

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:

Grošelj, V., 2014. Rekonstrukcija križišča v Občini Komenda. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lipar, P., somentor Rijavec, R.): 32 str.

Datum arhiviranja: 02-10-2014

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:

Grošelj, V., 2014. Rekonstrukcija križišča v Občini Komenda. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lipar, P., co-supervisor Rijavec, R.): 32 pp.

Archiving Date: 02-10-2014

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

Kandidatka:

VESNA GROŠELJ

**REKONSTRUKCIJA KRIŽIŠČA
V OBČINI KOMENDA**

Diplomska naloga št.: 130/B-GR

**RECONSTRUCTION OF ROAD INTERSECTION IN
MUNICIPALITY OF KOMENDA**

Graduation thesis No.: 130/B-GR

Mentor:

doc. dr. Peter Lipar

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

viš. pred. mag. Robert Rijavec

Ljubljana, 18. 09. 2014

IZJAVE

Podpisana **VESNA GROŠELJ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»Rekonstrukcija križišča v Občini Komenda.«

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

BIBLIOGRAFSKA – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: 625.739(497.7Komenda)(043.2)
Avtor: Vesna Grošelj
Mentor: doc. dr. Peter Lipar
Somentor: viš. pred. mag. Robert Rijavec
Naslov: Rekonstrukcija križišča v Občini Komenda
Tip dokumenta: Dipl. nal. – UNI
Obseg in oprema: 32 str., 8 preg., 14 sl., 5 pril.
Ključne besede: križišče, krožišče, pas za leve zavijalce, prepustnost

Izvleček

V diplomski nalogi se bom lotila rekonstrukcije križišča v Občini Komenda med cestama G2-104 in R2-413 ter priključkom lokalne ceste. Po preučitvi funkcionalnih, prostorskih, prometno-varnostnih in prometno-tehničnih kriterijev ter kriterija prepustnosti, sem se odločila za dve varianti rekonstrukcije, in sicer uvedbo pasu za leve zavijalce ter preureditev križišča v krožišče. Cilj te naloge je, ob upoštevanju prostorskih omejitev, čim bolj zmanjšati zastoje na priključnih krakih v času prometnih konic ter zagotoviti ustrezno prometno varnost za vse udeležence v prometu. Načrte bom risala v programu AutoCAD, pri izrisu prometno-tehničnih elementov in prometne signalizacije pa si bom pomagala s Plateio.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 625.739(497.7Komenda)(043.2)
Autor: Vesna Grošelj
Supervisor: Assist. Prof. Peter Lipar, Ph.D.
Co-advisor: Sen. Lect. Robert Rijavec, M.Sc.
Title: Reconstruction of road intersection in Municipality of Komenda
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 32 p., 8 tab., 14 fig., 5 ann.
Key words: road intersection, roundabout, lane for left turners, capacity

Abstract

In this graduation thesis I am going to reconstruct road intersection in Municipality of Komenda between roads G2-104, R2-413 and junction of local street. After analysing functional, spatial, road-safety, technical and capacity criteria I decided to make two options of reconstruction – introduction of lane for left turners and reorganising the intersection into roundabout. In consideration to spacial restriction, the purpose of this thesis is reducing a traffic jam on joining roads during the rush hour and to assure road safety for all participants in traffic. Designs will be drawn in programme AutoCAD, for projecting technical elements and traffic signs I will be using programme Plateia.

ZAHVALA

Zahvalila bi se mentorju doc. dr. Petru Liparju in somentorju viš. pred. mag. Robertu Rijavcu za strokovno pomoč, nasvete in usmerjanje pri pisanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se Marjanu Potočniku, zaposlenemu na Občini Komenda, da mi je omogočil dostop do podatkov in načrtov.

Zahvala gre tudi družini za moralno podporo in spodbudne besede v času študija ter pri pisanju diplomske naloge.

