

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:

Krupenko, P., 2014. Optimizacija križišča ceste R2 413 Zbilje-Vodice v km 2,350 v Valburgi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lipar, P., somentor Rijavec, R.): 37 str.

Datum arhiviranja: 08-10-2014

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:

Krupenko, P., 2014. Optimizacija križišča ceste R2 413 Zbilje-Vodice v km 2,350 v Valburgi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lipar, P., co-supervisor Rijavec, R.): 37 pp.

Archiving Date: 08-10-2014

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
ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

Diplomska naloga št.: 123/B-GR

Graduation thesis No.: 123/B-GR

Mentor:

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

Ljubljana, 11. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Peter Krupenko izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Optimizacija križišča na cesti R2 413 Zbilje-Vodice v km 2,350 v Valburgi«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 21. 8. 2014.

Peter Krupenko

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	625.739:656.1(497.4)(043.2)
Avtor:	Peter Krupenko
Mentor:	doc. dr. Peter Lipar
Somentor:	viš. pred. mag. Robert Rijavec
Naslov:	Optimizacija križišča na cesti R2 413 Zbilje-Vodice v km 2,350 v Valburgi
Tip dokumenta:	diplomska naloga - univerzitetni študij - B
Obseg in oprema:	37 str., 17 pregl., 3 graf., 35 sl., 18 pril.
Ključne besede:	prometna obremenitev, štetje prometa, krožno križišče, kanalizirano križišče, prepustnost, preglednost, traktrisa

Izvleček

V diplomski nalogi obravnavam križišče v naselju Smlednik pri Medvodah. Uvodoma predstavim obstoječe stanje križišča, njegovo lokacijo, probleme in vzroke za preureditev. Podam prometne obremenitve, pridobljene s štetjem in analizo rezultatov. V nadaljevanju predstavim možni rešitvi, ki razrešijo problematična področja obstoječega stanja križišča. V prvi varianti križišče preuredim v krožno križišče, medtem ko v drugi varianti križišče z uvedbo pasov za leve zavijalce na glavni prometni smeri preuredim v kanalizirano križišče. V vsaki rešitvi pojasnim, kako sem jo sprojektiral in katere tehnične elemente sem uporabil, ter svoje projektantske odločitve utemeljim. Za projektirane rešitve izvedem kontrolo prepustnosti, preglednosti in prevoznosti vozil. Pri vsaki od rešitev navedem še uporabljene elemente vertikalne in talne signalizacije. V zaključku predstavljeni rešitvi ovrednotim in podam mnenje o ustreznosti izmed njih.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	625.739:656.1(497.4)(043.2)
Author:	Peter Krupenko
Supervisor:	prof. Peter Lipar, Ph. D.
Co-supervisor:	sen. lect. Robert Rijavec, M.Sc.
Title:	Optimization of intersection on R2 413 Zbilje-Vodice road at km 2,350 in Valburga
Document type:	Graduation Thesis – University Studies - B
Scope and tools:	37 p., 17 tab., 3 graph., 35 fig., 18 ann.
Key words:	traffic load, traffic count, roundabout, channelized intersection, permeability, visibility, tractrix

Abstract

My thesis covers the existing intersection on the main road R2 413 Zbilje-Vodice in the Valburga settlement near Medvode. Initially I describe the current state of the intersection, its location, problematic issues of the current state and reasons for a reconstruction. Secondly, I present the traffic loads, acquired by the means of a traffic count and analysis of its results. The third chapter covers the rearrangement of the intersection into a roundabout, with special emphasis on theoretical insight into roundabouts, the spatial insertion of the roundabout into the existing intersection, defining the technical elements of the roundabout, conducting permeability control as well as tractrix and visibility control. Then I present a second option of reconstruction where I add special lanes for left turning vehicles. As with the roundabout I equip this reconstruction also with a theoretical insight, background of technical element definition, permeability and tractrix control. Finally, I conclude my thesis by choosing the better of the two options.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Petru Liparju in somentorju viš. pred. mag. Robertu Rijavcu.

Zahvaljujem se tudi svojim staršem in starim staršem za podporo in spodbudo v celotnem času študija.

KAZALO VSEBINE

1	Uvod	1
2	Obstoječe stanje.....	2
2.1	Predstavitev	2
2.2	Slikovni prikaz obstoječega stanja	5
2.3	Nevarnosti obstoječe ureditve	8
3	Prometne obremenitve.....	10
3.1	Štetje prometa in iz vrednotenje rezultatov štetja.....	10
3.2	Jutranja konica.....	10
3.3	Popoldanska konica.....	11
3.4	Komentar	12
3.5	Stopnja nasičenosti	12
3.6	Prometne obremenitve na letni ravni.....	14
4	Krožno križišče.....	16
4.1	Teoretično ozadje krožnih križišč.....	16
4.2	Prometna varnost krožnih križišč	16
4.3	Določitev tehničnih elementov krožnega križišča	19
4.4	Umestitev avtobusnega postajališča	20
4.5	Kapacitetni račun krožnega križišča.....	22
4.6	Prometna situacija	24
4.7	Preglednost	25
4.8	Prevoznost	26
4.9	Vodenje pešcev in kolesarjev	26
5	Preureditev v kanalizirano križišče.....	27
5.1	Vodenje levih zavijalcev	27
5.2	Umestitev pasov za leve zavijalce	29
5.3	Zavijalni radiji	30
5.4	Vodenje pešcev in kolesarjev	31
5.5	Umestitev avtobusnega postajališča	32
5.6	Prometna situacija	32
5.7	Preglednost	32
5.8	Prevoznost	34
5.9	Kapacitetni račun.....	34
6	Zaključek	35

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Določitev časovne vrzeli na podlagi prometne ureditve, dopustne hitrosti in števila voznih pasov.....	13
Preglednica 2: Stopnja nasičenosti za vse vozne pasove križišča v obstoječem stanju v jutranji konici.	14
Preglednica 3: Stopnja nasičenosti za vse vozne pasove križišča v obstoječem stanju v popoldanski konici.....	14
Preglednica 4: Spreminjanje povprečnega letnega dnevnega prometa (PLDP) v letih 2008 do 2013..	14
Preglednica 5: Delitev krožnih križišč po velikosti.....	16
Preglednica 7: Projektno-tehnični elementi krožnih križišč in njihove dimenzije.....	19
Preglednica 6: Projektiranje krožnih križišč za merodajno vozilo sedlasti vlačilec.....	19
Preglednica 8: Uporabljeni projektno-tehnični elementi krožnega križišča.....	19
Preglednica 9: Določitev dimenzij avtobusnega postajališča na podlagi uvozne hitrosti avtobusov....	20
Preglednica 10: Določitev dimenzij L_a , L in L' avtobusnega postajališča na podlagi prevladujočega tipa avtobusov.	20
Preglednica 11: Uporabljeni tehnični elementi obeh avtobusnih postajališč v primerjavi z minimalnimi zahtevami Pravilnika o avtobusnih postajališčih.....	22
Preglednica 12: Kapacitetni račun krožnega križišča za jutranjo konico.....	24
Preglednica 13: Kapacitetni račun krožnega križišča za popoldansko konico.....	24
Preglednica 14: Določitev zaustavljalnega dela pasu za leve zavijalce.	28
Preglednica 15: Določitev prehodnega dela pasu za leve zavijalce.	28
Preglednica 16: Uporabljeni tehnični elementi obeh avtobusnih postajališč v primerjavi z minimalnimi zahtevami Pravilnika o avtobusnih postajališčih.....	32
Preglednica 17: Določitev zaustavne razdalje P_z v odvisnosti od V_{85} , pri priključevanju na glavno prometno smer pod prometnim znakom "Ustavi!" oz. t.i. Stop znakom.....	33

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Določitev zmogljivosti prometne smeri iz prednostnega prometnega toka in časovne vrzeli.....	13
Grafikon 2: Spreminjanje povprečnega letnega dnevnega prometa (PLDP) v letih 2008 do 2013.....	15
Grafikon 3: Določitev faktorja vpliva geometrije na izvozu krožnega križišča α	23

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz lokacije križišča in širše okolice.....	2
Slika 2: Prikaz krakov križišča.....	3
Slika 3: Ortofoto situacija križišča z označenimi kraki.....	4
Slika 4: Prihod v križišče s kraka Vodice.....	5
Slika 5: Pogled na krak Vodice iz križišča.....	5
Slika 6: Avtobusno postajališče v smeri proti Zbiljam.....	5
Slika 7: Pogled na krak Trboje iz križišča.....	5
Slika 8: Avtomobil pripelje v križišče s kraka Trboje.....	5
Slika 9: Prihod v križišče s kraka Trboje.....	6
Slika 10: Avtobus zapušča postajališče v smeri proti Vodicom.....	6
Slika 11: Prihod v križišče s kraka Zbilje.....	6
Slika 12: Notranjost križišča s prehodi za pešce.....	6
Slika 13: Pogled na krak Zbilje iz križišča.....	6
Slika 14: Cestno prometno ogledalo za vozila na kraku Smlednik.....	7
Slika 15: Pogled na krak Smlednik iz križišča.....	7
Slika 16: Prihod v križišče s kraka Smlednik.....	7
Slika 17: Avtomobil pelje skozi križišče.....	7
Slika 18: Določitev zmogljivosti prednostnega prometnega toka.....	13
Slika 19: Osnovni elementi krožnega križišča.....	16
Slika 20: Konfliktne točke štirikrakega klasičnega in krožnega križišča.....	17
Slika 21: Tipi nesreč v krožnem križišču.....	17
Slika 22: Možni načini vodenja kolesarjev in pešcev v krožnem križišču.....	18
Slika 23: Osnovna načina vodenja krakov v krožno križišče: neprimerno tangencialno (levo) in primerno pravokotno vodenje krakov v krožno križišče (desno).....	18
Slika 24: Ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče.....	18
Slika 25: Projektiranje krožnih križišč za merodajno vozilo sedlasti vlačilec.....	19
Slika 26: Projektno-tehnični elementi avtobusnega postajališča.....	20
Slika 27: Minimalni prometni in prosti profil avtobusnega postajališča.....	20
Slika 28: Krožno križišče z avtobusnim postajališčem z uvoznim pasom neposredno iz krožnega križišča ter zamaknjnim prehodom za pešce.....	21
Slika 29: Končna različica krožnega križišča s pripadajočim avtobusnim postajališčem.....	21
Slika 30: Transformacija prometnih obremenitev klasičnega štirikrakega križišča na krožno križišče.....	22
Slika 31: Elementi uvoza v krožno križišče.....	23
Slika 32: Razdalja B med konfliktnima točkama x in y	23
Slika 33: Določitev preglednosti v levo v krožnem križišču.....	25
Slika 34: Določitev čelne preglednosti na uvozu v krožno križišče.....	25
Slika 35: Določitev preglednosti do prehodov za pešce v krožnem križišču.....	25
Slika 36: Načini vodenja levih zavijalcev.....	27
Slika 37: Shema pasu za leve zavijalce.....	28
Slika 38: Določitev polja preglednosti cestnega priključka.....	33

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AC	avtocesta
BUS	avtobus
DARS	Družba za avtoceste Republike Slovenije
EOV	enota osebnih vozil
FKU	faktor konične ure
LC	lokalna cesta
LPP	Ljubljanski potniški promet
GPS	glavna prometna smer
OA	osebni avtomobil
OŠ	Osnovna šola
PGD	Prostovoljno gasilsko društvo
PLDP	povprečni letni dnevni promet
SPS	stranska prometna smer
TOV	tovornjak
TSC	tehnična specifikacija
UL RS	Uradni list Republike Slovenije
VLAČ	vlačilec

(Ta stran je namenoma prazna.)

1 UVOD

Naloga in cilj gradbenega inženirja je za dan problem poiskati in predlagati najustreznejšo in najbolj optimalno rešitev. V primeru načrtovanja in projektiranja cest, t.j. cestnih odsekov in križišč, sta običajno problematični področji, ki za projektanta predstavljata ozko grlo, prepustnost in varnost. Kot cestni projektanti stremimo k temu, da bo naša projektna rešitev omogočila odvijanje čim večjih prometnih tokov s čim manjšimi zastoji ter pri čim večji stopnji varnosti za vse udeležence v prometu.

V okviru diplomske naloge sem se osredotočil na štirikrako nesemaforizirano križišče v Valburgi, približno 10 km stran od Ljubljane v smeri proti Gorenjski, nekje na pol poti med Vodiciami in Medvodami. Kot domačin – prebivam namreč v kakšen kilometer oddaljenih Zbiljah - križišče redno uporabljam za svoje vsakodnevne prometne relacije in zato njegova problematična področja varnosti in preglednosti še toliko bolj občutim na lastni koži, ko se peljem na fakulteto v Ljubljano, do avtocestnega priključka Vodice, do starih staršev pod Šmarno goro, v bližnjo Mercatorjevo prodajalno v Smledniku, ali kam drugam po življenjskih opravkih.

V prvem delu diplomske naloge bom predstavil obstoječe stanje križišča ter predstavil, zakaj je takšno stanje nevarno in neustrezno. Opisal bom tudi tipe morebitnih prometnih nesreč, ki lahko nastanejo kot posledica sedanje ureditve križišča. V drugem delu bom predstavil teoretične osnove prometnih obremenitev ter štetja prometa. Opisal bom potek svojega štetja prometa v križišču in napisano opremil z izvedenimi rezultati štetja.

V sklopu tretjega poglavja diplomske naloge se bom osredotočil na prvo projektno rešitev, torej preureditev križišča v krožno križišče. Pri tem bom predstavil teoretično ozadje krožnih križišč, postopke računa krožnih križišč in postopke izbire ustreznih projektno tehničnih elementov krožnega križišča. Obrazložil bom, zakaj sem se pri projektiranju odločil za določene tehnične elemente, ter prikazal, kako bo odvijanje prometa v primeru preureditve v izbrano krožno križišče ugodnejše in varnejše za prometne udeležence.

V četrtem poglavju bom predstavil svojo drugo projektno rešitev, to je kanalizacijo oz. preureditev v nesemaforizirano križišče s pasovi za leve zavijalce. Podobno kot pri prvi projektni rešitvi bom opisal postopke računa tovrstnih križišč ter postopke izbire tehničnih elementov. Razložil bom, kako sem izbral določene elemente ter prikazal prednosti in morebitne slabosti preureditve obstoječega križišča v izbrano nesemaforizirano križišče s pasovi za leve zavijalce.

V zaključku bom med obema variantama izbral ustreznejšo in svojo odločitev utemeljil in kritično ovrednotil. Na konec diplomske naloge bom priložil izvedene rezultate štetja prometa ter predlagani rešitvi opremil še s potrebnimi grafičnimi prilogami.

2 OBSTOJEČE STANJE

2.1 PREDSTAVITEV

Obravnavano štirikrako nesemaforizirano križišče se nahaja okoli 10 km severozahodno od Ljubljane, nekje na pol poti med Medvodami in Vodici. Križišče v celoti spada pod okrilje Občine Medvode. V križišču se stikata regionalna cesta II. reda R2 413 Zbilje – Vodice in lokalna cesta LC Valburga – Trboje. Regionalna cesta R2 413 Zbilje – Vodice povezuje Medvode in okoliška naselja in vasi z naseljem Vodice, v katerem najdemo za lokalne prebivalce najbližji priključek na avtocesto – AC priključek Vodice. Od pomembnejših virov prometnih obremenitev (produkcij in atrakcij) vzdolž te ceste velja omeniti:

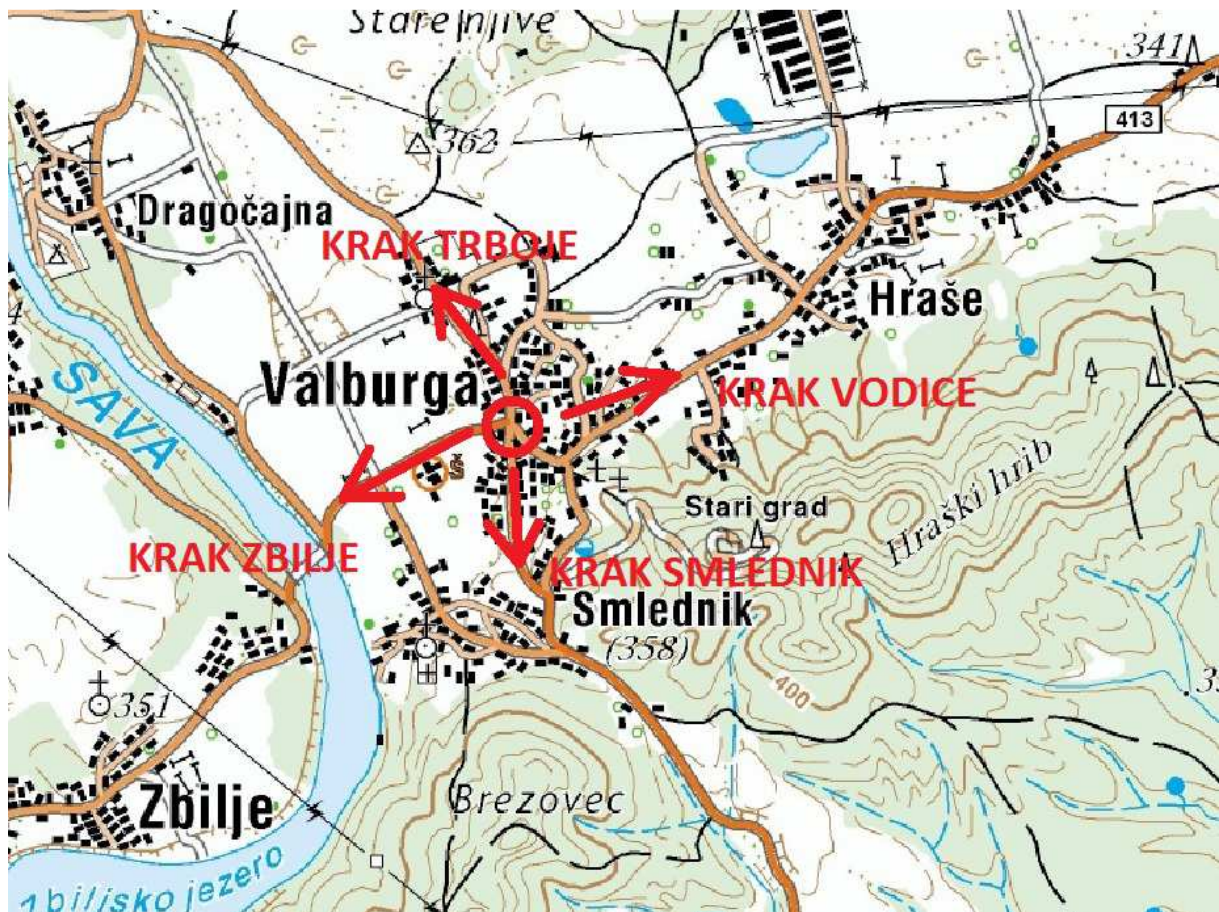
- Medvode z okoli 5.000 prebivalci ter več nakupovalnimi centri (Mercator, Hofer), bencinskimi črpalkami, avtobusno povezavo z Ljubljano v okviru ljubljanskega mestnega avtobusnega prometa LPP, železniško postajo, več velikih lokalnih podjetij (Color Medvode, Donit Tesnit), pošto, banko, itd.
- Zbilje s Centrom starejših Medvode, naseljem Zbiljski gaj, ter Zbiljskim jezerom, ki ob vikendih privabi številne obiskovalce.
- manjša naselja v okolici Medvod in vzdolž ceste (Goričane, Zgornje Pirniče, Verje, Spodnja Senica, Podreča, Mavčiče, Dragočajna, Hraše, Zapoge, Torovo).
- Vodice z okoli 1.500 prebivalci ter AC priključkom, bencinsko črpalko, itd.



Slika 1: Prikaz lokacije križišča in širše okolice.

Lokalna cesta LC Valburga – Trboje povezuje naselji Trboje in Valburga oz. Smlednik. Pomembnejši viri prometnih obremenitev vzdolž te ceste so:

- Trboje s Trbojskim jezerom
- Valburga in Smlednik s priljubljeno rekreacijsko točko Starim gradom
- pred kratkim zgrajen Golf klub Smlednik, ki privablja številne obiskovalce
- Šmarna gora s severozahodnim obrobjem Ljubljane (Tacen, Brod, Vižmarje)



Slika 2: Prikaz krakov križišča.

V obstoječem stanju je križišče urejeno kot štirikrako nesemaforizirano križišče. Glavno prometno smer (GPS) predstavlja regionalna cesta II. reda R2 413 Zbilje – Vodice, medtem ko ima status stranske prometne smeri (SPS) lokalna cesta LC Valburga – Trboje.

Za potrebe diplomske naloge bom za krake križišča uporabljal naslednje oznake:

- krak Zbilje – vodi iz križišča mimo OŠ Simona Jenka Smlednik naprej proti Zbiljam in Medvodam, eden od dveh krakov GPS
- krak Smlednik – vodi iz križišča skozi naselji Valburga in Smlednik naprej do Golf kluba Smlednik in nadalje Tacna in Šmarne gore, krak ima status SPS
- krak Vodice – vodi iz križišča mimo naselij Hraše, Zapoge in Torovo naprej proti Vodici in AC priključku Vodice, krak ima status GPS
- krak Trboje – vodi iz križišča proti Trbojam in Trbojskemu jezeru, ima status SPS

Kraka Zbilje in Vodice sta kraka glavne prometne smeri, medtem ko sta kraka Smlednik in Trboje podrejena in imata status stranske prometne smeri. Avtomobili, ki v križišče pripeljejo s kraka Trboje in kraka Smlednik, morajo pri vključevanju v križišče upoštevati prometni znak II-2 (klasifikacija Osnutka Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremljeni na javnih cestah, UL RS 2000), to je prometni znak »Ustavi!« oz. t.i. Stop znak.

Vsi kraki so dvosmerni in imajo v vsako smer po en vozni pas. Širina voznih pasov na glavni prometni smeri, to je krakih Vodice in Zbilje, znaša 2,75 m, medtem ko so vozni pasovi na krakih stranske prometne smeri, to je krakih Smlednik in Trboje, ožji in njihova širina znaša 2,5 m. Širina vozišča na krakih Trboje in Smlednik je še bolj problematična, ko se nekoliko oddaljimo od križišča, saj širina prometnega pasu ponekod pade tudi pod 2,25 m (oz. skupaj v obe smeri pod 4,5 m). Na določenih delih je oteženo srečevanje z nasproti vozečimi vozili.

Dovoljena hitrost v križišču znaša 50 km/h, saj se križišče nahaja znotraj naselja Valburga. Na krakih Trboje in Smlednik je dovoljena hitrost vožnje še nižja in znaša 40 km/h. Znižanje dovoljene hitrosti na teh dveh krakih je posledica že omenjene majhne širine vozišča ter tudi na številnih mestih slabe kakovosti vozne površine. Vožnja po krakih Smlednik in Trboje s hitrostmi, višjimi od 40 km/h, je nevarna tudi zaradi pešcev ob oz. na cesti, ki še dodatno zožijo uporabno širino vozišča.



