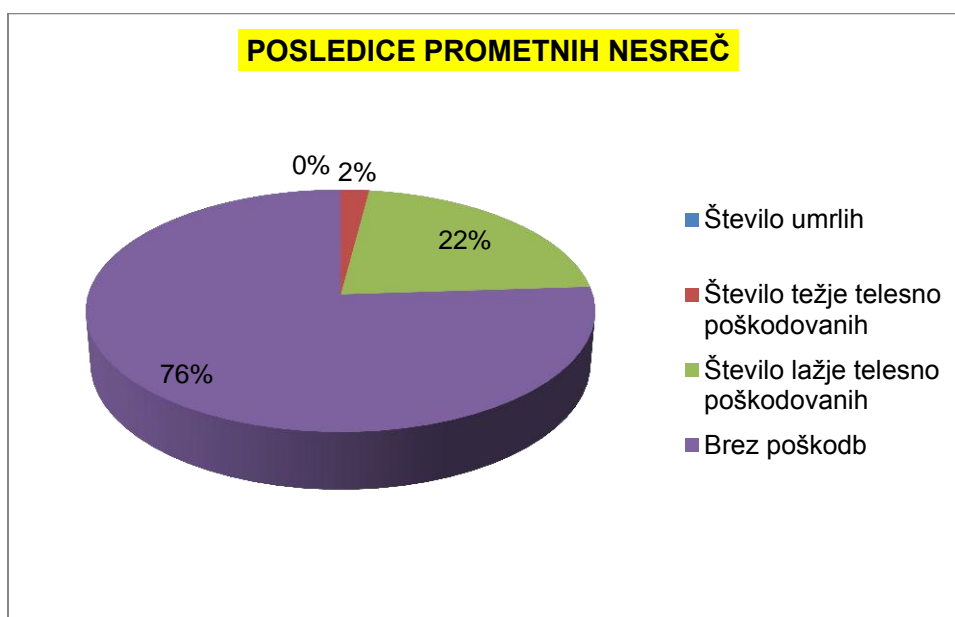


Grafikon 4: Udeleženci prometnih nesreč

Med udeleženci prometnih nesreč prevladujejo vozniki osebnih vozil (142 ali 72,4%), 25 je bilo potnikov (12,8%). Nato sledijo vozniki tovornih vozil (18 ali 9,2%), vozniki avtobusov (3 ali 1,5%), 2 voznika kombiniranih vozil in 2 pešca ter voznik kolesa z motorjem, kolesar, voznik motornega kolesa in voznik specializiranega vozila.

Preglednica 8: Posledice prometnih nesreč

Leto	Število umrlih	Število težje telesno poškodovanih	Število lažje telesno poškodovanih	Brez poškodb
2001	0	1	3	34
2002	0	0	8	27
2003	0	0	8	28
2004	0	1	8	17
2005	0	0	0	2
2006	0	2	7	7
2007	0	0	3	7
2008	0	0	1	12
2009	0	0	2	5
2010	0	0	0	4
2011	0	0	3	6
Skupaj	0	4	43	149

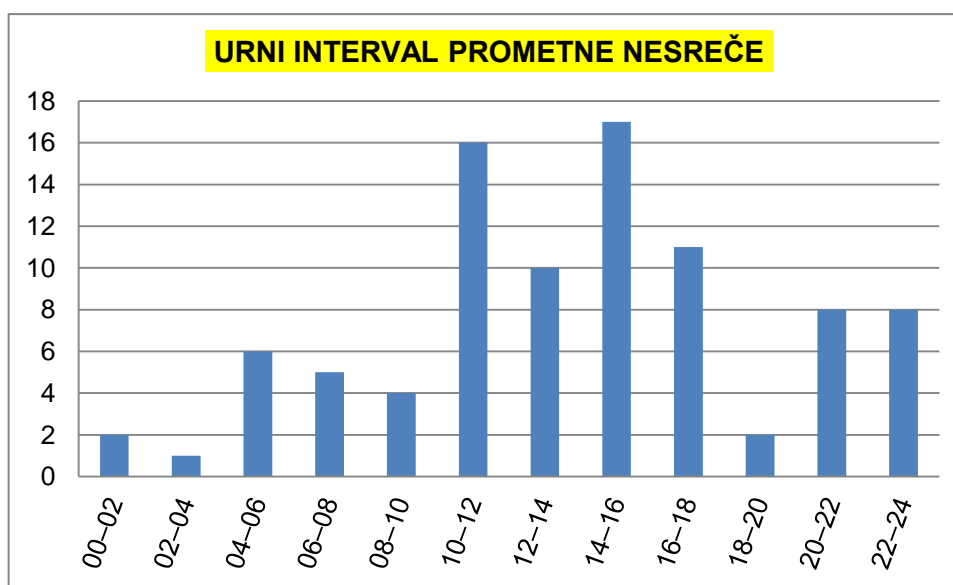


Grafikon 5: Posledice prometnih nesreč

V nesrečah je bilo skupaj 196 udeležencev, od tega jih je bilo 149 brez poškodb, 43 jih je bilo lažje telesno poškodovanih, 4 pa huje. Smrtnih žrtev v zadnjih 10-ih letih na srečo ni bilo.

Preglednica 9: Urni interval prometnih nesreč

Urni interval nastanka prometnih nesreč	Število	Delež [%]
00–02	2	2,22
02–04	1	1,11
04–06	6	6,67
06–08	5	5,56
08–10	4	4,44
10–12	16	17,78
12–14	10	11,11
14–16	17	18,89
16–18	11	12,22
18–20	2	2,22
20–22	8	8,89
22–24	8	8,89
Skupaj	90	100,00

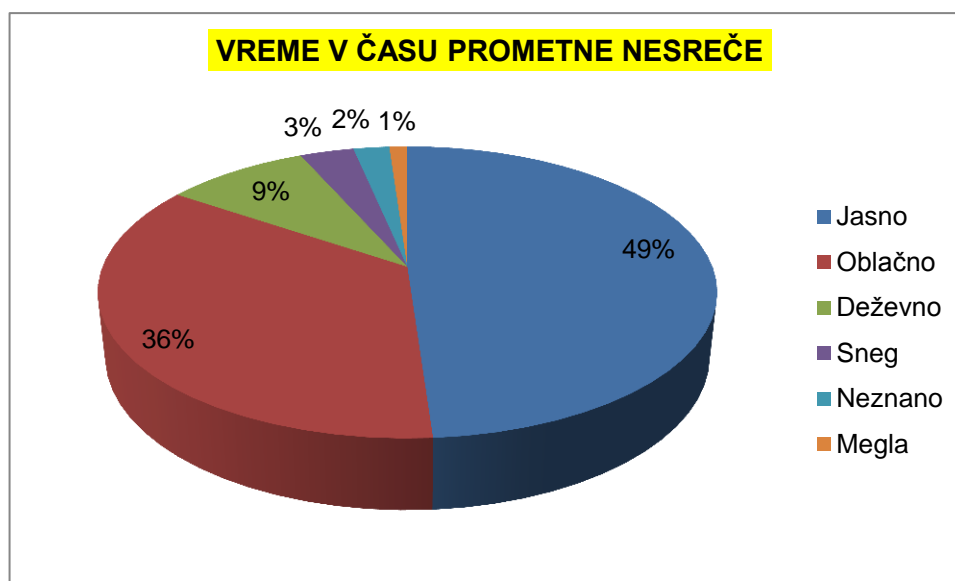


Grafikon 6: Urni interval nastanka prometne nesreče

Urni interval nastanka prometne nesreče je povezan s številom vozil v določenem časovnem obdobju. Opazimo lahko izrazito povečanje prometnih nesreč v popoldanskem času, ko je na cesti več vozil, zato je tudi verjetnost nastanka prometne nesreče večja. Največ prometnih nesreč se je zgodilo med 14.–16. uro popoldan, ko se ljudje vračajo iz službe in je na cestah veliko vozil.

Preglednica 10: Vreme v času nastanka prometnih nesreč

Vreme v času nastanka prometnih nesreč	Število	Delež [%]
Jasno	44	48,89
Oblačno	32	35,56
Deževno	8	8,89
Sneg	3	3,33
Neznano	2	2,22
Megla	1	1,11
Skupaj	90	100,00

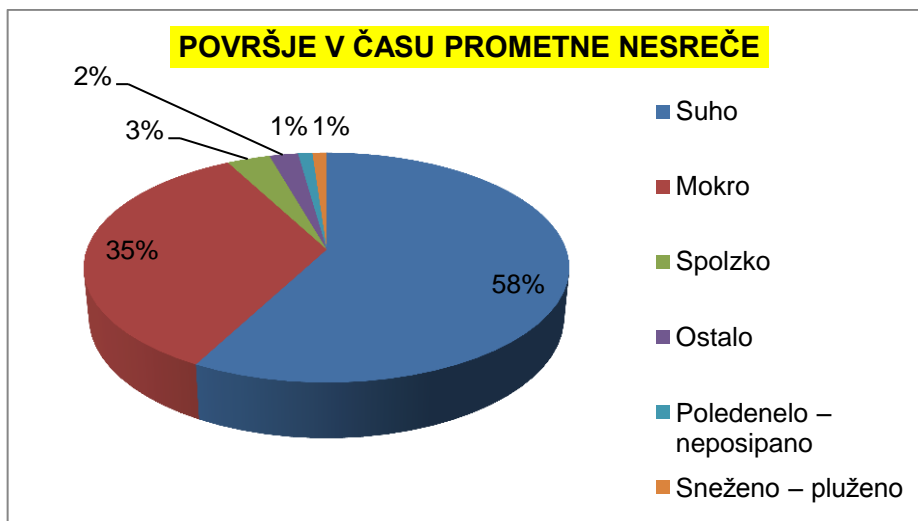


Grafikon 7: Vreme v času nastanka prometne nesreče

Za nastanek številnih prometnih nesreč mnogi krivijo vreme. Zgornji graf prikazuje, da se je v skoraj polovici primerov (49%) prometna nesreča zgodila v jasnem vremenu. V 36% so se prometne nesreče zgodile v oblačnem vremenu, v 8 primerih je deževalo (9%), v 3 primerih snežilo (3%), v 1 primeru pa je bilo megleno. Podatki torej kažejo, da slabe vremenske razmere niso vzrok za nastanek prometnih nesreč, saj se je večina prometnih nesreč zgodila ob jasnem vremenu.

Preglednica 11: Vozišče v času nastanka prometnih nesreč

Vozišče v času nastanka prometnih nesreč	Število	Delež [%]
Suho	52	57,78
Mokro	31	34,44
Spolzko	3	3,33
Ostalo	2	2,22
Poledenelo – neposipano	1	1,11
Sneženo – pluženo	1	1,11
Skupaj	90	100,00

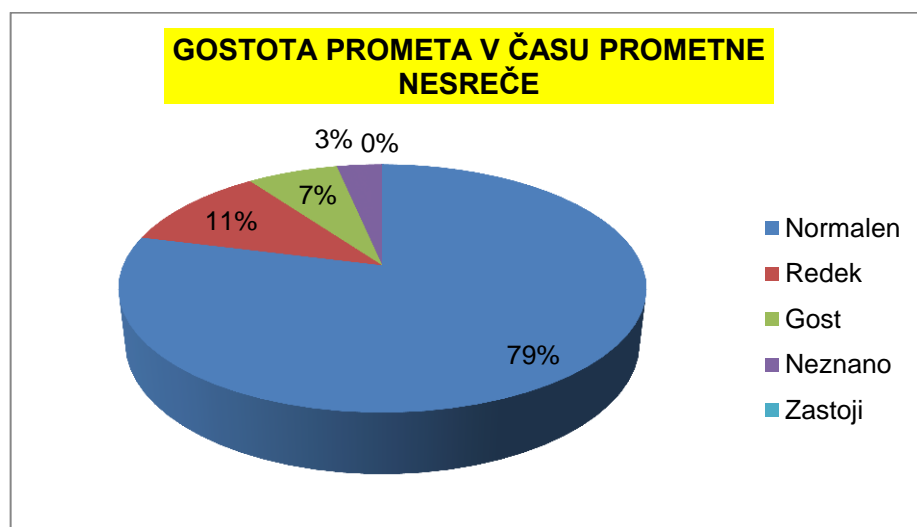


Grafikon 8: Stanje vozišča v času prometne nesreče

Pomemben dejavnik nastanka prometnih nesreč predstavlja tudi stanje vozišča. 58% prometnih nesreč se je zgodilo na suhem vozišču, mokro vozišče je bilo v 35% prometnih nesreč. Le v 3% je bilo vozišče spolzko, v enem primeru poledenelo, v enem pa sneženo in pluženo. Zato lahko trdimo, da število prometnih nesreč ni povezano s stanjem vozišča.

Preglednica 12: Promet v času nastanka prometnih nesreč

Promet v času nastanka prometnih nesreč	Število	Delež [%]
Normalen	71	78,89
Redek	10	11,11
Gost	6	6,67
Neznano	3	3,33
Zastoji	0	0,00
Skupaj	90	100,00



Grafikon 9: Promet v času nastanka prometnih nesreč

Količina prometa vpliva na število prometnih nesreč. V obravnavanem križišču se je 79% prometnih nesreč zgodilo ob normalnem prometu. V 11% je bil promet redek, v 7% pa gost. Zastojev v času prometnih nesreč ni bilo. Ker se je večina nesreč zgodila ob normalnem prometu, lahko trdimo, da prevelika količina prometa ni vplivala na število prometnih nesreč.

Na območju križišča se nahaja pekarna brez urejenih parkirišč, zato stranke parkirajo na pločniku na levi strani priključka v smeri Trbovlje center. Na pločniku parkirana vozila ovirajo preglednost, zato levo zavijajoča vozila iz stanske smeri pogosto izsilijo prednost in prihaja do nevarnosti bočnega trka. Ker se križišče nahaja na vhodu v mesto, so hitrosti vozil na glavni smeri, kljub omejitvi 50 km/h, pogosto presežene. Zaradi velike količine prometa se vozila s stranske smeri težko vključujejo za glavno prometno smer, zato prihaja do številnih izsiljevanj prednosti. Do nevarnosti naletov prihaja zaradi kolon, ki nastajajo na stranski prometni smeri zaradi levih zavijalcev. Velik odstotek nesreč predstavlja tudi trčenje v parkirano oziroma stoječe vozilo. Razlog za to so lahko vozila, ki parkirajo na oziroma ob pločniku. Še večjo težavo pa predstavljajo dostavna vozila, ki se pogosto ustavljajo kar na vozišču.

S pomočjo pridobljenih podatkov ter z opazovanjem obravnavanega območja ugotovimo, da vozniki ne upoštevajo omejitev hitrosti v zadostni meri. Kot možen vzrok prometnih nesreč so pogoste prekoračitve omejitve hitrosti ter slabša preglednost zaradi vozil, ki so parkirana na pločniku. Prometno varnost v križišču bi lahko izboljšali z uvedbo ukrepov, s katerimi bi dosegli upoštevanje prometnih predpisov ter upoštevanje omejitev hitrosti na glavni prometni smeri (na primer povečanje nadzora s strani policije, radarska kontrola ...).

Glede na to, da se kot pogost vzrok za prometne nesreče pojavlja neupoštevanje pravil o prednosti ter da prihaja do številnih bočnih trkov, bi bilo potrebno izboljšati možnost vključevanja vozil s stranske na glavno prometno smer. To je možno doseči s semaforizacijo križišča ali pa z rekonstrukcijo v krožno križišče.

3.2.2 Priključek industrijske ceste

Ker rekonstrukcija križišča »Sušnik« predvideva priključitev lokalne ceste LC 423 441 (Sušnik–Nasipi–Žabjek), so analizirane tudi nesreče na odseku, kjer se lokalna cesta sedaj priključi na regionalno cesto R1-221 (odsek 1220). Lokalna cesta se priključi na odsek 1220 v stacionaži km 0.1+40.00. Podatki o nesrečah pa se nanašajo na odsek od stacionaže km 0.1+0.00 do stacionaže km 0.1+80.00.

V 10-ih letih sta se na tem odseku zgodili le 2 prometni nesreči, in sicer leta 2003 in 2005. Tip prometne nesreče je v enem primeru trčenje v stoječe oziroma parkirano vozilo, v enem primeru pa tip nesreče ni znan. Prav tako v enem primeru vzrok nesreče ni znan, medtem ko je vzrok druge nesreče neustrezna varnostna razdalja. Skupaj je bilo v prometnih nesrečah 5 udeležencev, od tega 4 vozniki osebnih vozil in 1 potnik. V eni nesreči se je ena oseba lažje

poškodovala, ostali udeleženci pa niso bili poškodovani. Obe nesreči sta se zgodili v popoldanskem času, in sicer ena ob 17.00, druga pa ob 18.00 uri. Vreme v času obeh nesreč je bilo oblačno, medtem ko je bilo vozišče v enem primeru suho, v drugem pa spolzko. Gostota prometa je bila normalna v obeh primerih prometnih nesreč.

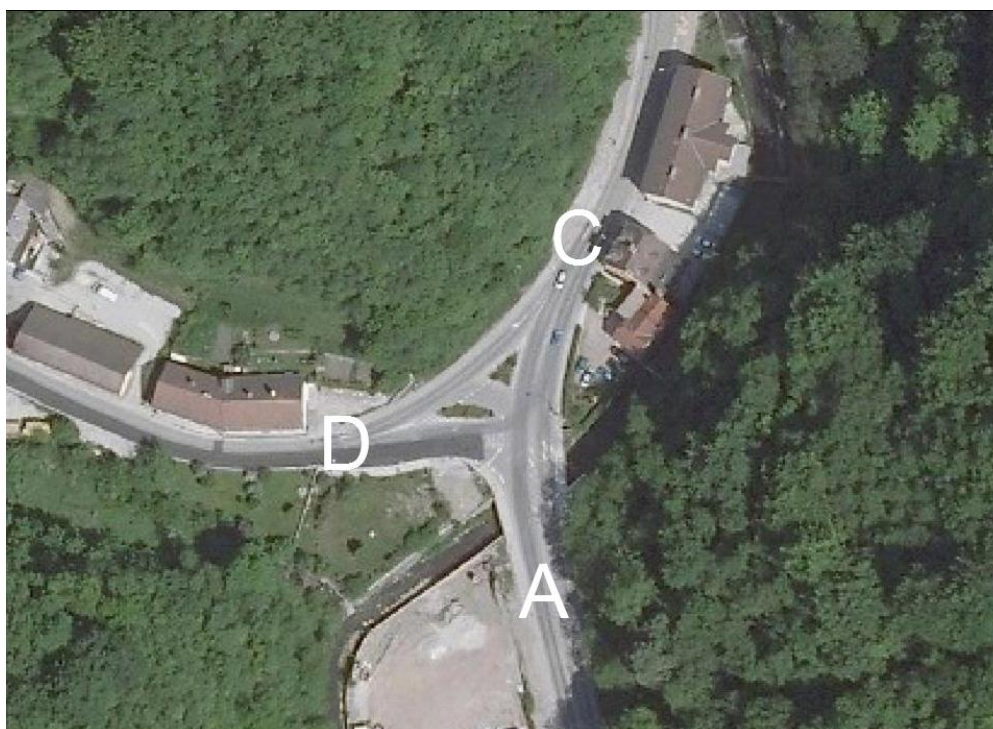
3.3 Prometne obremenitve

Za potrebe diplomske naloge smo opravili ročno štetje prometa v križišču »Sušnik«, in sicer ločeno po smereh in zavijalcih s 15-minutnimi intervali. Štetje je potekalo 16. 1. 2012 v času od 6.00 do 9.00 ure za jutranjo konico in od 13.00 do 16.00 ure za popoldansko konico.

Podatki štetja so analizirani s programom Promet v križiščih. Vhodni podatki so osnovni podatki o križiščih in njihovi lokaciji, podatki o karakteristikah posameznih priključkov križišča, podatki o geometriji dovoznih pasov in njihovih smereh ter podatki o geometriji izvoznih pasov. Definirati je potrebno tudi čas štetja. Podatki štetja prometa so razdeljeni v štiri kategorije: osebna vozila, lahka tovorna vozila, avtobusi ter težka tovorna vozila. Podatki se vnašajo ločeno za posamezne priključke in smeri. Izhodni podatki analiz pa so: maksimalna urna obremenitev po elementih križišča, faktor urne konice, diagram prometnih obremenitev, 15-minutne obremenitve.

Za nadaljnje analize so uporabljeni podatki o prometu v času konične ure oziroma glede na maksimalno urno obremenitev.

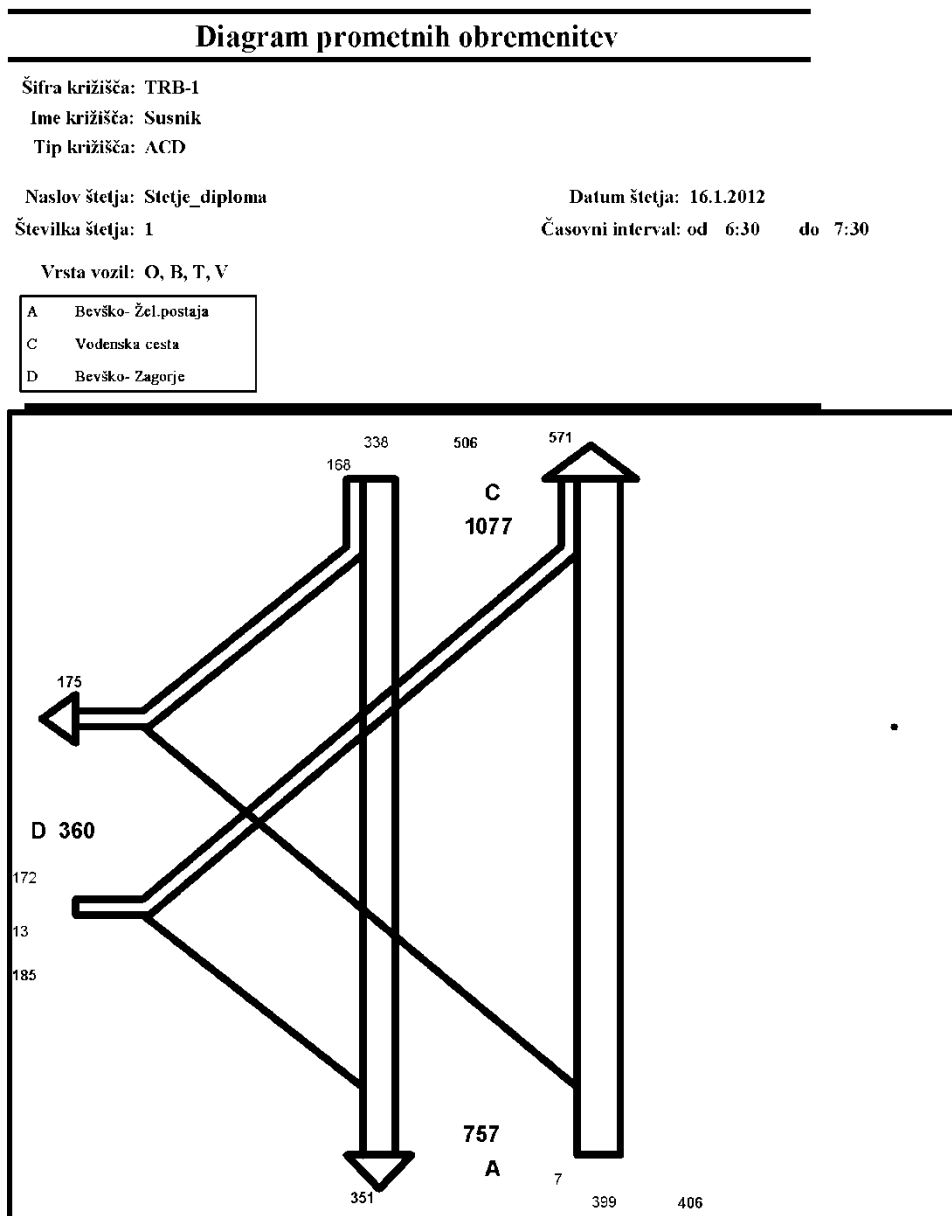
3.3.1 Prometne obremenitve v križišču »Sušnik«



Slika 8: Geometrija križišča »Sušnik«

Na sliki 8 je prikazana geometrija križišča »Sušnik«. Krak A predstavlja priključek regionalne ceste R1 – 223/1229 in ima, poleg pasu za naravnost, urejen tudi pas za zavijanje levo. Krak C predstavlja priključek R1 – 221/1220 z odcepom za desne zavijalce. Krak D pa predstavlja priključek R1 – 221/1219 in omogoča zavijanje levo in desno.