Posebna zahvala gre Tini, Nuši, Luciji in Aljažu za pomoč pri štetju prometa.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA.....	2
2.1 Lokacija križišča	2
2.2 Geometrija križišča.....	2
2.3 Problematika	3
2.4 Obremenitev križišča.....	4
2.4.1 Jutranja konica.....	5
2.4.2 Popoldanska konica.....	7
2.4.3 Ugotovitve glede prometne obremenitve.....	9
3 KROŽIŠČE	10
3.1 Splošno o krožnih križiščih	10
3.1.1 Osnovni elementi standardnega enopasovnega krožnega križišča	10
3.1.2 Posebnosti krožnih križišč.....	11
3.1.3 Prednosti in pomanjkljivosti.....	11
3.2 Delitev krožnih križišč.....	12
3.2.1 Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost.....	12
3.2.2 Delitev krožnih križišč glede na namembnost.....	13
3.2.3 Delitev krožnih križišč glede na način vodenja posameznih smeri.....	13
3.3 Prometna varnost v krožnih križiščih	14
3.4 Kriteriji za upravičenost izvedbe enopasovnega krožnega križišča	15
3.5 Zmogljivost uvoza po kalibrirani avstrijski metodi.....	16
4 REKONSTRUKCIJA KRIŽIŠČA V KROŽIŠČE	18
4.1 Izhodišča pri načrtovanju krožišča v obstoječem križišču	18
4.2 Mejne vrednosti posameznih geometrijskih elementov	18
4.3 Določitev prometno – tehničnih elementov krožišča	19
4.4 Izračun prepustnosti	21
5 KRIŽIŠČE	22
5.1 Delitev priključkov po vrstah in vrste ukrepov	22
5.2 Projektno – tehnični elementi skupinskega priključka	23
5.2.1 Širine pasov za zavijalce	23
5.2.2 Prometni pasovi za zavijanje levo	23

5.2.3 Prometni pasovi za zavijanje desno	25
5.2.4 Zavijalni loki	25
6 REKONSTRUKCIJA KRIŽIŠČA Z UVEDBO PASOV ZA LEVE ZAVIJALCE.....	27
6.1 Uvedba pasov za leve zavijalce.....	27
6.2 Izračun tehničnih elementov pasu za leve zavijalce.....	27
6.3 Projektiranje križišča	29
7 ZAKLJUČEK.....	30
VIRI	32

KAZALO TABEL

Tabela 1 Obremenitve v jutranji konici	5
Tabela 2 Obremenitve v popoldanski konici.....	7
Tabela 3 Delitev krožnih krožišč glede na lokacijo in velikost.....	12
Tabela 4 Mejne in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov	18
Tabela 5 Izračun prepustnosti.....	21
Tabela 6 Dolžina zaustavljalnega dela.....	24
Tabela 7 Dolžina prehodnega dela pasu.....	24
Tabela 8 Minimalne vrednosti zavijalnih lokov za različne tipe vozil	25

KAZALO SLIK

Slika 1 Makro lokacija križišča	2
Slika 2 Pogled na križišče iz zraka	3
Slika 3 Diagram zavijalcev v jutranji konici	6
Slika 4 Diagram zavijalcev v popoldanski konici	8
Slika 5 Osnovni elementi enopasovnega krožišča	10
Slika 6 Direktno vodenje pasov mimo krožišča	13
Slika 7 Konfliktne točke v štirikrakem klasičnem in krožnem križišču	14
Slika 8 Vodenje krakov v krožno križišče	15
Slika 9 Določitev faktorja α v odvisnosti od B	16
Slika 10 Določitev središčnega kota med konfliktnima točkama	17
Slika 11 Elementi prevoznosti za merodajno vozilo sedlasti vlačilec	19
Slika 12 Primer priključevanja stranske prometne smeri na glavno prometno smer	22
Slika 13 Elementi pasu za leve zavijalce	23
Slika 14 Konstrukcija pasu za zavijanje v desno v priključkih v urbanem okolju	25