Slika 3: Ortofoto situacija križišča z označenimi kraki.

V križišču se nahaja na obeh straneh ceste avtobusno postajališče, na katerem ustavljajo avtobusi medkrajevnega in v zadnjem času tudi ljubljanskega mestnega potniškega prometa. Za nemotorizirane udeležence v prometu je v obstoječi ureditvi poskrbljeno s pločniki širine 0,75 m na obeh straneh kraka Vodice, ter širine 1,5 m na zahodni strani kraka Trboje in na južni strani kraka Zbilje. V sedanjem stanju se na vseh krakih nahaja prehod za pešce. Kolesarjem v obstoječi ureditvi ni namenjenih nobenih posebnih površin.

2.2 SLIKOVNI PRIKAZ OBSTOJEČEGA STANJA



Slika 4: Prihod v križišče s kraka Vodice.



Slika 5: Pogled na krak Vodice iz križišča.



Slika 6: Avtobusno postajališče v smeri proti Zbiljam.



Slika 7: Pogled na krak Trboje iz križišča.



Slika 8: Avtomobil pripelje v križišče s kraka Trboje.



Slika 12: Notranjost križišča s prehodi za pešce.



Slika 11: Prihod v križišče s kraka Zbilje.



Slika 10: Avtobus zapušča postajališče v smeri proti Vodiciam.



Slika 9: Prihod v križišče s kraka Trboje.



Slika 13: Pogled na krak Zbilje iz križišča.



Slika 16: Prihod v križišče s kraka Smlednik.



Slika 14: Cestno prometno ogledalo za vozila na kraku Smlednik.

Slika 15: Pogled na krak Smlednik iz križišča.



Slika 17: Avtomobil pelje skozi križišče.

2.3 NEVARNOSTI OBSTOJEČE UREDITVE

Kot je razvidno iz zgornjih slik, GPS križišča poteka v krivini. Že po teoriji to predstavlja nevarnost za vozila, ki se v križišče vključujejo s kraka na notranji strani krivine. V mojem primeru je vključevanje v križišče s kraka Smlednik še dodatno oteženo zaradi visoke ograje na stiku krakov Smlednik in Vodice. Ta ograja povsem onemogoča vsakršen pregled nad dogajanjem na kraku Vodice, vozniki se morajo zato pri oceni možnosti izvedbe svojega voznega manevra poslužiti cestno prometnega ogledala.

Izjemno pomembna nevarna plat obstoječe ureditve križišče je tudi možnost vožnje po GPS z visokimi hitrostmi. Trasa ceste na kraku Zbilje je zelo iztegnjena in z ničimer ne preprečuje voznikom hitre vožnje, enako je s krakom Vodice, pred katerim cesta pri PGD Smlednik resda napravi ovinek, vendar je na daljši razdalji predhodno relativno ravna in iztegnjena. Vozniki tako pogosto visoke hitrosti ohranijo in z njimi pripeljejo v križišče. Ocena hitrosti vozil za voznike na kraku Smlednik s pomočjo ogledala je že sama po sebi zelo težavna, visoke hitrosti vozil na kraku Vodice pa jo še otežujejo.

Preglednost z ostalih krakov ni tako problematična. Neizkoriščeno zeleno površino na stiku krakov Zbilje in Smlednik dostikrat domačini uporabijo za parkiranje avtomobilov, kar seveda zmanjša preglednost v križišču. Pomemben dejavnik varnosti oz. nevarnosti v križišču je tudi prisotnost nemotoriziranih udeležencev prometa. Križišče za vsakodnevno pot v šolo uporabljajo številni otroci, prav tako v križišče pripelje tudi precejšnje število kolesarjev.

Za potrebe kapacitetnega računa obstoječe ureditve in projektnih rešitev sem moral pridobiti podatke o časovni in prostorski razporeditvi vozil (več o prometnih obremenitvah najdete v naslednjem poglavju). Le-to sem storil z štetjem prometa, ki je trajalo od 6:00 do 8:30 zjutraj in od 14:00 do 17:00 popoldne. V tem času sem poleg štetja prometa tudi pozorno opazoval odvijanje prometa v križišču. V petih urah in pol štetja prometa sem bil priča 6 skoraj nesrečam. Skoraj nesreča oz. incident je definirana kot raznovrstna kritična situacija, ki lahko v relativno kratkem časovnem obdobju pripelje do nesreče.

Te skoraj nesreče, ki sem jih zasledil, predstavljajo prevladujoče tipe prometnih nesreč, ki lahko nastanejo kot posledica sedanje ureditve križišča. Gre za naslednje situacije:

- Napačna presoja voznika o zmožnosti izvedbe voznega manevra. Pri tem so vozniki na katerem od krakov SPS bodisi napačno ocenili situacijo preko cestno prometnega ogledala bodisi enostavno spregledali vozilo na GPS. Iz napačne presoje je sledila odločitev o izvedbi voznega manevra in speljanju v križišče. Istočasno je v križišče pripeljalo vozilo na GPS in nastala je kritična situacija. Takšne situacije sem naštel 4, in sicer 2 pri vožnji naravnost iz Trboj v Smlednik, 1 pri levem zavijanju s kraka Trboje in 1 pri levem zavijanju s kraka Smlednik. Vsakokrat je vozilo, katerega voznik je napačno presodil situacijo, ob opazitvi bližajočega se vozila na GPS silovito pospešilo v želji po izognitvi prometni nesreči. V dveh od navedenih štirih primerov je to zadostovalo samo po sebi, dvakrat pa je moralo v izognitev prometni nesreči močno zavreti tudi vozilo na GPS. Tudi sicer sem opazil, da je silovito speljevanje voznikov na krakih SPS splošen trend pri odvijanju prometa v križišču, saj mnogi vozniki kljub pravilni oceni zmožnosti izvedbe voznega manevra tej svoji oceni ne zaupajo popolnoma in za vsak slučaj še silovito speljejo, da čim prej zapustijo križišče.

- Napačna postavitev vozila pri čakanju na izvedbo voznega manevra. Naštel sem 2 primera, ko je vozilo s kraka Smlednik zapeljalo predaleč v notranjost križišča, saj je voznik napačno ocenil, do kje sme zapeljati, brez da bi zasedel vozišče na GPS. V enem od teh dveh primerov je moralo vozilo, ki je peljalo od Zbilj proti Vodici, popolnoma ustaviti, saj napačno postavljenega vozila na kraku Smlednik zaradi nasproti vozečih vozil ni moglo obvoziti. Napačna postavitev vozil na kraku Smlednik je lahko problematična tudi za leve zavijalce s kraka Vodice, ki morajo zaradi ozke širine kraka Smlednik izvesti natančen zavijalni manever.
- Izvedba prepovedanih voznih manevrov. Nek voznik je v križišče zapeljal s kraka Trboje in v križišču polkrožno obrnil, križišče zapustil na istem kraku Trboje in nadaljeval vožnjo. Takšen manever dovoljuje sedanja relativno velika površina križišča. Katera koli od projektnih rešitev rekonstrukcije križišča, ki jih bom predlagal v nadaljevanju, bi takšen manever preprečila ali omogočila na dovoljen način. Pri preureditvi v kanalizirano križišče bi prisotnost ločilnega prometnega otoka na kraku Zbilje takšen manever preprečila ali vsaj močno otežila, preureditev v krožno križišče pa bi tak manever tako ali tako omogočila, saj lahko omenjeni voznik naredi celoten krog po krožnem križišču.
- Nepoznavanje prometne ureditve v križišču. Številni vozniki prometnih znakov preprosto ne gledajo in kar nekajkrat se je pripetilo, da voznika – eden je pripeljal s kraka Smlednik, drugi s kraka Trboje – nista vedela, kdo ima prednost. V nobenem od takšnih primerov do kritične situacije sicer ni prišlo, vendar bi se kaj lahko zgodilo, da bi oba mislila, da imata prednost, in speljala ter napravila nesrečo.
- Vklapljanje smernikov ob vožnji naravnost po GPS. Opazil sem, da precejšnje število voznikov ob vožnji naravnost po GPS vklopi smernik, saj dobijo občutek, da ne vozijo naravnost, temveč da napravijo zavoj, in z vklopom smernika na to opozorijo ostale voznike v križišču. To bi lahko predstavljalo težavo, če denimo levi smernik vklopi naravnost vozeče vozilo s kraka Vodice, kar bi levo zavijajoč voznik s kraka Zbilje lahko razumel kot namero levega zavijanja na krak Smlednik in izpeljal svoj zavijalni manever. Ta problem sem pri preureditvi v kanalizirano križišče omilil, saj križišče ne poteka več toliko v ovinek. Preureditev v krožno križišče pa ta problem seveda popolnoma odstrani.
- Obvoz čakajočih zavijajočih vozil. V redkih primerih manjše zgostitve prometa v križišču se je zgodilo, da je levo zavijajoče vozilo na GPS moralo zaradi nasproti vozečih vozil počakati na svoj zavijalni manever in ustaviti. Nekateri vozniki, ki so v križišče pripeljali za njimi, so bili precej nervozni in so jih obvozili, tako da so pri tem obvozu zapeljali kar čez pločnik. Takšen manever, razen tega da ni dovoljen, je tudi potencialno nevaren, saj so ti vozniki zaradi izvedbe obvoza manj pozorni na prisotnost pešcev in njihovo morebitno prečkanje ceste. Do drugega z obvozom zavijajočih vozil povezanega problema pride, če vozilo na GPS v križišče pripelje z visoko hitrostjo in prepozno opazi čakajoče zavijajoče vozilo. Preureditev v kanalizirano križišče in uvedba pasov za leve zavijalce ta problem vsaj omili, če že ne prepreči (razen ob zelo redki večji zgostitvi prometa v križišču), medtem ko uvedba krožnega križišča ta problem povsem izniči.

Zgoraj omenjene nevarnosti obstoječe ureditve križišča predstavljajo grožnjo prometnim udeležencem v križišču in po mojem mnenju terjajo čim prejšnjo preureditev križišča v stanje, ki bi vsaj nekaj od navedenih problemov omililo oz. še raje preprečilo.

3 PROMETNE OBREMENITVE

3.1 ŠTETJE PROMETA IN IZVREDNOTENJE REZULTATOV ŠTETJA

Za izračun kapacitetne ustreznosti vsake projektne rešitve sem potreboval podatke o časovni razporeditvi vozil v prometnih konicah po posameznih krakih. Na glavni prometni smeri v križišču, to je regionalni cesti R2 413, sicer v sklopu nadzora in analize prometa s strani pristojnih državnih organov (Direkcija RS za ceste, DARS, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor RS, Policija) deluje avtomatski števec prometa, vendar se nahaja v Žejah pri Komendi. Tehnično sicer števec pokriva isto regionalno cesto drugega reda R2 413, vendar se nahaja sredi odseka Moste-Vodice s številko odseka 1080, za razliko od našega odseka Zbilje-Vodice 1079. Prav tako vmes med obema odsekoma najdemo AC priključek Vodice, ki močno vpliva na prometne obremenitve na obeh odsekih. Zavoljo teh okoliščin ocenjujem, da podatki iz avtomatskega števca niso direktno uporabni za kapacitetno analizo v našem križišču. Kljub temu pa so podatki iz števca dovolj dobra podlaga za določitev povprečnega letnega dnevnega prometa (PLDP) na GPS v našem križišču.

7. člen Pravilnika o cestnih priključkih na javne ceste govori o prometnih obremenitvah in prepustnosti in podaja zahtevo, da je potrebno za določitev obstoječih prometnih obremenitev na glavni prometni smeri izvesti 16-urno štetje prometa vseh vrst udeležencev v prometu.

Ocenil sem, da v mojem primeru 16-urno štetje prometa ni potrebno in da bo zadostovalo že štetje jutranje in popoldanske konice. Štetje sem izvedel v sredo, 4. junija 2014, zjutraj med 6:00 in 8:30 in popoldne med 14:00 in 17:00. Pri štetju sem zajel vse smeri in vse vrste prometa.

Podatke iz štetja sem v programskem okolju Microsoft Access uredil v razpredelnice. Pri analizi sem za pretvorbo različnih vrst prometa v križišču na enote osebnih vozil (EOV) uporabil naslednje pretvornike:

- Osebni avtomobil (OA): 1
- Avtobus (BUS): 2
- Tovornjak (TOV): 2
- Tovornjak s priklopnikom in vlačilec (VLAČ): 4

Jutranja in popoldanska konica sta urna intervala v času jutranjega oz. popoldanskega štetja prometa, v katerih je količina prometnih obremenitev v križišču v primerjavi s celotnim časom jutranjega in popoldanskega štetja maksimalna.

Faktor konične ure (FKU) podaja nihanje prometa znotraj konične ure in sem ga izračunal po naslednji enačbi:

$$FKU = \frac{\Sigma Q_{15min}}{4 * Q_{15min}^{max}}$$

3.2 JUTRANJA KONICA

V času jutranje konice največ vozil v križišče pripelje s kraka Zbilje, skupno 785 EOV, od tega je 756 OA (96 %), 16 TOV (2 %), 6 BUS (1 %) in 7 VLAČ (1 %). Od teh 785 EOV jih 581 EOV oz. 74 % pelje naravnost proti Vodici, 112 EOV ali 14 % jih zavije desno proti Smedniku, preostalih 92

EOV ali 12 % je levih zavijalcev, namenjenih v Trboje. S kraka Vodice v križišče zjutraj pripelje 416 EOV, od tega 391 OA (94 %), 18 TOV (4 %), 5 BUS (1 %) in 2 VLAČ (1 %). Največ jih pelje naravnost proti Zbiljam, in sicer 333 EOV (80 %). Desno proti Trbojam zavija 73 EOV (18 %), levo proti Smledniku pa 10 EOV (2 %).

Od stranskih prometnih smeri je bolj obremenjen krak Trboje, s katerega v križišče pripelje 344 EOV, od tega je 326 OA (95 %), 13 TOV (4 %), 2 BUS (0,5 %) in 3 VLAČ (0,5 %). S kraka Trboje največ vozil zavija levo proti Vodici, in sicer 130 EOV (38 %). Nekoliko manj – 123 EOV (36 %) – vozil pelje naravnost proti Smledniku, medtem ko je najmanj vozil peljalo desno proti Zbiljam, teh je bilo 91 (26 %). Za najmanj obremenjeno smer v križišču v času jutranje konice se je izkazal krak Smlednik, s katerega je v križišče pripeljalo 101 EOV oz. po strukturi prometa 96 OA (95 %), 3 TOV (3 %), 1 BUS (1 %) in 1 VLAČ (1 %). Večino vozil s kraka Smlednik so predstavljala naravnost vozeča vozila, teh je bilo 58 EOV (57 %). Levo proti Zbiljam je zavijalo 27 EOV (27 %), desnih zavijalcev sem naštel 16 EOV (16 %).

Maksimalna urna obremenitev v križišču nastopi od 7:00 do 8:00, ko križišče prepelje 764 EOV. Med temi 764 je največ prispeval krak Zbilje s 385 EOV, krak Vodice je prispeval 182 EOV, medtem ko je s krakov Trboje oz. Smlednik v križišče pripeljalo 150 oz. 47 EOV. Promet v križišču je razmeroma konstanten in ne niha prav dosti, vrednosti faktorja konične ure znašajo: za celotno križišče 0,86, za krak Zbilje 0,86, za krak Vodice 0,81, za krak Trboje 0,85 ter za krak Smlednik 0,73.

Podrobnejše podatke o razporeditvi prometa v času jutranjega štetja prometa najdete v prilogah, natančneje v prilogah A, C, D in F.

3.3 POPOLDANSKA KONICA

V popoldanskem času se zgodba obrne, saj največ vozil ne pripelje več s kraka Zbilje, temveč s kraka Vodice. Krak Vodice namreč generira 851 EOV, od tega 818 OA (96 %), 24 TOV (3 %), 2 BUS (0,25 %) in 7 VLAČ (0,75 %). Od teh 851 EOV jih 624 EOV ali 73 % pelje naravnost proti Zbiljam, 183 EOV ali 22 % jih zavije desno proti Trbojam, preostalih 44 EOV ali 5 % je levih zavijalcev. Krak Zbilje prispeva 660 EOV, oz. po strukturi prometa 640 OA (97 %), 11 TOV (2 %), 3 BUS (0,25 %) in 6 VLAČ (0,75 %). Največ je naravnost vozečih vozil, in sicer 469 EOV ali 71 %. S kraka Zbilje proti Trbojam levo zavija 126 EOV ali 19 %, desnih zavijalcev je 65 EOV oz. 10 %.

S kraka Trboje v križišče pripelje 308 EOV, od tega sem naštel 295 OA (96 %), 10 TOV (3 %), 2 BUS (0,66 %) in 1 VLAČ (0,33 %). S Trboj največ vozil – 121 EOV ali 39 % – pot pelje desno proti Zbiljam, malo manj je levih zavijalcev, teh sem naštel 115 EOV oz. 37 %. Naravnost proti Smledniku je peljalo 72 EOV ali 24 %. S kraka Smlednik je v križišče pripeljalo 267 EOV, od tega 259 OA (97 %), 6 TOV (2 %), 1 BUS (0,5 %) in 1 VLAČ (0,5 %). Največ vozil s kraka Smlednik je peljalo naravnost proti Trbojam, naštel sem jih 131 EOV ali 49 %. Levo proti Zbiljam je pot vodilo 104 EOV ali 39 %, medtem ko je desno proti Vodici zavilo 32 EOV ali 12 %.

Maksimalna urna obremenitev v času popoldanskega štetja je nastopila med 15:30 in 16:30, tedaj je križišče prevozilo 809 EOV. Od teh 809 je krak Vodice generiral 341 EOV, krak Zbilje 220 EOV, krak Smlednik 131 EOV in krak Trboje 117 EOV. Podobno kot zjutraj se je tudi popoldne promet odvijal brez večjih nihanj, vrednosti faktorja konične ure so znašale za celotno križišče 0,95, za krak Vodice 0,92, za krak Zbilje 0,89, za krak Smlednik 0,91 in za krak Trboje 0,81.

Podrobnejše rezultate popoldanskega štetja prometa sem odložil v priloge, glejte priloge B, Č, E in G.

3.4 KOMENTAR

Presenetil me je predvsem relativno pozen nastop jutranje konice, kot tudi relativno konstantno odvijanje prometa v času popoldanskega štetja. Pozen nastop jutranje konice (običajno nastopi nekje med 6:00 in 7:00, ponekod po Sloveniji celo še prej – pri meni pa šele od 7:00 do 8:00) bi pripisal dejstvu, da se križišče nahaja v bližini Ljubljane in Kranja. Velika večina prometnih udeležencev v križišču je vsakodnevno vezana na ti dve mesti, ki sta oddaljeni le okoli 15 km, in zaradi takšne bližine udeležencem v prometu ni potrebno odhajati na delo, v šolo, itd. tako zgodaj. Pri štetju jutranje konice sem opazil še, da je velik delež prometa v križišču odpadel na začetek pouka v bližnji OŠ Simona Jenka Smlednik in prevoz otrok v šolo. Pri štetju popoldanske konice me je presenetila konstantnost prometa, saj je ta od okoli 15:15 pa vse do 17:00 praktično ves čas znašala blizu 200 EO/h. Tako zjutraj kot popoldne je bila struktura prometa praktično enaka za vse krake, osebnih avtomobilov je bilo vselej okoli 95 %, ostalih vozil pa bolj ali manj le za vzorec.

3.5 STOPNJA NASIČENOSTI

Stopnja nasičenosti X je razmerje med prometno obremenitvijo in kapaciteto in nam predstavlja podatek o izkoriščenosti posameznih elementov križišča. Stopnjo nasičenosti računamo za vsak pas posebej, tako za jutranjo kot popoldansko konico. Vrednost X se giblje med 0 in 1, pri čemer bi $X=0$ pomenilo popolno neizkoriščenost prometnega pasu (brez vozil) in $X=1$ teoretično maksimalno izkoriščenost (prometna obremenitev enaka kapaciteti). Pri projektiranju moramo vselej zadostiti kriteriju $X < 0,85$. Če je $X > 0,85$, pomeni, da takšna ureditev ni ustrezna in moramo izvesti katerega od naslednjih ukrepov: spremembo prometnega režima, rekonstrukcijo križišča z dodajanjem dodatnih pasov za leve ali desne zavijalce, rekonstrukcijo v krožno križišče ali uvedbo semaforizacije.

Stopnjo nasičenosti X računamo po naslednjem obrazcu:

$$X_i = \frac{Q_{mer,i}}{M_{Ni}}$$

Pri tem je:

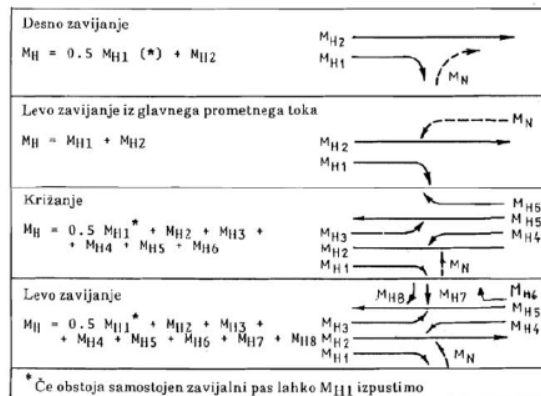
X_i [-] ... stopnja nasičenosti posameznega voznega pasu v križišču
 $Q_{mer,i}$ [EOV/h] ... merodajni pretok vozil
 M_{Ni} [EOV/h] ... zmogljivost (kapaciteta) posamezne smeri

Merodajni pretok $Q_{mer,i}$ predstavlja maksimalno obremenitev v 15-minutnem intervalu, preko faktorja konične ure izraženo v časovni enoti 60 min. Izračunamo ga preko enačbe:

$$Q_{mer,i} = \frac{Q_{dej,i}}{FKU_i}$$

Tako dejanski pretok $Q_{dej,i}$ kot faktor konične ure FKU_i za posamezen vozni pas določimo iz štetja.

Kapaciteta oz. zmogljivost posamezne smeri M_{Ni} [EOV/h] pa je odvisna od prednostnega prometnega toka M_{Hi} in časovne vrzeli t_{cv} in jo določimo po sledečih enačbah:



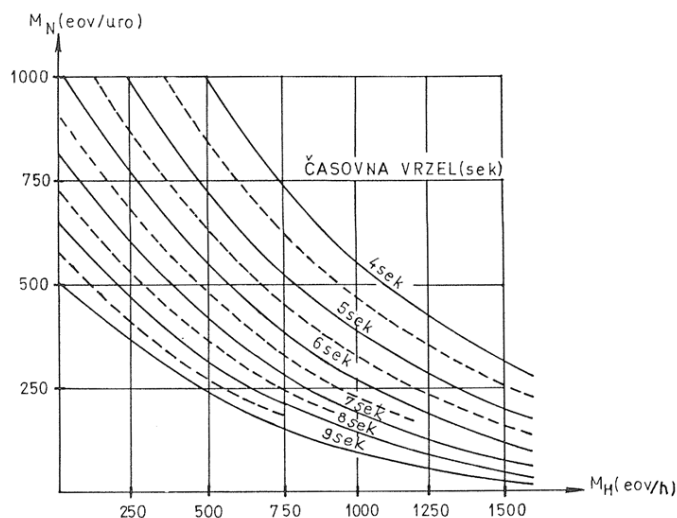
Slika 18: Določitev zmogljivosti prednostnega prometnega toka.