Diagrama na slikah 9 in 10 prikazujeta prometne obremenitve posameznih smeri. Večja kot je debelina puščice, večja je prometna obremenitev v določeni smeri.

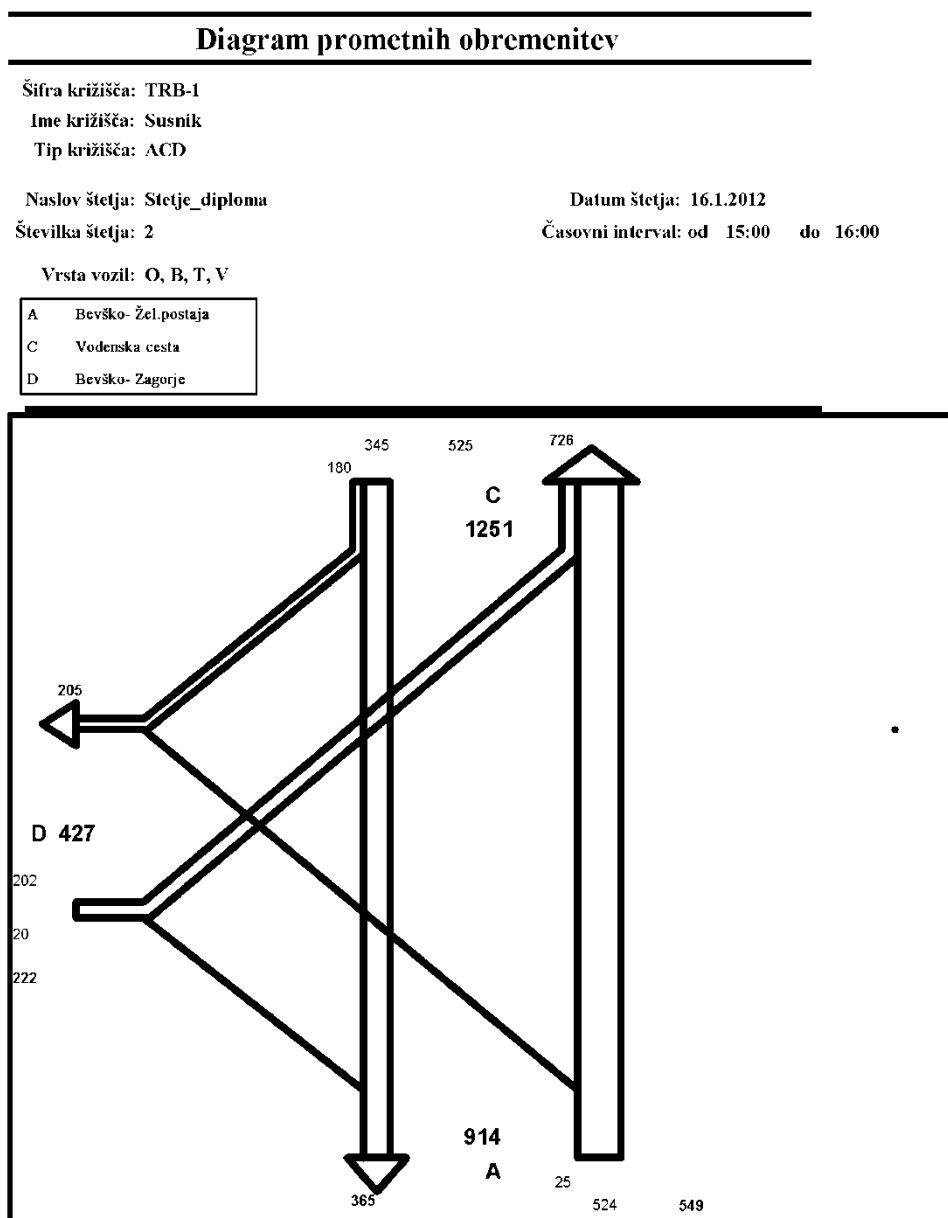


Slika 9: Diagram prometnih obremenitev križišča »Sušnik« v jutranji konici

V času jutranje konice, ki traja od 6.30 do 7.30 ure, je najbolj obremenjen priključek C iz smeri Trbovlje center. Število vozil iz smeri priključka C je 506, od tega je 93% osebnih vozil, 4% lahkih tovornih vozil, 2% avtobusov in 1% težkih tovornih vozil. Največ vozil (338) vozi naravnost, 168 pa jih zavija desno.

Iz smeri priključka A vozi skupaj 406 vozil, od tega je 96% osebnih vozil, 2% lahkih tovornih vozil in 2% avtobusov. Največ vozil (399) vozi naravnost, le 7 pa jih zavija levo.

Iz smeri priključka D vozi 185 vozil, 92% je osebnih vozil, 6% lahkih tovornih vozil in 2% avtobusov. Levo jih zavija 172, desno pa 13.



Slika 10: Diagram prometnih obremenitev križišča »Sušnik« v popoldanski konici

Popoldanska konica je nastopila med 15.00 in 16.00 uro, najbolj je obremenjen priključek A v smeri Trbovlje center. Takrat je križišče prepeljalo 549 vozil, od tega 95% osebnih vozil, 3% lahkih tovornih vozil ter 2% avtobusov. Naravnost jih vozi 524, 25 pa jih zavija levo. Iz smeri priključka C vozi 525 vozil. Od tega je 95% osebnih vozil, 2% lahkih tovornih vozil, 2% avtobusov ter 1% težkih tovornih vozil. Naravnost vozi 345, desno pa zavija 180 vozil.

Iz smeri priključka D vozi skupaj 222 vozil, od tega je 95% osebnih vozil, 4% lahkih tovornih vozil in 1% avtobusov. Levih zavijalcev je 202, desnih pa 20.

3.3.2 Prometne obremenitve priključka industrijske ceste

Varianti rekonstrukcije predvidevata priključitev industrijske ceste LC 423 441 (Sušnik–Nasipi–Žabjek) v sedanje trikrako križišče »Sušnik«. Zato smo izvedli tudi štetje v sosednjem križišču, kjer se industrijska cesta priključi na regionalno cesto (R1 – 221/1220).



Slika 11: Geometrija priključka industrijske ceste

Na sliki 11 je prikazana geometrija priključka industrijske ceste. Kraka A in C predstavljata regionalno cesto R1 – 221/1220, krak B pa priključek industrijske ceste LC 423 441, kjer je omogočeno zavijanje levo in desno. Zanimajo nas predvsem prometne obremenitve kraka B, ki se po rekonstrukciji priključi v križišče »Sušnik«.

Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: TRB-2

Ime križišča: Ind. Cesta

Tip križišča: ABC

Naslov štetja: Stetje_diploma

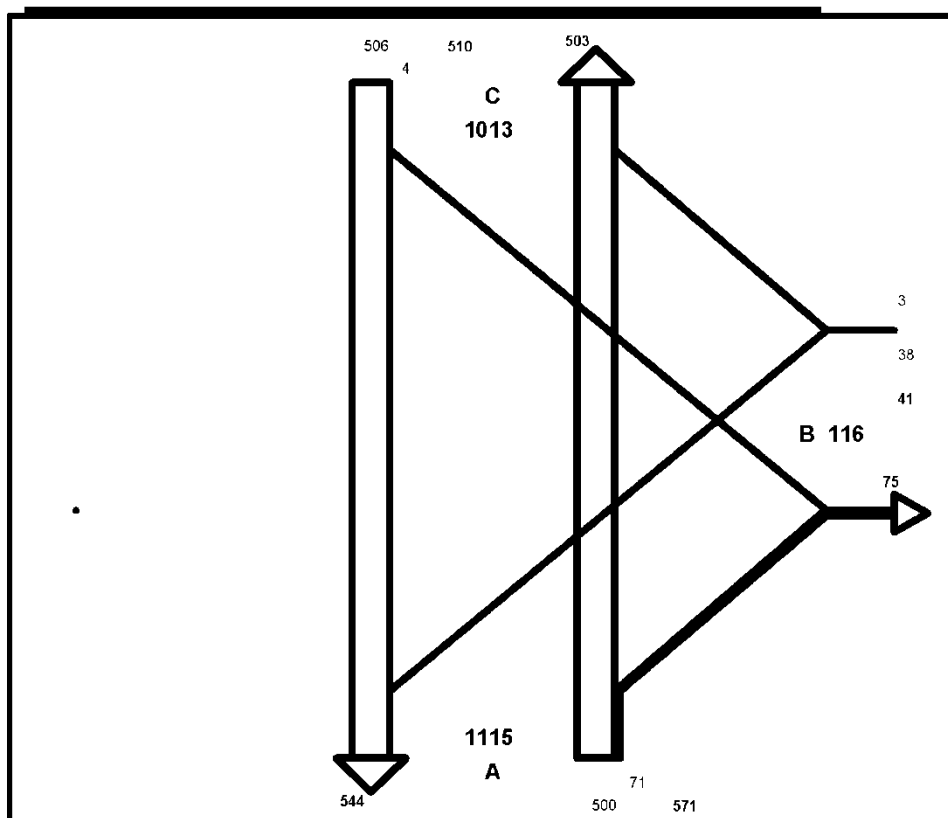
Datum štetja: 16.1.2012

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:30 do 7:30

Vrsta vozil: O, B, T, V

A	Vodenska cesta-jug
B	Nasipi
C	Vodenska cesta-sever



Slika 12: Diagram prometnih obremenitev križišča z industrijsko cesto v jutranji konici

Jutranja konica nastopi v času od 6.30 do 7.30 ure. V tem času vozi na priključku A skupaj 571 vozil, od tega 500 naravnost, 71 pa jih zavija desno. 95% je osebnih vozil, 3% lahkih tovornih vozil in 2% avtobusov. Iz smeri priključka C vozi 510 vozil, od tega 93% osebnih vozil, 4% lahkih tovornih vozil, 2% avtobusov in 1% težkih tovornih vozil. Naravnost vozi 506 vozil, levo pa zavijajo 4. Priključek B je najmanj obremenjen, tu skupaj vozi 41 vozil. 93% je osebnih vozil, 2% lahkih tovornih vozil ter 5% težkih tovornih vozil. Desno zavijajo 3 vozila, levo pa 38.

Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: TRB-2

Ime križišča: Ind. Cesta

Tip križišča: ABC

Naslov štetja: Stetje_diploma

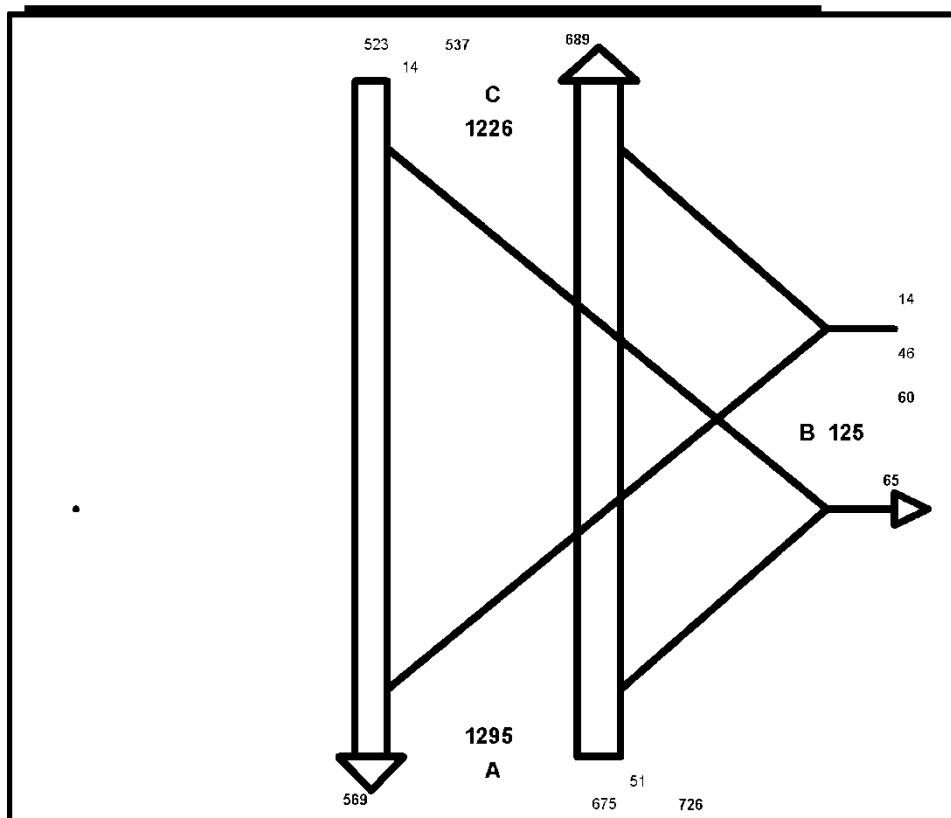
Datum štetja: 16.1.2012

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 15:00 do 16:00

Vrsta vozil: O, B, T, V

A	Vodenska cesta-jug
B	Nasipi
C	Vodenska cesta-sever



Slika 13: Diagram prometnih obremenitev križišča z industrijsko cesto v popoldanski konici

V času popoldanske konice, torej od 15.00 do 16.00 ure, vozi na priključku A skupaj 726 vozil. 96% je osebnih vozil, 3% lahkih tovornih vozil, 1% pa je avtobusov. Naravnost jih vozi 675, desno pa jih zavija 51. Iz smeri priključka C vozi 537 vozil, kjer je 96% osebnih vozil, 2% lahkih tovornih vozil, 2% avtobusov in 1% težkih tovornih vozil. Naravnost vozi 523, levo pa zavija 14 vozil. Na priključku B vozi 60 vozil, 98% osebnih in 2% lahkih tovornih vozil. Desno jih zavija 14, levo pa 46.

3.3.3 Stopnja rasti in planska doba

Podatki o prometnih obremenitvah na regionalnih cestah R1-221/1219 in R1-221/1220 so objavljeni na spletni strani Ministrstva za promet, Direkcije RS za ceste. Direkcija na območju celotne Slovenije spremlja podatke o prometnih obremenitvah na posameznih odsekih

cestne mreže s pomočjo avtomatskih števecv prometa ter posameznimi ročnimi štetji. V bližini obravnavanega križišča se na R1-221/1219 Zagorje–Bevško (števno mesto 307) in R1-221/1220 Bevško–Trbovlje (števno mesto 582) nahajata avtomatska števca prometa. V naslednjih preglednicah so podane prometne obremenitve za omenjeni števni mesti in izračunane letne rasti prometa.

Preglednica 13: Prometne obremenitve za števno mesto 307 Zagorje–Bevško

Leto	Tip števca	Vsa vozila (PLDP)	Letna rast prometa (%)
2004	QLD-3	3303	
2005	QLD-3	3326	0.7%
2006	QLD-3	3477	4.5%
2007	QLD-3	3587	3.16%
2008	QLD-3	3816	6.38%
2009	QLD-3	3376	-11.5%
2010	QLD	3487	3.28%
2011	QLD	3531	1.26%

Preglednica 14: Prometne obremenitve za števno mesto 582 Bevško–Trbovlje

Leto	Tip števca	Vsa vozila (PLDP)	Letna rast prometa (%)
2004		10200	
2005		8000	-21.5%
2006		8100	1.25%
2007		12671	50.0%
2008	ročno	12800	1.0%
2009	QLD-6	13169	2.8%
2010	QLD-6	12906	-2.0%
2011	QLD-6	12729	-1.37%

Iz podatkov v obdobju od leta 2001 do 2011 je razvidno, da se letne rasti prometa na posameznih odsekih spreminjajo zelo različno. Tako v preteklosti zaznamo močno rast prometa, medtem ko v zadnjih letih promet celo nekoliko upada. Sklepamo, da je takšna neenakomerna razporeditev prometa posledica izgradnje bližnjega priključka na avtocesto na Trojanah, nato pa še uvedba vinjet. Zato smo ocenili, da bo največja pričakovana letna rast prometa 2%. Večja rast je malo verjetna glede na kapacitete obstoječega cestnega omrežja, ki je že zdaj preobremenjeno.

Skladno z zahtevami Pravilnika o projektiranju cest (Uradni list Republike Slovenije, št. 91/2005) smo za projektiranje rekonstrukcije obravnavanega križišča upoštevali plansko dobo 10-ih let po zaključku gradnje. Po koncu planske dobe mora obravnavano križišče še vedno zagotavljati zadovoljiv nivo uslug, torej E.

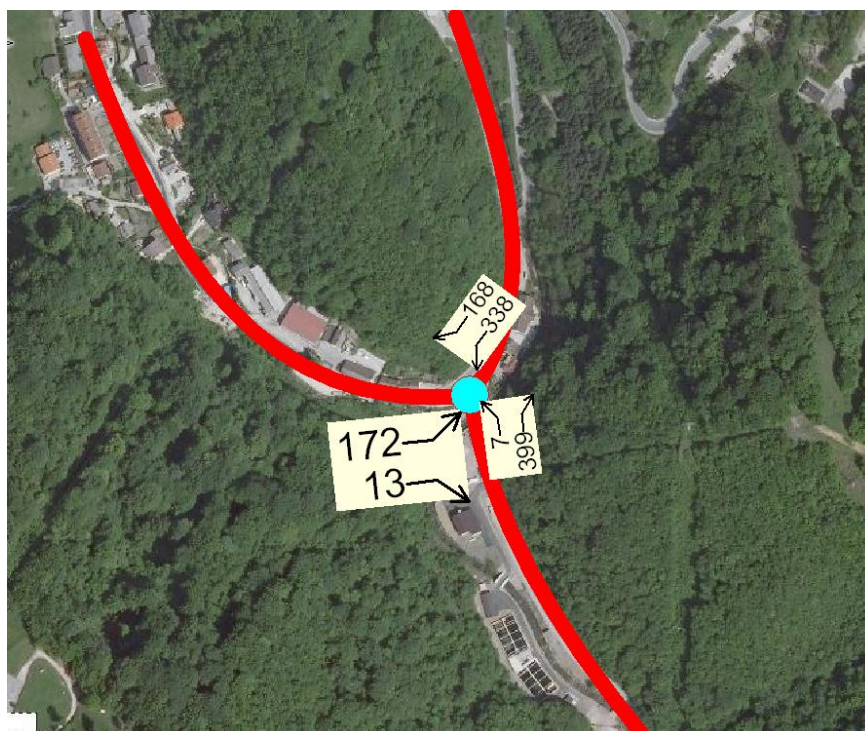
Preglednica 15: Nivo uslug rekonstruiranega križišča ob koncu planske dobe

Funkcija ceste	Nivo uslug ob koncu planske dobe
Daljinska cesta	D
Povezovalna cesta	E
Zbirna cesta	E
Dostopna cesta	E

3.4 Kapacitetna analiza obstoječega stanja

Na nesemaforiziranih križiščih sta kapaciteta in čakalni časi na vozni pasovih neprednostnih priključkov odvisni od tega, koliko zadostnih časovnih razmakov med vozili na prednostnih smereh lahko izkoristijo vozila iz neprednostnih smeri, da se lahko vključijo oziroma prečkajo glavni prometni tok. Še zadovoljiva stopnja zasičenja ob koncu planske dobe znaša $X = 0.85$, ko je dosežen kriterij prometnih obremenitev. Čakalni časi oziroma nivo uslug (NU) pa je lahko E (povezovalna cesta), ko je dosežen kriterij čakalnih časov. V primeru, da je dosežen nivo uslug F, je potrebno izvesti ustrezne ukrepe, s katerimi povečamo uspešnost oziroma kapaciteto križišča.

Uporabljene so obstoječe prometne obremenitve, ki so bile ugotovljene s štetjem prometa (16. 1. 2012). Na slikah 14 in 15 so prikazane prometne obremenitve v času jutranje in popoldanske prometne konice. Merodajna je ura, ko so obremenitve največje – to je v popoldanski konici. Ker prikazujemo trenutno stanje, faktorja rasti prometa ne upoštevamo.



Slika 14: Prikaz prometnih obremenitev obstoječega stanja v času jutranje konice



Slika 15: Prikaz prometnih obremenitev obstoječega stanja v času popoldanske konice

V preglednici so prikazani rezultati kapacitetne analize za jutranjo in popoldansko konico.

Preglednica 16: Povzetek kapacitetne analize obstoječega stanja

Prometni parameter	Jutranja konica	Popoldanska konica
Volumen (število vozil)	1097	1296
Povprečna zamuda v celotnem križišču	9.7 s/vozilo	27.8 s/vozilo
Največja povprečna zamuda v eni smeri	56 s/vozilo	164.2 s/vozilo
Najdaljša kolona, 95%	53.4 m	100.7 m
Največja stopnja nasičenosti (V/C)	0.83	1.22
Količina porabljenega goriva	46 l	75 l
Emisije CO (ogljikov monoksid)	0.86 kg	1.39 kg
Emisije NO _x (dušikovi oksidi)	0.17 kg	0.27 kg
Emisije VOC (lahkohlapni ogljikovodiki)	0.20 kg	0.32 kg
Število ustavljanj na vozilo	0.18	0.2
Skupno število ustavljanj	196	264
Najslabši nivo uslug v posamezni smeri	F	F
Najslabši ICU LOS celotnega križišča	A (41.6%)	A (43.6%)

Obstoječe nesemaforizirano trikrako križišče v času jutranje prometne konice prevozi skupaj 1097 vozil, v času popoldanske konice pa 1296 vozil. Velike prometne obremenitve na glavni smeri otežujejo vključevanje vozil s stranske smeri, na kateri prihaja do zamud in zastojev.