SEZNAM PRILOG

Priloga št. 1: Krožišče – gradbena situacija

Priloga št. 2: Krožišče – prometna situacija

Priloga št. 3: Pas za leve zavijalce – gradbena situacija

Priloga št. 4: Pas za leve zavijalce – prometna situacija

Priloga št. 5: Pas za leve zavijalce – prerez A-A

1 UVOD

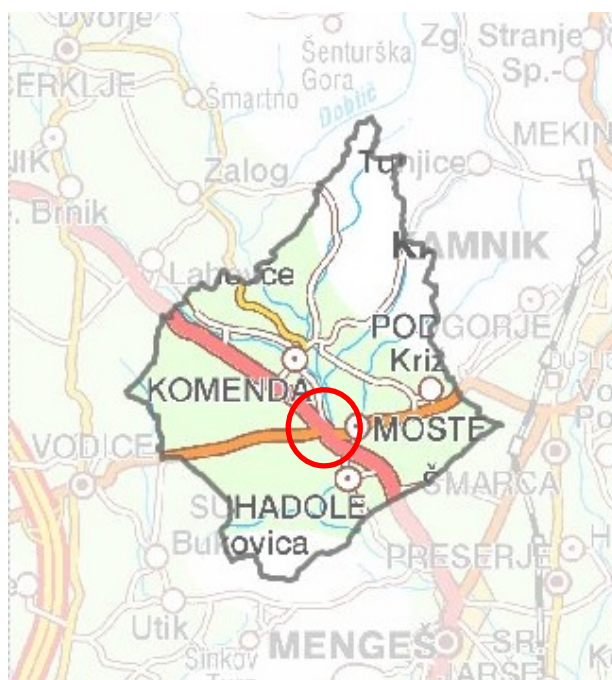
Teme diplomske naloge ni bilo težko določiti, glede na to, da se obravnavno križišče nahaja v moji domači občini in se tako večkrat dnevno srečujem z njegovo problematiko. Velikokrat se to križišče omenja v raznih pogovorih, vendar za enkrat do kakšne konkretne rešitve še ni prišlo. Ravno med čakanjem v koloni, sem prišla do ideje, da bi bilo zanimivo, če bi sama malo raziskala to temo in poskušala najti najbolj optimalno rešitev.

Križišča, kot točke, kjer prihaja do stikanja dveh ali več cest, predstavljajo neko kritično območje v prometnem toku, pa najsi bo to z vidika prometne varnosti ali pa z vidika prepustnosti. Obravnavano križišče, ki leži na stiku glavne in regionalne ceste, je sporno predvsem zaradi prepustnosti, zlasti v času prometne konice. Križišče je sicer semaforizirano, vendar ni nobenih smernih pasov, prav tako so kraki rahlo zamaknjeni, zato večkrat prihaja do nesporazumov glede poti križanja, še posebej v primeru levih zavijalcev. Ravno ti nesporazumi, ki močno zmanjšujejo pretočnost, povzročajo velike zastoje v času urne konice. Namen te naloge je preučiti možne variante preureditve obravnavanega križišča, ki bi omogočale boljšo prepustnost in varnost križišča. Predvidene rešitve so razširitev križišča in uvedba smernih pasov ali oblikovanje krožišča.

2 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA

2.1 Lokacija križišča

Križišče leži v osrčju občine Komenda in predstavlja križanje dveh državnih cest, in sicer glavne ceste 2. reda G2-104 in regionalne ceste 2. reda R2-413. Glavna cesta poteka med krajema Spodnji Brnik in Mengeš, regionalna cesta pa povezuje Vodice in Kamnik. Glede na to, da križišče predstavlja vez med pomembnejšimi slovenskimi kraji, je skoraj nedopustno, da je tako skromno opremljeno.



Slika 1 Makro lokacija križišča

(Vir: <http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=KOMENDA>)

2.2 Geometrija križišča

Iz spodnje slike lahko vidimo, da je križišče precej nesimetrično, diagonala v smeri B – D meri približno 37 m, v smeri A – C pa več kot dvakrat manj, to je 15,37 m. Širine vozniških pasov na krakih, ki vodijo v križišče, so med 3,0 in 3,5 m.

Opazimo lahko tudi, da se na krak, ki prihaja iz smeri Kamnika priključuje še lokalna cesta, ki vodi v Komendo. Zato je na kraku A poseben pas za desne zavijalce.