Časovno vrzel t_{cv} [s] pa določimo iz naslednje preglednice:

Prometna situacija	Dopustna hitrost			
	do 50 km/h		50 – 70 km/h	
	prednostna cesta 2 pasova	4 pasovi	prednostna cesta 2 pasova	4 pasovi
Desno zavijanje				
Znak II-1 "Križišče s prednostno cesto"	4,5	4,5	5,0	5,0
Znak II-2 "Ustavi" (STOP)	5,5	5,5	6,0	6,0
Križanje				
Znak II-1 "Križišče s prednostno cesto"	5,5	6,0	6,0	7,0
Znak II-2 "Ustavi" (STOP)	6,5	7,0	7,0	8,0
Levo zavijanje				
Znak II-1 "Križišče s prednostno cesto"	6,0	6,5	6,5	7,5
Znak II-2 "Ustavi" (STOP)	7,0	7,5	7,5	8,5
Levo zavijanje iz glavnega prometnega toka	5,0	5,5	5,5	6,0

Preglednica 1: Določitev časovne vrzeli na podlagi prometne ureditve, dopustne hitrosti in števila vozniških pasov.

Iz prednostnega prometnega toka M_H in časovne vrzeli t_{cv} na podlagi spodnjega grafikona odčitamo zmogljivost prometne smeri M_N , pri čemer vrednost zaokrožimo na 50 EO/h.



Grafikon 1: Določitev zmogljivosti prometne smeri iz prednostnega prometnega toka in časovne vrzeli.

V primeru, če imamo skupni vozni pas za več prometnih smeri, je potrebno za izračun zmogljivosti prometnega pasu M_N [EOV/h] uporabiti naslednjo enačbo:

$$M_N = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{a_i}{M_{Ni}}}$$

Pri tem v enačbi predstavlja

a_i [-] ... delež delnega prometnega toka glede na celotni prometni tok na prometnem pasu
 M_{Ni} [EOV/h] ... zmogljivost pripadajočega delnega prometnega toka

Skladno z navedenimi postopki sem za obstoječe stanje izračunal stopnjo nasičenosti posameznega prometnega pasu. Rezultate sem zbral v spodnjih preglednicah.

Krak	Pas	X	Kriterij $X < 0,85$
Vodice	l+n+d	0,15	je izpolnjen
Smlednik	l+n+d	0,27	je izpolnjen
Zbilje	l+n+d	0,30	je izpolnjen
Trboje	l+n+d	0,56	je izpolnjen

Preglednica 2: Stopnja nasičenosti za vse vozne pasove križišča v obstoječem stanju v jutranji konici.

Krak	Pas	X	Kriterij $X < 0,85$
Vodice	l+n+d	0,22	je izpolnjen
Smlednik	l+n+d	0,42	je izpolnjen
Zbilje	l+n+d	0,20	je izpolnjen
Trboje	l+n+d	0,33	je izpolnjen

Preglednica 3: Stopnja nasičenosti za vse vozne pasove križišča v obstoječem stanju v popoldanski konici.

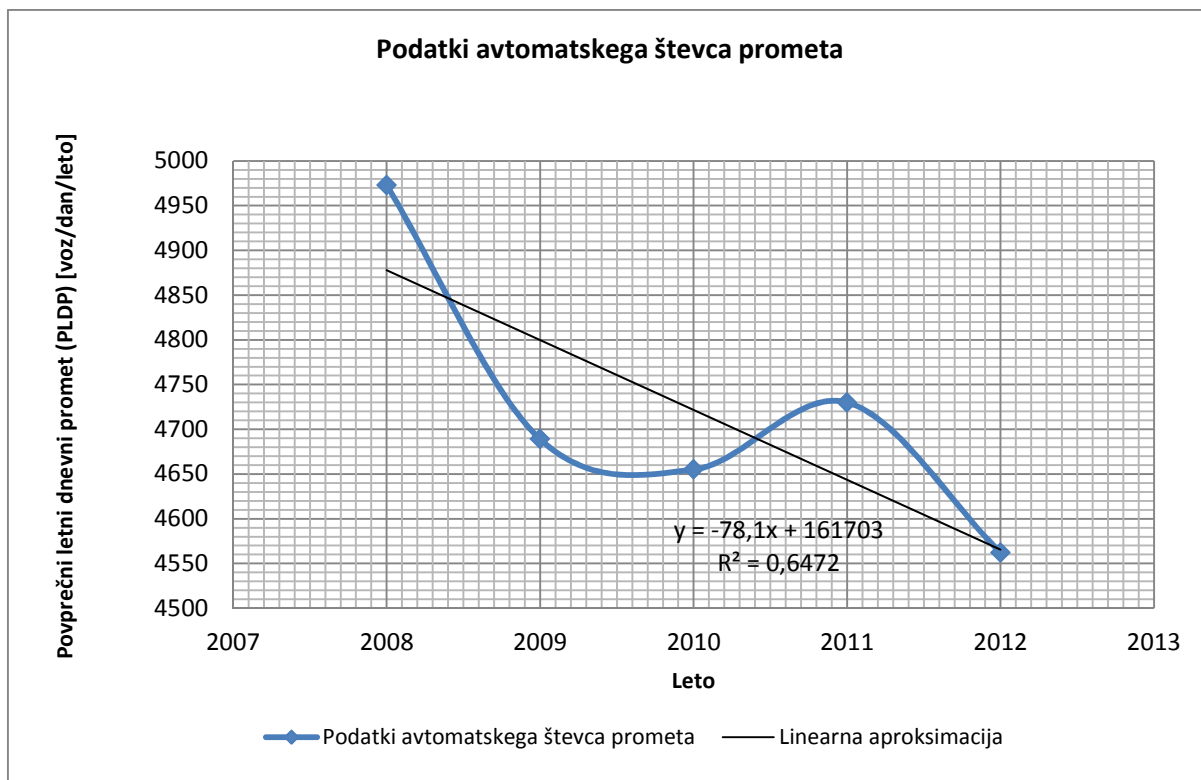
3.6 PROMETNE OBREMENTITVE NA LETNI RAVNI

Skladno s 7. členom Pravilnika o cestnih priključkih na javne ceste je potrebno kapacitetno ustreznost projektne rešitve preveriti za čas trajanja celotne planske dobe 20 let. Pri napovedi prometnih obremenitev na koncu planske dobe je potrebno upoštevati številne podatke vsaj za zadnjih 5 let.

Podatki o prometu na državnih cestah, ki jih beležijo avtomatski števeci prometa, so javno dostopni. Spreminjanje povprečnega letnega dnevnega prometa (PLDP), to je povprečne količine prometa, ki se po regionalni cesti drugega reda R2 413 (na lokaciji števca v Žejah pri Komendi) zvrsti v enem dnevu, prikazujeta naslednja preglednica in grafikon:

Leto	PLDP [voz/dan/leto]
2008	4.973
2009	4.689
2010	4.655
2011	4.730
2012	4.562

Preglednica 4: Spreminjanje povprečnega letnega dnevnega prometa (PLDP) v letih 2008 do 2013.



Grafikon 2: Spreminjanje povprečnega letnega dnevnega prometa (PLDP) v letih 2008 do 2013.

Kot je razvidno iz grafikona, spreminjanje PLDP po letih najboljše aproksimira linearna funkcija z enačbo $f(x) = -78,1 \cdot x + 161.703$, pri čemer nam spremenljivka x predstavlja leto in y oz. $f(x)$ količino povprečnega letnega dnevnega prometa.

Tako iz enačbe linearne aproksimacije kot iz samega grafikona lahko sklepamo, da bo na podlagi podatkov o prometu v zadnjih 5 letih (zadnjih 5 letih, za katere sem imel v času pisanja diplomske naloge na voljo podatke avtomatskega števca) količina prometa v času 20 let planske dobe padala. Ker je temu tako, to tudi pomeni, da račun kapacitetne ustreznosti vsake projektne rešitve za čas konca planske dobe 20 let ni potreben oz. da je potreben zgolj račun kapacitetne ustreznosti v času rekonstrukcije križišča, saj bo takrat količina prometa večja in bolj kritična.

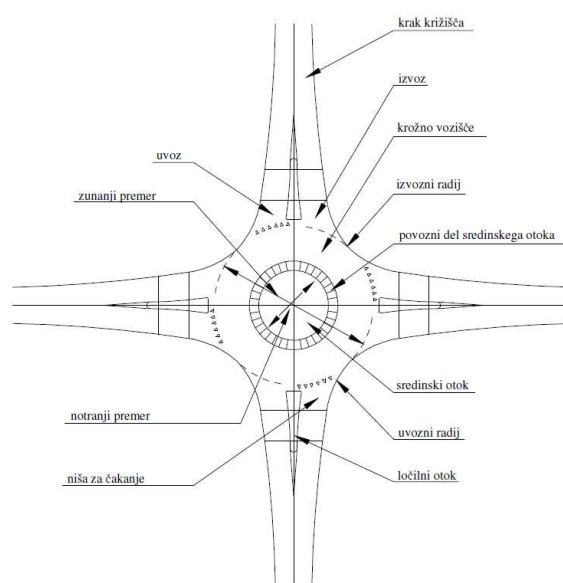
4 KROŽNO KRIŽIŠČE

4.1 TEORETIČNO OZADJE KROŽNIH KRIŽIŠČ

Krožno križišče (tudi krožišče ali rondo) je v tehnični specifikaciji TSC 03.341 Krožna križišča iz leta 2012 definirano kot kanalizirano križišče krožne oblike z nepovoznim, delno povoznim ali prevoznim središčnim otokom ter krožnim voziščem, v katerega se steka tri ali več krakov cest in po katerem poteka vožnja nasprotno od smeri gibanja urinega kazalca.

Osnovni tehnični elementi krožnega križišča, ki vplivajo na načrtovanje in projektiranje kot tudi na kasnejšo varnost in učinkovitost odvijanja prometa, so:

- uvoz
- izvoz
- uvozni radij
- izvozni radij
- ločilni otok
- niša za čakanje
- sredinski otok
- povozni del sredinskega otoka
- krožno vozišče
- notranji premer
- zunanji premer



Slika 19: Osnovni elementi krožnega križišča.

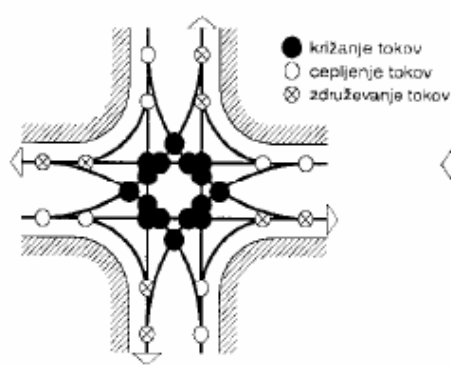
Obstaja veliko različnih delitev krožnih križišč po velikosti. Najnovejša tehnična specifikacija TSC 03.341 Krožna križišča iz leta 2012 navaja, da se krožna križišča glede na svojo velikost delijo na mini urbana, majhna urbana, srednje velika urbana, srednje velika (enopasovna) izvenurbana, srednje velika (večpasovna) izvenurbana in velika izvenurbana krožna križišča. Okvirne vrednosti zunanjih premerov in kapacitet za vsako od teh krožnih križišč podaja Preglednica 5.

Preglednica 5: Delitev krožnih križišč po velikosti.

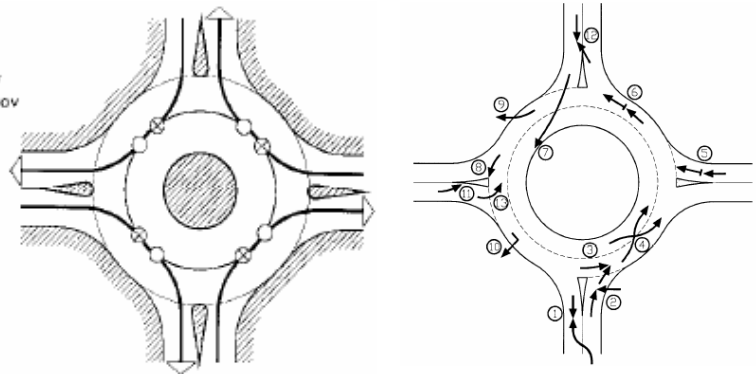
Tip križišča	krožnega	Zunanji premer [m]	Okvirna kapaciteta [voz./dan]
Mini urbano		14 - 25	10.000
Majhno urbano		22 - 35	15.000
Srednje veliko urbano		30 - 40	20.000
Srednje (enopasovno) izvenurbano	veliko	35 - 45	22.000
Srednje (dvopasovno) izvenurbano	veliko	40 - 70	-
Veliko izvenurbano		> 70	-

4.2 PROMETNA VARNOST KROŽNIH KRIŽIŠČ

Krožna križišča so v zadnjem času postala izjemno priljubljena in se jih vedno bolj uporablja pri novogradnjah, kot tudi za izboljšave obstoječih križišč. Osrednji razlog za to je eliminacija konfliktnih površin in manjše število konfliktnih točk prvega (križanje) in drugega reda (prepletanje), kot tudi tretjega reda (priključevanje, odcepljanje). Za primerjavo: klasično štirikrako križišče ima 32 konfliktnih točk (od tega 16 križanj, 8 cepljenj in 8 združevanj), medtem ko ima enopasovno štirikrako krožno križišče konfliktnih točk le 8 (4 cepljenja in 4 združevanja). (po tehnični specifikaciji TSC 03.341 Krožna križišča, 2012).



Slika 20: Konfliktne točke štirirakega klasičnega in krožnega križišča.



Slika 21: Tipi nesreč v krožnem križišču.

Prav tako v krožnih križiščih ne more priti do čelnih trkov, ki imajo od vseh vrst prometnih nesreč najhujše posledice. Trki v krožnem križišču so običajno stranski ali pod ostrim kotom, oziroma se zgodijo od zadaj v primeru naletov. Tovrstne nesreče so praviloma lažje in za posledico praviloma nimajo hujših telesnih poškodb ali smrti.

Nesreče v krožnih križiščih prikazuje Slika 20 in so razmeroma specifične v primerjavi s tipi nesreč v klasičnih križiščih. Gre za prehitvanje pred križiščem (na sliki oštevilčen kot tip št. 1), trk s pešcem oz. kolesarjem (tip 2), trk pri uvozu (tip 3), trk pri menjavi voznega pasu (tip 4), nalet od zadaj pri uvozu (tip 5), nalet od zadaj pri izvozu (tip 6), trk v središčni otok (tip 7), trk v ločilni otok pri izvozu (tip 8), zdrs s krožnega križišča (tip 9), prevrnitev (tip 10), trk v ločilni otok pri uvozu (tip 11), zanašanje (zdrs) pri izvozu (tip 12) in vožnjo v nasprotno smer (tip 13). (povzeto po TSC 03.341 Krožna križišča, 2012).

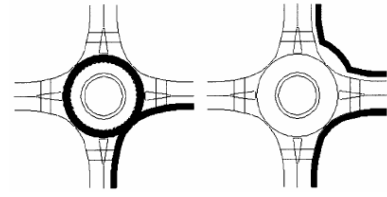
Krožna križišča so s stališča prometne varnosti ugodna tudi zaradi svoje vloge hitrostne ovire. Vozniki so že zaradi same geometrije krožnega križišča in potrebnega manevra za prevoz čez krožno križišče primorani v zmanjšanje hitrosti na uvozu, kar neposredno vpliva na raven prometne varnosti.

Uvedba krožnega križišča ima lahko tudi negativni vpliv na varnost udeležencev v prometu. Eden takšnih negativnih vplivov se nanaša na prepletanje prometnih tokov v krožnem križišču. Pri krožnih križiščih z dvema ali več pasovi krožnega vozišča je lahko problematično menjavanje voznih pasov, saj vozniku ni z ničimer določeno mesto zamenjave voznih pasov. Če vozniku ne uspe izvesti menjave voznega pasu, obstaja velika verjetnost poskusa vključitve nazaj na svoj željeni pas na nedovoljen način. Pri krožnih križiščih z dvema ali več pasovi v krožnem vozišču ima tovrsten nepravilen vozni manever zaradi večje hitrosti prevoza skozi krožno križišče lahko hude posledice v primeru trka.

Ravno tako so krožna križišča neugodna za nemotorizirane udeležence, torej kolesarje in pešce. Vodenje kolesarjev in pešcev lahko poteka nivojsko ali izvennivojsko. V primeru nivojskega vodenja površine za kolesarje in pešce običajno potekajo vzporedno z osmi krakov in krožnega vozišča. Prehodi za pešce in kolesarje so običajno za širino vozila zamaknjeni stran od krožnega vozišča, pri tem pa križanje poti kolesarja oz. pešca z avtomobilom poteka pod za pogled voznika neugodnim kotom (stremimo k temu, da je ta kot čim bolj pravokoten). Ob približevanju krožnemu križišču je lahko tudi pozornost voznika usmerjena v odvijanje prometa na krožnem vozišču in oceno možnosti neposredne vključitve brez čakanja na uvozu, zaradi česar je voznik toliko manj pozoren na morebitno prisotnost kolesarjev in pešcev. Izvennivojsko vodenje neposredno rešuje ta problem, vendar v praksi izvennivojsko vodenje pogosto ni mogoče izvesti zaradi prostorske omejenosti, finančnih zmogljivosti investitorja ali drugih razlogov.

Slika 22: Možni načini vodenja kolesarjev in pešcev v krožnem križišču.

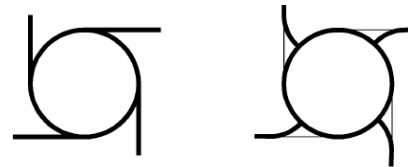
Dodaten ukrep za zagotavljanje varnosti nemotoriziranih udeležencev v krožnih križiščih je izgradnja ločilnih otokov, ki ločujejo uvoz in izvoz istega kraka. Površina ločilnega otoka je namenjena kolesarjem in pešcem, da se tam v primeru onemogočenega nadaljevanja prečkanja ceste ustavijo in počakajo na primeren trenutek nadaljevanja prečkanja. Učinek ločilnega otoka na varnost nemotoriziranih udeležencev je še toliko večji, če je ločilni otok višinsko ločen (deniveliran) od vozne površine.



Ostali dejavniki, ki vplivajo na raven prometne varnosti krožnega križišča, so: (po TSC 03.341 Krožna križišča, 2012)

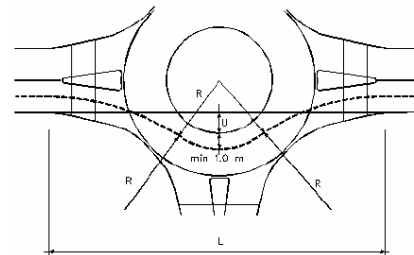
- Vodenje krakov cest v krožno križišče, ki naj bo čim bolj pravokotno zaradi zmanjšanja hitrosti vozil na uvozu in pravilnosti preglednega polja.

Slika 23: Osnovna načina vodenja krakov v krožno križišče: neprimerno tangencialno (levo) in primerno pravokotno vodenje krakov v krožno križišče (desno).



- Širina uvoza v križišče in dolžina razširitve. Uvažanje v krožno križišče je najnevarnejši vozni maneuver, zato stremimo k zagotavljanju čim večje površine, na kateri je vozniku uvažanje omogočeno.
- Ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče. Večja ukrivljenost pomeni manjšo hitrost prevoza in večjo varnost. Na ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče vplivamo preko velikosti sredinskega otoka in vodenja robov ločilnih otokov na uvozih.

Slika 24: Ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče.



- Uvozni in izvozni radiji so vezani na velikost in tip krožnega križišča. Izvozni radiji morajo biti vselej obvezno večji od uvoznih.
- Prehodi za pešce in kolesarje naj bodo za dolžino enega vozila odmaknjeni od krožnega križišča. Pešcem in kolesarjem je pri prečkanju ceste v veliko pomoč niša za čakanje.
- Ločilni otoki naj vozila vodijo v krožno križišče. Lahko so različnih oblik – trikotne, ukrivljene, itd. Predvsem neugodno je, če ločilni otoki na uvozu voznika vodijo v sredinski otok ali ven iz krožnega križišča, saj se mora voznik nato sam potruditi, da vozilo poravna na željeno smer.
- Povožni del sredinskega otoka je namenjen zagotavljanju prevoznosti krožnega križišča za vozila z večjimi zavijalnimi radiji (avtobusi, tovornjaki, vlačilci, itd.). Če je povozni del izveden tako, da voznike osebnih avtomobilov ne odvrča od vožnje po njem, je to neugodno, saj ga bodo vozniki redno uporabljali za zmanjšanje ukrivljenosti svoje poti skozi krožno križišče. S tem bodo lahko krožno križišče prevozili z višjo hitrostjo, kar je neugodno s stališča varnosti.

4.3 DOLOČITEV TEHNIČNIH ELEMENTOV KROŽNEGA KRIŽIŠČA

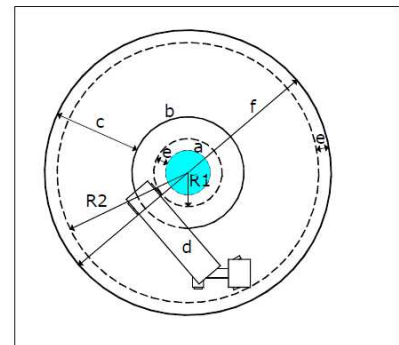
Ker je vsako križišče specifično, je smotrno dimenzije za posamezne projektno-tehnične elemente krožnega križišča podajati v okvirnih mejah. Na ta način so tudi definirane v tehnični specifikaciji TSC 03.341 Krožna križišča (2012), ki podaja naslednje preglednice:

element	simbol	enota	mejne dimenzije	priporočene dimenzije
širina uvoza	e	m	3.6 - 16.5	4.0 - 15.0
širina voznega pasu	v	m	2.75 - 12.5	3.0 - 7.3
dolžina razširitve	l'	m	12 - 100	30.0 - 50.0
premer	D	m	27 - 172.0	27 - 100.0
vpadni kot	Φ	$^{\circ}$	0.0 - 77.0	10 - 60
uvozni radij	R	m	6.0 - 100	8.0 - 45.0
širina krož. pasu	u	m	4.5 - 25	5.4 - 16.2
ostrina razširitve	S	/	0 - 2.9	0 - 2.9

Preglednica 6: Projektno-tehnični elementi krožnih križišč in njihove dimenzije.