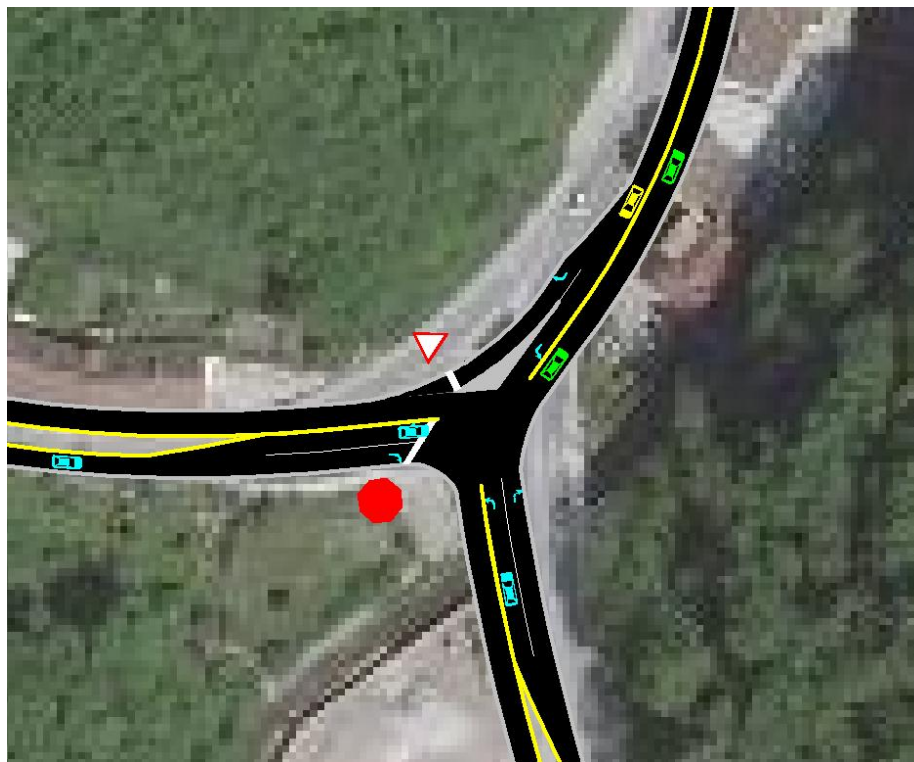
Rezultati kapacitene analize nam pokažejo, da povprečna zamuda na vozilo v času jutranje konice znaša 56 s/vozilo, v času popoldanske konice pa celo 164 s/vozilo. Vsako od vozil na stranski prometni smeri se, tako v jutranji kot tudi v popoldanski konici, ustavi v povprečju enkrat. Najdaljša kolona po 95. percentili na stranski smeri za leve zavijalce znaša v jutranji konici 53.4 m, v popoldanski pa 100.7 m. V obeh primerih kolona presega dolžino pasu za levo zavijanje in prihaja do oviranja vozil, ki na stranski smeri zavijajo desno.

Stopnja zasičenja stranske prometne smeri je v času jutranje konice 0.83 in trenutno še ne presega mejne stopnje zasičenja, ki znaša 0.85. Vendar pri preverjanju obstoječega stanja nismo upoštevali stopnje rasti prometa, zato je pričakovati, da bo stopnja zasičenja v prihodnosti presegla mejno vrednost. V času popoldanske konice stopnja zasičenja znaša 1.22, kar pomeni, da je količina prometa presegla kapaciteto. Nivo uslug stranske prometne smeri je v času obeh prometnih konic enak F, kar ustreza velikim zamudam na tej smeri (56 s/vozilo v jutranji konici in 164 s/vozilo v popoldanski konici). Nivo uslug za celotno križanje, določen po metodi ICU, je A. Izkoriščenost križišča v jutranji konici je 41.6%, v popoldanski pa 43.6%.

Ugotovitve:

- v križišču se v jutranji in popoldanski konici pojavljajo velike zamude na stranski smeri, zato je nivo uslug na tej smeri neustrezen (NU F);
- na prednostnih krakih promet poteka nemoteno, najslabši nivo uslug za manever zavijanja levo iz glavne na stransko smer je B;
- v času popoldanske konice predstavlja največjo težavo kapaciteta oziroma stopnja zasičenja, ki znaša 1.22 in pomeni, da je prometna obremenitev presegla kapaciteto in posledica tega so prekomerne zamude ter nastanek kolon;
- najdaljša kolona po 95. percentili je 100.7 m in precej presega dolžino pasu za leve zavijalce (20 m), zato prihaja do oviranja vozil, ki na stranski smeri zavijajo desno.

Neustrezen nivo uslug (NU F) na stranski smeri se pogosto pojavi, kadar na glavni smeri ni razpoložljivega zadostnega razmaka med vozili. To se kaže v povečanju zamud in nastanku kolon na stranski smeri. Posebno težavo predstavljajo tudi velike zamude v kombinaciji z doseženo oziroma preseženo stopnjo zasičenosti. Že ob majhnih spremembah prometnega toka lahko pride do velikega povečanja zamud. V takšnih primerih je potrebno preučiti smiselnost uvedbe signalnih naprav ali izboljšanja geometrijskih značilnosti križišča.



Slika 16: Prikaz geometrije obstoječega trikrakega križišča

4 VARIANTA 1: KLASIČNO SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE

4.1 Opis projektne rešitve klasičnega semaforiziranega križišča

Na območju obstoječega trikrakega križišča »Sušnik« se v km 0.0+0.00 regionalne ceste R1-221/1219 uredi nov priključek industrijske ceste. Os priključka je pravokotna na os glavne prometne smeri. Na glavni smeri in na priključku regionalne ceste iz smeri Zagorja sta predvidena pasova za levo zavijanje. Enostranska dolžina razširitve na glavni cesti zanaša 50 m in ustreza hitrosti 50 km/h. Dolžine polnih pasov za levo zavijanje so 16 m, da omogočajo zavijanje merodajnega vlačilca, katerega dolžina je 16 m. Na kraku iz smeri Trbovlje center je predviden pas za desno zavijanje v smeri Zagorja. Promet je na ustju priključka kraka v smeri Zagorja kanaliziran z otokoma v obliki trikotnika in kaplje. Otok v obliki kaplje omogoča tudi prehajanje pešcev, zato mora biti širine minimalno 2 m. Na kraku industrijske ceste je prav tako urejen z otokom v obliki kaplje, ki vodi vozila v križišče. Zavijalni radiji so sestavljeni iz treh krožnih lokov (košarasta krivina), katerih velikosti so v medsebojnem razmerju $R_1:R_2:R_3 = 2:1:3$. Na stranski smeri regionalne ceste (R1-221/1220) so uvozni in izvozni radiji prilagojeni prevoznosti trionsnega vozila za odvoz smeti, ker je na tem priključku prepovedan promet za vsa tovorna vozila. Izvozni radij industrijske ceste za leve zavijalce ustreza prevoznosti sedlastega vlačilca. Preverjene prevoznosti so natančneje prikazane v poglavju 7.1, grafično pa je situacija klasičnega semaforiziranega štirikrakega križišča prikazana v prilogi G.1.

Kolesarski promet so bo odvijal po vozišču, peš promet pa na nivojsko ločenih hodnikih, dvignjenih 12 cm nad nivojem vozišča. Hodniki potekajo v ožjem delu križišča na vseh štirih krakih. Na kraku Trbovlje center hodnik poteka po desni strani, na kraku Bevško–most čez Savo pa po levi strani in je širok do 2.0 m. Na kraku iz smeri Zagorja hodnik povezuje obstoječe objekte z bližnjo avtobusno postajo. Na kraku industrijske ceste je predviden enostranski hodnik širine 1.55 m. Zaradi bližine struge potoka Trboveljščica na nekaterih delih hodnik poteka na konzoli regulacijskega zidu, skupaj v dolžini 90 m. Prav tako je zaradi hodnika na nekaterih delih potrebno nadzidati obstoječ regulacijski zid Trboveljščice. Predvidena sta prehoda za pešce preko krakov Trbovlje center in Bevško–Zagorje.

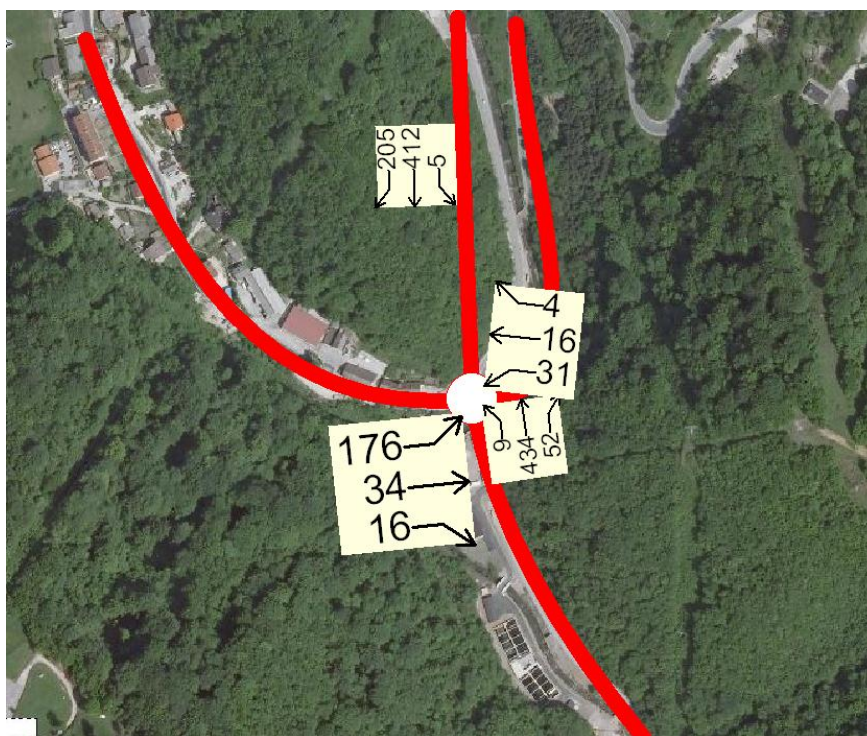
Zaradi priključka industrijske ceste je potrebno porušiti zidani objekt – garažo in lesen objekt – barako. Predvideno je tudi podaljšanje obstoječega mostu čez Trboveljščico v dolžini 25 m.

4.2 Kapacitetna analiza klasičnega semaforiziranega štirikrakega križišča

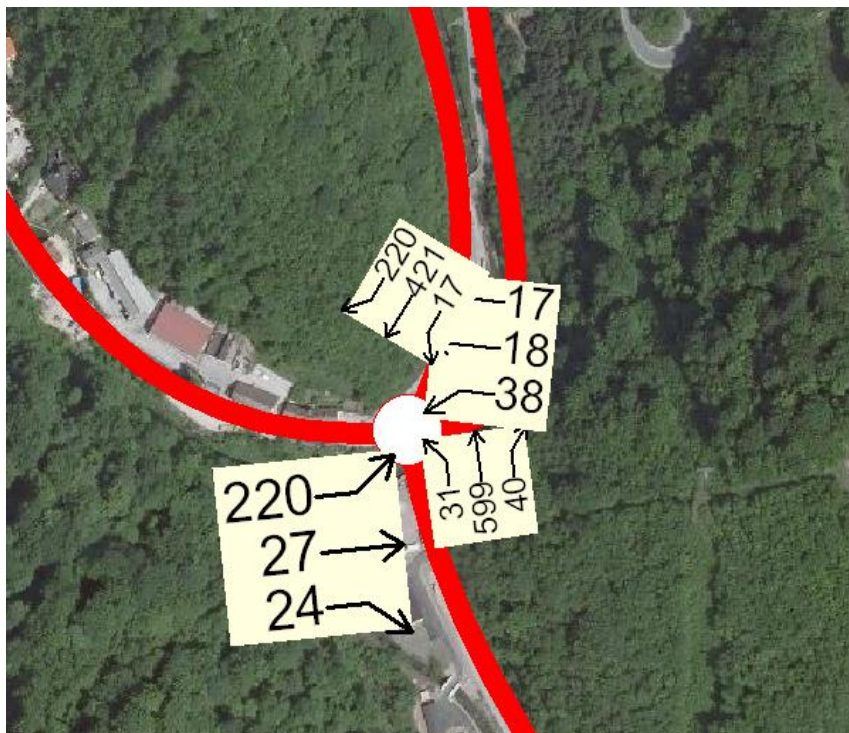
Pri semaforiziranih križiščih je prometna uspešnost odvisna od stopnje nasičenosti posameznih smeri ($X = V/C$). Stopnja nasičenosti predstavlja razmerje dejanskih merodajnih prometnih obremenitev (V) v odvisnosti od kapacitete (C). Kapaciteta je odvisna od geometrijskih elementov križišča, lastnosti prometnih tokov in od krmilnih parametrov semaforja. Kapaciteta semaforiziranega križišča se določa za vsako skupino voznih pasov

posebej. Pri normalnem delovanju križišča se stopnja zasičenja giba med vrednostjo 0 in 1.0. Če je vrednost večja od 1.0, potem količina prometa presega kapaciteto. Še zadovoljiva stopnja nasičenosti posamezne smeri semaforiziranega križišča je med $X = 0.90$ do 0.95 , ko je dosežen kriterij prometnih obremenitev. Nivo uslug križišča in posameznih smeri je odvisen od zamud oziroma čakalnih časov vozil. Ti so odvisni od dejanskih prometnih obremenitev ter od krmilnega programa semaforjev (porazdelitev zelenih časov, čakalni časi pri rdečem signalu). NU E kaže na dosežen kriterij čakalnih časov, NU F pa na presežen kriterij.

Kapacitetna analiza vključuje analizo pričakovanih prometnih obremenitev ob koncu planske dobe (leta 2022), ocenjenih na podlagi povprečne letne stopnje rasti prometa (2%) v času jutranje in popoldanske konice, saj so takrat obremenitve največje. Obstoječemu križišču se priključi še en krak, zato je promet prerazporejen glede na podatke o štetju prometa v križišču »Sušnik« ter priključku industrijske ceste. Prometne obremenitve so razporejene v razmerju obstoječih deležev zavijalcev. Prerazporejene prometne obremenitve ob koncu planske dobe so prikazane na slikah 17 in 18.



Slika 17: Prometne obremenitve klasičnega semaforiziranega križišča ob koncu planske dobe – jutranja konica



Slika 18: Prometne obremenitve klasičnega semaforiziranega križišča ob koncu planske dobe – popoldanska konica

Križišče je krmiljeno z dvofaznim krmilnim programom. Dolžina cikla je optimizirana s programom Synchro 6.0 in znaša 60 sekund. Določiti je potrebno minimalne zelene čase, ki v našem primeru znašajo 21 sekund. To je najkrajši čas, v katerem pešcem še lahko omogočimo varno prečkanje ceste. Poleg tega je treba podati tudi prehodni čas rdeče in rumene luči, ki v Sloveniji znaša 1 sekundo. Prehodni čas rumene luči pa traja 3 sekunde. Program nato sam določi optimalno dolžino ciklusa, ki je odvisna od dolžine vmesnih časov, prometnih obremenitev ter velikosti križišča. Izbran je dvofazni krmilni program, saj dolžina ciklusa narašča z večanjem števila faz, s tem pa se povečujejo čakalni časi vozil v križišču.

Preglednica 17: Povzetek kapacitetne analize semaforiziranega križišča

Prometni parameter	Jutranja konica	Popoldanska konica
Volumen (število vozil)	1394	1671
Povprečna zamuda v celotnem križišču	13.5 s/vozilo	15 s/vozilo
Največja povprečna zamuda v eni smeri	26 s/vozilo	27 s/vozilo
Najdaljša kolona, 95%	57.9 m	92 m
Največja stopnja nasičenosti (V/C)	0.71	0.79
Količina porabljenega goriva	75 l	93 l
Emisije CO (ogljikov monoksid)	1.39 kg	1.73 kg
Emisije NO _x (dušikovi oksidi)	0.27 kg	0.33 kg
Emisije VOC (lahkohlapni ogljikovodiki)	0.32 kg	0.40 kg
Število ustavljanj na vozilo	0.59	0.60
Skupno število ustavljanj	822	1008
Najslabši nivo uslug v posamezni smeri	C	C
Najslabši ICU LOS celotnega križišča	A (47.1%)	B (59.5%)

Klasično semaforizirano štirikrako križišče ob koncu planske dobe prevozi v času jutranje konice 1394 vozil, v času popoldanske konice pa 1671. Povprečne zamude na vozilo za celotno križanje v jutranji konici znašajo 13.5 s/vozilo, v popoldanski pa 15 s/vozilo. Največje povprečne zamude se pojavijo na neprednostnem kraku iz smeri Zagorja. V času jutranje konice so zamude 23.7 s/vozilo, v popoldanski konici pa 26.9 s/vozilo. Tako se zamude na tem kraku v primerjavi z obstoječim stanjem bistveno izboljšajo. Se pa pojavijo zamude na glavnih prometnih smereh, ki jih v obstoječem stanju praktično ni. Tako na prednostnem kraku iz smeri Trbovlje center znašajo 7.6 s/vozilo za jutranjo in 6.8 s/vozilo za popoldansko konico. Na prednostnem kraku iz smeri most čez Savo so zamude nekoliko večje, v času jutranje konice so 15.2 s/vozilo, v času popoldanske konice pa 17.2 s/vozilo. Na stranski prometni smeri – priključek industrijske ceste – so zamude v jutranji konici 16.2 s/vozilo, v popoldanski pa 18 s/vozilo. Največje število ustavljanj se pojavi na stranski prometni smeri iz smeri Zagorja. Vozilo se ustavi povprečno 0.81-krat. V križišču ustavi v jutranji konici 822 vozil, od skupno 1394, ki prevozijo križišče v tem času. V popoldanski konici pa se ustavi 1008 od skupno 1671 vozil. Najdaljša kolona po 95. percentili se pojavi na glavni prometni smeri na kraku v smeri Trbovlje center za vožnjo naravnost. V jutranji konici znaša kolona 57.9 m, v popoldanski pa 92 m. V primerjavi z obstoječim stanjem se kolone na stranski

prometni smeri precej zmanjšajo. Tako je dolžina kolone obstoječega stanja v jutranji konici znašala 53.4 m, po rekonstrukciji pa se zmanjša na 34.2 m. V času popoldanske konice se dolžina kolone zmanjša iz 100.7 m na 48.4 m.

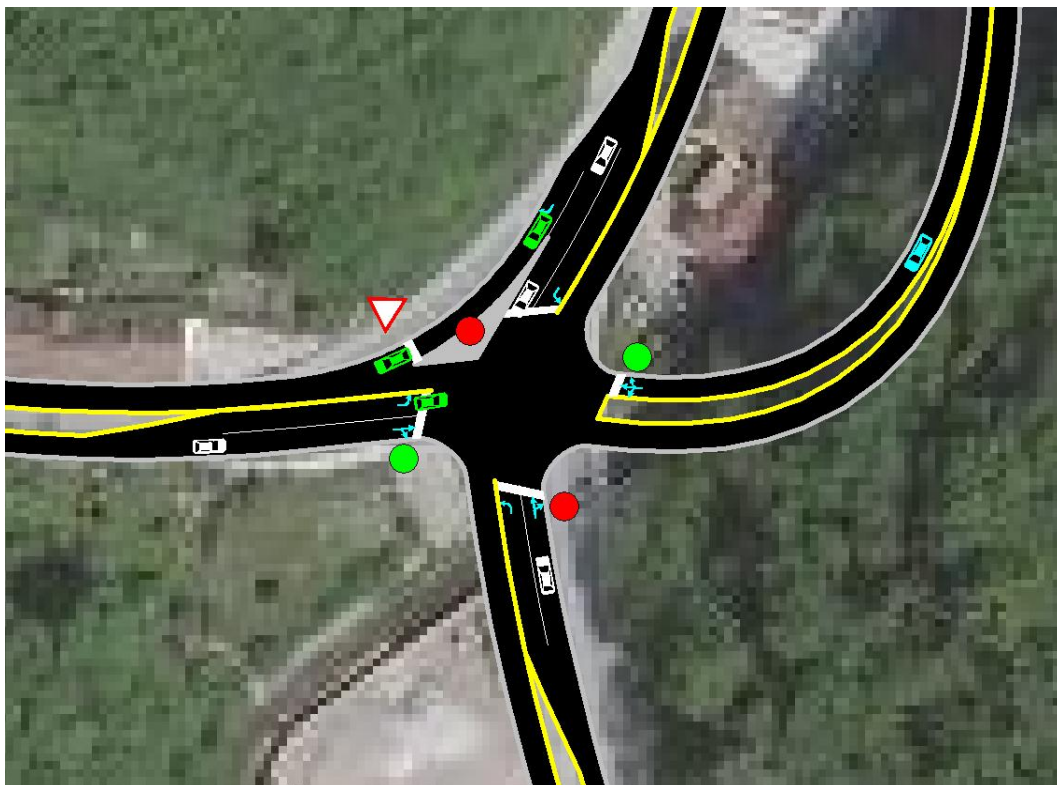
Največja stopnja zasičenja v jutranji konici znaša 0.71, v popoldanski pa 0.79. Kriterij prometnih obremenitev na nobenem kraku ni presežen, saj je največja dovoljena stopnja zasičenja 0.95. V obstoječem stanju je bila kritična stopnja zasičenja stranske prometne smeri v popoldanski konici, ki je znašala 1.22. Pri varianti klasičnega semaforiziranega štirikrakega križišča pa stopnja zasičenja ob koncu planske dobe na tem kraku znaša 0.68, torej smo problem neustrezne kapacitete uspešno rešili.

Najslabši nivo uslug (NU C) se pojavi na stranski smeri iz smeri Zagorja. Na glavni prometni smeri iz smeri Trbovlje center je nivo uslug najboljši (NU A), na ostalih dveh krakih pa je nivo uslug B. Nivo uslug po metodi ICU je v jutranji konici A (47.1%), v popoldanski konici pa je B (59.5%), torej ima križanje ob koncu planske dobe še rezerve v kapaciteti. Natančni rezultati analiz s programom Synchro 6.0 so prikazani v prilogi A.

Ugotovitve:

- z rekonstrukcijo križišča se na vseh smereh pojavijo zamude, ki pa niti ob koncu planske dobe ne presegajo mejnih vrednosti;
- najslabši nivo uslug (NU C) se pojavi na stranski smeri iz Zagorja, vendar pa je še znotraj mejnih vrednosti;
- varianta sicer reši problem nastajanja velikih kolon na stranski smeri, vendar pa se pojavijo kolone na glavni prometni smeri, ki v času popoldanske konice znašajo 92 m in se poveča nevarnost naletnih trčenj na glavni smeri;
- bistveno se zmanjšajo zamude vozil na stranski smeri.

Križišče torej z vidika odvijanja prometa zadovoljivo deluje. Pojavi se problem kolon na glavni prometni smeri, vendar pa ostali prometni kriteriji niso preseženi. V primerjavi z obstoječim stanjem bistveno izboljšamo pogoje odvijanja prometa, zato lahko zaključimo, da je klasično semaforizirano štirikrako križišče ustrezna rešitev.