Problem tega križišča je tudi prostorska stiska. Kot vidimo iz situacije se med vsem kraki nahajajo stanovanjska ali gospodarska poslopja, le med krakoma A in D obstaja nekaj več nepozidanega prostora, ki je trenutno namenjen parkiriščem.



Slika 2 Pogled na križišče iz zraka

(Vir: <http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=KOMENDA>)

2.3 Problematika

Križišče je sporno predvsem iz dveh razlogov – iz vidika prometne varnosti in prepustnosti. Največji problem, po mojem mnenju, predstavlja dejstvo, da je na vsakem kraku samo en pas za vse zavijalce. Do zastojev tako prihaja predvsem v primeru, če kdo zavija levo. Lahko se celo zgodi, da v celotnem intervalu zelene luči križišče prevozi samo eno vozilo. Ob dejstvu, da smo vozniki vedno bolj nestrpni, sploh v času jutranjih in popoldanskih konic, se dogaja, da skušajo vozniki na silo obvoziti vozilo, ki zavija levo. Nemalokrat vozijo kar po pločniku, pri čemer ogrožajo kolesarje in pešce.

Drugi problem je, da priključki križišča ne potekajo pravokotno drug na drugega oz. so rahlo zamaknjeni, zato težave povzročata tudi križanje dveh levih zavijalcev. Ali se križajo zadaj ali pa preprosto uporabijo »zakon močnejšega«.

Zaradi zamaknjenosti krakov križišče predstavlja velik problem tudi za voznike priklopnih vozil in avtobusov, ki nimajo druge rešitve kot da vozijo po robnikih oz. pločnikih, pri tem pa močno zmanjšujejo pretočnost in povzročajo škodo na infrastrukturi.

Zamaknjenost pa je z vidika prometne varnosti kritična predvsem ponoči, ko semaforji ugasnejo in se je potrebno samostojno vključiti na prednostno cesto, ki poteka v smeri Mengeš – Brnik. Omeniti velja, da je ta cesta z geometrijskega vidika zelo ravna, zato hitrosti večkrat presegajo dovoljenih 50 km/h. Vidljivost še dodatno zmanjšujejo objekti in nasadi cipres direktno ob cesti.

Velik vpliv na pretočnost križišča ima tudi priključek lokalne ceste iz smeri Komende na krak A. Največji problem so vozniki, ki izvažajo proti Kamniku, nato pa takoj zavijajo levo proti Komendi. Ker morajo počakati vse ostale voznike na kraku A, za njimi nastaja kolona, ki sega v obravnavano križišče glavnih cest in ga na ta način tudi večkrat popolnoma zablokira.

Vsi naštetih razlogi so vzrok za zastoje in kolone na posameznih priključkih ter za slabo voljo voznikov. Zato ne čudi dejstvo, da so se ljudje, ko smo šteli promet, ustavljali in prosili, naj vendar kaj ukrenemo glede tega križišča.

2.4 Obremenitev križišča

Obremenitev križišča, ki sem jo upoštevala v nadaljnjih izračunih, sem pridobila na podlagi štetja prometa, ki smo ga izvedli v sredo, 21.5.2014, v času, da smo zajeli jutranjo in popoldansko prometno konico.

Promet smo šteli na vseh štirih krakih križišča, pri čemer smo upoštevali tudi, v katero smer zavijajo vozila – torej levo, naravnost ali desno. Za poimenovanje krakov veljajo naslednje oznake:

- krak A pomeni priključek iz smeri Kamnika,
- krak B pomeni priključek iz smeri Brnika,
- krak C pomeni priključek iz smeri Vodice,
- krak D pomeni priključek iz smeri Mengeša.

Vozila smo razdelili na osebna vozila, tovornjake, avtobuse in težke priklopnike. Pri računu merodajne obremenitve sem privzela, da velja:

- 1 osebni avto = 1 enota osebnih vozil (krajše EO),
- 1 avtobus = 2 EO,

- 1 tovornjak = 2 EOv,
- 1 težki priklopnik = 3 EOv.