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

Preglednica 7: Projektiranje krožnih križišč za merodajno vozilo sedlasti vlačilec.



a sredinski otok
b sredinski otok+povozni del sredinskega otoka
c merodajno vozilo
d varovalna razdalja (znotraj katere ne sme biti fizičnih ovir) 1.0 m
e zunanji premer krožnega križišča

Slika 25: Projektiranje krožnih križišč za merodajno vozilo sedlasti vlačilec.

Pri tem Preglednica 7 podaja okvirne vrednosti elementov, z navedenimi mejnimi ter priporočenimi vrednostmi. Preglednica 6 velja za primer, ko je merodajno vozilo v krožnem križišču sedlasti vlačilec. Če je merodajno vozilo tovornjak s prikolico, poteka določanje elementov nekoliko drugače. Pri šteju prometa sem naštel določen delež sedlastih vlačilcev, zato bom projektiranje izvedel zanj oz. bom sedlasti vlačilec izbral za merodajno vozilo.

Polmera R_1 in R_2 predstavljata notranji in zunanji rob krožnega vozišča, ki ga mora za uspešno vožnjo skozi krožno križišče imeti na voljo sedlasti vlačilec. Pri tem se lahko notranji rob, določen s polmerom R_1 , nahaja že na asfaltnem vozišču ali pa še na tlakovanem povoznem delu. Čez le-tega naj osebni avtomobili ne bi vozili, saj je namenjen zgolj vozilom s tako velikimi obračalnimi krogi, da brez uporabe povoznega dela ne bi uspeli prevoziti krožnega križišča. Običajno se povozni del izvede v takšni obliki, da s svojo površino (tlakovanje) odvrača voznike osebnih avtomobilov od vožnje po njem.

Moje krožno križišče je sestavljeno iz naslednjih projektno-tehničnih elementov:

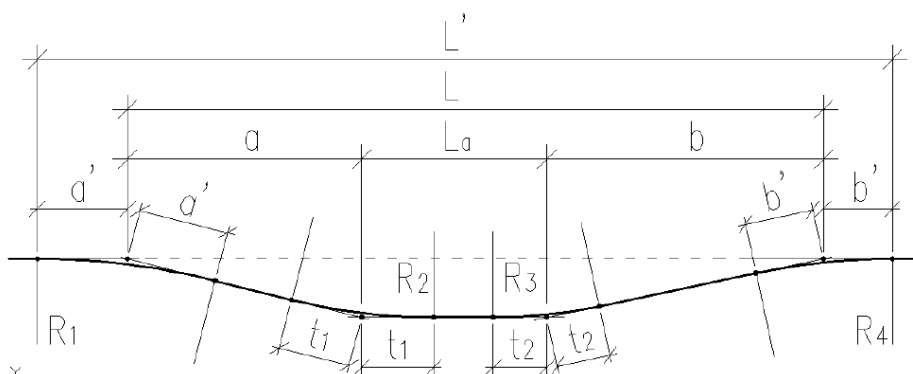
Element	Krak Vodice	Krak Smednik	Krak Zbilje	Krak Trboje
zunanji premer D [m]				30,0
polmer sredinskega otoka a [m]				4,5
širina povoznega dela [m]				1,5
širina krožnega vozišča u [m]				9,0
širina uvoza e [m]	5,05	3,75	4,65	5,05
širina izvoza [m]	5,10	4,25	4,05	5,00
širina voznega pasu v [m]	2,75	2,50	3,00	2,65
dolžina razširitve l' [m]	15,0	6,0	12,0	10,0

Preglednica 8: Uporabljeni projektno-tehnični elementi krožnega križišča.

Podrobnejši prikaz projektno-tehničnih elementov in njihovih mer (vključno z elementi, ki jih v zgornji preglednici nisem zajel) najdete v prilogi Načrt 1: Preureditev v krožno križišče.

4.4 UMESTITEV AVTOBUSNEGA POSTAJALIŠČA

Področje projektiranja avtobusnih postajališč ureja leta 2011 sprejet Pravilnik o avtobusnih postajališčih. V njem so določeni minimalni projektno-tehnični elementi postajališča, prikazani na Sliki 26 in določeni v odvisnosti od uvozne hitrosti, skladno s preglednicama 9 in 10. Pri tem je uvozna hitrost v pravilniku določena z največjo dovoljeno hitrostjo v križišču. V mojem primeru je največja dovoljena hitrost v križišču 50 km/h in pripadajoča uvozna hitrost po 15. členu pravilnika znaša 30 km/h.



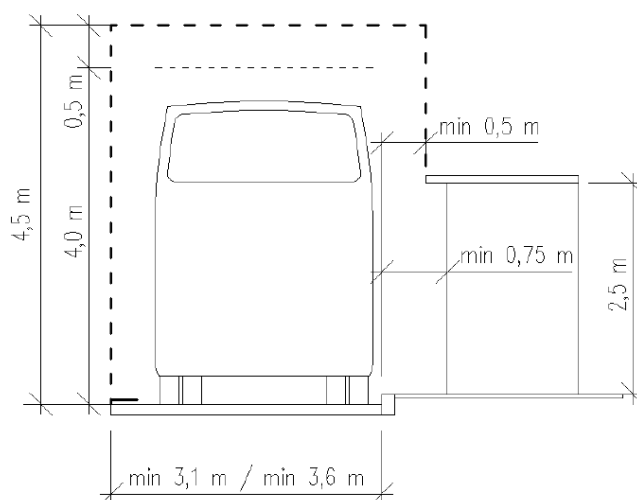
Slika 26: Projektno-tehnični elementi avtobusnega postajališča.

Uvozna hitrost (km/h)	a (m)	b (m)	a' (m)	b' (m)	l (m)	R1 (m)	R2 (m)	R3 (m)	R4 (m)
30	16,00	15,00	3,80	4,00	3,10	40,00	30,00	20,00	40,00
40	17,00	15,00	5,30	4,00	3,10	60,00	40,00	20,00	40,00
60	25,00	15,00	4,80	4,00	3,60	80,00	60,00	20,00	40,00

Preglednica 9: Določitev dimenzij avtobusnega postajališča na podlagi uvozne hitrosti avtobusov.

Uvozna hitrost (km/h)	30, 40, 50, 60	30		40		60	
Dolžina (m)	L_a	L	L'	L	L'	L	L'
1 avtobus	13,00	44,00	51,80	45,00	54,30	53,00	61,80
2 avtobusa	26,00 *	57,00	64,80	58,00	67,30	66,00	74,80
zglobni avtobus	20,00	51,00	58,80	52,00	61,30	60,00	68,80

Preglednica 10: Določitev dimenzij L_a , L in L' avtobusnega postajališča na podlagi prevladujočega tipa avtobusov.

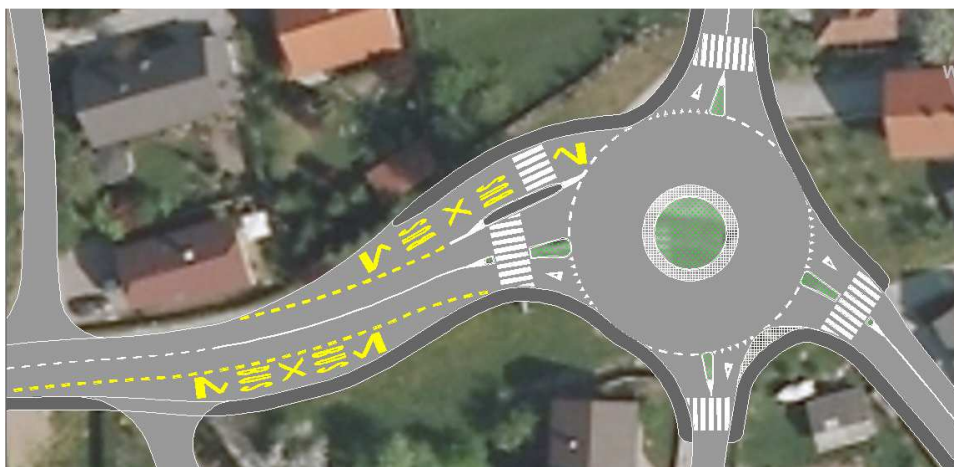


Slika 27: Minimalni prometni in prosti profil avtobusnega postajališča.

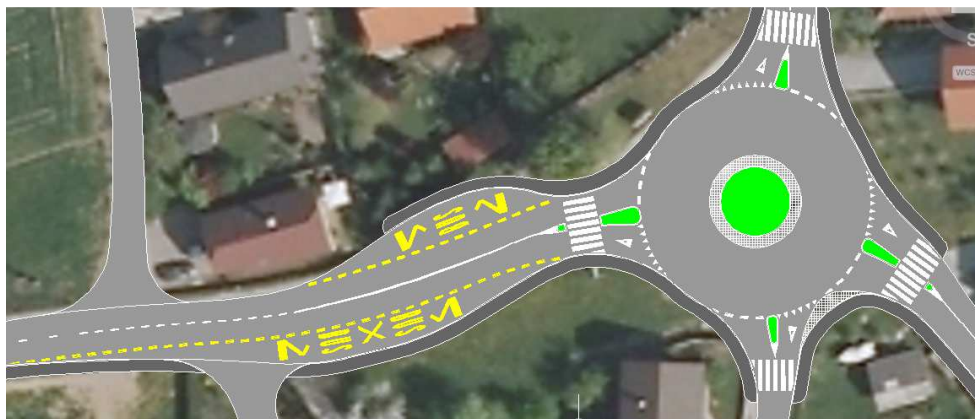
V križišču se v obstoječem stanju avtobusno postajališče nahaja na vsaki strani kraka Zbilje. Pravilnik o avtobusnih postajališčih navaja, da je avtobusno postajališče zaželeno izvesti za krožnim križiščem, vendar ga smemo izvesti tudi pred krožnim križiščem, v kolikor nam prostorske in tehnične zahteve tega ne omogočajo. V kolikor postajališče izvedemo za krožnim križiščem, je možno izvesti uvozni pas na postajališče kar neposredno ven iz krožnega križišča.

Drugače povedano, izvedba avtobusnega postajališča je izključno izbira projektanta, pri čemer mora le-ta upoštevati prostorske in tehnične zahteve. V mojem primeru bi predstavitev avtobusnega postajališča predstavljala precejšen poseg v obstoječo pozidavo, zato sem bil bolj ali manj prisiljen postajališče ohraniti v enaki obliki kot v obstoječem stanju, to je na vsaki strani kraka Zbilje. V eni od variant krožnega križišča sem avtobusno postajališče v smeri proti Zbiljam izvedel z uvoznim pasom neposredno iz krožnega križišča ter z izvedbo zamaknjene prehode za pešce. To varianto sem kasneje po posvetu z mentorjem opustil, saj je obstajala nevarnost, da bi se nekateri objestni vozniki navadili na uporabo uvoza na postajališče in nato vožnjo naprej po kraku Zbilje. To seveda ni namen tovrstnega uvoznega pasu na postajališče, prav tako se v takšnem slučaju tem objestnim voznikom omogoči vožnja po krožnem križišču s še večjimi hitrostmi, kar predstavlja negativen vpliv na stopnjo varnosti v krožnem križišču, v prvi vrsti za nemotorizirane udeležence, torej pešce in kolesarje.

Izvedbo avtobusnega postajališča z uvoznim pasom neposredno iz krožnega križišča, ter končno različico z izvedbo avtobusnega postajališča (kot je podrobneje prikazana v grafičnih prilogah 1 do 4), prikazujeta naslednji dve sliki.



Slika 28: Krožno križišče z avtobusnim postajališčem z uvoznim pasom neposredno iz krožnega križišča ter zamaknjanim prehodom za pešce.



Slika 29: Končna različica krožnega križišča s pripadajočim avtobusnim postajališčem.

V končni različici krožnega križišča imata avtobusni postajališči naslednje tehnične elemente:

Element	Predpisana minimalna vrednost elementa	Postajališče v smeri proti Zbiljam	Postajališče v smeri proti Vodiciam	Minimalni kriterij
širina	3,1 m	4,75 m	4,0 m	je izpolnjen
a	16,0 m	10,0 m	40,0 m	ni izpolnjen
b	15,0 m	15,0 m	20,0 m	je izpolnjen
a'	3,8 m	4,0 m	4,0 m	je izpolnjen
b'	4,0 m	4,0 m	4,0 m	je izpolnjen
L_a	13,0 m	15,0 m	15,0 m	je izpolnjen
R_1	40 m	15 m	80 m	ni izpolnjen
R_2	30 m	20 m	35 m	je izpolnjen
R_3	20 m	37,5 m	35 m	je izpolnjen
R_4	40 m	40 m	40 m	je izpolnjen

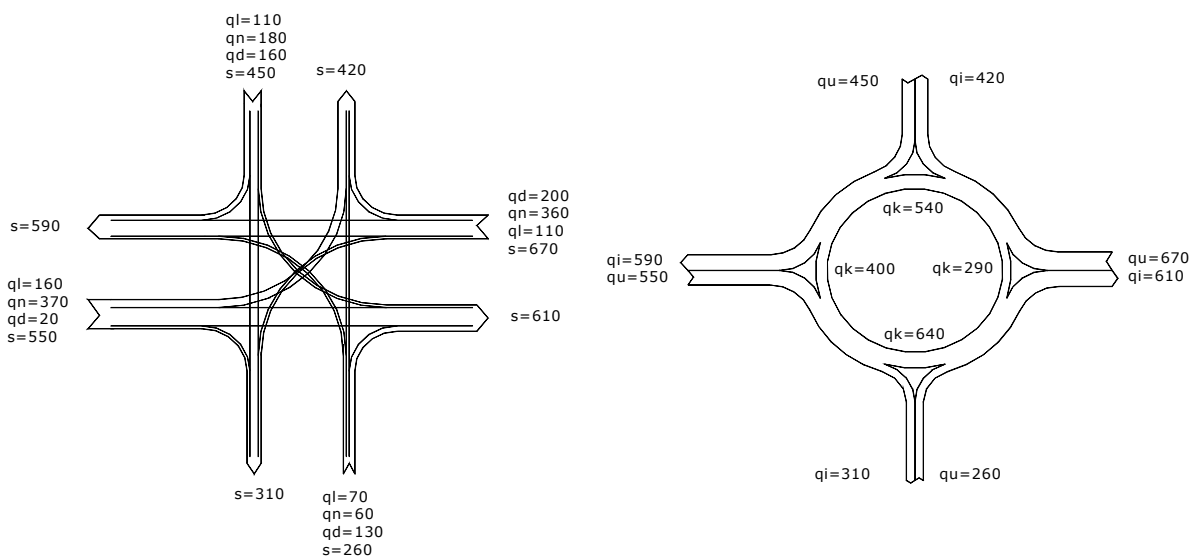
Preglednica 11: Uporabljeni tehnični elementi obeh avtobusnih postajališč v primerjavi z minimalnimi zahtevami Pravilnika o avtobusnih postajališčih.

Kot je razvidno iz gornje preglednice, nisem uspel zadostiti pogoja minimalne dimenzije a in radija R_1 za avtobusno postajališče v smeri proti Zbiljam. Kljub temu ocenjujem, da je izbrano avtobusno postajališče ustrezno. Velikost radija R_1 je dovolj velika, da ga je običajen (nezglobni) avtobus še sposoben izpeljati. Olajševalna okoliščina pri tem je tudi uporabljena širina postajališča 4,75 m, ki avtobusu omogoča večji zavijalni krog.

Razlog, zakaj sem avtobusno postajališče izvedel v takšnih dimenzijah, tiči v tem, da sem želel postajališče začeti tik za prehodom za pešce. Od tam pa do konca postajališča pa ni bilo na voljo dovolj prostora, da bi tudi elementa a in R_1 izvedel v predpisanih dimenzijah.

4.5 KAPACITETNI RAČUN KROŽNEGA KRIŽIŠČA

Pri preureditvi obstoječega križišča v krožno križišče je potrebno najprej prometne obremenitve prevesti na krožno križišče.

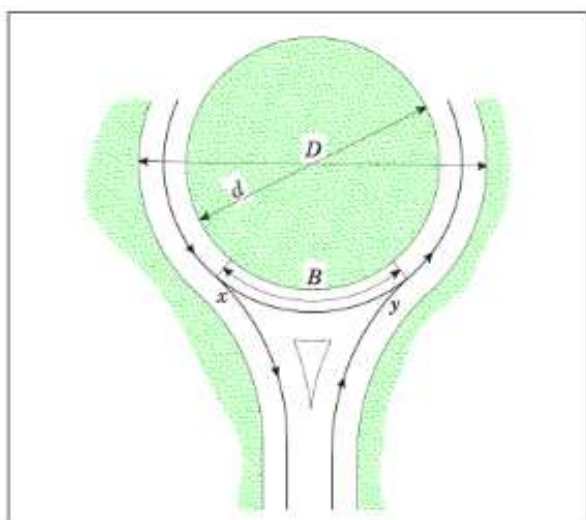


Slika 30: Transformacija prometnih obremenitev klasičnega štirikrakega križišča na krožno križišče.

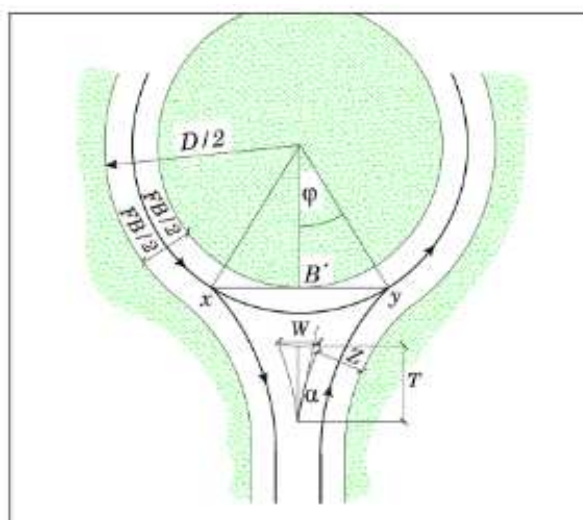
Pri kapacitetnem računu krožnega križišča sem uporabil kalibrirano avstrijsko metodo, ki jo predvideva tudi veljavna tehnična specifikacija TSC 03.341 Krožna križišča iz leta 2012. V praksi se uporabljajo tudi druge metode, npr. avstralska metoda, angleška metoda, itd.

Pri avstrijski metodi račun izhaja iz geometrijskih karakteristik krožnega križišča, ki so zajete v treh faktorjih α , β in γ .

Faktor vpliva geometrije na izvozu α (oznaka tudi a) določimo na podlagi razdalje B med konfliktnima točkama x in y , kot prikazuje slika 32 in grafikon 3.



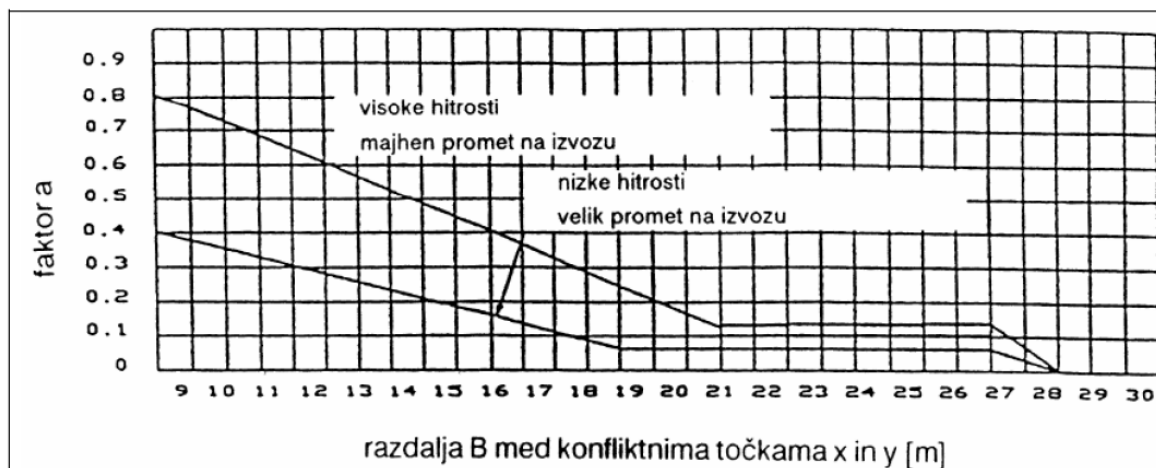
Slika 32: Razdalja B med konfliktnima točkama x in y .



Slika 31: Elementi uvoza v krožno križišče.

Faktor števila voznih pasov krožnega križišča β (oznaka tudi b) je kalibriran za slovenske razmere in pri enopasovnem krožnem vozišču znaša od 0,90 do 1,00, za dvopasovno krožno vozišče 0,80 do 0,84 in za tripasovno 0,55 do 0,65. Sam sem pri računu uporabil srednjo vrednost $\beta = 0,95$.

Faktor števila pasov uvoza γ (oznaka tudi c) je definiran na podoben način kot faktor β . Za enopasovne uvoze je γ med 0,90 in 1,00 in za dvopasovne med 0,50 in 0,65. Za tripasovne uvoze znaša $\gamma = 0,50$, a krožnih križišč s tremi pasovi na uvozu v Sloveniji še ni in le za teoretično vrednost.



Grafikon 3: Določitev faktorja vpliva geometrije na izvozu krožnega križišča α .

Po določitvi navedenih geometrijskih faktorjev se kapacitetni preračun krožnega križišča po avstrijski metodi nadaljuje z določitvijo prepletajočih prometnih tokov Q_a in Q_c , ki jih izračunamo iz podatkov štetja prometa. Pri tem Q_a za posamezni krak predstavlja seštevek prometnih tokov, ki na kraku zapustijo krožno križišče, ter Q_c seštevek prometnih tokov, ki se na krožnem vozišču križajo s prometnim tokom na uvozu kraka.

Odtod izračunamo prednostni prometni tok Q_b :

$$Q_b = \alpha * Q_a + \beta * Q_c$$

Iz prednostnega prometnega toka Q_b izračunamo zmogljivost uvoza Q_e :

$$Q_e = \frac{1500 - \left(\frac{8}{9}\right) * Q_b}{\gamma}$$

pri čemer imajo vsi prometni tokovi Q_a , Q_b , Q_c in Q_e za enoto EOV/h.

Na koncu izračunamo še stopnjo nasičenosti kraka X po enačbi:

$$X = \frac{Q_{mer}}{Q_e}$$

Tovrsten postopek je potrebno ponoviti za vsak krak posebej, tako za jutranjo kot popoldansko konico. V kolikor stopnja nasičenosti za kateri koli krak bodisi v jutranji bodisi v popoldanski konici presega vrednost $X = 0,85$, je na potezi projektant, da dodatno presodi o ustreznosti izbrane projektne rešitve oz. predlaga spremljevalne ukrepe. Ti ukrepi lahko obsegajo ločitev prometnih tokov na več pasov, uvedbo semaforizacije, izvenniivojsko rešitev križišča ali kateri drug ukrep po oceni projektanta.