Slika 19: Klasično štirirako križišče po rekonstrukciji

5 VARIANTA 2: KROŽNO KRIŽIŠČE

5.1 Opis projektne rešitve krožnega križišča

Križišče je zasnovano kot enopasovno krožno križišče, ki ima zunanji premer 32 m. Najprej je bilo sicer predvideno križišče z zunanjim premerom 38 m, vendar ga zaradi prostorske utesnjenosti ni bilo možno ustrezno umestiti. V projektu je predvideno krožno križišče s polmerom notranjega otoka 8.5 m, premerom zunanjega otoka 32.0 m ter enim voznim pasom širine 7.5 m (6.0 m asfaltnega pasu v naklonu 2% ter 1.5 m tlakovanega pasu v naklonu 4% ob notranjem otoku). Vsi kraki so na krog priključeni centrično glede na sredinski otok. Osrednji otok je dvignjen in hortikulturno urejen. V ustjih priključnih krakov so locirani otoki, ki vozilo usmerjajo v krožno križišče in omogočajo namestitve vertikalne signalizacije, obenem pa omogočajo prehajanje peš prometa prek krakov. Uvozni in izvozni radiji so sestavljeni iz treh krožnih lokov (košarasta krivina). Širine uvozov in izvozov na glavni smeri ter uvoz industrijske ceste so prilagojeni prevoznosti merodajnega sedlastega vlačilca. Na stranski smeri regionalne ceste (R1-221/120) so uvozni in izvozni radiji prilagojeni prevoznosti triosnega vozila za odvoz smeti, ker je na tem priključku prepovedan promet za vsa tovorna vozila. Na priključku industrijske ceste je izvozni radij v smeri proti centru Trbovelj prilagojen prevoznosti triosnega vozila za odvoz smeti, v tej smeri je tovornim vozilom prepovedano zavijati levo. Izvozni radij industrijske ceste za leve zavijalce ustreza prevoznosti sedlastega vlačilca. Prevoznosti smo preverili s programom AutoTURN in so podrobneje opisane in prikazane v poglavju 7.2. Grafično je situacija krožnega križišča prikazana v prilogi G.2.

Kolesarski promet se bo predvidoma odvijal po vozišču, peš promet pa na nivojsko ločenih hodnikih, ki so 12 cm nad nivojem vozišča. V ožjem delu križišča potekajo hodniki na vseh štirih krakih, ki se nadaljujejo kot enostranski hodniki širine do 2.0 m, na industrijski cesti pa širine 1.55 m. Zaradi bližine struge potoka Trboveljščice poteka hodnik industrijske ceste na določenih delih na konzoli regulacijskega zidu, skupaj v dolžini 90 m. Na nekaterih delih je potrebno nadzidati obstoječ regulacijski zid. Predvideni so prehodi za pešce prek nivojsko ločenih otokov na ustjih priključnih krakov.

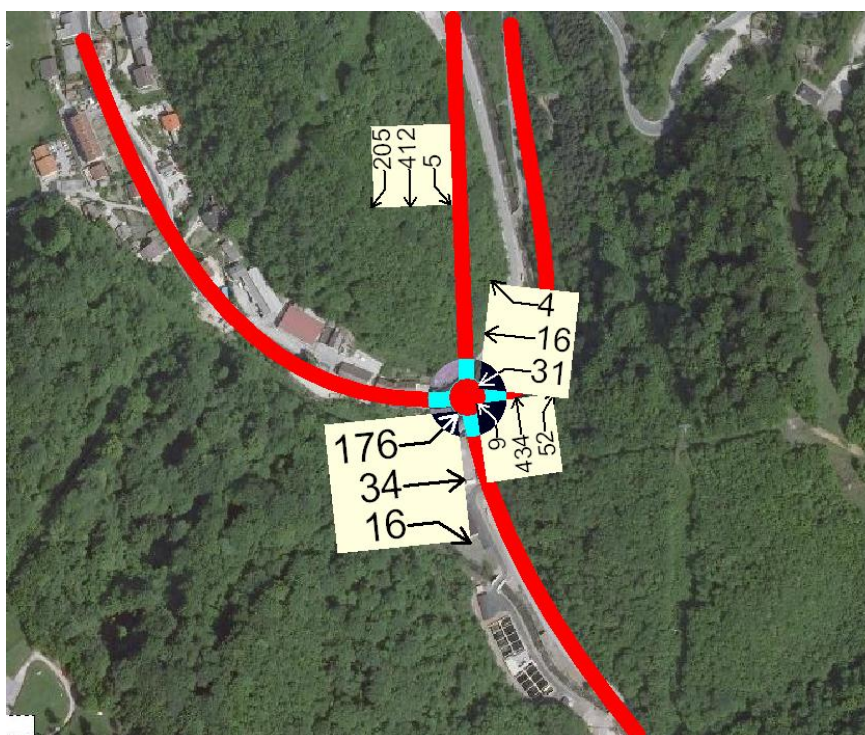
Podobno kot pri varianti klasičnega semaforiziranega štirikrakega križišča je tudi pri tej varianti, zaradi lociranja kroga in priključitve industrijske ceste, potrebno porušiti zidani objekt – garažo ter dva lesena objekta in podaljšati most čez Trbovlješčico v dolžini 27 m.

5.2 Kapacitetna analiza krožnega križišča

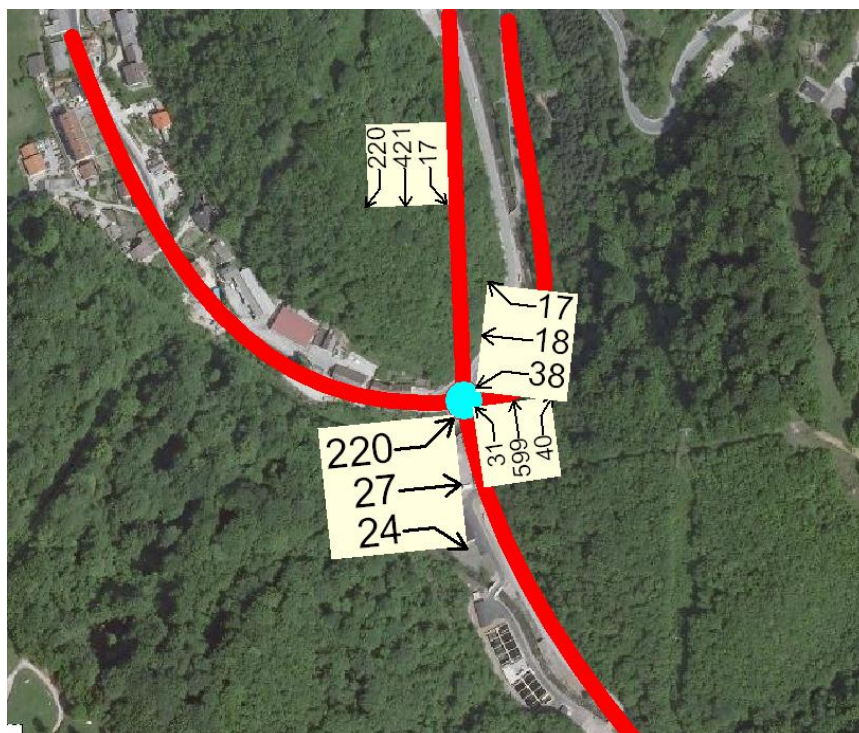
Kapaciteta krožnega križišča določa, koliko vozil prevozi krožno križišče v določeni časovni enoti. Pri krožnih križiščih je kapaciteta odvisna od zmogljivosti priključkov. Na to vplivajo poleg splošnih geometrijskih elementov krožnega križišča tudi geometrijski elementi uvoza.

Stopnja nasičenosti priključkov naj ne bi presegala vrednosti $X = 0.85$, še sprejemljivi nivoji uslug pa so E.

Prav tako kot pri varianti s klasičnim semaforiziranim križiščem smo tudi tu uporabili prometne obremenitve v času popoldanske konice. Upoštevana je 2% letna rast prometa. Prometne obremenitve po priključitvi četrtega kraka so razporejene v razmerju obstoječih deležev zavijalcev. Na slikah 20 in 21 so prikazane predvidene prometne obremenitve ob koncu planske dobe.



Slika 20: Prometne obremenitve krožnega križišča ob koncu planske dobe – jutranja konica



Slika 21: Prometne obremenitve krožnega križišča ob koncu planske dobe – popoldanska konica

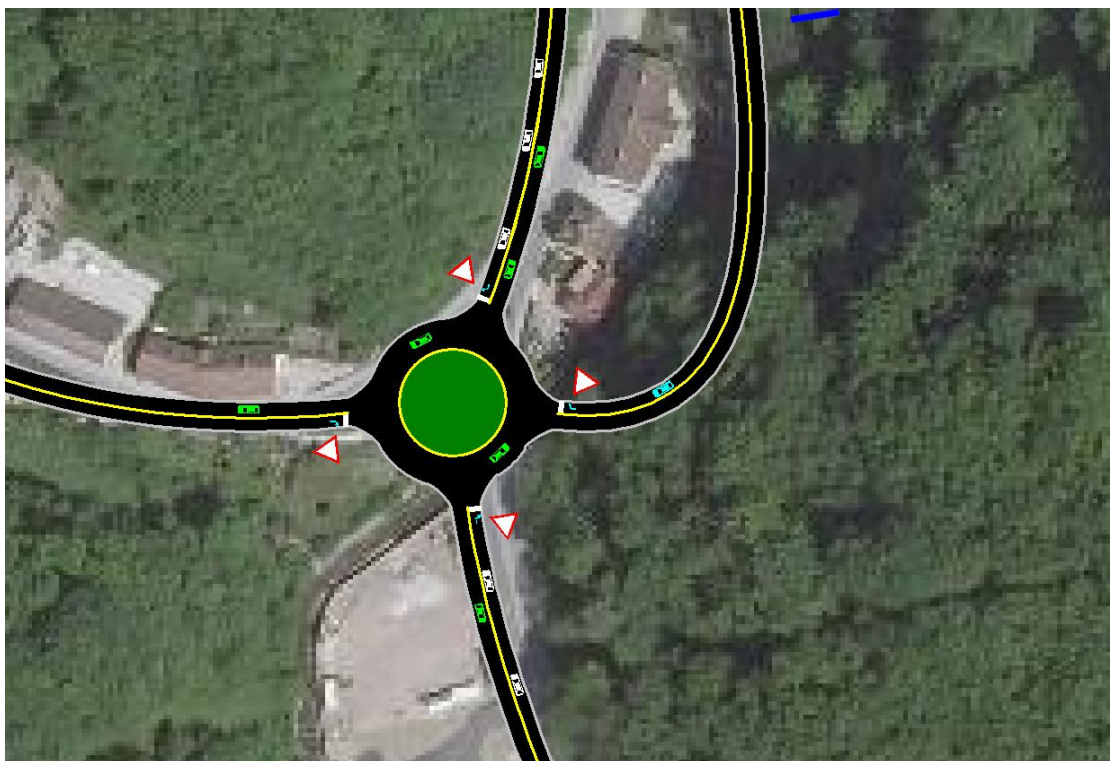
Program Synchro 6.0 določa kapaciteto krožnih križišč po metodologiji HCM 2000 (Highway Capacity Manual 2000), vendar pa trenutno še ne omogoča prikaza vseh kapacitetnih parametrov. Kot rezultat analiz s programom Synchro 6.0 tako dobimo podatke o stopnji zasičenja križišča (V/C), ne pa tudi podatkov o zamudah ali dolžinah čakalnih vrst.

Preglednica 18: Povzetek simulacije krožnega križišča

Prometni parameter	Jutranja konica	Popoldanska konica
Volumen (število vozil)	1392	1672
Največja stopnja nasičenosti (V/C)	0.61	0.78
Količina porabljenega goriva	73 l	89 l
Emisije CO (ogljikov monoksid)	1.36 kg	1.65 kg
Emisije NO _x (dušikovi oksidi)	0.26 kg	0.32 kg
Emisije VOC (lahkohlapni ogljikovodiki)	0.31 kg	0.38 kg
Število ustavljanj na vozilo	1	1
Skupno število ustavljanj	1392	1672
Najslabši ICU LOS celotnega križišča	B (60%)	D (76.7%)

Količina prometa, ki v jutranji prometni konici prevozi krožno križišče, znaša 1392 vozil, v popoldanski konici pa skupaj prevozi križišče 1672 vozil. Vsako vozilo se povprečno ustavi enkrat, tako v jutranji kot tudi v popoldanski konici. Skupno število ustavljanj v križišču je tako 1392 za jutranjo in 1672 za popoldansko konico. V jutranji konici se največja stopnja zasičenja 0.61 pojavi na glavni prometni smeri Trbovlje center. Največja stopnja zasičenja v popoldanski konici se prav tako pojavi na tem kraku, znaša pa 0.78. Vidimo lahko, da v nobenem primeru niso presežene mejne vrednosti, ki za krožno križišče znašajo 0.85. Razmerje med količino prometnih obremenitev in kapaciteto krožnega križišča bo torej ob koncu planske dobe še ustrezno. Nivo uslug, določen po metodi ICU, je za jutranjo konico B (60%), za popoldansko pa D (76.7%). Križišče ima v obeh primerih še rezerve v kapaciteti. Natančni rezultati kapacitetne analize so prikazani v prilogi A.

Podatkov o povprečnih zamudah za celotno križanje in zamudah po posameznih smereh nimamo, prav tako tudi ne podatkov o najdaljši koloni po 95. percentili, zato teh podatkov ne moremo primerjati z obstoječim stanjem. Skupni nivo uslug krožnega križišča je sicer slabši od obstoječega ali semaforiziranega, vendar pa ima ob koncu planske dobe še rezerve v kapaciteti. Sklepamo lahko, da se prometni tokovi bolje odvijajo v primeru semaforiziranega križišča. Vendar pa promet v krožnem križišču vseeno poteka bolje kot v obstoječem stanju, kjer so bili preseženi kriteriji uspešnosti križišča. Torej lahko trdimo, da bi bilo tudi krožno križišče, z vidika odvijanja prometa, ustrezna rešitev.



Slika 22: Krožno križišče s štirimi kraki

6 PROJEKTIRANJE KRIŽIŠČA »SUŠNIK«

Pri načrtovanju in projektiranju križišča je treba upoštevati prometno-tehnične zahteve, pogoje in normative, ki jih določata »Pravilnik o projektiranju cest« (Uradni list Republike Slovenije, št. 91/2005) in Tehnična specifikacija za javne ceste, ki podaja usmeritve za projektno-tehnično oblikovanje krožnih križišč na javnih cestah v Republiki Sloveniji (TSC 03.341:2002).

Idejna zasnova se izdelava za dve varianti preureditve, in sicer za:

- klasično semaforizirano štirikrako križišče in
- krožno križišče s štirimi kraki.

Pri rekonstrukciji smo upoštevali prestavitev industrijske ceste (LC 423 411 Sušnik–Nasipi–Žabjek), ki se zdaj priključi na regionalno cesto R1-221, odsek 1219, na stacionaži km 0.1 + 40.00, na stacionažo km 0.0 + 0.00. Tako se industrijska cesta priključuje direktno v križišče »Sušnik«, kar je razvidno iz situacije. Po izgradnji celotne prestavitve bi se sedanji priključni krak te ceste na regionalno cesto R1-221/1219 ukinil. Gradbeni situaciji posameznih variant sta prikazani v prilogah G.1 in G.2.

Za grafično osnovo idejne zasnove je uporabljen geodetski načrt v merilu 1:500. Iz situacije so bili iz vrednoteni in izrisani prečni profili na razdalji 20 m ter vzdolžni profili. Idejna rešitev rekonstruiranega križišča je projektirana na osnovi zaključkov prometne in prometno-varnostne študije, ki sta opisani v prejšnjih poglavjih.

6.1 Trasirni elementi

6.1.1 Horizontalni potek

Na obravnavanem odseku osi glavne ceste most čez Savo–Trbovlje je uporabljena računsko hitrost 50 km/h, kar ustreza dejstvu, da cesta poteka v naselju. Minimalni uporabljeni radij znaša $R=85.41$ m, maksimalni pa $R=107.13$ m. Minimalna uporabljena prehodnica je $A=29.57$. Dolžine uporabljenih prehodnic so manjše od predpisanih, ker se s traso ceste prilagajamo lokacijam obstoječih objektov (prostorska utesnjenost).

Na osi priključka iz smeri Zagorja je predvidena računsko hitrost 50 km/h, vendar pa zaradi prostorske utesnjenosti uporabljeni radiji ustrezajo računski hitrosti 30 km/h. Tako znaša minimalen radij 37 m. Ker obravnavamo priključek samo na razdalji 46 m, prehodnice na tem delu niso uporabljene.

Na osi priključka industrijske ceste je predvidena računsko hitrost 40 km/h, vendar so uporabljeni horizontalni elementi manjši od minimalnih zaradi prostorske omejenosti, na eni strani s strugo potoka Trboveljščica, na drugi strani pa s srednje nagnjenim pobočjem nad

strugo potoka. Minimalen uporabljen radij je 20 m, maksimalen pa 45 m. Ker gre za cesto z elementi za projektno hitrost 40 km/h oziroma manjšo, prehodnice na tej osi niso uporabljene.

6.1.2 Vertikalni potek in odvodnjavanje

Potek nivelete osi glavne ceste most čez Savo–Trbovlje center pogojuje obstoječ most čez Trboveljščico, ki se nahaja na stacionaži km –0.0-20.00. Z začetnim in končnim delom se višinski potek osi navezuje na obstoječe vozišče. Minimalni radij konveksne zaokrožitve je 1525 m, konkavne pa 3913 m. Maksimalni vzdolžni sklon znaša 2.5%, minimalni pa 0.24%. Potek nivelete osi 0 je grafično prikazan v prilogi G.3.

Niveletni potek osi regionalne neprednostne ceste Zagorje–Bevško je prostorsko zelo omejen, obravnavamo ga v dolžini 46 m. Niveleta se navezuje na obstoječe vozišče ter na niveleto glavne osi most čez Savo–Trbovlje (v prečnem profilu A6). Poleg tega pa višinski potek narekujejo še individualni uvozi, zato niveleta sledi višinskemu poteku obstoječega terena. Zaradi tega so vertikalne zaokrožitve manjše od predpisanih, konkavna zaokrožitev znaša 490 m, konveksna pa 115 m. Maksimalni vzdolžni sklon je 5.6%, minimalni pa 0.35%. Grafični potek nivelete osi 2 je prikazan v prilogi G.5.

Niveleta osi industrijske ceste se na eni strani navezuje na obstoječe vozišče, na drugi strani pa na niveleto glavne smeri most čez Savo–Trbovlje (v prečnem profilu A6). Priključitev je na tej strani izvedena z zaokrožitvijo. Minimalen radij konveksne zaokrožitve je 5862 m, konkavne pa 639 m. Maksimalni vzdolžni sklon znaša 9%, minimalni pa 0.9%. Potek nivelete osi 1 je prikazan v prilogi G.4. Med obstoječo cesto in križiščem poteka cesta po novi trasi v globokem vkopu v pobočje, zgrajeno iz dolomita.

Odvodnjavanje vozišča je zagotovljeno prek vzdolžnih in prečnih sklonov. Zajeta padavinska voda se steka ob robnikih, od tod pa v meteorno kanalizacijo. V tej fazi obdelave odvodnjavanja nismo detajlneje obravnavali.

6.1.3 Prečni nagib vozišča

Maksimalni uporabljen prečni sklon je 5%, ki je tudi največji dovoljen prečni sklon v naseljih. Minimalen prečni sklon je 2.5%. Na območjih priključevanja na obstoječo cesto se moramo s prečnimi skloni prilagoditi prečnim sklonom obstoječe ceste.

6.2 Normalni prečni profili

Regionalna cesta R1-221, odsek 1219 Bevško–Trbovlje

vozni pas	2 x 3.00 =	6.00 m
hodnik za pešce	1 x 2.00 =	2.00 m
berma	<u>1 x 1.00 =</u>	<u>1.00 m</u>
		9.00 m

Regionalna cesta R1-221, odsek 1220 Zagorje–Bevško

vozni pas	2 x 3.00 =	6.00 m
hodnik za pešce	1 x 1.60 =	1.60 m
bankina ob hodniku	<u>1 x 0.30 =</u>	<u>0.30 m</u>
		7.90 m

Regionalna cesta R1-223, odsek 1229 Bevško–most čez Savo

vozni pas	2 x 3.00 =	6.00 m
hodnik za pešce	1 x 2.00 =	2.00 m
berma	1 x 0.50 =	0.50 m
bankina ob hodniku	<u>2 x 0.30 =</u>	<u>0.60 m</u>
		9.10 m

Lokalna cesta LC 423 411 Sušnik–Nasipi–Žabjek

vozni pas	2 x 3.00 =	6.00 m
hodnik za pešce	1 x 1.55 =	1.55 m
berma	<u>1 x 1.00 =</u>	<u>1.00 m</u>
		8.55 m

6.3 Zgornji ustoj

Dimenzioniranje vozišča v fazi idejne zasnove ni izvedeno. Sestava voziščne konstrukcije je privzeta iz podobnih projektov s približno enako prometno obremenitvijo. Grafično je zgornji ustroj prikazan v karakterističnih profilih, v prilogah G.6, G.7, G.8, G.9 in G.10.

Vozišče regionalne ceste:

- 3 cm obrabna asfaltna plast iz AC 11 surf PmB 45/80-65 A2,
- 6 cm vezna asfaltna plast iz AC 22 bin PmB 25/55-65 A2,
- 8 cm nosilna asfaltna plast iz AC 32 base B 50/70 A2,
- 25 cm tamponski drobljenec TD 0/32,
- 40 cm kamnita posteljica 0/125.

V enaki sestavi se izdelava tudi razširitve vozišča. Pri varianti s krožnim križiščem je v takšni sestavi tudi zgornji ustroj voznega pasu v krogu.

Zgornji ustroj tlakovanega povoznega dela v krožnem križišču se izvede v naslednji sestavi:

- granitne kocke 10x10x10 cm, fuge zalite z neskrčljivo mikroarmirano malto,
- 24 cm nosilna plast iz mikroarmiranega betona C35/45 (mikroarmatura dolžine 30-50 mm debeline največ 0.6 mm, v količini najmanj 60 kg/m³ betona),
- 10 cm tamponski drobljenec TD 0/32,
- 40 cm kamnitega posteljica D 0/63 mm.

Priključek lokalne ceste:

- 4 cm obrabna asfaltna plast iz AC 8 surf B 70/100 A4,
- 6 cm nosilna asfaltna plast iz AC 16 base B 50/70 A4,
- 20 cm tamponski drobljenec TD 0/32,
- 40 cm kamnita posteljica D 0/125 mm.

Hodniki za pešce:

- 4 cm obrabna asfaltna plast iz AC 8 surf B 70/100 A5,
- 20 cm tamponski drobljenec TD 0/32,
- 30 cm kamnita posteljica D 0/63 mm.

6.4 Preddela in zemeljska dela

V preddelih je predvideno rušenje asfaltne površine ter robnikov v območju novogradnje, odstranitev znakov ter rezanje obstoječega asfalta po robovih. Predviden je posek dreves in rušenje nekaterih objektov.

Pred izkopi bo potrebno odstraniti humus v debelini 0.2 m ter ga deponirati za kasnejšo uporabo. Za zemeljska dela so predvideni široki izkopi za novogradnjo industrijske ceste. Material iz izkopov se odpelje na stalno deponijo. Za zasip za zidovi in nasipe je predviden kamnit material, ki se pripelje s stranskega odvzema. Brežine nasipov iz kamnitega materiala se oblikuje v naklonu 1:2. Vkopne brežine v zemljinah se oblikujejo v naklonu 1:2, v hribini pa v naklonu 4:1.