Po zgornjem postopku sem za vse krake tako za jutranjo kot za popoldansko konico preveril, ali je preureditev v izbrano krožno križišče kapacitetno ustrezna. Rezultate sem zbral v spodnjih preglednicah.

Krak	X [-]	Kriterij $X < 0,85$
Vodice	0,23	je izpolnjen
Smlednik	0,08	je izpolnjen
Zbilje	0,36	je izpolnjen
Trboje	0,20	je izpolnjen

Preglednica 12: Kapacitetni račun krožnega križišča za jutranjo konico.

Krak	X [-]	Kriterij $X < 0,85$
Vodice	0,31	je izpolnjen
Smlednik	0,14	je izpolnjen
Zbilje	0,25	je izpolnjen
Trboje	0,12	je izpolnjen

Preglednica 13: Kapacitetni račun krožnega križišča za popoldansko konico.

4.6 PROMETNA SITUACIJA

Uporabljene elemente talne in vertikalne prometne signalizacije sem navedel v prilogi Priloga H: Popis prometne signalizacije: Krožno križišče, ter grafično prikazal na prometni situaciji krožnega križišča, ki jo najdete v prilogi Načrt 2: Prometna signalizacija v krožnem križišču.

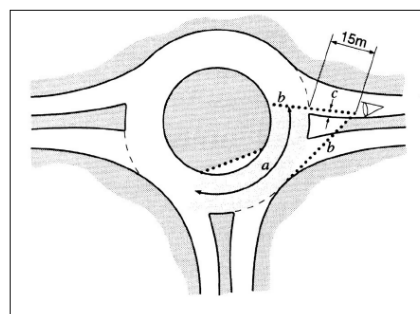
4.7 PREGLEDNOST

Preglednost v krožnih križiščih je potrebno zagotoviti na več nivojih: glede višine očišča in ovir v liniji pogleda voznika, glede preglednosti v levo, glede čelne preglednosti na uvozu, glede preglednosti v krožnem križišču ter glede preglednosti do prehodov za pešce. (po TSC 03.341 Krožna križišča, 2012)

Preglednost glede višine očišča in ovir v liniji voznikovega pogleda ter preglednost v krožnem križišču nista problematični. V kolikor se sredinski otok krožnega križišča izvede dovolj nizek (vendar še vedno dovolj, da gre za denivelacijo) oz. v enaki višini kot ločilni otoki na vsakem kraku, sta ti preglednosti avtomatično izpolnjeni.

Preglednost v levo in čelna preglednost se skladno z veljavno tehnično specifikacijo preverjata za vozilo, ki je 15 m oddaljeno od roba krožnega vozišča. Pri preglednosti v levo je potrebno zagotoviti preglednost na minimalni razdalji a , merjeni vzdolž sredine krožnega vozišča, ki v mojem primeru znaša 50 m.

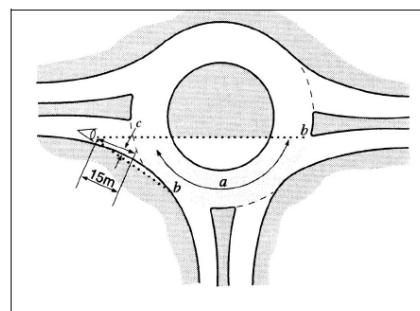
Slika 33: Določitev preglednosti v levo v krožnem križišču.



Na podoben način se preverja tudi čelna preglednost na uvozu, le da je pri njej potrebno zagotoviti preglednost na minimalni razdalji a , znova merjeni vzdolž sredine krožnega vozišča, le da se v tem primeru razdalja a meri na način, ki je prikazan na Sliki 34.

V krožnih križiščih je izjemno pomembna še preglednost do prehodov za pešce. Le-ta se preverja do prehoda za pešce na naslednjem kraku v smeri vožnje. Določitev polja preglednosti do prehodov za pešce prikazuje Slika 35.

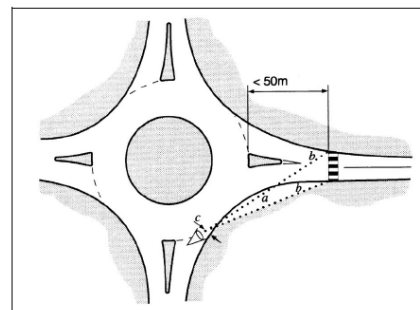
Grafični prikaz kontrole preglednosti najdete v prilogi Načrt 3: Preglednost v krožnem križišču.



Slika 34: Določitev čelne preglednosti na uvozu v krožno križišče.

Kot je iz omenjene priloge razvidno, je za kritična kraka Trboje in Smlednik v celoti izpolnjena preglednost do prehodov za pešce. Za krak Trboje je izpolnjena čelna preglednost na uvozu, medtem ko je preglednost v levo manjša od priporočene vrednosti 50 m iz tehnične specifikacije, ter znaša 40 m.

Za krak Smlednik ni izpolnjena niti čelna preglednost niti preglednost v levo, za primer vozila, ki je od roba krožnega vozišča oddaljeno 15 m. To gre pripisati obstoječi pozidavi, ki povsem onemogoča zadostno preglednost, kot jo predpisuje tehnična specifikacija.



Slika 35: Določitev preglednosti do prehodov za pešce v krožnem križišču.

Kot je razvidno iz grafične priloge, je za vozilo, oddaljeno 7,5 m od roba krožnega vozišča, preglednost v levo že bistveno izboljšana in znaša 35 m oziroma še več v primeru, če na neizkoriščeni zeleni površini na stiku krakov Zbilje in Smlednik ne bo ovir (plakatov, parkiranih avtomobilov, itd.).

Ocenjujem, da odstopanja pri zagotavljanju preglednosti ne predstavljajo resnejšega zmanjšanja ravni varnosti v križišču v primerjavi s stanjem, ki bi v celoti ustrezalo predpisanim vrednostim preglednosti.

4.8 PREVOZNOST

V grafični prilogi Načrt 4: Prevoznost v krožnem križišču najdete grafični prikaz prevoznosti krožnega križišča za vlačilec s priklopnikom. Pri kontroli prevoznosti sem uporabil zavijalne krivulje vlačilca s priklopnikom, kot jih podajajo Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin iz leta 1991. Kontrolo sem izvedel za primer, da vlačilec s priklopnikom krivino prevozi z enakomerno hitrostjo in pri tem enakomerno suka krmilo (v Tehničnih normativih in tudi v grafični prilogi označeno kot Hitrost 1). Gre za ugodnejši primer od vožnje v krivini z zelo počasno hitrostjo in zelo hitrim sukanjem krmila, saj zavijalni manever zavzame manj prostora.

Kot je razvidno iz grafične priloge, se kontrola prevoznosti za vlačilec s priklopnikom za primer desnega zavijanja s kraka Smlednik na krak Vodice ne izide. Vozilo ob praktično idealni vožnji (torej vožnji, pri kateri v celoti izkoristi razpoložljivo površino vozišča in ne povozi pločnika) zavoja nikakor ne more izpeljati, brez da bi zadelo ločilni otok na kraku Vodice. Ker sem pri kontroli uporabil najugodnejši primer (vožnjo v krivini z enakomerno hitrostjo in enakomernim sukanjem krmila) ter idealno izvedbo zavoja, je v realnih okoliščinah pričakovati, da bo preučevani vlačilec s priklopnikom povozil še večjo površino ločilnega otoka od površine, ki sem jo označil v grafični prilogi.

Čeprav takšno stanje prevoznosti seveda ni ustrezno, pa je glede prevoznosti za vlačilec s priklopnikom preureditev v krožno križišče ugodnejša od preureditve v kanalizirano križišče, čeprav se tudi pri kanaliziranem križišču kontrola prevoznosti ne izide, kot boste spoznali v nadaljevanju. V krožnem križišču ima namreč vlačilec s priklopnikom možnost, da izvede celoten krog okoli krožnega križišča in nato izbere izvoz Vodice. Takšen vozni manever je v celoti omogočen, saj sem tehnične parametre krožnega križišča (v prvi vrsti zunanji premer in širino krožnega vozišča) dejansko izbral za primer, ko mi merodajno vozilo predstavlja ravno vlačilec s priklopnikom oz. sedlasti vlačilec.

4.9 VODENJE PEŠCEV IN KOLESARJEV

V krožnem križišču sem nemotoriziranim udeležencem v prometu namenil štiri prehode za pešce, po enega na vsakem kraku. Kot je stalna praksa v krožnih križiščih, sem prehode za pešce pomaknil za eno dolžino vozila (okoli 5 m) ven iz krožnega križišča. Če bo torej neko vozilo krožno križišče zapustilo na izvozu, na katerem bo cesto ravno prečkal pešec, lahko to vozilo varno ustavi pred prehodom ter obenem izven krožnega vozišča, tako da pri tem ne ovira odvijanja prometa na krožnem vozišču.

Posebni površini v krožnem križišču zaradi pomanjkanja prostora nisem namenil. Da bi tudi kolesarjem namenil posebne površine, bi bilo potrebno izvesti večje posege v obstoječo pozidavo, kar presega okvirje moje diplomske naloge.

5 PREUREDITEV V KANALIZIRANO KRIŽIŠČE

V drugi varianti sem križišče kanaliziral, tako da sem na obeh krakih GPS uvedel pas za leve zavijalce, na kraku Zbilje sem leve zavijalce od nasproti vozečih vozil s kraka Vodice ločil še z ločilnim otokom. Ta ločilni otok služi tudi za lažji prehod pešcev čez cesto.

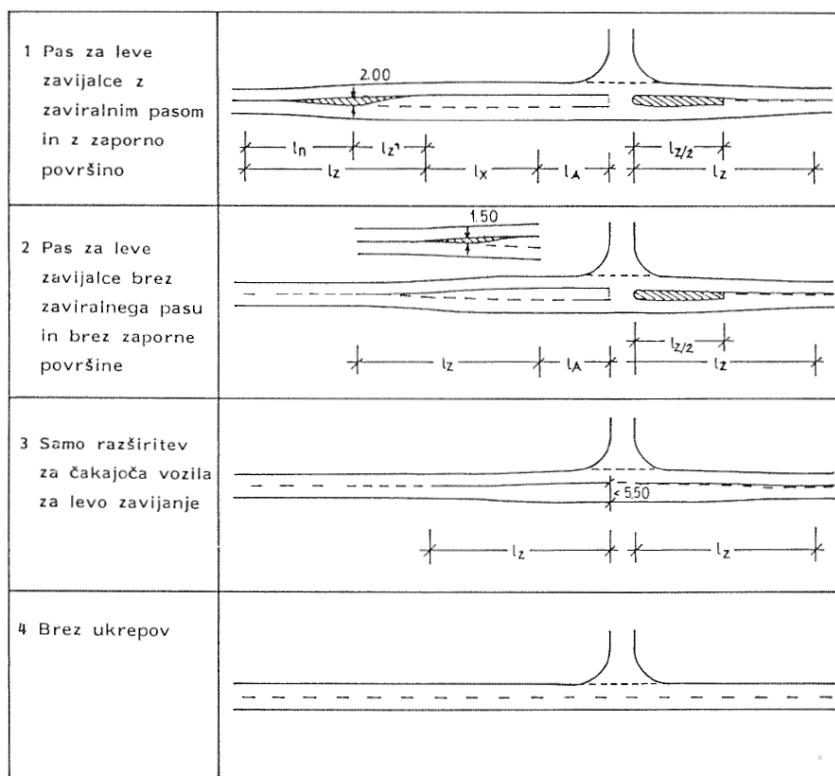
Prav tako sem križišče pomaknil nekoliko navzdol v smeri proti kraku Smlednik in zmanjšal zavijalne radije. Na kraku Vodice sem ukinitel prehod za pešce, nekoliko sem posegel tudi v zemljišča sosednjih prebivalcev. Po preureditvi je križišče postalo kompaktno, preglednejše in varnejše.

5.1 VODENJE LEVIH ZAVIJALCEV

Pasovi za leve zavijalce imajo izven naselij v prvi vrsti varnostni pomen, saj ščitijo levo zavijajoča vozila pred naletni naravnost vozečih vozil (po Tehničnih normativih za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin, 1991). V naseljih vozila običajno ne vozijo s tolikšnimi hitrostmi kot izven naselij, zato ima uvedba pasov za leve zavijalce v naseljih bolj kot varnostno funkcijo funkcijo zagotavljanja večje kapacitete križišča in izboljšanja kvalitete vožnje.

V mojem primeru je zgodba obrnjena. Levih zavijalcev na obeh krakih GPS je razmeroma malo, vendar sem se po posvetu z mentorjem vseeno odločil za uvedbo pasov za leve zavijalce predvsem z vidika varnosti. Kot sem podrobneje opisal že v prvem poglavju o obstoječem stanju križišča, naravnost vozeča vozila na GPS v križišče pripeljejo z relativno visokimi hitrostmi in pasovi za leve zavijalce bodo leve zavijalce zaščitili pred morebitnimi naletni teh vozil.

V splošnem poznamo več načinov vodenja levih zavijalcev, kar prikazuje naslednja slika. (iz Tehničnih normativov za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin, 1991)

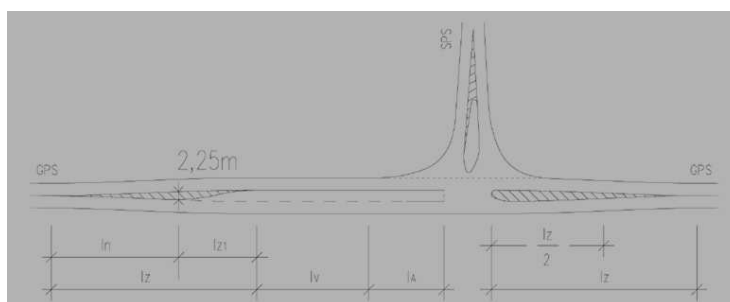


Slika 36: Načini vodenja levih zavijalcev.

V mojem primeru zadnji dve možnosti nista sprejemljivi, saj sta obe nevarni za morebitne nalete naravnost vozečih vozil na GPS. Veljavni Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste iz leta 2009 druge možnosti, torej pasu za leve zavijalce brez zaviralnega pasu in brez zaporne površine, ne predvideva več. V mojem primeru prostorske omejitve na krakih Vodice in Zbilje ne omogočajo izvedbe pasu za leve zavijalce povsem v skladu z zahtevami pravilnika.

Veljavni Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste iz leta 2009 predvideva naslednjo strukturo pasu za leve zavijalce (15. člen):

- čakalni del l_A
- zaustavljalni del l_V
- prehodni del l_{ZI}
- dolžina razširitve vozišča l_Z



Slika 37: Shema pasu za leve zavijalce.

Čakalni del l_A služi čakanju vozil na časovno vrzel, ki bo omogočala izvedbo manevra levega zavijanja. Pri križiščih z večjimi prometnimi obremenitvami je pomembno izvesti dovolj dolg čakalni del, da čakalna kolona levih zavijalcev ne sega naprej na zaustavljalni del. Minimalna dolžina čakalnega dela znaša 20 m oz. na prometno manj zahtevnih cestah 10 m.

Na zaustavljalnem delu l_V vozila zavirajo, da se lahko do čakalnega dela pravočasno zaustavijo. Zaustavljalni del se začne v zadnji točki razširitvenega dela, njegova dolžina pa je odvisna od dovoljene hitrosti v križišču, vzdolžnega nagiba ceste in jakosti prometnega toka, kot prikazuje preglednica:

Prometna količina v smeri, od katere se odcepljajo vozila, ki zavijajo v levo [voz./h]	Vzdolžni nagib s [%] in dovoljena hitrost v v križišču v [km/h]															
	$s < / = -4\%$			$-4\% < s < 4\%$			$s > / = 4\%$									
	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70				
< 400	0	0	10	20	0	0	10	15	0	0	0	5	10			
> / = 400	0	0	25	40	0	0	20	30	0	0	0	15	20			

Preglednica 14: Določitev zaustavljalnega dela pasu za leve zavijalce.

Prehodni del l_{ZI} služi uvozu vozil na pas za leve zavijalce in je vezan na hitrost:

v [km/h]	40	50	60	70
l_{ZI} [m]	30	30	35	40

Preglednica 15: Določitev prehodnega dela pasu za leve zavijalce.

Razširitev vozišča l_Z [m] podaja enačba

$$l_Z = V_K * \sqrt{\frac{i}{3}}$$

Pri tem je V_K [km/h] hitrost v križišču in i [m] odmik prometnega pasu od prvotne cestne osi. Po določitvi prehodnega dela l_{z1} in dolžine razširitve vozišče l_Z ostane le še določitev dolžine širitve do širine zaporne ploskve min. 2,25 m. Ta dolžina je na Sliki 37 označena kot l_n in torej znaša:

$$l_n = l_Z - l_{z1}$$

Skladno z navedenimi postopki v pravilniku sem določil dimenzije pasu za leve zavijalce:

- $l_A = 10$ m (prometno manj zahtevna cesta)
- $l_V = 0$ m (prometna količina < 400 voz./h, vzdolžni nagib $s = 0\%$ in dovoljena hitrost v križišču $V = 50$ km/h)
- $l_{z1} = 30$ m ($V = 50$ km/h)
- $l_Z = 40$ m (GPS je v krivini in vozišče širim ob notranji rob, zato znaša odmik $i = 2$ m, ter hitrost $V = 50$ km/h)
- $l_n = 10$ m

Skupna dolžina pasu za leve zavijalce, kot jo za moje križišče predpisuje pravilnik, tako znaša

$$l_{PLZ} = 10 + 0 + 40 = 50 \text{ m}$$

5.2 UMESTITEV PASOV ZA LEVE ZAVIJALCE

Zaradi prostorskih omejitev zahtevam glede dolžine pasu za leve zavijalce iz pravilnika ne morem zadostiti.

Na kraku Zbilje sem izvedel pas za leve zavijalce z naslednjimi dimenzijami:

- čakalni del $l_A = 10$ m
- razširitev $l_Z = 20$ m

Uporabna dolžina izvedenega pasu za leve zavijalce je še nekoliko daljša, saj imajo levi zavijalci s kraka Zbilje od stop črte dalje v notranjost križišča še 10 m prostora. S tem sem še dodatno razbremenil čakalni del pasu.

Na kraku Vodice sem imel na voljo še manj prostora kot na kraku Zbilje, izvedel sem pas za leve zavijalce naslednjih dimenzij:

- čakalni del $l_A = 7$ m
- razširitev $l_Z = 13$ m

Levi zavijalci imajo za uporabo na razpolago še nekoliko več prostora, nekje za eno dolžino avtomobila lahko zapeljejo v notranjost križišča pred izvedbo levega zavijalnega manevra. To nekoliko razbremeni izveden čakalni del pasu in ob ukinitvi prehoda za pešce pripomore k večji varnosti. Levi zavijalci namreč pred seboj ne bodo imeli več prehoda za pešce in bodo lahko zapeljali

naravnost v notranjost križišča. Ob ohranitvi prehoda za pešce na tem kraku bi bila kratka dolžina pasu za leve zavijalce toliko bolj kritična ob neugodnem slučaju prečkanja pešca in posledičnem podaljšanju kolone levih zavijalcev nazaj vse do skupnega pasu kraka Vodice.

Odstopanja od zahtevanih dimenzij, ki jih predpisuje pravilnik, so relativno velika. Pri projektiranju sem se po posvetu z mentorjem želel v celoti izogniti kakršnim koli posegom v sosednje stavbe, ki so za investitorja finančno zahtevni. Izogibanje obstoječi pozidavi pa neposredno pomeni, da je izvedba pasu za leve zavijalce predpisanih dimenzij praktično nemogoča. Če bi želel izvesti pas za leve zavijalce v dolžini 50 m (čakalni del 10 m, razširitev 40 m), bi moral na kraku Vodice vsaj povsem ukiniti hodnik za pešce na obeh straneh ceste, če ne celo poseči v sosednja zemljišča in pripadajoče stavbe ter obenem še zožiti širino vozišča. Takšna rešitev v praksi seveda ne pride v poštev. Na kraku Zbilje bi moral za izvedbo pasu za leve zavijalce predpisanih dimenzij cesto širiti navzdol, kjer se trenutno nahajajo neizkoriščene zelene površine.

Ocenjujem, da z izvedbo pasov za leve zavijalce navedenih dimenzij prometna varnost ne bo bistveno zmanjšana v primerjavi z izvedbo pasov za leve zavijalce predpisanih dimenzij. Glavno olajševalno okoliščino pri tem predstavlja majhen prometni tok levih zavijalcev na obeh krakih GPS. V času jutranjega štetja prometa sem naštel na kraku Zbilje 92 EOV levih zavijalcev ter na kraku Vodice zgolj 10 EOV. Pri popoldanskem štetju sem na kraku Zbilje naštel levih zavijalcev za 126 EOV in na kraku Vodice 44 EOV, vendar sem pri popoldanskem štetju štel tudi 30 minut dlje. Maksimalne urne obremenitve levih zavijalcev znašajo za jutranjo konico 51 EOV na kraku Zbilje in 7 EOV na kraku Vodice ter za popoldansko konico 56 EOV (krak Zbilje) oz. 19 EOV (krak Vodice). Ob tem ocenjujem, da tok nemotoriziranih udeležencev (pešcev in kolesarjev) v prečni smeri kraka Zbilje (ter ob ukinitvi prehoda za pešce na kraku Vodice tudi v prečni smeri v celotnem križišču) ni tolikšen, da bi resneje oviral odvijanje levih zavijalcev s kraka Zbilje.

Ob tem bi zapisal še, da že sedanja ureditev križišča kapacitetno sploh ni problematična. V skoraj 6 urah štetja prometa se je le nekajkrat zgodilo, da se je promet v križišču tako zgostil, da bi na katerem koli kraku istočasno čakala več kot npr. 3 vozila. S tega stališča predstavlja uvedba pasov za leve zavijalce še večjo razbremenilno funkcijo za ostale prometne pasove, ki se v križišču stikajo. Ocenjujem, da se bo promet v križišču ob uvedbi pasov za leve zavijalce še manjkrat (pogojno rečeno) zgostil, in da prepustnost kot tudi povezana varnost v primeru zapolnitve pasu za leve zavijalce in podaljšanja kolone vozil na skupni pas zaradi izvedbe pasov za leve zavijalce manjših dimenzij od predpisanih nista problematični.

5.3 ZAVIJALNI RADIJI

Pri preureditvi križišča v kanalizirano križišče sem uporabil naslednje radije:

- $R = 15$ m na stiku krakov Zbilje in Smladnik
- $R = 15$ m na stiku krakov Zbilje in Trboje
- $R = 17$ m na stiku krakov Vodice in Trboje
- $R = 9$ m na stiku krakov Vodice in Smladnik

Pri izbiri zavijalnih radijev sem stremel predvsem k čim večji kompaktnosti križišča. Namen izbire manjših radijev je bil zmanjšati hitrosti vozil v križišču, ki jim prevelike hitrosti ne bi dovoljevale izvedbe zavijalnih manevrov, in povečati prometno varnost v križišču. Če namreč voznikom z izbiro

tehničnih elementov omogočiš odpeljati križišče z večjimi hitrostmi, bodo vozniki v veliki meri to izkoriščali in križišče s takšnimi hitrostmi tudi prevažali.

Izbira radija $R = 9$ m na stiku krakov Vodice in Smlednik pomeni, da je takšen zavoj neizvedljiv za tovorna vozila s priklopnikom in večje avtobuse. Da bi bil desni zavoj iz kraka Smlednik na krak Vodice tudi za navedena vozila izvedljiv, bi bilo potrebno izvesti radij vsaj 12 m, kar pa prostorske omejitve onemogočajo. Kljub temu radij $R = 9$ m pomeni povečanje prevoznosti vsaj za nekatera vozila (radij v obstoječem stanju znaša 6 m), tako ali tako pa je že sedaj vozilom z osno obremenitvijo nad 6 t s prometno ureditvijo prepovedana vožnja po kraku Smlednik (prometni znak »prepovedan promet za vozila z večjo osno obremenitvijo od določene,« šifra II-23 v Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah iz leta 2000). Če bi v skrajnem primeru po kraku Smlednik vseeno zapeljalo kakšno vozilo, ki mu je s prometnim znakom to prepovedano, imajo ta vozila še zmeraj možnost zavijanja levo na krak Zbilje in nato vožnje naprej do OŠ Smlednik, kjer lahko na parkirišču obrnejo in nato s kraka Zbilje še enkrat pripeljejo v križišče, ter uspešno nadaljujejo vožnjo naravnost na krak Vodice.

S preureditvijo križišča v kanalizirano križišče morajo levi zavijalci po novem prevoziti naslednje radije:

- $R = 12$ m za levo zavijanje s kraka Zbilje na krak Trboje
- $R = 17$ m za levo zavijanje s kraka Trboje na krak Vodice
- $R = 11$ m za levo zavijanje s kraka Vodice na krak Smlednik
- $R = 13$ m za levo zavijanje s kraka Smlednik na krak Zbilje

Radij $R = 11$ m je za nekatera vozila še zmeraj težko prevozen (tovorna vozila s priklopnikom, večji avtobusi, itd.), vendar se ga s primerno izbiro vozne linije za silo vseeno da izvesti. Še vedno pa je treba poudariti, da je vožnja po kraku Smlednik takšnim vozilom s prometno ureditvijo onemogočena in naj do nje ne bi prihajalo.

5.4 VODENJE PEŠCEV IN KOLESARJEV

Pešcem sem v tej projektni rešitvi predvidel 3 prehode za pešce, na krakih Zbilje, Trboje in Smlednik. Pri prehodih za pešce čez več kot 2 prometna pasova je zelo zaželeno pešce zavarovati z vmesnim otokom. Tako zaradi nezmožnosti izvedbe takšnega otoka zaradi prostorskih omejitev kot tudi zaradi lažjega odvijanja prometa sem na kraku Vodice prehod za pešce ukinil. Po uvedbi pasu za leve zavijalce na kraku Zbilje sem na tem kraku izvedel ločilni otok, namenjen čakanju pešcev na nadaljevanje prečkanja ceste. Ta ločilni otok je širok 1,25 m in je na obeh koncih višinsko ločen od vozišča, s čimer ščiti pešce pred morebitnim krajšanjem zavoja levih zavijalcev s kraka Smlednik.

Pravilnik o projektiranju cest iz leta 2005 predpisuje, da je pločnik za pešce potrebno izvesti pri minimalnem PLDP-ju 3500 vozil/dan ali zgostitvi pešcev več kot 10 oseb/uro. Kot sem predstavil v poglavju o prometnih obremenitvah, PLDP v križišču v zadnjih letih niha med 4500 in 5000 vozili/dan, kar ustreza zgornjemu kriteriju. Pešcem je tako potrebno zagotoviti pločnik za varno udeležbo v prometu. Na kraku Vodice sem ohranil pločnik na obeh straneh ceste, na spodnji strani ceste, ob kateri se nahaja trgovina Mercator, sem ga še nekoliko razširil na 1,25 m. Na drugi strani sem ga ohranil v širini 1 m, kar pa se v območju križišča poveča na 2 m. Takšno širino pločnik ohrani do prehoda za pešce na kraku Trboje.

Na kraku Zbilje sem ohranil pločnik le na strani ceste, ob kateri se nahaja OŠ Smlednik, in sicer v širini 2,3 m. Na kraku Trboje sem ohranil pločnik na strani, ki gleda proti kraku Zbilje, v širini 2 m, kar je nekoliko razkošneje od obstoječe ureditve. Ta pločnik se v območju križišča nadaljuje po kraku Zbilje, vendar le do konca avtobusnega postajališča na tej strani ceste kot v obstoječem stanju križišča. Na kraku Smlednik nisem predvidel pločnika za pešce, saj bi s tem dodatno posegel v površino vozišča na tem kraku, ki je ponekod že sedaj kritično ozka (mestoma zgolj 4,5 m skupaj oz. 2,25 m širina voznega pasu).

Za potrebe vodenja kolesarjev v križišču nisem namenil posebnih površin. Pravilnik za projektiranje cest iz leta 2005 predpisuje, da je potrebno za ceste s PLDP-jem med 2500 in 7000 vozil/dan kolesarje voditi po kolesarskem pasu na vozišču. Zaradi prostorskih omejitev tega ne morem zagotoviti brez posegov v sosednje stavbe, zato sem se odločil kolesarje voditi na enak način kot v obstoječi ureditvi, torej bodisi skupaj z motoriziranim prometom po vozišču bodisi po pločniku.

5.5 UMESTITEV AVTOBUSNEGA POSTAJALIŠČA

Postopek umeščanja avtobusnih postajališč v prostor sem podrobneje predstavil že pri krožnem križišču. V okviru preureditve v kanalizirano križišče sem uporabil avtobusni postajališči naslednjih dimenzij:

Element	Predpisana minimalna vrednost elementa	Postajališče v smeri proti Zbiljam	Postajališče v smeri proti Vodiciam	Minimalni kriterij
širina	3,1 m	4,0 m	5,0 m	je izpolnjen
a	16,0 m	16,0 m	30,0 m	je izpolnjen
b	15,0 m	20,0 m	20,0 m	je izpolnjen
a'	3,8 m	4,0 m	4,0 m	je izpolnjen
b'	4,0 m	4,0 m	4,0 m	je izpolnjen
L_a	13,0 m	15,0 m	17,5 m	je izpolnjen
R_1	40 m	40 m	45 m	je izpolnjen
R_2	30 m	30 m	30 m	je izpolnjen
R_3	20 m	20 m	20 m	je izpolnjen
R_4	40 m	45 m	40 m	je izpolnjen

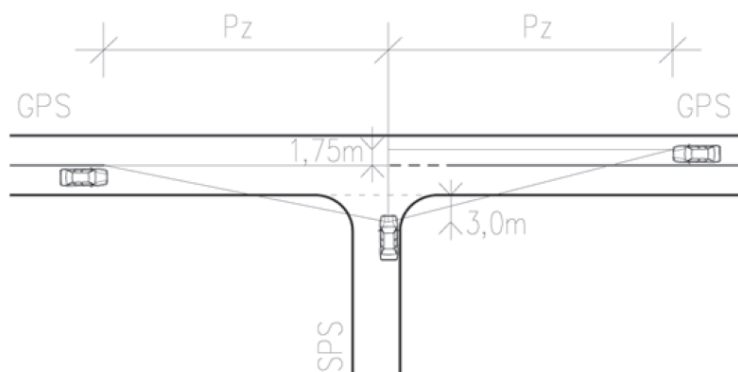
Preglednica 16: Uporabljeni tehnični elementi obeh avtobusnih postajališč v primerjavi z minimalnimi zahtevami Pravilnika o avtobusnih postajališčih.

5.6 PROMETNA SITUACIJA

Uporabljene elemente talne in vertikalne prometne signalizacije sem navedel v prilogi Priloga I: Popis prometne signalizacije: Kanalizirano križišče, ter grafično prikazal na prometni situaciji kanaliziranega križišča, ki jo najdete v prilogi Načrt 6: Prometna signalizacija v kanaliziranem križišču.

5.7 PREGLEDNOST

Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste iz leta 2009 predpisuje, da je za vsak cestni priključek stranske prometne smeri (SPS), ki se na glavno prometno smer (GPS) priključuje s prometnim znakom »Ustavi!« oz. t.i. Stop znakom (šifra II-2 po Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah iz leta 2000), potrebno zagotoviti polje preglednosti naslednje velikosti:



Slika 38: Določitev polja preglednosti cestnega priključka.

Pri tem je razdalja P_z določena s hitrostjo V_{85} , to je hitrostjo, od katere v križišču 85% vozil vozi z enako ali manjšo hitrostjo (oz. le 15% vozil vozi višjo hitrostjo od V_{85}). Za določitev hitrosti V_{85} bi potreboval podatke o hitrostih vozil v križišču, ki se jih pridobi z meritvami. Opreme za izvajanje takšnih meritev v križišču trenutno ni, prav tako do opreme nisem imel možnosti dostopa. Zato sem predpostavil, da je $V_{85} = 50$ km/h (kolikor znaša dovoljena hitrost vožnje v križišču) in iz Preglednice 17 odčital:

$$P_z = 70 \text{ m}$$

Da bi torej zadostil minimalnim pogojem preglednosti, kot jih predvideva pravilnik, bi torej moral zagotoviti preglednost na vsako stran obeh krakov SPS na dolžini 70 m. Na kraku Trboje sem takšno preglednost uspel zagotoviti, medtem ko mi to na kraku Smlednik zaradi obstoječe pozidave ni uspelo.

Ceste	Hitrost V_{85} [km/h]							
	100	90	80	70	60	50	40	30
Neobzidane ceste izven naselij	200 (300)	170 (250)	135 (210)	110 (175)	85	70	-	-
Neobzidane ceste v naseljih	-	-	-	110	85	70	-	-
Obzidane ceste v naseljih	-	-	-	-	-	70	50	-

Preglednica 17: Določitev zaustavne razdalje P_z v odvisnosti od V_{85} , pri priključevanju na glavno prometno smer pod prometnim znakom "Ustavi!" oz. t.i. Stop znakom.

Kljub temu sem s kraka Smlednik v smeri proti kraku Zbilje zagotovil preglednost na razdalji $P_z = 65$ m oz. v prevladujočem slučaju, ko na ovirajočem avtobusnem postajališču ne bo nobenega avtobusa, še večjo razdaljo P_z , ki zadostuje kriteriju $P_{z,min} = 70$ m. Iz kraka Smlednik v smeri proti kraku Vodice pa sem zagotovil preglednost $P_z = 25$ m, kar je seveda bistveno manj od predpisane minimalne preglednosti. Vozniki bi si pri ocenjevanju možnosti izvedbe zelenega voznega manevra še vedno morali pomagati s prometnim ogledalom, vendar jim je pri tem zagotovljena preglednost na razdalji 25 m, kar je bistveno večja preglednost od obstoječega stanja. V tem smislu projektna rešitev preureditve v kanalizirano križišče zagotovo predstavlja korak naprej v smislu prometne varnosti v križišču, četudi ne zadostuje vsem zakonskim predpisom.

Grafični prikaz izgotovljene preglednosti za kraka Smlednik in Trboje najdete v prilogah, natančneje Načrt 7: Preglednost v kanaliziranem križišču.

5.8 PREVOZNOST

V prilogi Načrt 8: Prevoznost v kanaliziranem križišču najdete grafični prikaz prevoznosti kanaliziranega križišča za vlačilec s priklopnikom. Pri kontroli prevoznosti sem uporabil zavijalne krivulje vlačilca s priklopnikom, kot jih podajajo Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin iz leta 1991. Kontrolo sem izvedel za primer, da vlačilec s priklopnikom krivino prevozi z enakomerno hitrostjo in pri tem enakomerno suka krmilo (v Tehničnih normativih in tudi v grafični prilogi označeno kot Hitrost 1). Gre za ugodnejši primer od vožnje v krivini z zelo počasno hitrostjo in zelo hitrim sukanjem krmila, saj zavijalni manever zavzame manj prostora.

Kot je razvidno iz grafične priloge, se kontrola prevoznosti za vlačilec s priklopnikom za primer desnega zavijanja s kraka Smlednik na krak Vodice ne izide. Vozilo ob povsem idealni vožnji (torej vožnji, pri kateri v celoti izkoristi razpoložljivo površino vozišča in ne povozijo pločnika) v zavoju ne more ostati na svojem pasu, saj del vozila prevozi prostor pasu za leve zavijalce kraka Vodice ter naprej tudi še nekaj prostora skupnega voznega pasu na kraku Vodice. Ker sem pri kontroli uporabil najugodnejši primer (vožnja v krivini z enakomerno hitrostjo in enakomernim sukanjem krmila) ter pri idealno izvedbo zavoja, je v realnih okoliščinah pričakovati, da bo preučevanji vlačilec s priklopnikom pri zavoju porabil še več prostora na nasprotnem voznem pasu kraka Vodice.

V kolikor želi torej vlačilec s priklopnikom zavoj prevoziti brez oviranja vozil na kraku Vodice, mora pač počakati, da se krak Vodice izprazni in šele nato izvesti zavoj. Drugače problema zaradi obstoječe pozidave in načina stekanja krakov v križišče ni mogoče rešiti, razen seveda v primeru posegov v sosednje stavbe.

5.9 KAPACITETNI RAČUN

Potek računa klasičnih nesemaforiziranih križišč sem predstavil že v poglavju o prometnih obremenitvah, natančneje v podpoglavju 3.5 Stopnja nasičenosti. Tam sem že izvedel kapacitetni račun obstoječega stanja in ugotovil, da v obstoječem stanju zgoščitve prometa še zdaleč ne presegajo dovoljenih vrednosti. Prav tako sem pojasnil, da zaradi padanja prometa kontrola za čas ob koncu planske dobe 20 let ni potrebna oz. bo avtomatično zadoščena, če bo izpolnjena kapacitetna kontrola za sedanji čas oz. leto 2014.

V okviru rekonstrukcije križišča v kanalizirano križišče sem edino spremembo, ki se tiče (pre)razporeditve prometnih tokov po prometnih pasovih, napravil z uvedbo pasov za leve zavijalce na glavnih prometnih smereh, to je krakih Vodice in Zbilje. Z uvedbo pasov za leve zavijalce pa sem prometni tok krakov Vodice in Zbilje dodatno razdelil in prometne pasove teh dveh krakov dodatno razbremenil. Ker je že obstoječe stanje križišča kapacitetno popolnoma ustrezno, kapacitetni račun kanaliziranega križišča ni potreben oz. je kriterij nasičenosti prometnih pasov avtomatično izpolnjen.

6 ZAKLJUČEK

Prednosti in slabosti preureditve v krožno ter kanalizirano križišče sem podrobno predstavil tekom celotne diplomske naloge.

Pri preureditvi v krožno križišče se izboljša preglednost in s tem varnost vseh prometnih udeležencev. Kontrola prevoznosti se ne izide, vendar imajo vozila možnost prevoziti celoten krog okoli krožnega križišča in nato izbrati zelen izvoz, zato tu ne gre za večji problem te projektne rešitve. Krožno križišče bo delovalo tudi kot hitrostna ovira, zaradi katere bodo predvsem vozila na glavni prometni smeri primorana zmanjšati svojo hitrost, kar predstavlja pozitiven učinek na varnost. Z zmanjšanjem hitrosti je zagotovljeno tudi varnejše udejstvovanje pešcev v križišču, medtem ko kolesarjem zaradi prostorskih omejitev – v prvi vrsti obstoječe pozidave – ni bilo mogoče nameniti posebnih površin, brez korenitih posegov v sosednje stavbe. Kapacitetni račun krožnega križišča se brez težav izide. Določene dimenzije avtobusnega postajališča v smeri proti Zbiljam ne ustrezajo zahtevam veljavnega pravilnika, vendar odstopanja po moji oceni ne predstavljajo bistvenih težav pri odvijanju avtobusnega prometa skozi postajališče. Vsi ostali projektno-tehnični elementi krožnega križišča so v skladu z veljavnimi predpisi.

V okviru preureditve v kanalizirano križišče sem na obeh krakih glavne prometne smeri napravil pas za leve zavijalce. Dolžina pasu ne izpolnjuje pogojev veljavnega pravilnika, vendar zaradi nizke količine levo zavijajočega prometa odstopanja po moji oceni ne predstavljajo resne grožnje za varnost in prepustnost križišča. Kapacitetni račun se tudi pri preureditvi brez težav izide, podobno kakor v obstoječem stanju ali pri preureditvi v krožno križišče. Pri preureditvi v kanalizirano križišče sem pešcem ukinil prehod čez cesto na kraku Vodice, vodenje kolesarjev pa poteka enako kot v obstoječem stanju oz. kolesarjem zaradi prostorskih omejitev nisem uspel nameniti posebnih površin. Kontrola prevoznosti se ne izide, vendar bodo kritični vlačilci s priklopniki desni zavojski s kraka Smlednik na kraku Vodice še vedno izpeljali bistveno lažje kot v obstoječem stanju. S pomaknitvijo križišča nekoliko navzdol sem uspel izboljšati preglednost v križišču, vendar še vedno ne dovolj, da bi vozilom na kraku Smlednik omogočil vožnjo skozi križišče brez uporabe cestno prometnega ogledala. Zavijalni radiji in ostali projektno-tehnični elementi ustrezajo veljavnim predpisom, radije robov križišča sem še celo nekoliko zmanjšal ter s tem križišče napravil kompaktnejše in varnejše.

Ocenjujem, da je izmed obeh projektnih rešitev boljša preureditev v krožno križišče, saj predstavlja izboljšanje na več področjih kot preureditev v kanalizirano križišče.

VIRI

Uporabljeni viri

Pravilnik o avtobusnih postajališčih. Uradni list Republike Slovenije št. 106/2011.

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

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

Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Uradni list Republike Slovenije št. 29/97.

Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Uradni list Republike Slovenije št. 110/2006.

Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih površin – 2. del. 1991. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: loč. pag.

TSC 02.401: 2010. Označbe na vozišču. Ljubljana, Direkcija RS za ceste: 64 str.

TSC 03.341: 2012. Krožna križišča. Ljubljana, Direkcija RS za ceste: 38 str.

Zemljevid lokacije križišča in širše okolice. 2014.

http://www.geopedia.si/#T105_x457612_y112969_s14_b4 (Pridobljeno 21. 8. 2014.)

Zemljevid lokacije križišča. 2014.

http://www.geopedia.si/#T105_x457130_y113463_s15_b4 (Pridobljeno 21. 8. 2014.)

Ostali viri

Preostali ortofoto posnetki, vključno z ortofoto posnetki v grafičnih prilogah:

pridobljeni 17. 4. 2014 osebno na Katedri za kartografijo, fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (FGG), Univerza v Ljubljani, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana.

SEZNAM PRILOG

Priloga A: 15-minutne obremenitve: Jutranja konica

Priloga B: 15-minutne obremenitve: Popoldanska konica

Priloga C: Diagram prometnih obremenitev: Jutranja konica

Priloga Č: Diagram prometnih obremenitev: Popoldanska konica

Priloga D: Analiza zavijalcev po strukturi prometa: Jutranja konica

Priloga E: Analiza zavijalcev po strukturi prometa: Popoldanska konica

Priloga F: Faktor urne konice (PHF): Jutranja konica

Priloga G: Faktor urne konice (PHF): Popoldanska konica

Priloga H: Popis prometne signalizacije: Krožno križišče

Priloga I: Popis prometne signalizacije: Kanalizirano križišče

Načrt 1: Preureditev v krožno križišče

Načrt 2: Prometna signalizacija v krožnem križišču

Načrt 3: Preglednost v krožnem križišču

Načrt 4: Prevoznost v krožnem križišču

Načrt 5: Preureditev v kanalizirano križišče

Načrt 6: Prometna signalizacija v kanaliziranem križišču

Načrt 7: Preglednost v kanaliziranem križišču

Načrt 8: Prevoznost v kanaliziranem križišču

Priloga A: 15-minutne obremenitve: Jutranja konica

15 minutne obremenitve

Šifra križišča: Smledni

Šifra priključka: A

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Ime priključka: Vodice

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:00 do 8:30

URA	<i>Levo</i>						<i>Naravnost</i>						<i>Desno</i>					
	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV
6:00	0	0	0	0	0	0	22	2	0	0	24	26	1	1	1	0	3	5
6:15	2	0	0	0	2	2	26	1	1	0	28	30	6	0	0	0	6	6
6:30	1	0	0	0	1	1	43	2	0	0	45	47	9	0	0	1	10	13
6:45	0	0	0	0	0	0	33	1	0	0	34	35	6	1	0	0	7	8
7:00	1	0	0	0	1	1	34	2	1	0	37	40	9	0	0	0	9	9
7:15	1	0	0	0	1	1	24	1	0	0	25	26	2	0	0	0	2	2
7:30	4	0	0	0	4	4	42	1	1	0	44	46	7	0	1	0	8	9
7:45	1	0	0	0	1	1	32	3	0	0	35	38	15	0	0	0	15	15
8:00	0	0	0	0	0	0	20	2	0	1	23	28	4	1	0	0	5	6
8:15	0	0	0	0	0	0	38	0	0	0	38	38	8	0	0	0	8	8
Vsota	10	0	0	0	10	10	314	15	3	1	333	354	67	3	2	1	73	81

15 minutne obremenitve

Šifra križišča: Smledni

Šifra priključka: B

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Ime priključka: Smlednik

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:00 do 8:30

URA	<i>Levo</i>						<i>Naravnost</i>						<i>Desno</i>					
	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV
6:00	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	2	1	0	0	0	1	1
6:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
6:30	1	0	0	0	1	1	10	0	0	0	10	10	2	0	0	0	2	2
6:45	1	0	0	0	1	1	3	0	0	0	3	3	1	0	0	0	1	1
7:00	2	0	0	0	2	2	5	0	0	0	5	5	2	1	0	0	3	4
7:15	3	0	0	0	3	3	5	0	0	0	5	5	2	0	0	0	2	2
7:30	7	0	0	0	7	7	8	0	0	0	8	8	1	0	0	0	1	1
7:45	5	0	0	0	5	5	4	1	0	0	5	6	1	0	0	0	1	1
8:00	1	0	0	0	1	1	8	0	1	1	10	14	3	0	0	0	3	3
8:15	5	0	0	0	5	5	9	1	0	0	10	11	1	0	0	0	1	1
Vsota	27	0	0	0	27	27	54	2	1	1	58	64	15	1	0	0	16	17