Preglednica 20: Rekapitulacija zemeljskih del:

Količina	Varianta 1 – klasično semaforizirano križišče	Varianta 2 – krožno križišče
Izkop	8899.9 m ³	8936.4 m ³
Izkop humusa	215.2 m ²	210.6 m ²
Kamnita posteljica	2309.7 m ³	2258.6 m ³
Tampon	1543.2 m ³	1446.8 m ³
Humusiranje	669.8 m ²	983.7 m ²
Nasip	90.5 m ²	103.3 m ²

6.5 Ocena stroškov

Predstavljena ocena zajema vrednost del, ki so potrebna za rekonstrukcijo obstoječega križišča ter izgradnjo novega priključka industrijske ceste, vključno z objekti. Zajeti so tudi stroški potrebni za pripravo projektne dokumentacije. Stroški odvodnjavanja in prometne opreme, ki v tej fazi obdelave niso obravnavani, so približno ocenjeni. Niso pa zajeti stroški odkupa zemljišč.

Preglednica 21: Ocena stroškov izgradnje klasičnega semaforiziranega križišča

REKAPITULACIJA – KLASIČNO SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE	Vrednost v €
PREDDELA	75.362,50
ZEMELJSKA DELA IN TEMELJENJE	453.466,55
VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE	182.795,95
ODVODNJAVANJE	30.000,00
GRADBENA IN OBRTNIŠKA DELA	97.141,90
OPREMA CEST	15.000,00
STROŠEK SEMAFORIZACIJE	80.000,00
CESTNA RAZSVETLJAVA	40.000,00
TUJE STORITVE IN OSTALO	16.100,00
SKUPAJ	989.866,89
DDV 20%	197.973,38
SKUPAJ - cesta	1.187.840,27

Preglednica 22: Ocena stroškov izgradnje krožnega križišča

REKAPITULACIJA – KROŽNO KRIŽIŠČE	Vrednost v €
PREDDELA	77.049,30
ZEMELJSKA DELA IN TEMELJENJE	455.660,90
VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE	176.179,76
ODVODNJAVANJE	30.000,00
GRADBENA IN OBRTNIŠKA DELA	103.034,50
OPREMA CEST	15.000,00
CESTNA RAZSVETLJAVA	45.000,00
TUJE STORITVE IN OSTALO	16.100,00
SKUPAJ	918.024,45
DDV 20%	183.604,89
SKUPAJ - cesta	1.101.629,34

7 PPREVERJANJE PREVOZNOSTI

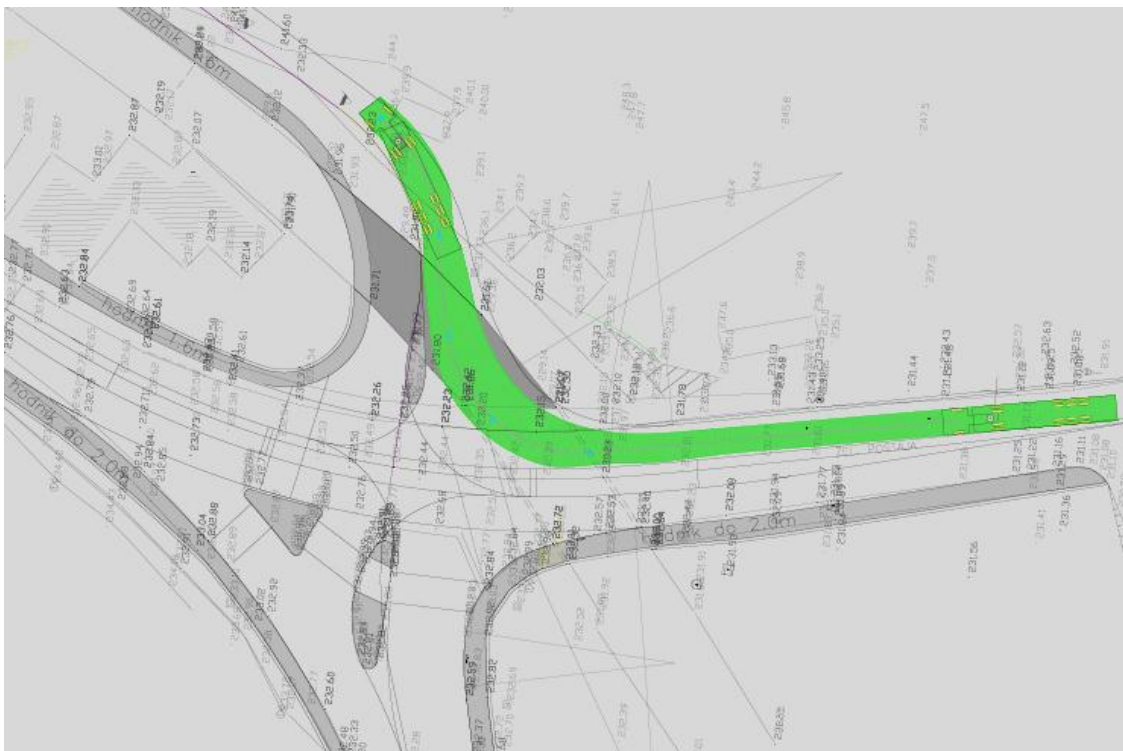
Pravilnik o projektiranju cest (Uradni list Republike Slovenije, št. 91/2005) navaja, da je potrebno pri načrtovanju križišč zavijalne loke preveriti z dinamičnimi traktrisami merodajnega vozila. Uporabili smo programsko orodje AutoTURN, ki ga je razvilo podjetje Transoft Solutions Inc. AutoTURN je programsko orodje za preverjanje zavijalnih radijev vozil v klasičnih križiščih, krožnih križiščih, kompleksnih odsekih cest ter parkirnih površinah. Omogoča izbor preko 30 merodajnih vozil in neomejeno število možnosti zavijalnih poti, s katerimi lahko enostavno preverjamo vozne parametre vozil za izbrane projektirane objekte.

7.1 Preverjanje prevoznosti klasičnega semaforiziranega štirikrakega križišča

Pri načrtovanju nivojskih križišč moramo biti pozorni na ustrezno velikost uvoznih in izvoznih radijev, ki morajo biti prilagojeni merodajnemu vozilu. Pri zavijanju desno ali levo je linija robnikov oblikovana s tremi krožnimi loki (košarasta krivina). Velikosti teh krivin morajo biti v razmerju $R_1:R_2:R_3 = 2:1:3$. Središčni polmer R_2 predstavlja minimalni polmer obračanja merodajnega vozila. Polmer obračanja se razlikuje glede na vrsto vozila in je posledica konstrukcijskih karakteristik vozil. Pri načrtovanju je zato potrebno definirati merodajno vozilo.

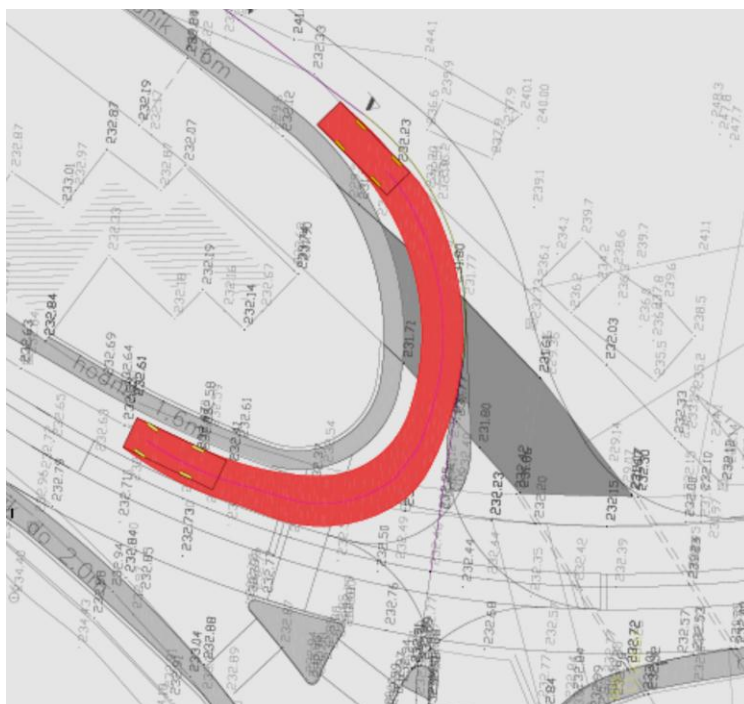
V obravnavnem primeru klasičnega semaforiziranega križišča so na stranski smeri regionalne ceste iz smeri Zagorja (R1-221/1220) uvozni in izvozni radiji prilagojeni prevoznosti triosnega vozila za odvoz smeti. Takšno merodajno vozilo smo izbrali, ker se priključni krak regionalne ceste navezuje na montažni most, preko katerega je prepovedan promet za težka tovorna vozila.

Uvozni radiji novega priključka industrijske ceste ustrezajo prevoznosti sedlastega vlačilca, saj sklepamo, da se bo večina tovornega prometa po rekonstrukciji preusmerila na ta krak, ki vodi v industrijsko cono. Slika 23 prikazuje, da sedlasti vlačilec brez težav prevozi križišče s hitrostjo 10 km/h. Torej je uvozni radij industrijske ceste ustrezen za izbrano merodajno vozilo.



Slika 23: Prevoznost sedlastega vlačilca pri hitrosti 10 km/h

Izvozni radiji priključka industrijske ceste prav tako ustrezajo prevoznosti sedlastega vlačilca, za katere je na tem priključku obvezno zavijanje levo. Razlog za to je, da se s priključkom industrijske ceste želimo izogniti tovornemu prometu skozi mesto, zato ne bi bilo smiselno, da bi se tovarna vozila vračala v mesto. Ker gre za manjši priključek, je prevoznost za desno zavijanje prilagojena dvoosnemu vozilu za odvoz smeti, kar je prikazano na sliki 24.



Slika 24: Prevoznost dvoosnega vozila za odvoz smeti (10 km/h)

Po pričakovanjih pri zasnovi klasičnega semaforiziranega štirirakega križišča nismo imeli težav s prevoznostjo, saj križišče ni prostorsko omejeno in je bilo dovolj prostora za oblikovanje ustreznih zavijalnih krivulj za merodajna vozila.

7.2 Preverjanje prevoznosti krožnega križišča

Na izbiro zunanjega premera vpliva predvsem lokacija krožnega križišča. Križišče, ki ga obravnavamo, se nahaja v naselju, zato ima nalogo predvsem umirjati promet pri zadostni prepustnosti. Na obravnavani lokaciji je bilo najprej predvideno križišče z zunanjim premerom 38 m, vendar pa ga zaradi prostorske utesnenosti (okoliska pozidava, hribovit teren) nismo mogli ustrezno umestiti. Zato smo izbrali največje še možno krožno križišče z zunanjim premerom 32 m.

Zunanji premer in širina krožnega voznega pasu sta v medsebojni povezavi. Za prevoznost merodajnega vozila sedlastega vlačilca morajo biti glavni elementi v določenem razmerju in določenih minimalnih velikostih, kar je prikazano v preglednici 19.

Preglednica 19: Razmerje glavnih oblikovnih elementov krožnega križišča (TSC 03.341:2002)

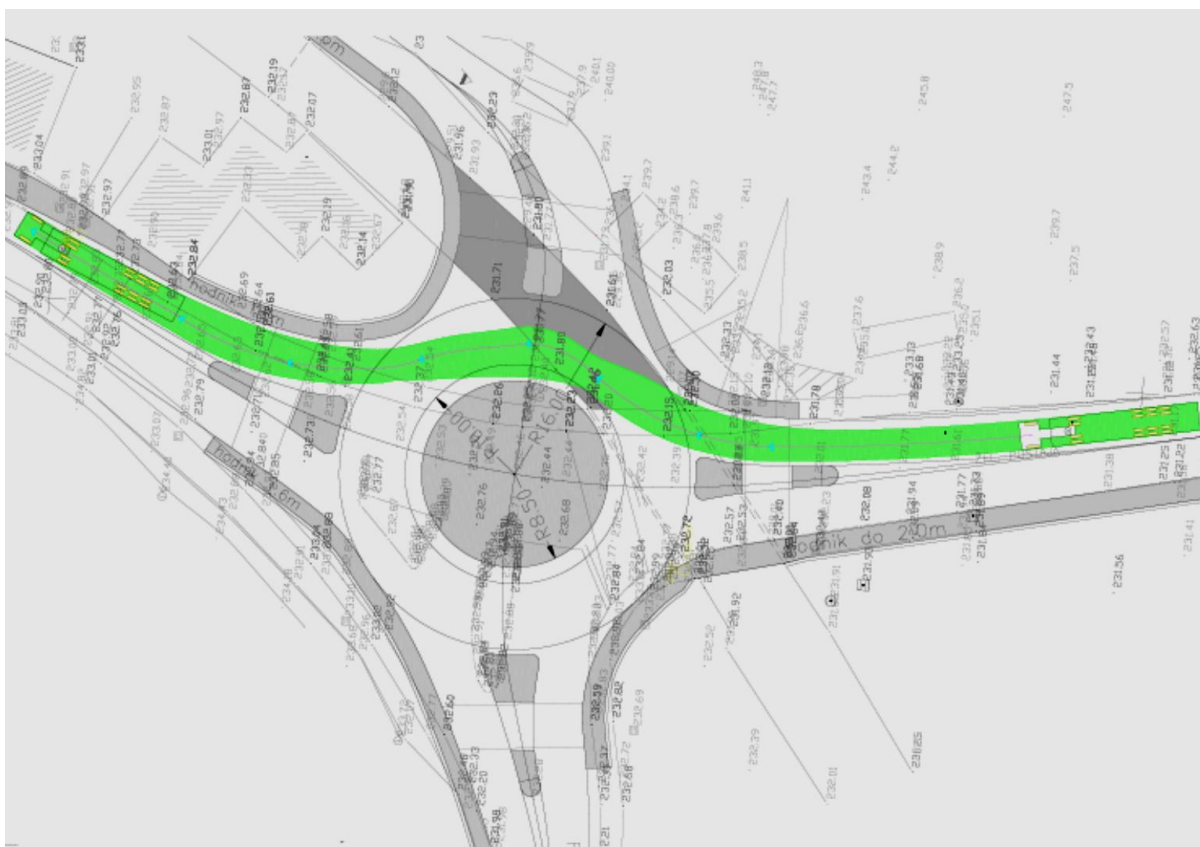
Premer sredinskega otoka [m]	R1 [m]	R2 [m]	Minimalni zunanji premer krožnega križišča [m]
6.0	4.0	13.4	28.8
8.0	5.0	13.9	29.8
10.0	6.0	14.4	30.8
12.0	7.0	15.0	32.0
14.0	8.0	15.6	33.2
16.0	9.0	16.3	34.6
18.0	10.0	17.0	36.0

V našem primeru je premer sredinskega otoka le 17 m, zunanji premer pa 32 m, kar je grafično prikazano v situaciji (priloga G.2). Ugotovimo torej, da nismo znotraj priporočenih vrednosti, ki so prikazane v preglednici 19. Zato smo preverili prevoznost ustreznih merodajnih vozil s programom AutoTURN.

Širine uvozov in izvozov na glavni smeri ter uvoz industrijske ceste so prilagojeni prevoznosti merodajnega sedlastega vlačilca. Na slikah 25 in 26 je prikazano, da sedlasti vlačilec pri vožnji naravnost brez težav prevozi krožno križišče s hitrostjo 10 km/h.

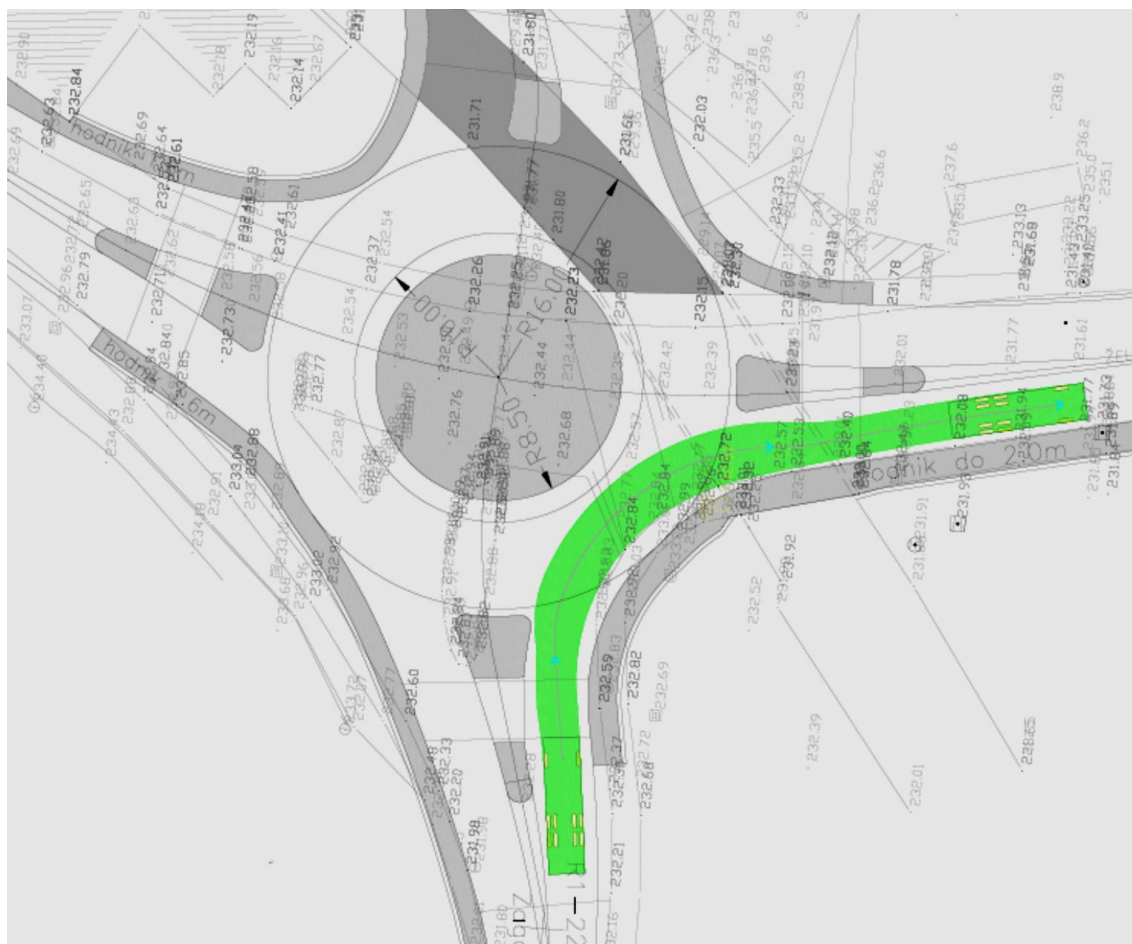


Slika 25: Prevoznost sedlastega vlačilca pri hitrosti 10 km/h



Slika 26: Prevoznost sedlastega vlačilca pri hitrosti 10 km/h

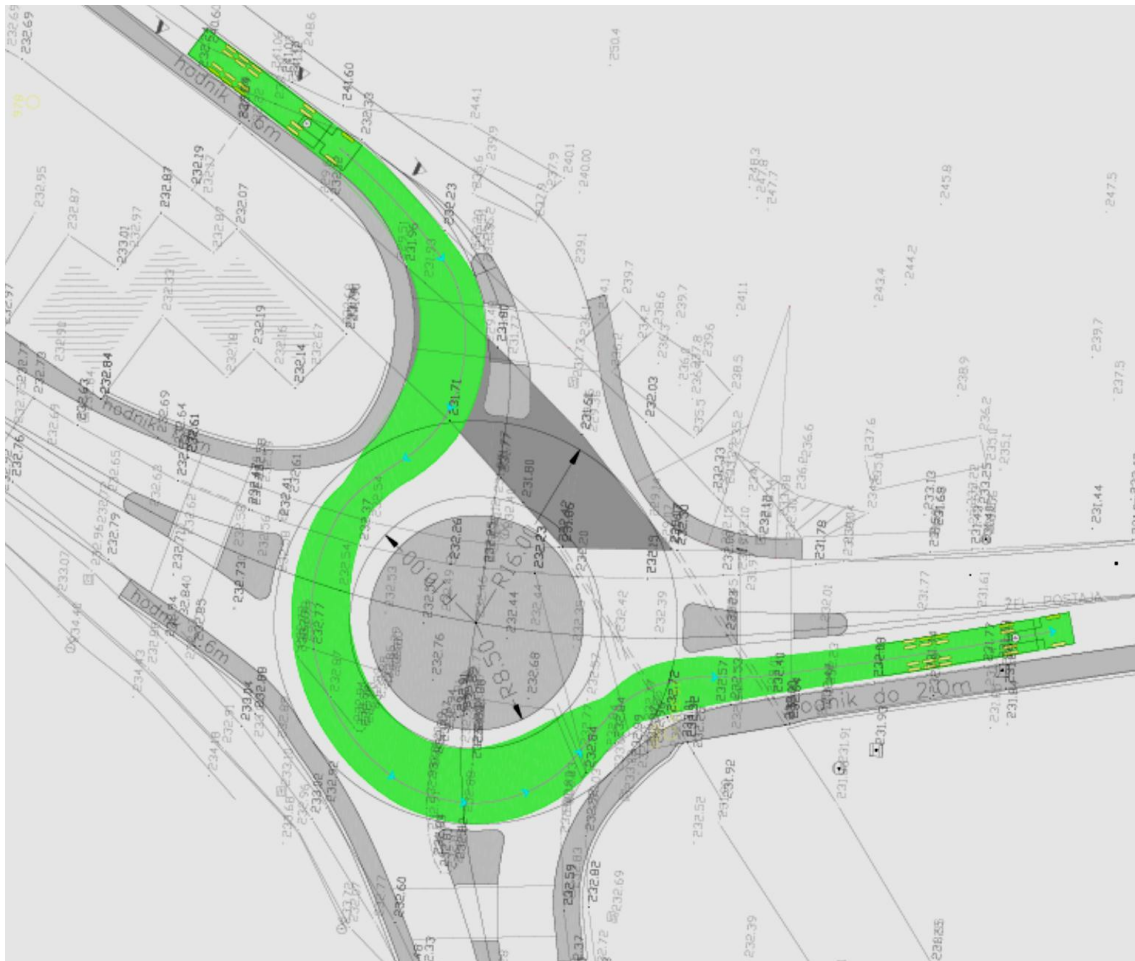
Na stranski smeri regionalne ceste (R1-221/120) so uvozni in izvozni radiji prilagojeni prevoznosti triosnega vozila za odvoz smeti, ker je na tem priključku prepovedan promet za vsa tovorna vozila. Slika 27 prikazuje prevoznost merodajnega triosnega vozila za odvoz smeti pri hitrosti 10 km/h.



Slika 27: Prevoznost merodajnega triosnega vozila za odvoz smeti (10 km/h)

Na priključku industrijske ceste je izvozni radij v smeri proti centru Trbovelj prilagojen prevoznosti triosnega vozila za odvoz smeti, v tej smeri je tovornim vozilom prepovedano zavijati levo.