15 minutne obremenitve

Šifra križišča: Smledni

Šifra priključka: C

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Ime priključka: Zbilje

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:00 do 8:30

URA	<i>Levo</i>						<i>Naravnost</i>						<i>Desno</i>					
	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV
6:00	2	0	0	0	2	2	36	1	1	0	38	40	4	0	0	0	4	4
6:15	4	0	0	0	4	4	59	1	0	0	60	61	8	0	0	0	8	8
6:30	7	0	0	0	7	7	50	2	1	0	53	56	16	0	0	0	16	16
6:45	15	0	0	0	15	15	63	1	0	1	65	69	9	0	1	0	10	11
7:00	4	0	0	0	4	4	65	1	0	0	66	67	17	0	0	0	17	17
7:15	10	0	1	0	11	12	78	0	0	1	79	82	13	0	0	0	13	13
7:30	20	1	0	0	21	22	75	0	0	1	76	79	14	0	1	0	15	16
7:45	10	0	0	0	10	10	55	1	1	0	57	59	15	1	0	0	16	17
8:00	8	0	0	0	8	8	32	3	0	1	36	42	7	0	0	0	7	7
8:15	9	0	0	1	10	13	45	4	0	2	51	60	6	0	0	0	6	6
Vsota	89	1	1	1	92	97	558	14	3	6	581	613	109	1	2	0	112	115

15 minutne obremenitve

Šifra križišča: Smladni

Šifra priključka: D

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Ime priključka: Trboje

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smladnik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:00 do 8:30

URA	<i>Levo</i>						<i>Naravnost</i>						<i>Desno</i>					
	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV
6:00	3	2	0	0	5	7	10	0	0	0	10	10	6	0	0	0	6	6
6:15	7	2	0	0	9	11	13	0	0	0	13	13	5	0	0	0	5	5
6:30	17	0	0	0	17	17	17	1	0	0	18	19	7	0	1	0	8	9
6:45	14	1	0	0	15	16	10	0	0	0	10	10	12	2	0	0	14	16
7:00	11	0	0	0	11	11	17	2	0	0	19	21	3	0	0	0	3	3
7:15	11	0	0	1	12	15	12	0	0	0	12	12	11	0	0	0	11	11
7:30	13	1	0	0	14	15	12	0	0	0	12	12	12	0	0	0	12	12
7:45	17	0	0	1	18	21	14	1	0	0	15	16	11	0	0	0	11	11
8:00	13	1	0	1	15	19	7	0	0	0	7	7	7	0	0	0	7	7
8:15	13	0	1	0	14	15	7	0	0	0	7	7	14	0	0	0	14	14
Vsota	119	7	1	3	130	146	119	4	0	0	123	127	88	2	1	0	91	94

Priloga B: 15-minutne obremenitve: Popoldanska konica

15 minutne obremenitve

Šifra križišča: Smledni

Šifra priključka: A

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Ime priključka: Vodice

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 14:00 do 17:00

URA	<i>Levo</i>							<i>Naravnost</i>							<i>Desno</i>						
	O	T	B	V	S	EOV		O	T	B	V	S	EOV		O	T	B	V	S	EOV	
14:00	0	0	0	0	0	0	0	33	2	0	0	35	37		9	1	0	0	10	11	
14:15	4	0	0	0	4	4	4	37	1	0	1	39	43		11	1	0	0	12	13	
14:30	3	0	0	0	3	3	3	37	1	0	0	38	39		17	0	0	0	17	17	
14:45	5	0	0	0	5	5	5	36	1	1	0	38	40		8	0	0	0	8	8	
15:00	2	0	0	0	2	2	2	40	3	0	0	43	46		10	0	0	0	10	10	
15:15	3	0	0	0	3	3	3	60	1	0	1	62	66		15	0	0	0	15	15	
15:30	3	0	0	0	3	3	3	56	1	0	0	57	58		21	0	0	0	21	21	
15:45	5	0	0	0	5	5	5	58	2	0	0	60	62		15	0	0	0	15	15	
16:00	6	0	0	0	6	6	6	57	3	0	2	62	70		17	2	0	0	19	21	
16:15	5	0	0	0	5	5	5	67	1	1	1	70	75		17	0	0	1	18	21	
16:30	3	0	0	0	3	3	3	59	1	0	0	60	61		16	0	0	0	16	16	
16:45	5	0	0	0	5	5	5	57	2	0	1	60	65		21	1	0	0	22	23	
Vsota	44	0	0	0	44	44	44	597	19	2	6	624	660	660	177	5	0	1	183	191	191

15 minutne obremenitve

Šifra križišča: Smledni

Šifra priključka: B

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Ime priključka: Smlednik

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 14:00 do 17:00

URA	<i>Levo</i>						<i>Naravnost</i>						<i>Desno</i>					
	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV
14:00	9	0	0	0	9	9	3	0	0	0	3	3	2	0	0	0	2	2
14:15	8	0	0	0	8	8	7	0	0	0	7	7	5	0	0	0	5	5
14:30	7	0	0	0	7	7	8	1	0	0	9	10	4	0	0	0	4	4
14:45	5	0	1	0	6	7	8	0	0	0	8	8	1	0	0	0	1	1
15:00	6	0	0	0	6	6	6	1	0	0	7	8	0	0	0	0	0	0
15:15	6	0	0	0	6	6	14	2	0	0	16	18	3	0	0	0	3	3
15:30	12	0	0	0	12	12	21	0	0	0	21	21	3	0	0	0	3	3
15:45	14	0	0	0	14	14	18	0	0	0	18	18	1	0	0	0	1	1
16:00	12	0	0	0	12	12	17	0	0	0	17	17	3	0	0	0	3	3
16:15	11	1	0	0	12	13	15	0	0	0	15	15	2	0	0	1	3	6
16:30	6	1	0	0	7	8	4	0	0	0	4	4	3	0	0	0	3	3
16:45	5	0	0	0	5	5	6	0	0	0	6	6	4	0	0	0	4	4
Vsota	101	2	1	0	104	107	127	4	0	0	131	135	31	0	0	1	32	35

15 minutne obremenitve

Šifra križišča: Smledni

Šifra priključka: C

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Ime priključka: Zbilje

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 14:00 do 17:00

URA	<i>Levo</i>						<i>Naravnost</i>						<i>Desno</i>					
	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV
14:00	9	0	0	0	9	9	37	0	1	0	38	39	8	0	0	0	8	8
14:15	14	1	0	0	15	16	47	3	0	1	51	57	9	0	0	0	9	9
14:30	4	0	0	0	4	4	32	0	0	0	32	32	3	0	0	0	3	3
14:45	7	0	0	0	7	7	20	0	0	0	20	20	3	0	0	0	3	3
15:00	10	0	0	0	10	10	47	1	1	1	50	55	7	0	0	0	7	7
15:15	17	0	0	0	17	17	41	2	0	0	43	45	4	0	0	0	4	4
15:30	13	0	0	0	13	13	39	0	0	1	40	43	7	0	0	0	7	7
15:45	15	0	0	0	15	15	41	1	0	0	42	43	5	0	0	0	5	5
16:00	11	0	0	0	11	11	41	1	0	1	43	47	4	0	0	0	4	4
16:15	7	0	0	0	7	7	27	1	0	2	30	36	3	0	0	0	3	3
16:30	7	0	0	0	7	7	39	0	1	0	40	41	6	0	0	0	6	6
16:45	10	1	0	0	11	12	40	0	0	0	40	40	6	0	0	0	6	6
Vsota	124	2	0	0	126	128	451	9	3	6	469	496	65	0	0	0	65	65

15 minutne obremenitve

Šifra križišča: Smledni

Šifra priključka: D

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Ime priključka: Trboje

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 14:00 do 17:00

URA	<i>Levo</i>						<i>Naravnost</i>						<i>Desno</i>					
	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV	O	T	B	V	S	EOV
14:00	11	1	0	0	12	13	4	0	0	0	4	4	6	0	0	0	6	6
14:15	12	0	0	0	12	12	12	0	0	0	12	12	6	0	0	0	6	6
14:30	7	0	0	0	7	7	2	0	0	0	2	2	8	0	0	0	8	8
14:45	9	0	1	0	10	11	5	0	0	0	5	5	7	0	0	0	7	7
15:00	8	1	0	0	9	10	5	0	0	0	5	5	11	0	0	0	11	11
15:15	5	0	0	0	5	5	7	0	0	0	7	7	10	0	0	0	10	10
15:30	13	1	0	0	14	15	7	0	0	0	7	7	15	0	0	0	15	15
15:45	7	0	1	0	8	9	6	0	0	0	6	6	11	0	0	1	12	15
16:00	6	1	0	0	7	8	5	0	0	0	5	5	9	0	0	0	9	9
16:15	11	1	0	0	12	13	6	1	0	0	7	8	15	0	0	0	15	15
16:30	9	2	0	0	11	13	4	0	0	0	4	4	12	1	0	0	13	14
16:45	8	0	0	0	8	8	7	1	0	0	8	9	9	0	0	0	9	9
Vsota	106	7	2	0	115	124	70	2	0	0	72	74	119	1	0	1	121	125

Priloga C: Diagram prometnih obremenitev: Jutranja konica

Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: Smlednik

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

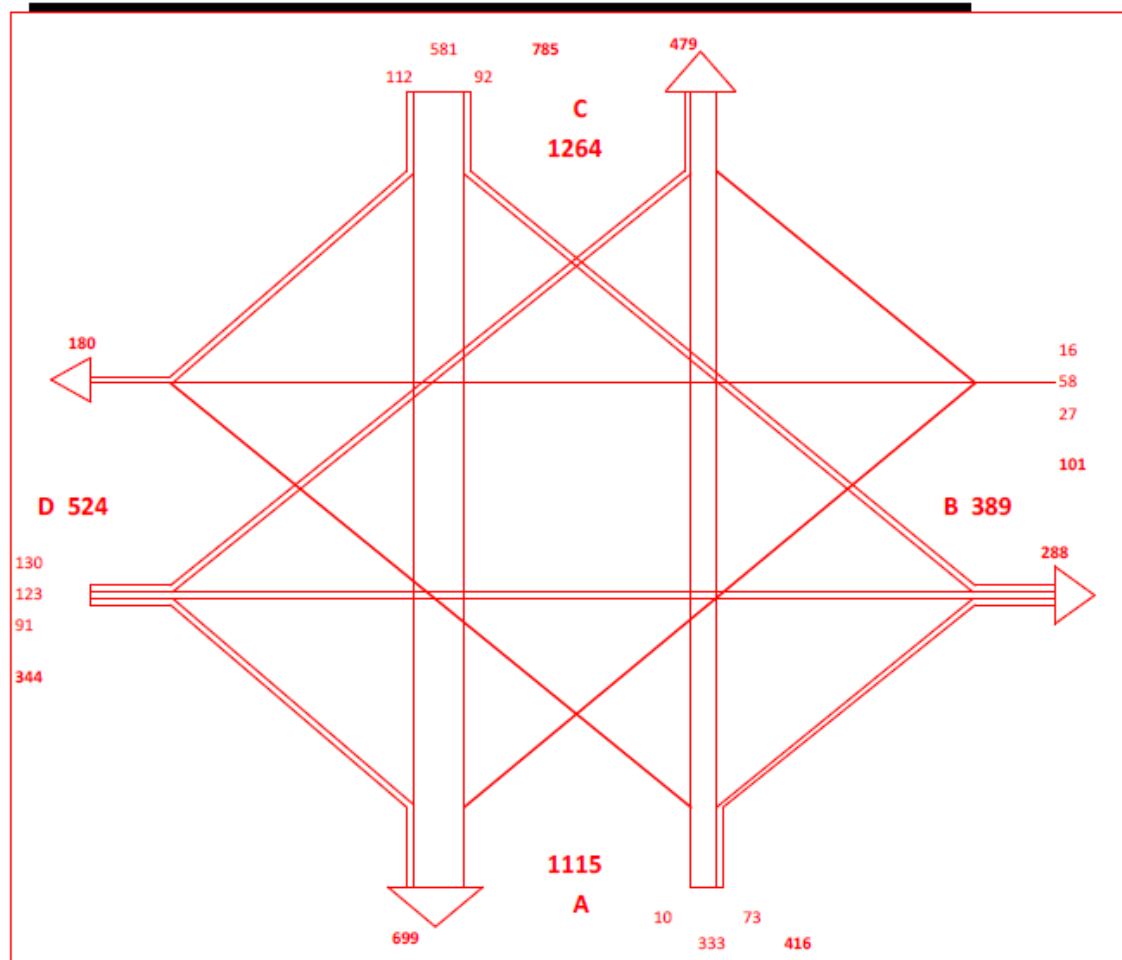
Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:00 do 8:30

Vrsta vozil: EOV

A	Vodice
B	Smlednik
C	Zbilje
D	Trboje



Priloga Č: Diagram prometnih obremenitev: Popoldanska konica

Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: Smlednik

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

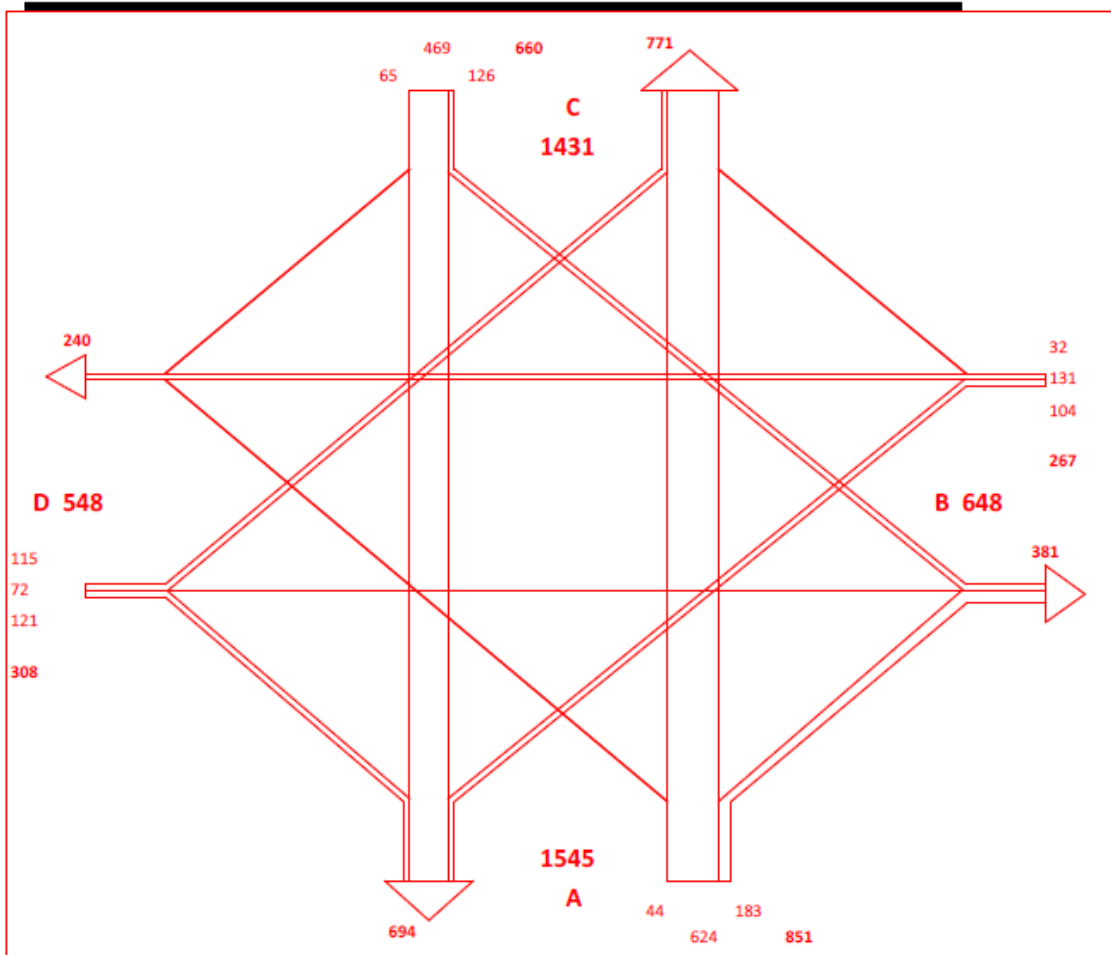
Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 14:00 do 17:00

Vrsta vozil: EOv

A	Vodice
B	Smlednik
C	Zbilje
D	Trboje



Priloga D: Analiza zavijalcev po strukturi prometa: Jutranja konica

Analiza zavijalcev po strukturi prometa

Šifra križišča: Smladnik

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smladnik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:00 do 8:30

Priključek	Dovoz		Naravnost		Desno		Skupaj		
	Levo	% levo		% naravnost		% desno		% skupaj	
A	osebni	10	2%	314	75%	67	16%	391	94%
	tovorni	0	0%	15	4%	3	1%	18	4%
	avtobus	0	0%	3	1%	2	0%	5	1%
	vlačilec	0	0%	1	0%	1	0%	2	0%
	Skupaj	10	2%	333	80%	73	18%	416	100%
B	osebni	27	27%	54	53%	15	15%	96	95%
	tovorni	0	0%	2	2%	1	1%	3	3%
	avtobus	0	0%	1	1%	0	0%	1	1%
	vlačilec	0	0%	1	1%	0	0%	1	1%
	Skupaj	27	27%	58	57%	16	16%	101	100%
C	osebni	89	11%	558	71%	109	14%	756	96%
	tovorni	1	0%	14	2%	1	0%	16	2%
	avtobus	1	0%	3	0%	2	0%	6	1%
	vlačilec	1	0%	6	1%	0	0%	7	1%
	Skupaj	92	12%	581	74%	112	14%	785	100%
D	osebni	119	35%	119	35%	88	26%	326	95%
	tovorni	7	2%	4	1%	2	1%	13	4%
	avtobus	1	0%	0	0%	1	0%	2	1%
	vlačilec	3	1%	0	0%	0	0%	3	1%
	Skupaj	130	38%	123	36%	91	26%	344	100%

Priloga E: Analiza zavijalcev po strukturi prometa: Popoldanska konica

Analiza zavijalcev po strukturi prometa

Šifra križišča: Smlednik

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 14:00 do 17:00

Dovoz Priključek	Levo		Naravnost		Desno		Skupaj		
	Levo	% levo	Naravnost	% naravnost	Desno	% desno	Skupaj	% skupaj	
A	osebni	44	5%	597	70%	177	21%	818	96%
	tovorni	0	0%	19	2%	5	1%	24	3%
	avtobus	0	0%	2	0%	0	0%	2	0%
	vlačilec	0	0%	6	1%	1	0%	7	1%
	Skupaj	44	5%	624	73%	183	22%	851	100%
B	osebni	101	38%	127	48%	31	12%	259	97%
	tovorni	2	1%	4	1%	0	0%	6	2%
	avtobus	1	0%	0	0%	0	0%	1	0%
	vlačilec	0	0%	0	0%	1	0%	1	0%
	Skupaj	104	39%	131	49%	32	12%	267	100%
C	osebni	124	19%	451	68%	65	10%	640	97%
	tovorni	2	0%	9	1%	0	0%	11	2%
	avtobus	0	0%	3	0%	0	0%	3	0%
	vlačilec	0	0%	6	1%	0	0%	6	1%
	Skupaj	126	19%	469	71%	65	10%	660	100%
D	osebni	106	34%	70	23%	119	39%	295	96%
	tovorni	7	2%	2	1%	1	0%	10	3%
	avtobus	2	1%	0	0%	0	0%	2	1%
	vlačilec	0	0%	0	0%	1	0%	1	0%
	Skupaj	115	37%	72	23%	121	39%	308	100%

Priloga F: Faktor urne konice (PHF): Jutranja konica

Faktor urne konice (PHF)	
Šifra križišča: Smledn	
Ime križišča: Zbilje - Vodice	
Tip križišča: ABCD	
Naslov štetja: Smlednik_2014	Datum štetja: 4.6.2014
Številka štetja: 1	Ura konice: od 7:00 do 8:00
Vrsta vozil: EOv	
<hr/>	
Križišče:	0.86
<hr/>	
Priključek A :	0.81
Dovoz:	
Desno	0.57
Levo	0.44
Naravnost	0.80
<hr/>	
Priključek B :	0.73
Dovoz:	
Desno	0.58
Levo	0.61
Naravnost	0.72
<hr/>	
Priključek C :	0.86
Dovoz:	
Desno	0.90
Levo	0.55
Naravnost	0.88
<hr/>	
Priključek D :	0.85
Dovoz:	
Desno	0.77
Levo	0.76
Naravnost	0.76

Priloga G: Faktor urne konice (PHF): Popoldanska konica

Faktor urne konice (PHF)

Šifra križišča: Smledn

Ime križišča: Zbilje - Vodice

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Smlednik_2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 2

Ura konice: od 15:30 do 16:30

Vrsta vozil: EOv

Križišče: 0.95

Priključek A : 0.92

Dovoz:

Desno 0.87

Levo 0.79

Naravnost 0.89

Priključek B : 0.91

Dovoz:

Desno 0.83

Levo 0.89

Naravnost 0.85

Priključek C : 0.89

Dovoz:

Desno 0.68

Levo 0.77

Naravnost 0.90

Priključek D : 0.81

Dovoz:

Desno 0.85

Levo 0.73

Naravnost 0.89

Priloga H: Popis prometne signalizacije: Krožno križišče

Za točnejši prikaz lokacije posameznih elementov prometne signalizacije glejte grafično prilogo Načrt 2: Prometna signalizacija v krožnem križišču.

Prometni znaki

Opis	Šifra	Lokacija
križišče s prednostno cesto	II-1	ob dveh dovozih hiš na cesto na kraku Zbilje, ter na uvozu vsakega kraka v krožno križišče v kombinaciji z znakom »krožni promet« (II-48)
prepovedan promet za tovorna vozila, pri katerih največja dovoljena masa presega maso 7,5 t	II-7.1	na kraku Trboje
prepovedan promet za vozila z večjo osno obremenitvijo od 6 t	II-23	na kraku Smlednik
omejitev hitrosti 40 km/h	II-30	na kraku Smlednik
obvezna smer – desno	II-45.1	znotraj sredinskega otoka krožnega križišča, v liniji pogleda voznika na vsakem kraku
obvezna vožnja mimo po desni strani	II-47	na začetku ločilnega otoka na vsakem kraku, v kombinaciji z znakom »znak za označitev prometnega otoka« (VI-8)
krožni promet	II-48	na uvozu vsakega kraka v krožno križišče v kombinaciji z znakom »križišče s prednostno cesto« (II-1)
prehod za pešce	III-6	na vsakem kraku, pred prehodom za pešce
krožni promet	III-48	na uvozu vsakega kraka, v kombinaciji z znakom »križišče s prednostno cesto« (II-1)
prostor za kampiranje pod šotori in v prikolicah	III-50	na kraku Zbilje za koncem avtobusnega postajališča v smeri proti Zbiljam, ter na stiku krakov Zbilje in Trboje
avtobusno postajališče	III-54	na začetku obeh avtobusnih postajališč na kraku Zbilje
kažipot	III-86	na izvozu vsakega kraka, da voznika obvesti, v smeri katerih naselij se bo peljal, če izbere ta izvoz
znak za označitev prometnega otoka	VI-8	na začetku ločilnega otoka na vsakem kraku, v kombinaciji z znakom »obvezna vožnja mimo po desni strani« (II-47)

Talne označbe

Opis	Šifra	Dimenzije	Lokacija
ločilna neprekinjena črta	V-1	12 cm	na krakih Vodice in Zbilje
ločilna neprekinjena črta	V-1	10 cm	na kraku Trboje
kratka prekinjena črta	V-4	širina 12 cm, dolžina 1 m, razmik 1 m	na mestih dovozov hiš na cesto na krakih Vodice in Zbilje
kratka prekinjena črta	V-4	širina 10 cm, dolžina 1 m, razmik 1 m	na mestih dovozov hiš na cesto na kraku Trboje
ločilna prekinjena črta	V-2	širina 12 cm, dolžina 1 m, razmik 3 m	na mestih kraka Zbilje, kjer je omogočeno prehitavanje vozil
široka prekinjena črta v križišču s potekom prednosti v krivino	V-5.3	debelina 30 cm, dolžina 1 m, razmik 1 m	na izvozih vseh krakov
prekinjena široka prečna črta v obliki trikotnikov	V-10.1	višina 60 cm, širina na vrhu 50 cm, razmik 50 cm	na uvozih vseh krakov
prehod za pešce	V-16	dimenzije polja 0,50 m x 4,00 m, razmik med polji 0,50 m	na vseh krakih
polje pred otokom za ločitev prometnih tokov – polno barvana površina	V-33	širina pred otokom 1 m, dolžina razširitve 2 m	na vseh krakih
opozorilni trikotnik (križanje s prednostno cesto)	V-39.2	višina 2 m, širina na vrhu 1 m	na uvozih vseh krakov
avtobusno postajališče v niši neposredno za križiščem	V-43.1	dimenzije debele prekinjene črte: dolžina 1,00 m, razmik 1,00 m, debelina 30 cm, višina črk 4,00 m	na obeh straneh kraka Zbilje

Priloga I: Popis prometne signalizacije: Kanalizirano križišče

Za točnejši prikaz lokacije posameznih elementov prometne signalizacije glejte grafično prilogo Načrt 6: Prometna signalizacija v kanaliziranem križišču.