Izvozni radij industrijske ceste za leve zavijalce ustreza prevoznosti sedlastega vlačilca. Vendar pa je zaradi zmanjšane radija krožnega križišča v tej smeri omogočena prevoznost le s hitrostjo 5 km/h. Ker pa je industrijska cesta zelo malo prometna, zaradi tega ni pričakovati večjih zastojev. Prevoznost sedlastega vlačilca pri zavijanju levo je prikazana na sliki 28.



Slika 28: Prevoznost merodajnega sedlastega vlačilca pri hitrosti 5 km/h

8 EKONOMSKA ANALIZA

Zaradi visokih stroškov izgradnje in okoljskih vplivov je potrebno učinke prometne infrastrukture ovrednotiti na dolgi rok. Upravičenost izgradnje se lahko oceni po različnih kriterijih, eden od njih je družbenoekonomska upravičenost investicije.

Izračun ekonomske upravičenosti rekonstrukcije križišča je izveden s programom TUBA (Transport Users Benefit Appraisal). TUBA je programski paket za izračun stroškov uporabnikov in ekonomsko vrednotenje projektov z matričnimi podatki, ki ga je izdelalo Ministrstvo za promet Velike Britanije, Oddelek za transport, v sodelovanju z »University of East Anglia«. Prepustnost križišč predstavlja v današnjem času enega od poglobitnih problemov, sploh kadar količina prometa preseže kapaciteto prometne infrastrukture. Za križišča je značilno, da so pogoji odvijanja prometa v različnih časovnih intervalih lahko zelo različni. Tako se na primer prepustnost križišča razlikuje v prometnih konicah in izven njih, prav tako so razlike v času delovnih dni ter ob koncih tedna. Zato je za analizo stroškov in koristi izbran program TUBA, ki dobro zajema spreminjajoče se pogoje, pod katerimi se odvija promet.

8.1 Metodologija

Metodologija programa TUBA temelji na vrednotenju projektov na osnovi matričnih vhodnih podatkov. Metoda vrednotenja tako uporablja matrike potovanj (število potovanj) in stroškov potovanj (čas, razdalja in drugi stroški potovanj, kot so: cestnine in parkirnine). Matrike, ki so lahko fiksne ali variabilne, predstavljajo vhodni podatek in izhajajo neposredno iz prometnih modelov. Prometni model tako predstavlja podlago za vrednotenje učinkov. Narejen je z makroskopskimi ali mikroskopskimi simulacijami, ki vključujejo konkretno število pasov, priključkov, križišč, ciklusov semaforjev in zato realno prikažejo učinke odvijanja prometnega toka. Metodologija temelji na urnih obremenitvah, zato so upoštevane stvarne razmere na prometnem omrežju.

Matrični vhodni podatki

Matrični vhodni podatki se nanašajo na posamezno izbrano modelirano leto, za katerega smo naredili prometni model. Iz prometnega vidika potrebuje TUBA 4 različne vrste matrik, ki vsebujejo naslednje podatke:

- podatke o številu potovanj za posamezni tip vozila,
- podatke o povprečni prevoženi razdalji za posamezen tip vozila [km],
- podatke o povprečni dolžini potovanja za posamezen tip vozila [h],
- podatke o dodatnih stroških, kot so: cestnine in parkirnine.

Vsi podatki, ki jih vsebujejo matrike, so povzeti iz prometnega modela in se nanašajo na izbrane konične ali izvenkonične ure, ki dobro povzemajo pogoje odvijanja prometa v določenem časovnem obdobju. Prav tako so v matrikah zajeti podatki o vrsti prometne

infrastrukture, tipu vozila ter namenu potovanja. Prednost matrično osnovanih programov je, da omogoča upoštevanje različne vrste prometne infrastrukture. Tako lahko, poleg učinkov cestnega prometa, vrednotimo tudi učinke javnega transporta.

Koristi se ugotavljajo na podlagi primerjave dveh različic: brez investicije – DM (do minimum) in različice z investicijo – DS (do something). Na podlagi tega je potrebno za vsako modelirano leto pripraviti ustrezen prometni model, ki opisuje stanje pred investicijo ter stanje po investiciji. Tako se za izbrana analizirana obdobja pripravijo matrike, ki vsebujejo podatke o pogojih odvijanja prometa pred investicijo ter matrike, ki vsebujejo podatke o pogojih odvijanja prometa po investiciji.

Izračun stroškov in koristi

Pristop za oceno multimodalnih prometnih projektov, ki ga uporablja TUBA, temelji na metodi »pripravljenosti plačati«. Ta metoda temelji na merjenju stroškov in koristi, ki jih ima posamezen uporabnik ali organizacija in nato seštevek le-teh. Pri uporabi takšne metode so običajno koristi določenega uporabnika ocenjene enako kot stroški nekega drugega uporabnika.

Metoda deluje po principu:

- koristi potrošnika so enake največjemu znesku, ki bi ga le-ta še bil pripravljen plačati za pridobitev določene ugodnosti, zmanjšane za ceno, ki jo dejansko plača;
- korist proizvajalca je definirana kot znesek, ki ga le-ta prejme od potrošnika (brez DDV), zmanjšan za stroške izdelave izdelka;
- koristi, ki jih ima država so enake višini davčnega prihodka, ki ga prejme.

Skupni seštevek koristi je torej posledica plačil potrošnika, proizvajalca ter države. Metoda pripravljenosti plačati pojasnjuje, kako projekt vpliva na posamezne interesne skupine in je uporabna predvsem, kadar projekt investira privatni sektor.

Kot že omenjeno, se koristi uporabnikov določijo s primerjavo dveh različic:

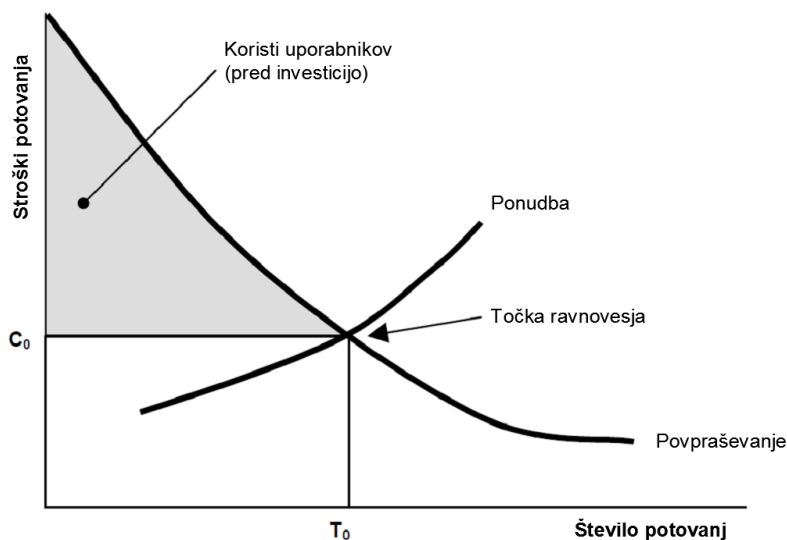
- DM (do minimum), ki opisuje obstoječe stanje brez ukrepov, oziroma s tistimi ukrepi, ki se bodo zagotovo zgodili, ne glede na to ali bo prišlo do investicije ali ne;
- DS (do something) pa je stanje z investicijo.

Koristi uporabnikov so opredeljene kot razlika med stroški, ki jih imajo uporabniki obstoječe infrastrukture (različica DM) in stroški, ki jih imajo uporabniki po investiciji v infrastrukturo (različica DS).

Izračun koristi uporabnikov po »pravilu polovice«

Vrednotenje ekonomskih koristi uporabnikov je izpeljano iz rezultatov prometnih modelov, ki izražajo ravnovesje med ponudbo (zmogljivost cestnega omrežja) in povpraševanjem (prometne obremenitve v določenem časovnem obdobju). Spodnja slika prikazuje odvisnost

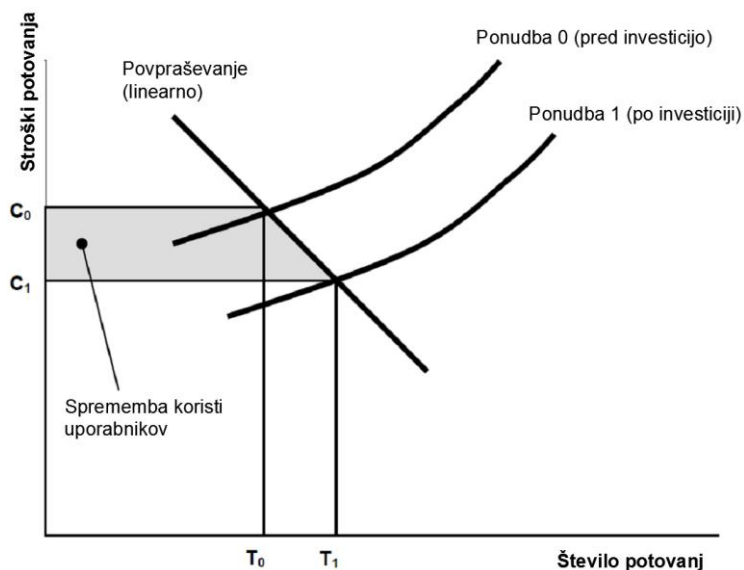
med ponudbo in povpraševanjem. Bolj kot povpraševanje presega ponudbo, torej zmogljivost cestnega omrežja, večji so stroški potovanj. Na sliki 29 je prikazana točka ravnovesja. V tej točki je povpraševanje (T_0) enako zmogljivosti cestnega omrežja. Točka ravnovesja tako določa povprečne stroške potovanja, ki so na sliki označeni s C_0 .



Slika 29: Koristi uporabnikov pred investicijo

Koristi uporabnikov so definirane kot razlika med tem, kar so uporabniki pripravljeni plačati in tem, kar dejansko plačajo (C_0). Osenčeno polje na sliki 28 grafično ponazarja koristi uporabnikov. Na zgoraj opisan način se računajo koristi, ki jih imajo uporabniki pred investicijo (različica DM).

Ko obravnavamo stanje po investiciji (različica DS), predvidevamo, da se bodo stroški potovanja zmanjšali. Slika 30 prikazuje, da se po investiciji krivulja ponudbe premakne navzdol (ponudba 1). To povzroči spremembo točke ravnovesja med povpraševanjem in ponudbo po investiciji. Posledično se zmanjšajo tudi stroški potovanja, ki so na sliki označeni s C_1 .



Slika 30: Koristi uporabnikov po investiciji

Z zmanjšanjem stroškov potovanj se povečajo koristi uporabnikov. Na sliki 30 osenčeno polje prikazuje, kako z investicijo vplivamo na spremembo koristi uporabnikov.

Velikost koristi, ki so posledica investicije, je torej razlika med koristmi, ki jih imajo uporabniki pred investicijo (DM) ter koristmi, ki jih imajo uporabniki po investiciji (DS). Ob predpostavki, da je povpraševanje linearno, se koristi zaradi investicije računajo po »pravilu polovice« z naslednjo formulo:

$$\frac{1}{2}(T_0 + T_1)(C_0 - C_1)$$

kjer je:

T_0 – število potovanj pred investicijo,

T_1 – število potovanj po investiciji,

C_0 – povprečni stroški potovanj pred investicijo,

C_1 – povprečni stroški potovanj po investiciji.

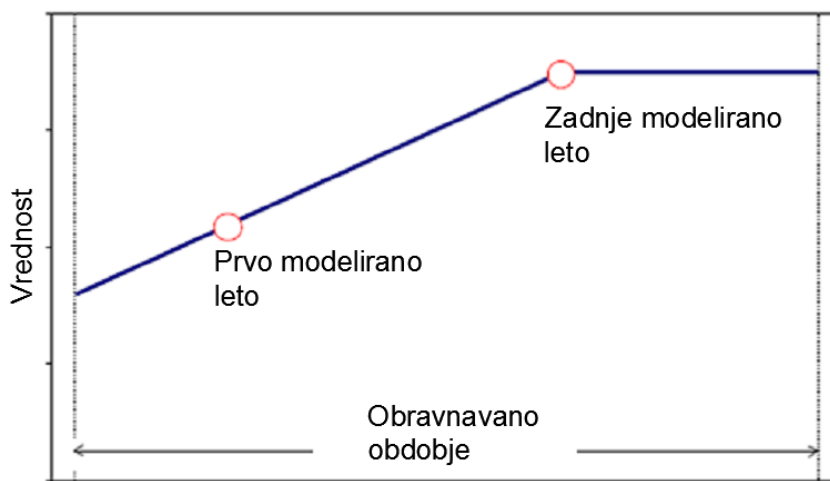
V večini primerov so spremembe stroškov uporabnikov relativno majhne, zato lahko predpostavimo, da se povpraševanje spreminja linearno. Kadar pa so razlike v spremembi stroškov uporabnikov velike, pa TUBA računa koristi s pomočjo numerične integracije z dodajanjem vmesnih točk.

Zajeti so naslednji stroški uporabnikov:

- stroški porabljenega časa udeležencev v prometu,
- poraba goriva kot obratovalni strošek,
- ostali obratovalni stroški (brez goriva),
- stroški zaradi cestnin in parkirnin.

TUBA ločeno računa koristi, ki so posledica zmanjšanja posameznih stroškov uporabnikov, celotne koristi uporabnikov zaradi investicije pa so vsota le-teh. Pomanjkljivost programa pa je, da ne vključuje stroškov oziroma koristi zaradi nesreč.

Koristi so natančno izračunane za posamezna modelirana leta, za katera smo definirali prometne podatke (s pomočjo vhodnih matrik). Med prvim in zadnjim modeliranim letom TUBA privzame linearno zvezo, kot je prikazano na sliki 31.



Slika 31: Določanje koristi za leta, ki niso modelirana

Velikost koristi za leta med prvim in zadnjim modeliranim letom se določajo z linearno interpolacijo. Koristi za leta pred prvim modeliranim letom se ekstrapolirajo po vzoru prvih dveh let, koristi za leto po zadnjem modeliranem letu pa se ekstrapolirajo z uporabo vodoravne linije.

Rezultati

Rezultati so prikazani na različne načine. Tako lahko stroške in koristi razdelimo glede na vrsto prometne infrastrukture, tip vozila, vrsto udeleženca v prometu ter za različne časovne intervale. Natančno lahko prikažemo, kateri uporabniki z investicijo največ pridobijo in kateri izgubijo.

Zaradi zgoraj opisane metode »pripravljenosti plačati« je omogočen prikaz koristi ločeno za:

- zasebne uporabnike,
- poslovne uporabnike,
- privatni sektor,
- javni sektor (vlada).

Koristi zasebnih in poslovnih uporabnikov so sestavljene iz koristi zaradi prihranka časa, koristi zaradi zmanjšanja porabe goriva in obratovalnih stroškov ter koristi zaradi parkirnin in cestnin. Koristi privatnega in javnega sektorja pa so sestavljene iz prihodkov zaradi

upravljanja prometne infrastrukture, prihodkov iz posrednih davkov ter prihodkov zaradi porabe goriva.

Izračun ekonomskega vrednotenja s programskim orodjem TUBA nam poda naslednje rezultate:

- sedanja vrednost koristi,
- sedanja vrednost stroškov,
- skupni vpliv, ki je prikazan kot neto sedanja vrednost ali pa kot razmerje med koristmi in stroški.

Neto sedanja vrednost je definirana kot razlika med diskontiranim tokom vseh prihodkov in vseh odhodkov neke naložbe. To pomeni, da prihodnje donose in izdatke diskontiramo na začetni termin, ko nastopijo prvi investicijski stroški. Kadar je razlika med vrednostjo koristi in vrednostjo porabljenih sredstev pozitivna, potem je projekt ekonomsko upravičen. Kadar imamo na voljo več možnosti, izberemo tisto z največjo neto sedanjo vrednostjo oziroma z največjim razmerjem med koristmi in stroški.

8.2 Ekonomsko vrednotenje križišča »Sušnik«

Metodologija programa TUBA temelji na rezultatih mikroskopske simulacije prometa po metodi dinamičnega obremenjevanja. Simulacija je narejena za jutranjo, opoldansko in popoldansko konico. Na ta način smo vrednotili učinke v dejanskih prometnih razmerah v kritičnih urah dneva.

Prometni model je običajno izdelan za nekaj tipičnih urnih obremenitev, ki ne povzemajo pogojev odvijanja prometa v vseh urah v letu. Če projekt vrednotimo samo v času koničnih ur, potem rezultat ne izkazuje pravilnega razmerja med stroški in koristmi uporabnikov. Zato je pri vrednotenju potrebno izbrati tako tipične konične, kot tudi izvenkonične ure. V našem primeru imamo dve tipični konični uri – jutranjo in popoldansko konico. Za izvenkonično uro pa smo, glede na razpoložljive podatke o številu prometa, izbrali čas od 13.00 do 14.00 ure in jo v projektu označili kot opoldansko konico.

Prometne obremenitve so torej narejene za naslednje časovne intervale:

- jutranja konica (6.30 – 7.30 ure),
- opoldanska konica (13.00 – 14.00 ure),
- popoldanska konica (15.00 – 16.00 ure).

V vrednotenje sta vključeni ena jutranja in ena popoldanska konica ter šest ur in pol vmesnega obdobja. V okviru delovnega dne vrednotimo približno polovico prometa. Promet v ostalem delu dneva ter promet ob koncih tedna in praznikih pa je zanemarljiv. Letni faktor dnevnega prometa je 253, kar pomeni, da se takšen časovni interval pojavi 253-krat v letu.

Vrednotenje je narejeno za obdobje 10-ih let, torej za obdobje od izgradnje do konca planske dobe. V Sloveniji znaša splošna diskontna stopnja 7% in je določena v Uradnem listu Republike Slovenije (Uradni list Republike Slovenije, št. 9/2009).

Prometni podatki izhajajo iz makroskopskih analiz, ki smo jih naredili s programom Synchro 6.0. Tuba potrebuje z vidika prometa 3 vrste datotek za posamezno leto:

- podatke o številu potovanj za posamezni tip vozila,
- podatke o povprečni prevoženi dolžini za posamezen tip vozila [km] in
- podatke o povprečni dolžini potovanja za posamezen tip vozila [h].

Skupaj je bilo v programsko orodje TUBA vstavljenih 12 matrik, od tega 4 matrike prometnih tokov, 4 matrike porabljenega časa in 4 matrike prevoženih razdalj.

8.3 Investicijski stroški in koristi

8.3.1 Stroški časa

Osnovo za oceno vrednosti časa predstavlja vrednost bruto plače. Vrednost časa za poslovne namene tako znaša 80–120% vrednosti bruto plače, vrednost časa za osebne namene pa 35–60% vrednosti bruto plače. Uporabljene vrednosti časa so prikazane v preglednici 23.

Preglednica 23: Vrednosti časa glede na namen in vrsto vozila (leto 2012)

Tip vozila	Vrsta udeleženca	Vrednost časa – poslovni nameni (v €)	Vrednost časa – osebni nameni (v €)
Osebno vozilo	Voznik	9.18	2.75
	Potnik	7.34	2.75
Lahko tovorno vozilo	Voznik	9.97	0.00
	Potnik	0.00	0.00
Srednje težko tovorno vozilo	Voznik	9.97	0.00
	Potnik	0.00	0.00
Težko tovorno vozilo	Voznik	9.97	0.00
	Potnik	0.00	0.00
Avtobus	Voznik	4.60	0.00
	Potnik	7.35	2.75

Delež potovanj po namenih in zasedenost vozil sta ocenjeni približno, s pomočjo opazovanja obravnavanega območja.

Preglednica 24: Delež potovanj po namenih (v %)

Tip vozila	Namen	Jutranja konica	Opoldanska konica	Popoldanska konica
Osebno vozilo	Poslovni namen	8	8	8
	Osebni namen	92	92	92
Lahko tovorno vozilo	Poslovni namen	100	100	100
	Osebni namen	0	0	0
Srednje težko tovorno vozilo	Poslovni namen	100	100	100
	Osebni namen	0	0	0
Težko tovorno vozilo	Poslovni namen	100	100	100
	Osebni namen	0	0	0
Avtobus	Poslovni namen	0	0	0
	Osebni namen	100	100	100

Preglednica 25: Povprečna zasedenost vozila

Tip vozila	Namen	Vrsta udeleženca	Jutranja konica	Opoldanska konica	Popoldanska konica
Osebno vozilo	Poslovni namen	Voznik	1.00	1.00	1.00
		Potnik	0.25	0.25	0.25
	Osebni namen	Voznik	1.00	1.00	1.00
		Potnik	0.45	0.45	0.45
Lahko tovorno vozilo	Poslovni namen	Voznik	1.00	1.00	1.00
Srednje težko tovorno vozilo	Poslovni namen	Voznik	1.00	1.00	1.00
Težko tovorno vozilo	Poslovni namen	Voznik	1.00	1.00	1.00
Avtobus	Poslovni namen	Voznik	1.00	1.00	1.00
		Potnik	0.10	0.10	0.10
	Osebni namen	Voznik	1.00	1.00	1.00

8.3.2 Stroški za gorivo

Upošteva se prodajna cena brez dajatev v evrih na liter, trošarina ter DDV v odstotkih. Uporabljene so cene goriva z dne 29. 5. 2012.

Poleg cen goriva je treba upoštevati še emisije ogljika za posamezno vrsto goriva. Na spletni strani Ministrstva za promet Velike Britanije smo dobili podatke o emisijah ogljika na liter porabljenega goriva. Za leto 2012 so podatki naslednji:

- bencin: 610.36 gramov ogljika na liter porabljenega goriva,
- dizelsko gorivo: 688.64 gramov ogljika na liter porabljenega goriva.

Preglednica 26: Cene goriva dne 29. 5. 2012

Vrsta goriva	Prodajna cena brez dajatev v €	Trošarina v €	DDV v %	Emisije ogljika (g/liter)
Bencin	0.69219	0.49698	20	610.36
Dizelsko gorivo	0.71986	0.37097	20	688.64

8.3.3 Investicijski stroški

Vrednotenje ekonomske upravičenosti investicije je izdelano za dve varianti investicije:

- klasično semaforizirano štirikrako križišče in
- krožno križišče.

Pri tem je obravnavana vsaka varianta posebej. Pri prvi varianti so koristi in stroški določeni s primerjavo obstoječega stanja in klasičnega semaforiziranega križišča, pri drugi varianti pa s primerjavo obstoječega stanja in krožno križišče. Za scenarij DM, torej obstoječe stanje, so stroški v obeh primerih enaki nič. Za stanje po investiciji (scenarij DS) pa se stroški izgradnje za vsako varianto razlikujejo, zato so v nadaljevanju obravnavani posebej.

Varianta rekonstrukcije 1 – klasično semaforizirano križišče

Za izračun ekonomskega vrednotenja primerjamo naslednji stanji:

- obstoječe stanje, ki je opredeljeno kot različica DM;
- klasično semaforizirano štirikrako križišče, ki je opredeljeno kot različica DS.

Investicijski stroški izgradnje klasičnega semaforiziranega štirikrakega križišča znašajo 1.187.840,27 €, z upoštevanim 20% DDV. Predpostavimo tudi, da se bodo investicijski stroški v celoti pojavili v letu 2012.

Varianta rekonstrukcije 2 – krožno križišče

Za izračun ekonomskega vrednotenja primerjamo naslednji stanji:

- obstoječe stanje, ki je opredeljeno kot različica DM;
- krožno križišče, ki je opredeljeno kot različica DS.

Investicijski stroški izgradnje krožnega križišča znašajo 1.101.629,34 €, z upoštevanim 20% DDV. Predpostavimo, da se bodo investicijski stroški v celoti pojavili v letu 2012.

Koristi se računajo za potovalni čas, gorivo (kot obratovalni strošek) ter ostale obratovalne stroške (brez goriva). Koristi zaradi zmanjšanja prometnih nezgod niso upoštevane.

8.4 Ugotovitve ekonomskega vrednotenja

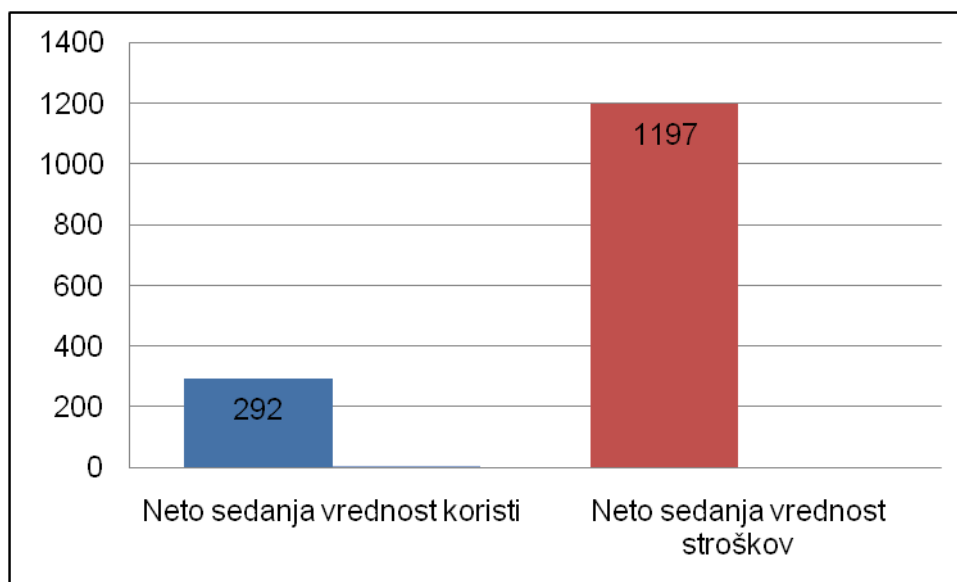
8.4.1 Klasično semaforizirano križišče

Izračun ekonomskega vrednotenja klasičnega semaforiziranega križišča s pomočjo programa TUBA prinaša naslednje rezultate:

- neto sedanja vrednost koristi: 292.000 €,
- neto sedanja vrednost stroškov: 1197.000 €.

Skupni vpliv:

- neto sedanja vrednost: –905.000 €,
- razmerje med koristmi in stroški: 0.244.



Grafikon 10: Sedanja vrednost stroškov in koristi klasičnega semaforiziranega križišča
(v 1000 €)

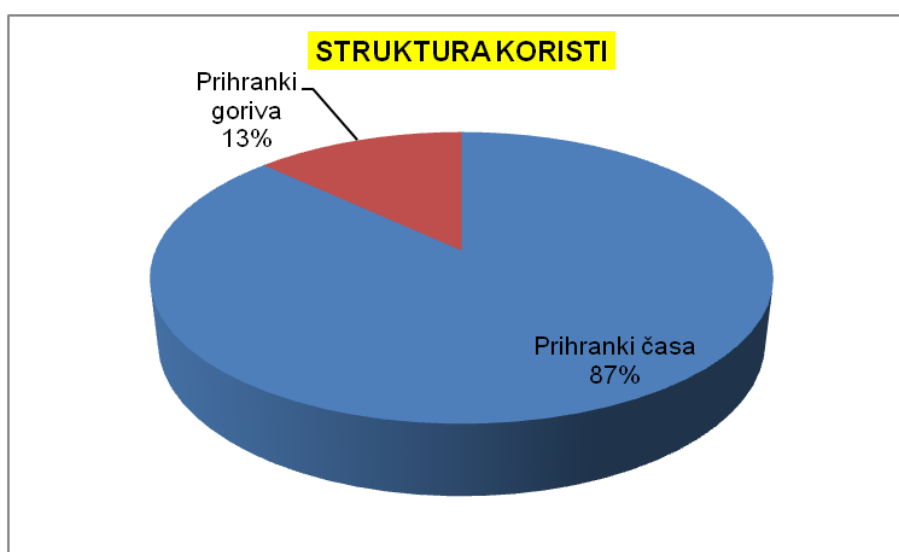
Neto sedanja vrednost investicije po metodologiji TUBA znaša –905.000 €, razmerje med koristmi in stroški pa je 0.244. To pomeni, da se nam v obdobju 10 let investicija še ne

povrne. Pri izračunu se sicer upošteva diskontiran tok stroškov in koristi, kar pomeni, da igra ključno vlogo pri izračunu (poleg diskontne stopnje) izbira analiziranega časovnega obdobja. Ker smo izbrali obdobje samo 10-ih let, v tako kratkem času investicije še ne moremo upravičiti. Prometne obremenitve smo napovedali samo do konca planske dobe (10 let). Napovedi za daljša časovna obdobja pogosto niso točne, saj težko predvidimo, kako se bodo prometni tokovi spreminjali v prihodnosti. Zato smo za analizirano obdobje izbrali dobo 10-ih let. Sklepamo lahko, da se nam bo v daljšem časovnem obdobju investicija povrnila. Dejansko je upravičenost investicije višja, kot smo jo izračunali, saj je v analizah zajeto 50% dnevnega prometa, poleg tega pa niso upoštevane prometne obremenitve ob koncih tedna ter ob praznikih.

Stroške nove investicije krije država. Neto sedanja vrednost stroškov je sestavljena iz stroškov zaradi investicije ter zmanjšanih prihodkov od davkov, ki so posledica manjše porabe goriva in manjših obratovalnih stroškov vozil. Investicijski stroški znašajo 1188.000 €, zmanjšanje prihodkov pa je 9.000 €. Koristi pa so sestavljene iz prihrankov časa, ki predstavljajo 87% koristi ter prihrankov zaradi zmanjšanih obratovalnih stroškov vozil, ki predstavljajo 13% vseh koristi.

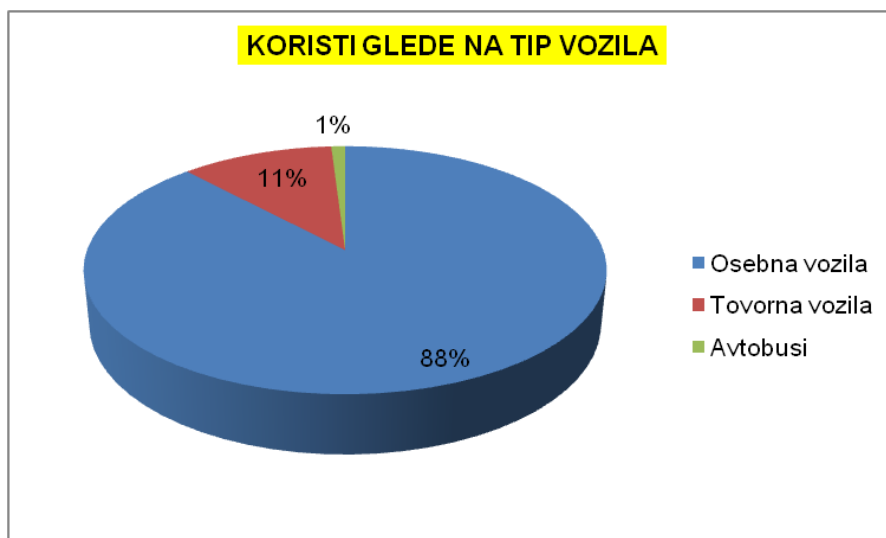
Preglednica 27: Klasično semaforizirano križišče – razporeditev koristi (v 1000 €)

Struktura koristi	Osebni nameni	Poslovni nameni	Skupaj
Prihranki časa	175.000 €	79.000 €	254.000 €
Prihranki – obratovalni stroški vozila	28.000 €	10.000 €	38.000 €
Neto sedanja vrednost koristi	203.000 €	89.000 €	292.000 €



Grafikon 11: Struktura koristi klasičnega semaforiziranega križišča

TUBA omogoča tudi prikaz koristi, razporejenih glede na tip vozil. Tako imajo vozniki osebnih vozil 88 % vseh koristi, vozniki tovornih vozil 11 %, vozniki avtobusov pa 1 % koristi.



Grafikon 12: Prikaz koristi glede na tip vozila – klasično semaforizirano križišče

Iz rezultatov je torej razvidno, da največjo korist prispevajo prihranki časa, kar je posledica boljše prehodnosti križišč in manjših čakalnih vrst. Izgradnja klasičnega semaforiziranega križišča bo povzročila 7 % zmanjšanje porabe goriva, kar je 13 % vseh koristi. Z ekonomskim vrednotenjem klasičnega semaforiziranega križišča je ugotovljeno, da se investicija splača v prometnem smislu, v ekonomskem smislu pa je v obdobju 10-ih let še ne moremo upravičiti.

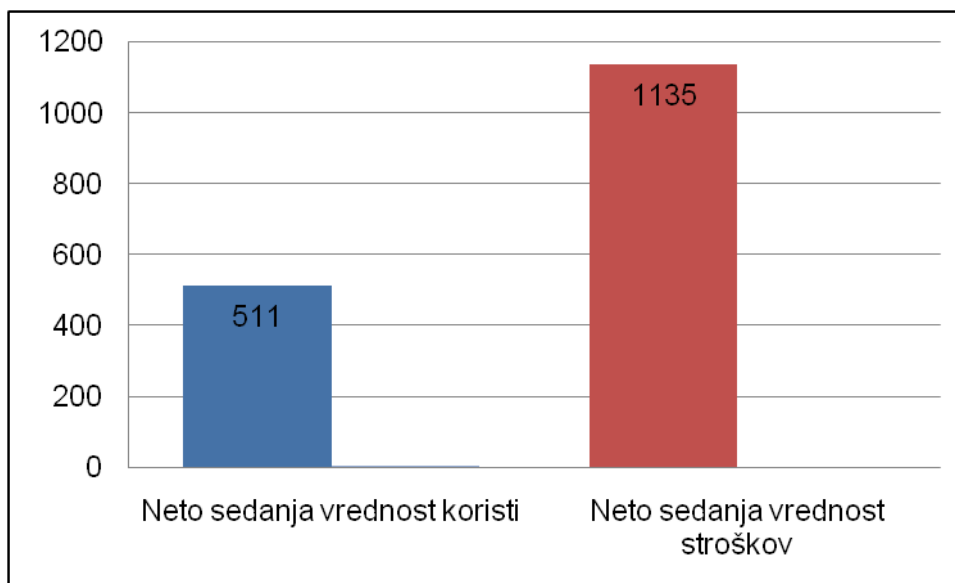
8.4.2 Krožno križišče

Izračun ekonomskega vrednotenja krožnega križišča s pomočjo programa TUBA prinaša naslednje rezultate:

- neto sedanja vrednost koristi: 511.000 €,
- neto sedanja vrednost stroškov: 1.135.000 €.

Skupni vpliv:

- neto sedanja vrednost (NSV): –624.000 €,
- razmerje med koristmi in stroški: 0.450.



Grafikon 13: Sedanja vrednost stroškov in koristi krožnega križišča (v 1000 €)

Neto sedanja vrednost investicije po metodologiji TUBA znaša –624.000 €, razmerje med koristmi in stroški pa je 0.450. To pomeni, da se v obdobju 10-ih let investicija povrne približno za polovico. Prav tako kot pri klasičnem semaforiziranem križišču se investicija v obdobju 10-ih let še ne more povrniti. Takšno časovno obdobje je izbrano, ker so prometne obremenitve napovedane samo do konca planske dobe. Sklepamo, da se bo v daljšem časovnem obdobju investicija povrnila. Dejansko pa je upravičenost investicije višja od izračunane, saj je v analizah zajetih 50% dnevnega prometa, poleg tega pa niso upoštevane prometne obremenitve ob koncih tedna ter ob praznikih.

Stroške nove investicije krije država. Neto sedanja vrednost stroškov je sestavljena iz stroškov zaradi investicije ter zmanjšanih prihodkov od davkov. Investicijski stroški znašajo 1.102.000 €, zmanjšanje prihodkov pa 33.000 €. Koristi pa so sestavljene iz prihrankov časa, ki predstavljajo 87 % koristi ter prihrankov zaradi zmanjšanih obratovalnih stroškov vozil, ki predstavljajo 13% vseh koristi.

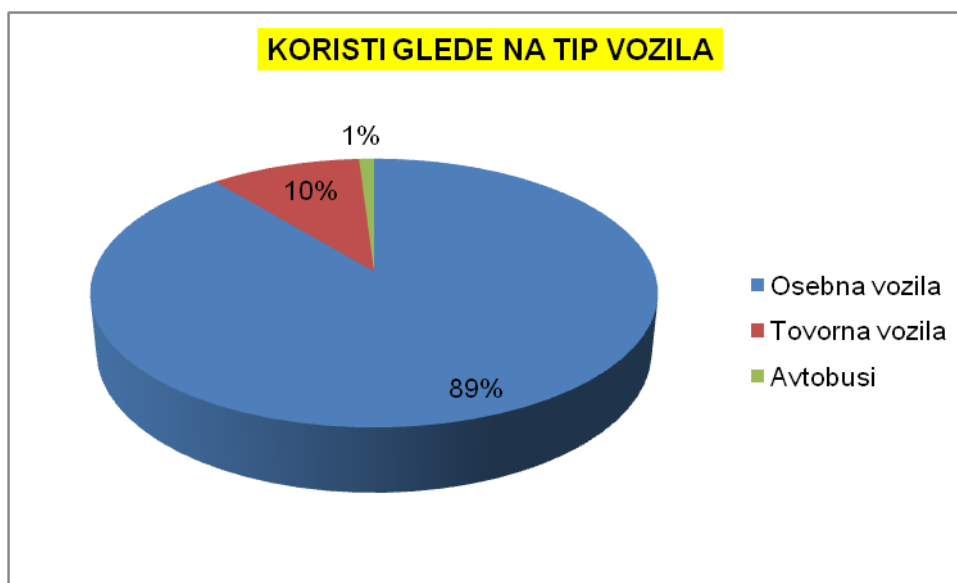
Preglednica 28: Krožno križišče – razporeditev koristi (v 1000 €)

Struktura koristi	Osebni nameni	Poslovni nameni	Skupaj
Prihranki časa	286.000 €	124.000 €	410.000 €
Prihranki – obratovalni stroški vozila	80.000 €	21.000 €	101.000 €
Neto sedanja vrednost koristi	366.000 €	145.000 €	511.000 €



Grafikon 14: Struktura koristi krožnega križišča

TUBA omogoča tudi prikaz koristi, razporejenih glede na tip vozil. Tako imajo vozniki osebnih vozil 89 % vseh koristi, vozniki tovornih vozil 10 %, vozniki avtobusov pa 1 % koristi.



Grafikon 15: Prikaz koristi glede na tip vozila – krožno križišče

Iz rezultatov je torej razvidno, da največjo korist prispevajo prihranki časa, kar je posledica boljše prehodnosti križišča in manjših čakalnih vrst. Izgradnja krožnega križišča bo povzročila 26 % zmanjšanje porabe goriva, kar je 20 % vseh koristi. Z ekonomskim vrednotenjem krožnega križišča smo ugotovili, da se investicija splača v prometnem smislu, v ekonomskem smislu pa je v obdobju 10-ih let še ne moremo upravičiti.

9 ZAKLJUČKI IN UGOTOVITVE

Z večanjem prometnih obremenitev predstavlja potekanje prometa skozi križišča čedalje večji problem. Mnoga obstoječa križišča zato ne ustrezajo več kriterijem prepustnosti ter prometne varnosti, zato je potrebno pristopiti k njihovi preureditvi. Namen diplomske naloge je bil prikazati postopek planiranja preureditve obstoječega nivojskega križišča. Obravnavana je problematika neustreznega nivojskega križišča regionalnih cest R1-221/1220 Bevško–Trbovlje, R1-221/1219 Zagorje–Bevško in R1-223/1229 Bevško–most čez Savo. Presodili smo varianti dveh možnih rešitev preureditve, in sicer varianto klasičnega semaforiziranega štirirakega križišča ter varianto krožnega križišča. Predlagani rešitvi smo medsebojno primerjali po kriteriju prometne prepustnosti, kriteriju prometne varnosti, projektno-tehničnem kriteriju, kriteriju umeščanja v prostor ter kriteriju ekonomske upravičenosti izvedbe preureditve.

Z opazovanjem obstoječega križišča ugotovimo, da je na stranski prometni smeri ovirano vključevanje v prometni tok, zato se v času konic pojavljajo kolone. Kapacitetno analizo obstoječega stanja smo izdelali s programom Synchro 6.0. Ugotovljeno je, da se v času jutranje in popoldanske prometne konice pojavljajo velike zamude na stranski smeri, dosežen je nivo uslug F. V času popoldanske konice znaša stopnja zasičenja 1.22, kar pomeni, da prometne obremenitve presegajo kapaciteto križišča. Pojavljajo se dolge kolone (do 100.7 m), ki precej presegajo dolžino pasu za levo zavijanje. Z vidika odvijanja prometa torej ugotovimo, da je preureditev obstoječega križišča smiselna. Pri varianti klasičnega semaforiziranega štirirakega križišča je uporabljen dvofazni krmilni program z dolžino cikla 60 sekund. S semaforizacijo se bistveno izboljšajo vsi prometni parametri na stranski smeri. Tako je najslabši dosežen nivo uslug C. Najslabša stopnja zasičenja znaša 0.79. Se pa v primerjavi z obstoječim stanjem nekoliko poslabšajo prometni pogoji na glavni smeri. Izkoriščenost kapacitete klasičnega semaforiziranega štirirakega križišča je po metodi ICU LOS B (59.5%). Pri varianti krožnega križišča se pojavi največja stopnja nasičenja na stranski prometni smeri iz smeri Zagorja in znaša 0.78. Izkoriščenost kapacitete krožnega križišča je po metodi ICU LOS D (76.6%). Program Synchro 6.0 za krožna križišča ne poda podatkov o povprečnih zamudah ter dolžini kolon, zato teh podatkov ne moremo primerjati z obstoječim stanjem oziroma klasičnim semaforiziranim štirirakim križiščem. Z vidika odvijanja prometnih tokov se klasično semaforizirano štirirako križišče izkaže kot najustreznejša varianta, saj so izračunani prometni parametri najugodnejši.

Razpoložljivost prostora je lahko zelo pomemben faktor za realizacijo projekta. Že v fazi prometne študije je potrebno ugotoviti, če je umestitev predlagane variante sploh možna. Pri varianti klasičnega semaforiziranega križišča nismo imeli težav z umeščanjem v prostor, saj se oblika križišča bistveno ne spremeni. Obstoječemu križišču se priključi še en krak. Smo pa naleteli na težavo pri umeščanju variante krožnega križišča. Omenjena varianta je najprej predvidevala zunanji premer 36 m, vendar pa kroga takšne velikosti zaradi prostorske omejenosti (okoljska pozidava ter hribovit teren) nismo mogli ustrezno umestiti v prostor.

Zato smo velikost zunanjšega premera zmanjšali na 32 m, kar je še največja možna velikost. Zaradi zmanjšanja kroga smo morali še dodatno preveriti prevoznost merodajnih vozil skozi križišče. Kljub zmanjšanju zunanjšega premera se je varianta krožnega križišča izkazala kot ustrezna.

Presoja prometne varnosti obstoječega križišča kaže, da se je v preteklih 10-ih letih v območju križišča zgodilo 90 prometnih nesreč, med katerimi prevladuje naletno trčenje (27%), sledita pa mu bočno trčenje (24%) ter oplaženje (16%). Glavni vzroki za nastanek prometne nesreče so: neustrezna varnostna razdalja (34%), neupoštevanje pravil o prednosti (16%) ter neprilagojena hitrost (14%). Z opazovanjem obravnavanega območja ugotovimo, da so hitrosti vozil, kljub omejitvi 50 km/h, pogosto presežene. Ker se kot pogost vzrok za nastanek prometnih nesreč pojavlja neupoštevanje pravil o prednosti, v kombinaciji z velikim številom bočnih trkov, ugotovimo, da je obstoječe križišče z vidika prometne varnosti neustrezno in je potrebno izboljšati možnost vključevanja vozil iz stranske smeri. Pri varianti klasičnega štirirakega semaforiziranega križišča sicer rešimo problem vključevanja vozil s stranske prometne smeri. Vendar pa ne rešimo težave pogosto preseženih hitrosti vozil, ki vozijo skozi križišče ter posledično tudi težave neustreznih varnostnih razdalj. Zato se z vidika prometne varnosti kot ustrenejša rešitev predlaga krožno križišče, ki hkrati služi kot ukrep za umirjanje prometa. Sicer tudi v splošnem krožna križišča dosegajo bistveno večjo prometno varnost, pa tudi posledice nesreč so manjše.

Z ekonomskim vrednotenjem investicije na podlagi stroškov in koristi uporabnikov je ocenjena uspešnost oziroma upravičenost obeh obravnavanih variant rekonstrukcije. Pri analizi ekonomske upravičenosti so uporabljene dinamične metode ekonomskega vrednotenja, s katerimi dobimo neto sedanjo vrednost stroškov in koristi za posamezne ukrepe. Ekonomska upravičenost posamezne variante je bila izračunana s programom TUBA, ki temelji na urnih prometnih obremenitvah, upošteva prepustnost križišč ter kot podlago za vrednotenje uporablja mikroskopske ali makroskopske simulacije. Neto sedanja vrednost klasičnega semaforiziranega križišča za analizirano obdobje 10-ih let je –905.000€, razmerje med koristmi stroški pa znaša 0.24. Za enako analizirano obdobje dobimo za primer krožnega križišča neto sedanjo vrednost –624.000€, razmerje med koristmi in stroški pa 0.45. Ugotovimo torej, da se nam v obdobju 10-ih let nobena od investicij še ne povrne. Za investicije javnega značaja praviloma velja, da so običajno brez prihodkov oziroma so edini »prihodki« koristi uporabnikov. Zato kot najustreznejšo rešitev izberemo tisto z najmanj negativno neto sedanjo vrednostjo oziroma tisto z večjim razmerjem koristi in stroškov. Tako se izkaže, da je z vidika ekonomske upravičenosti precej primernejša varianta krožnega križišča.

Primerjava posameznih rešitev je pokazala, da je izvedba krožnega križišča ugodnejša po vseh kriterijih, razen po kriteriju prometne prepustnosti. Predlagana rešitev krožnega križišča tako predstavlja najbolj optimalno dolgoročno rešitev. Diplomaska naloga prikazuje smiselnost prometne študije, s katero lahko medsebojno primerjamo različne variante preureditve in

izberemo najboljšo varianto, ki zagotavlja ustrezno prepustnost, je prometno varna, primerno umeščena v prostor ter ekonomsko upravičena. Poudariti je potrebno tudi smiselnost ekonomskega vrednotenja investicije na osnovi koristi in stroškov uporabnikov. Na žalost je največkrat glavni kriterij za odločitev o ustrezni varianti najmanjši strošek investicije. Vendar pa ekonomsko vrednotenje investicije ni sestavljeno samo iz stroškov izgradnje, ampak je potrebno upoštevati tudi dolgoročne koristi, ki jih imajo uporabniki prometne infrastrukture. Zato pri izbiri najustreznejše variante z ekonomskega vidika ne smemo upoštevati samo začetnih stroškov, ampak je potrebno ovrednotiti tudi koristi uporabnikov na dolgi rok.