Prometni znaki

Opis	Šifra	Lokacija
križišče s prednostno cesto	II-1	ob dveh dovozih hiš na cesto na kraku Zbilje
znak »Ustavi!« oz. t.i. Stop znak	II-2	na krakih Smlednik in Trboje
prepovedan promet za tovorna vozila, pri katerih največja dovoljena masa presega maso 7,5 t	II-7.1	na kraku Trboje
prepovedan promet za vozila z večjo osno obremenitvijo od 6 t	II-23	na kraku Smlednik
omejitev hitrosti 40 km/h	II-30	na kraku Smlednik
prednostna cesta	III-3	na krakih Vodice in Zbilje
prostor za kampiranje pod šotori in v prikolicah	III-50	na kraku Zbilje za koncem avtobusnega postajališča v smeri proti Zbiljam, ter na stiku krakov Zbilje in Trboje
avtobusno postajališče	III-54	na začetku obeh avtobusnih postajališč na kraku Zbilje
razvrščanje vozil	III-85	pred začetkom pasu za leve zavijalce na krakih Zbilje in Vodice
kažipot	III-86	na stiku krakov Vodice in Trboje, namenjen vozilom na kraku Smlednik
kažipotna tabla	III-87	na krakih Zbilje, Trboje in Smlednik, ter na stiku krakov Zbilje in Trboje, vsaka kažipotna posebej je namenjena vozilom s posameznega kraka

Talne označbe

Opis	Šifra	Dimenzije	Lokacija
ločilna neprekinjena črta	V-1	12 cm	povsod, razen na krakih Trboje in Smlednik
ločilna neprekinjena črta	V-1	10 cm	na krakih Trboje in Smlednik
kratka prekinjena črta	V-4	širina 12 cm, dolžina 1 m, razmik 1 m	v križišču, na mestih odpiranja pasov za leve zavijalce ter na mestih dovozov hiš na cesto na krakih Zbilje in Vodice
kratka prekinjena črta	V-4	širina 10 cm, dolžina 1 m, razmik 1 m	na mestih dovozov hiš na cesto na kraku Trboje
ločilna prekinjena črta	V-2	širina 12 cm, dolžina 1 m, razmik 3 m	na mestih kraka Zbilje, kjer je omogočeno prehitevanje vozil
prehod za pešce	V-16	dimenzije polja 0,50 m x 4,00 m, razmik med polji 0,50 m	na krakih Zbilje, Vodice in Trboje
puščica za označevanje smeri vožnje – naravnost in desno	V-20.1	dolžina 7,50 m	na krakih Vodice in Zbilje
puščica za označevanje smeri vožnje – levo, naravnost in desno	V-20.2	dolžina 7,50 m	na krakih Trboje in Smlednik
puščica za označevanje smeri vožnje – levo	V-22	dolžina 7,50 m	na krakih Zbilje in Vodice
polje za usmerjanje prometa na mestu začetka pasov za leve zavijalce	V-32	širina obrobne črte 12 cm, širina črt v polju 20 cm, razmik 60 cm, pod kotom 30°	na kraku Zbilje
polje pred otokom za ločitev prometnih tokov – polno barvana površina	V-33	širina pred otokom 1 m, dolžina razširitve 5,50 m	na kraku Zbilje
avtobusno postajališče v niši neposredno za križiščem	V-43.1	dimenzije debele prekinjene črte: dolžina 1,00 m, razmik 1,00 m, debelina 30 cm, višina črk 4,00 m	na obeh straneh kraka Zbilje

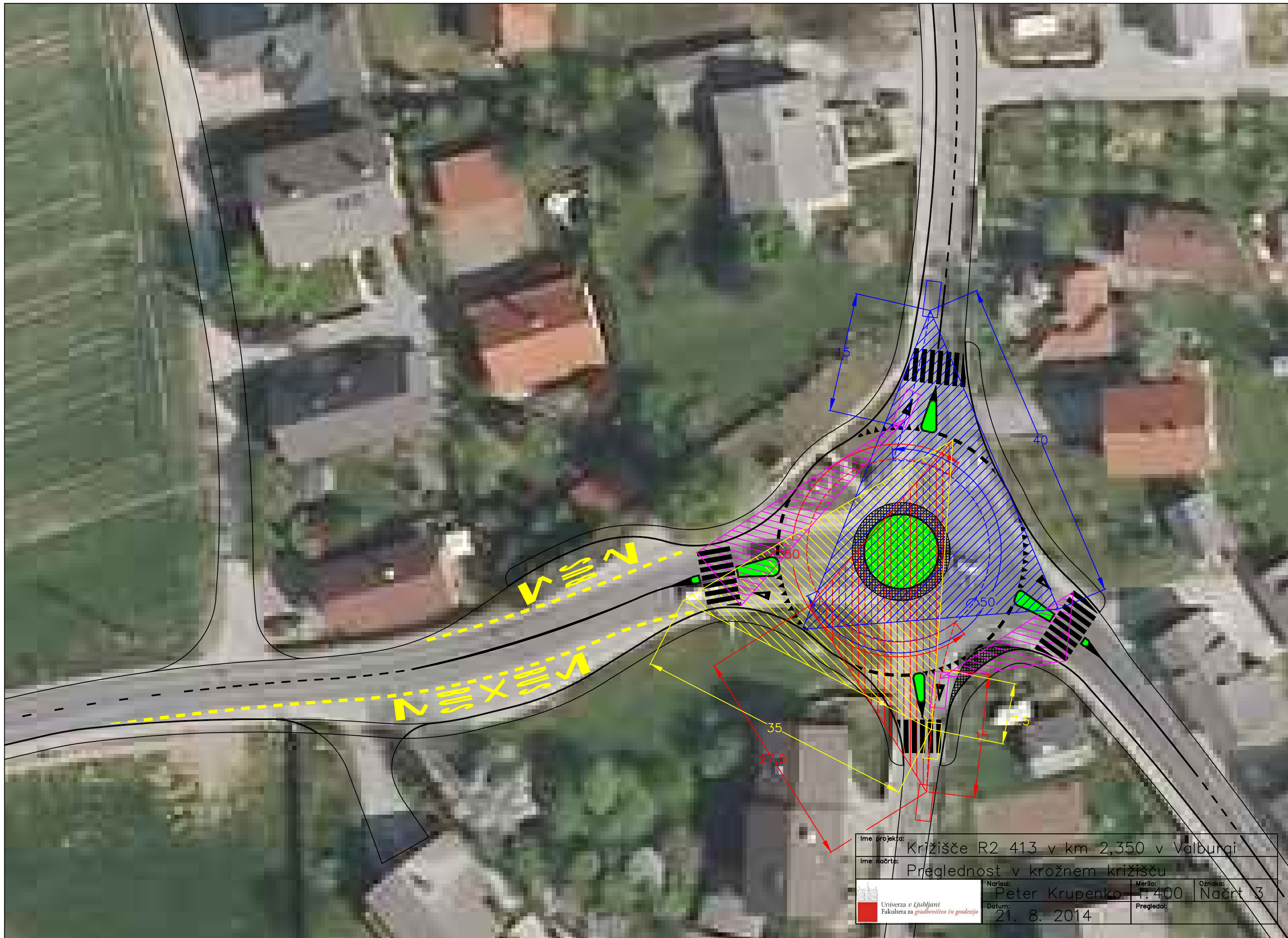





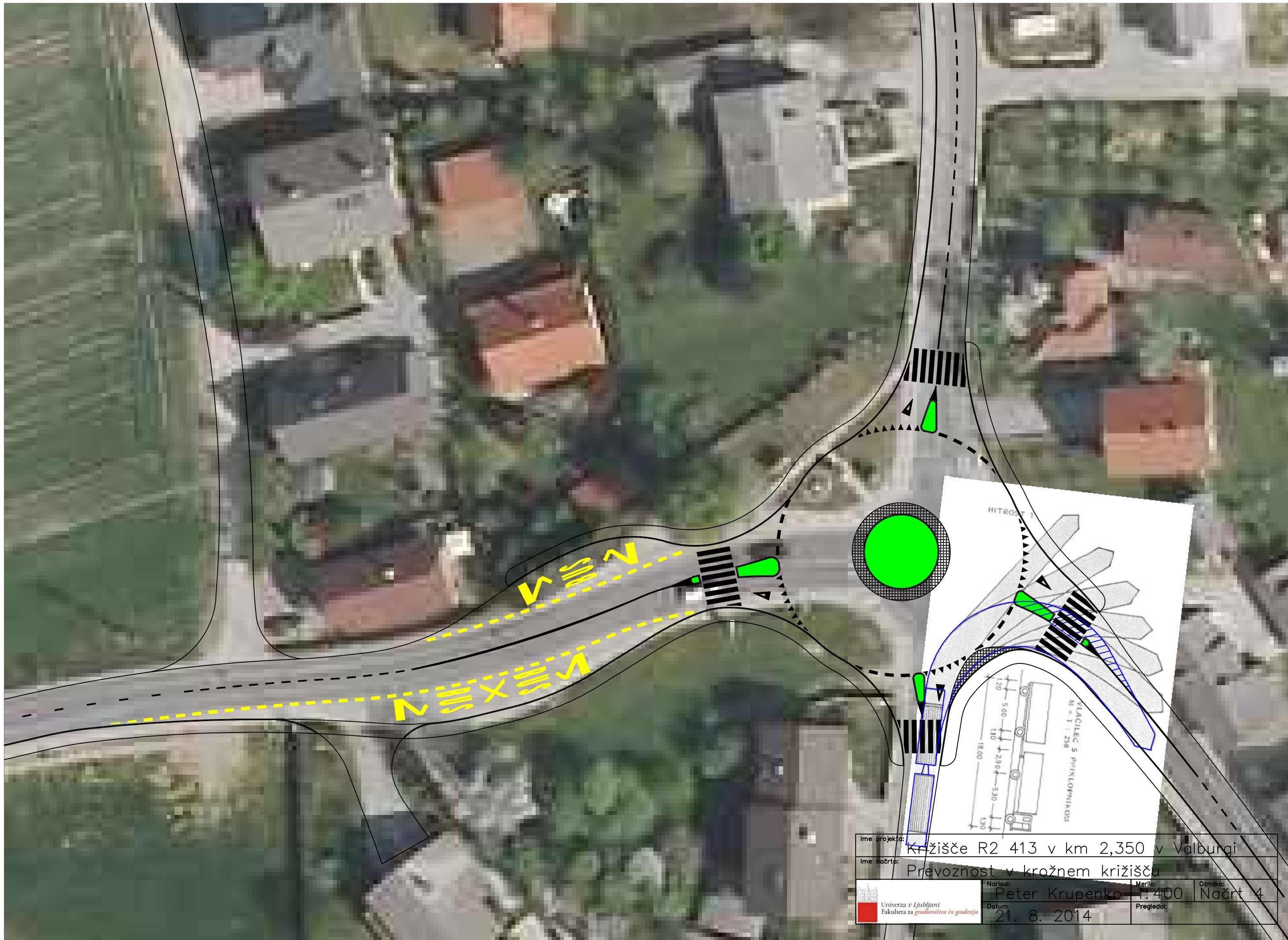
Ime projekta: Križišče R2 413 v km 2,350 v Valburgi			
Ime načrta: Prometna signalizacija v krožnem križišču			
Narisal: Peter Krupenko		Merilo: 1:400	Oznaka: Načrt 2
Datum: 21. 8. 2014		Pregledal:	



 Univerza v Ljubljani
 Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

II-23 
 II-30 



Ime projekta: Križišče R2 413 v km 2,350 v Valburgi			
Ime načrta: Preglednost v krožnem križišču			
 Univerza v Ljubljani Fakulteta za arhitekturo in geodezijo	Narisal: Peter Krupenko	Merilo: 1:400	Oznaka: Načrt 3
	Datum: 21. 8. 2014	Pregledal:	



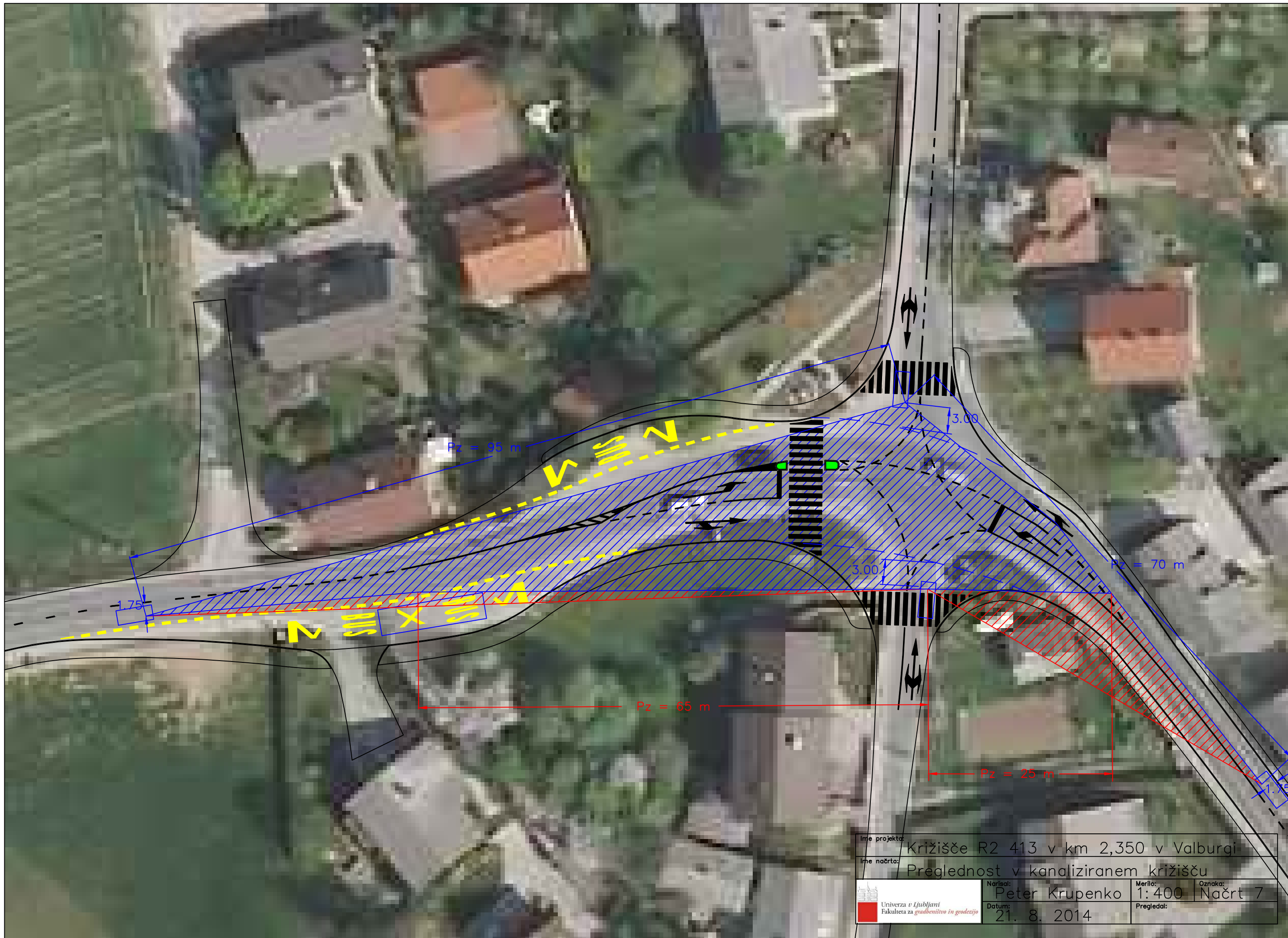
Ime projekta: Kržišče R2 413 v km 2,350 v Valburgi			
Ime načrta: Prevoznost v krožnem kržišču			
 Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo	Narisal: Peter Krupenko	Merilo: 1:400	Oznaka: Načrt 4
	Datum: 21. 8. 2014	Pregledal:	



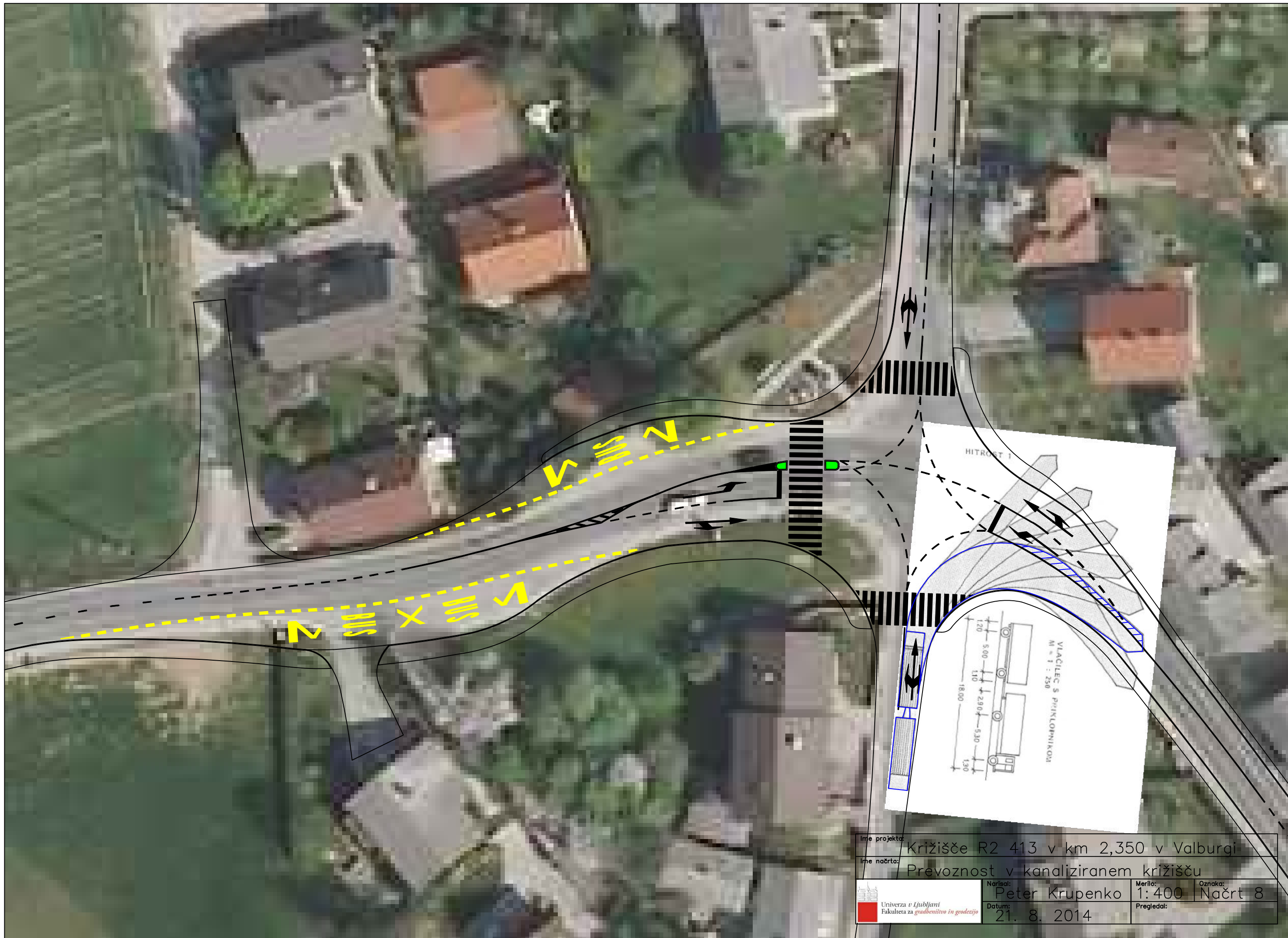
Ime projekta: Križišče R2 413 v km 2,350 v Valburgi			
Ime načrta: Preureditev v kanalizirano križišče			
 Univerza v Ljubljani Fakulteta za arhitekturo in geodezijo	Narisal: Peter Krupenko	Merilo: 1:400	Oznaka: Načrt 5
	Datum: 21. 8. 2014	Pregledal:	



Ime projekta: Križišče R2 413 v km 2,350 v Valburgi			
Ime načrta: Prometna signalizacija v kanaliziranem križišču			
Univerza v Ljubljani Fakulteta za arhitekturo in geodezijo	Narisal: Peter Krupenko	Merilo: 1:400	Oznaka: Načrt 6
	Datum: 21. 8. 2014	Pregledal:	



Ime projekta: Križišče R2 413 v km 2,350 v Valburgi			
Ime načrta: Preglednost v kanaliziranem križišču			
 Univerza v Ljubljani Fakulteta za arhitekturo in geodezijo	Narisal: Peter Krupenko	Merilo: 1:400	Oznaka: Načrt 7
	Datum: 21. 8. 2014	Pregledal:	



Ime projekta:	Križišče R2 413 v km 2,350 v Valburgi		
Ime načrta:	Prevoznost v kanaliziranem križišču		
Narisal:	Univerza v Ljubljani	Merilo:	Oznaka:
	Fakulteta za <i>gradbeništvo in geodezijo</i>	1:400	Načrt 8
Datum:	21. 8. 2014	Pregledal:	