VIRI

Uporabljeni viri

Maher, T. 2006. Teorija prometnega toka. Osnove teorije prometnega toka in kapaciteta prometnih obremenitev. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 105 str.

Podatki o emisijah ogljika. Ministrstvo za promet Velike Britanije.

<http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/unit3.3.5.php> (Pridobljeno 14. 6. 2012)

Podatki o prometnih obremenitvah. Direkcija Republike Slovenije za ceste – DRSC.

http://www.dc.gov.si/si/delovna_podrocja/promet/ (Pridobljeno 22. 8. 2012)

Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list Republike Slovenije št. 91/2005.

Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih površin. 1991. Ljubljana, FAAG-Prometnotehnični inštitut.

TSC 03.341:2002. Krožna križišča. Ljubljana. Tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste TO – 03.

Uredba o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ. Uradni list Republike Slovenije št. 60/2006.

Ostali viri

Marušič, I. 2006. Uspešnost investicije na avtocestnem odseku Šentvid – Koseze. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba I. Marušič): 100 f.

Miljevič, J., Oberžan, M. 2006. Metode prognoze prometa in vrednotenja upravičenosti investicijskih projektov ter njihov vpliv na oceno upravičenosti. V: Zbornik referatov, 8. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 25. – 27. oktobra 2006. Ljubljana, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: str. 507 – 518.

Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste. Uradni list Republike Slovenije, št. 86/2009.

Spremembe cen ogljika. Ministrstvo za energijo in podnebne spremembe Velike Britanije.

<http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/emissions/valuation/valuation.aspx> (Pridobljeno 14. 6. 2012)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: IZRAČUNANI PARAMETRI KAPACITETNE ANALIZE

Priloga A.1: Izračunani parametri simulacije s programom Synchro – obstoječe križišče

Priloga A.2: Izračunani parametri simulacije s programom Synchro – klasično semaforizirano štirikrako križišče

Priloga A.3: Izračunani parametri simulacije s programom Synchro – krožno križišče

Načrti:

PRILOGA G.1: GRADBENA SITUACIJA KLASIČNEGA SEMAFORIZIRANEGA ŠTIRIKRAKEGA KRIŽIŠČA

PRILOGA G.2: GRADBENA SITUACIJA KROŽNEGA KRIŽIŠČA

PRILOGA G.3: VZDOLŽNI PROFIL – OS O

PRILOGA G.4: VZDOLŽNI PROFIL – OS 1

PRILOGA G.5: VZDOLŽNI PROFIL – OS 2

PRILOGA G.6: KARAKTERISTIČNI PREREZ KROŽNEGA KRIŽIŠČA

PRILOGA G.7: KARAKTERISTIČNI PREREZ R1-221/1219

PRILOGA G.8: KARAKTERISTIČNI PREREZ R1-223/1229

PRILOGA G.9: KARAKTERISTIČNI PREREZ R1-221/1220

PRILOGA G.10: KARAKTERISTIČNI PREREZ LC 423411

PRILOGA A: IZRAČUNANI PARAMETRI KAPACITETNE ANALIZE

A.1: Izračunani kapacitetni parametri obstoječega stanja

Jutranja konica:

Susnik 16.5.2012

Movement	EBL	EBR	NBL	NBR	SWL	SWR
Lane Configurations						
Sign Control	Stop		Free		Free	
Grade	0%		0%		0%	
Volume (veh/h)	172	13	7	399	338	168
Peak Hour Factor	0.77	0.65	0.58	0.73	0.83	0.86
Hourly flow rate (vph)	223	20	12	547	407	195
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type	None					
Median storage veh)						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume	978	407	407			
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol	978	407	407			
tC, single (s)	6.5	6.2	4.1			
tC, 2 stage (s)						
tF (s)	3.6	3.3	2.2			
p0 queue free %	17	97	99			
cM capacity (veh/h)	270	644	1162			
Direction, Lane #	EB 1	EB 2	NB 1	NB 2	SW 1	SW 2
Volume Total	223	20	12	547	407	195
Volume Left	223	0	12	0	0	0
Volume Right	0	20	0	0	0	195
cSH	270	644	1162	1700	1700	1700
Volume to Capacity	0,83	0,03	0,01	0,32	0,24	0,11
Queue Length 95th (m)	53,4	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0
Control Delay (s)	59,8	10,8	8,1	0,0	0,0	0,0
Lane LOS	F	B	A			
Approach Delay (s)	55,7		0,2		0,0	
Approach LOS	F					
Intersection Summary						
Average Delay	9,7					
Intersection Capacity Utilization	41,6%			ICU Level of Service		A
Analysis Period (min)	15					

Popoldanska konica:

Susnik

16.5.2012

1: Bevško- Zagorje & Vodenska cesta

Lane Group	EBL	EBR	NBL	NBR	SWL	SWR
Volume (vph)	172	13	7	399	338	168
Control Delay / Veh (s/v)	60	11	8	0	0	0
Queue Delay / Veh (s/v)	0	0	0	0	0	0
Total Delay / Veh (s/v)	60	11	8	0	0	0
Total Delay (hr)	3	0	0	0	0	0
Stops / Veh	1.00	1.00	1.57	0.00	0.00	0.00
Stops (#)	172	13	11	0	0	0
Average Speed (km/hr)	17	37	36	50	50	50
Total Travel Time (hr)	4	0	0	2	2	1
Distance Traveled (km)	76	6	2	117	103	51
Fuel Consumed (l)	19	1	0	11	10	5
Fuel Economy (km/l)	4.0	NA	NA	10.5	10.5	10.5
CO Emissions (kg)	0.35	0.02	0.01	0.21	0.18	0.09
NOx Emissions (kg)	0.07	0.00	0.00	0.04	0.04	0.02
VOC Emissions (kg)	0.08	0.00	0.00	0.05	0.04	0.02
Unserved Vehicles (#)	0	0	0	0	0	0
Vehs dilemma zone (#)	0	0	0	0	0	0

1: Bevško- Zagorje & Vodenska cesta

Direction	EB	NB	SW	All
Volume (vph)	185	406	506	1097
Control Delay / Veh (s/v)	56	0	0	10
Queue Delay / Veh (s/v)	0	0	0	0
Total Delay / Veh (s/v)	56	0	0	10
Total Delay (hr)	3	0	0	3
Stops / Veh	1.00	0.03	0.00	0.18
Stops (#)	185	11	0	196
Average Speed (km/hr)	18	50	50	35
Total Travel Time (hr)	5	2	3	10
Distance Traveled (km)	82	120	154	356
Fuel Consumed (l)	20	12	15	46
Fuel Economy (km/l)	4.1	10.3	10.5	7.7
CO Emissions (kg)	0.37	0.22	0.27	0.86
NOx Emissions (kg)	0.07	0.04	0.05	0.17
VOC Emissions (kg)	0.09	0.05	0.06	0.20
Unserved Vehicles (#)	0	0	0	0
Vehicles in dilemma zone (#)	0	0	0	0

Susnik

16.5.2012

Movement	EBL	EBR	NBL	NBR	SWL	SWR
Lane Configurations						
Sign Control	Stop		Free		Free	
Grade	0%		0%		0%	
Volume (veh/h)	202	20	25	524	345	180
Peak Hour Factor	0.84	0.63	0.39	0.84	0.81	0.74
Hourly flow rate (vph)	240	32	64	624	426	243
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type	None					
Median storage veh						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume	1178	426	426			
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol	1178	426	426			
tC, single (s)	6.4	6.2	4.1			
tC, 2 stage (s)						
tF (s)	3.5	3.3	2.2			
p0 queue free %	0	95	94			
cM capacity (veh/h)	197	631	1139			
Direction, Lane #	EB 1	EB 2	NB 1	NB 2	SW 1	SW 2
Volume Total	240	32	64	624	426	243
Volume Left	240	0	64	0	0	0
Volume Right	0	32	0	0	0	243
cSH	197	631	1139	1700	1700	1700
Volume to Capacity	1,22	0,05	0,06	0,37	0,25	0,14
Queue Length 95th (m)	100,7	1,3	1,4	0,0	0,0	0,0
Control Delay (s)	184,4	11,0	8,3	0,0	0,0	0,0
Lane LOS	F	B	A			
Approach Delay (s)	164,2		0,8		0,0	
Approach LOS	F					
Intersection Summary						
Average Delay	27,8					
Intersection Capacity Utilization	43,6%		ICU Level of Service		A	
Analysis Period (min)	15					

Susnik

16.5.2012

1: Bevško- Zagorje & Vodenska cesta

Lane Group	EBL	EBR	NBL	NBR	SWL	SWR
Volume (vph)	202	20	25	524	345	180
Control Delay / Veh (s/v)	184	11	8	0	0	0
Queue Delay / Veh (s/v)	0	0	0	0	0	0
Total Delay / Veh (s/v)	184	11	8	0	0	0
Total Delay (hr)	10	0	0	0	0	0
Stops / Veh	1.00	1.00	1.68	0.00	0.00	0.00
Stops (#)	202	20	42	0	0	0
Average Speed (km/hr)	7	37	36	50	50	50
Total Travel Time (hr)	12	0	0	3	2	1
Distance Traveled (km)	89	9	7	154	105	55
Fuel Consumed (l)	42	1	2	15	10	5
Fuel Economy (km/l)	2.1	6.1	4.1	10.5	10.5	10.5
CO Emissions (kg)	0.78	0.03	0.03	0.27	0.19	0.10
NOx Emissions (kg)	0.15	0.01	0.01	0.05	0.04	0.02
VOC Emissions (kg)	0.18	0.01	0.01	0.06	0.04	0.02
Unserved Vehicles (#)	0	0	0	0	0	0
Vehs dilemma zone (#)	0	0	0	0	0	0

1: Bevško- Zagorje & Vodenska cesta

Direction	EB	NB	SW	All
Volume (vph)	222	549	525	1296
Control Delay / Veh (s/v)	169	0	0	29
Queue Delay / Veh (s/v)	0	0	0	0
Total Delay / Veh (s/v)	169	0	0	29
Total Delay (hr)	10	0	0	10
Stops / Veh	1.00	0.08	0.00	0.20
Stops (#)	222	42	0	264
Average Speed (km/hr)	8	49	50	22
Total Travel Time (hr)	12	3	3	19
Distance Traveled (km)	98	162	160	420
Fuel Consumed (l)	43	16	15	75
Fuel Economy (km/l)	2.3	9.8	10.5	5.6
CO Emissions (kg)	0.80	0.31	0.28	1.39
NOx Emissions (kg)	0.15	0.06	0.05	0.27
VOC Emissions (kg)	0.19	0.07	0.07	0.32
Unserved Vehicles (#)	0	0	0	0
Vehicles in dilemma zone (#)	0	0	0	0

A.2: Izračunani parametri klasičnega semaforiziranega križišča

Jutranja konica:

Susnik												16.5.2012	
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	
Lane Configurations													
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Storage Length (m)	20.0		0.0	20.0		0.0	20.0		0.0	20.0		16.0	
Storage Lanes	1		0	0		0	1		0	1		1	
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		30	
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Frt		0.943			0.982			0.986				0.850	
Flt Protected	0.950				0.971		0.950			0.950			
Satd. Flow (prot)	1604	1649	0	0	1628	0	1685	1701	0	1685	1705	1463	
Flt Permitted	0.709				0.843		0.390			0.264			
Satd. Flow (perm)	1197	1649	0	0	1414	0	692	1701	0	468	1705	1463	
Right Turn on Red			No			No			No			No	
Satd. Flow (RTOR)													
Headway Factor	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	
Link Speed (k/h)		50			50			50				50	
Link Distance (m)		441.0			329.4			294.4				289.3	
Travel Time (s)		31.8			23.7			21.2				20.8	
Volume (vph)	144	28	13	25	13	3	7	356	43	4	338	168	
Peak Hour Factor	0.75	0.88	0.65	0.69	0.81	0.38	0.58	0.72	0.83	0.50	0.83	0.86	
Growth Factor	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	
Heavy Vehicles (%)	5%	1%	2%	6%	1%	0%	0%	3%	1%	0%	4%	3%	
Adj. Flow (vph)	234	39	24	44	20	10	15	603	63	10	497	238	
Lane Group Flow (vph)	234	63	0	0	74	0	15	666	0	10	497	238	
Turn Type	Perm			Perm			Perm			Perm		Free	
Protected Phases		4			8			2			6		
Permitted Phases	4			8			2			6		Free	
Minimum Split (s)	21.0	21.0		21.0	21.0		21.0	21.0		21.0	21.0		
Total Split (s)	23.0	23.0	0.0	23.0	23.0	0.0	37.0	37.0	0.0	37.0	37.0	0.0	
Total Split (%)	38.3%	38.3%	0.0%	38.3%	38.3%	0.0%	61.7%	61.7%	0.0%	61.7%	61.7%	0.0%	
Maximum Green (s)	19.0	19.0		19.0	19.0		33.0	33.0		33.0	33.0		
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		
Lead/Lag													
Lead-Lag Optimize?													
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0		
Act Effct Green (s)	19.0	19.0		19.0	19.0		33.0	33.0		33.0	33.0	60.0	
Actuated g/C Ratio	0.32	0.32		0.32	0.32		0.55	0.55		0.55	0.55	1.00	
v/c Ratio	0.62	0.12		0.17	0.17		0.04	0.71		0.04	0.53	0.16	
Control Delay	26.0	15.4		16.0	16.0		6.7	15.3		6.8	11.2	0.2	
Queue Delay	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
Total Delay	26.0	15.4		16.0	16.0		6.7	15.3		6.8	11.2	0.2	
LOS	C	B		B	B		A	B		A	B	A	
Approach Delay		23,7			16,0			15,1				7,6	
Approach LOS		C			B			B				A	
Stops (vph)	146	36			36		5	347		4	248	0	
Fuel Used(l)	14	3			3		0	27		0	20	6	
CO Emissions (g/hr)	262	65			55		8	501		5	378	105	
NOx Emissions (g/hr)	51	13			11		1	98		1	74	20	
VOC Emissions (g/hr)	61	15			13		2	116		1	88	24	

Susnik

16.5.2012

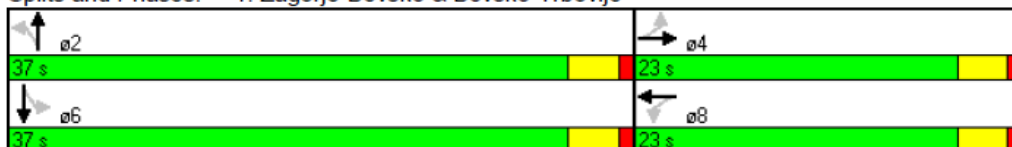


Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Dilemma Vehicles (#)	0	0			0		0	0		0	0	0
Queue Length 50th (m)	22.7	5.1			6.1		0.7	51.1		0.5	32.9	0.0
Queue Length 95th (m)	34.2	12.3			13.0		1.8	57.9		1.2	48.9	0.0
Internal Link Dist (m)		417.0			305.4			270.4			265.3	
Turn Bay Length (m)	20.0						20.0			20.0		16.0
Base Capacity (vph)	379	522			448		381	936		257	938	1463
Starvation Cap Reductn	0	0			0		0	0		0	0	0
Spillback Cap Reductn	0	0			0		0	0		0	0	0
Storage Cap Reductn	0	0			0		0	0		0	0	0
Reduced v/c Ratio	0,62	0,12			0,17		0,04	0,71		0,04	0,53	0,16

Intersection Summary

Area Type:	Other
Cycle Length:	60
Actuated Cycle Length:	60
Offset:	0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL, Start of Green
Natural Cycle:	60
Control Type:	Pretimed
Maximum v/c Ratio:	0,71
Intersection Signal Delay:	13,5
Intersection LOS:	B
Intersection Capacity Utilization	47,1%
ICU Level of Service	A
Analysis Period (min)	15

Splits and Phases: 1: Zagorje-Bevško & Bevško-Trbovlje



Popoldanska konica:

Susnik

16.5.2012

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Storage Length (m)	25.0		0.0	20.0		0.0	20.0		0.0	20.0		15.0
Storage Lanes	1		0	0		0	1		0	1		1
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Frt		0.920			0.965			0.990				0.850
Flt Protected	0.950				0.974		0.950			0.950		
Satd. Flow (prot)	1636	1615	0	0	1658	0	1668	1707	0	1685	1739	1478
Flt Permitted	0.735				0.834		0.380			0.209		
Satd. Flow (perm)	1265	1615	0	0	1420	0	667	1707	0	371	1739	1478
Right Turn on Red			No			No			No			No
Satd. Flow (RTOR)												
Headway Factor	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Link Speed (k/h)		50			50			50				50
Link Distance (m)		442.7			329.4			294.4				302.4
Travel Time (s)		31.9			23.7			21.2				21.8
Volume (vph)	180	22	20	31	15	14	25	491	33	14	345	180
Peak Hour Factor	0.85	0.79	0.63	0.64	0.83	0.60	0.39	0.84	0.83	0.58	0.81	0.74
Growth Factor	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%	122%
Heavy Vehicles (%)	3%	1%	1%	0%	0%	2%	1%	3%	1%	0%	2%	2%
Adj. Flow (vph)	258	34	39	59	22	28	78	713	49	29	520	297
Lane Group Flow (vph)	258	73	0	0	109	0	78	762	0	29	520	297
Turn Type	Perm			Perm			Perm			Perm		Free
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases	4			8			2			6		Free
Minimum Split (s)	21.0	21.0		21.0	21.0		21.0	21.0		21.0	21.0	
Total Split (s)	22.0	22.0	0.0	22.0	22.0	0.0	38.0	38.0	0.0	38.0	38.0	0.0
Total Split (%)	36.7%	36.7%	0.0%	36.7%	36.7%	0.0%	63.3%	63.3%	0.0%	63.3%	63.3%	0.0%
Maximum Green (s)	18.0	18.0		18.0	18.0		34.0	34.0		34.0	34.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0	
Act Effect Green (s)	18.0	18.0		18.0	18.0		34.0	34.0		34.0	34.0	60.0
Actuated g/C Ratio	0.30	0.30		0.30	0.30		0.57	0.57		0.57	0.57	1.00
v/c Ratio	0.68	0.15		0.26	0.26		0.21	0.79		0.14	0.53	0.20
Control Delay	29.8	16.5		18.0	18.0		8.1	18.1		8.1	10.5	0.3
Queue Delay	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
Total Delay	29.8	16.5		18.0	18.0		8.1	18.1		8.1	10.5	0.3
LOS	C	B		B	B		A	B		A	B	A
Approach Delay		26,9			18,0			17,2			6,8	
Approach LOS		C			B			B			A	
Stops (vph)	183	37			54		15	465		9	245	0
Fuel Used(l)	18	4			5		1	37		1	21	6
CO Emissions (g/hr)	339	67			83		25	689		15	388	118
NOx Emissions (g/hr)	66	13			16		5	134		3	76	23
VOC Emissions (g/hr)	79	16			19		6	160		3	90	27

Susnik

16.5.2012

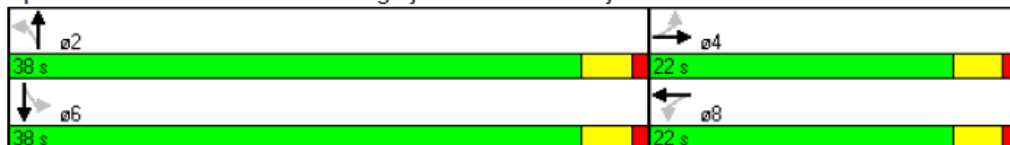


Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Dilemma Vehicles (#)	0	0			0		0	0		0	0	0
Queue Length 50th (m)	25.9	6.1			9.4		3.9	61.2		1.4	33.0	0.0
Queue Length 95th (m) #48.4		12.7			18.8		3.7	92.0		3.0	46.9	0.0
Internal Link Dist (m)		418.7			305.4			270.4			278.4	
Turn Bay Length (m)	25.0						20.0			20.0		15.0
Base Capacity (vph)	380	485			426		378	967		210	985	1478
Starvation Cap Reductn	0	0			0		0	0		0	0	0
Spillback Cap Reductn	0	0			0		0	0		0	0	0
Storage Cap Reductn	0	0			0		0	0		0	0	0
Reduced v/c Ratio	0,68	0,15			0,26		0,21	0,79		0,14	0,53	0,20

Intersection Summary

Area Type: Other
 Cycle Length: 60
 Actuated Cycle Length: 60
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL, Start of Green
 Natural Cycle: 60
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0,79
 Intersection Signal Delay: 14,6 Intersection LOS: B
 Intersection Capacity Utilization 59,5% ICU Level of Service B
 Analysis Period (min) 15
 # 95th percentile volume exceeds capacity, queue may be longer.
 Queue shown is maximum after two cycles.

Splits and Phases: 1: Bevško- Zagorje & Bevško-Trbovlje



A.3: Izračunani parametri krožnega križišča

Jutranja konica:

Susnik













17.5.2012

Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Right Turn Channelized												
Volume (veh/h)	144	28	13	25	13	3	7	356	43	4	338	168
Peak Hour Factor	0.75	0.88	0.65	0.69	0.81	0.38	0.58	0.72	0.83	0.50	0.83	0.86
Hourly flow rate (vph)	234	39	24	44	20	10	15	603	63	10	497	238
Approach Volume (veh/h)	297		73				681			745		
Crossing Volume (veh/h)	551				852			283		79		
High Capacity (veh/h)	896				702			1109		1302		
High v/c (veh/h)	0,33				0,10			0,61		0,57		
Low Capacity (veh/h)	721				552			912		1086		
Low v/c (veh/h)	0,41				0,13			0,75		0,69		
Intersection Summary												
Maximum v/c High	0,61											
Maximum v/c Low	0,75											
Intersection Capacity Utilization	60,0%				ICU Level of Service				B			

Popoldanska konica:

Susnik

17.5.2012

													
Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	
Right Turn Channelized													
Volume (veh/h)	180	22	20	31	15	14	25	491	33	14	345	180	
Peak Hour Factor	0.85	0.79	0.63	0.64	0.83	0.60	0.39	0.84	0.83	0.58	0.81	0.74	
Hourly flow rate (vph)	258	34	39	59	22	28	78	713	49	29	520	297	
Approach Volume (veh/h)	331		110					840			846		
Crossing Volume (veh/h)	608			1050				322		159			
High Capacity (veh/h)	856		598					1076			1223		
High v/c (veh/h)	0,39		0,18					0,78			0,69		
Low Capacity (veh/h)	686			461				881		1014			
Low v/c (veh/h)	0,48		0,24					0,95			0,83		
Intersection Summary													
Maximum v/c High			0,78										
Maximum v/c Low			0,95										
Intersection Capacity Utilization	76,7%		ICU Level of Service					D					