2.4.1 Jutranja konica

Za jutranjo konico sem predpostavila čas med 6.30 in 8.30. Po analizi podatkov, ki sem jih pridobila iz štetja prometa, sem za dano križišče v času jutranje konice privzela naslednje obremenitve:

Tabela 1 Obremenitve v jutranji konici

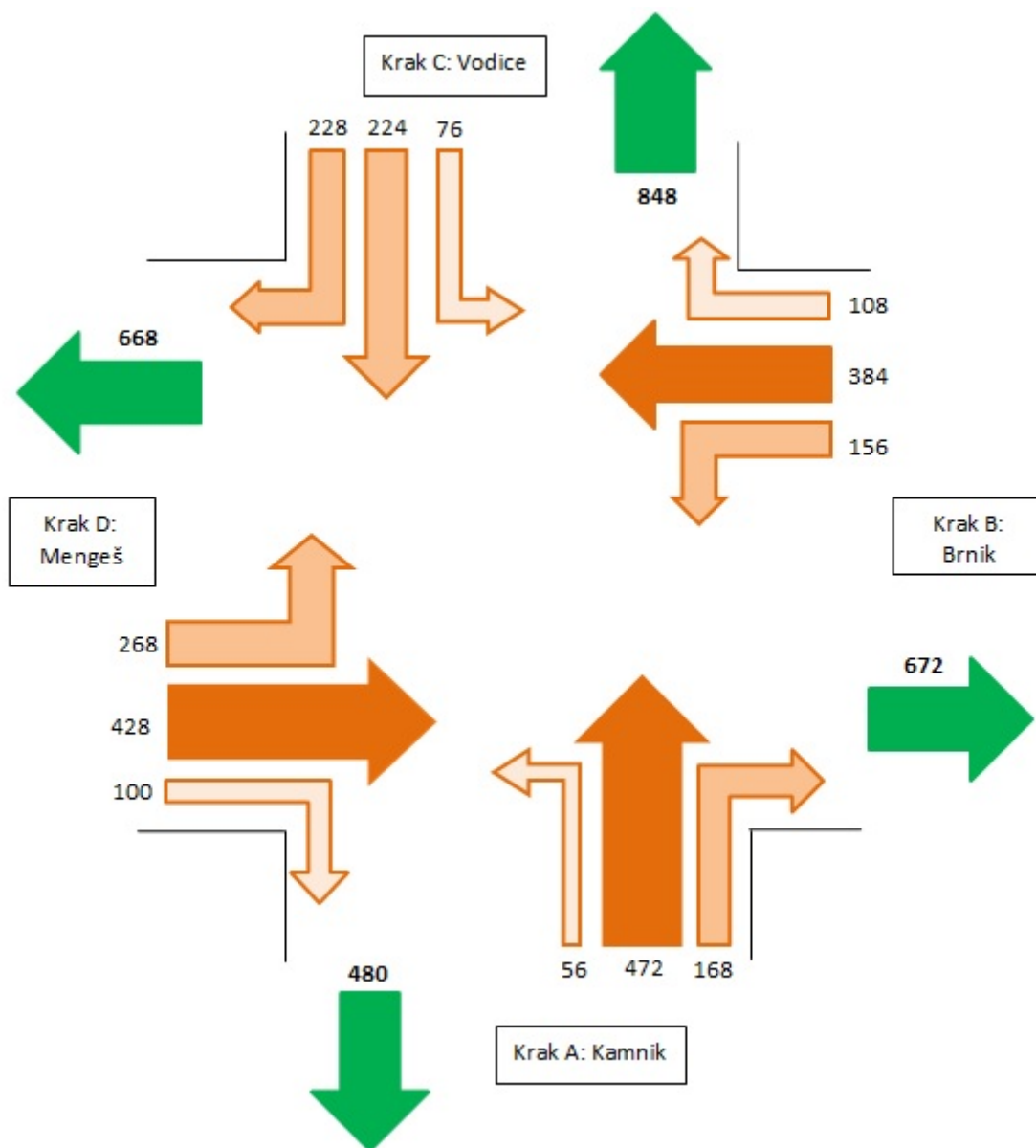
KRAK	LEVO	NARAVNOST	DESNO	SKUPAJ
A	56	472	168	696
B	156	384	108	648
C	76	224	228	528
D	268	428	100	796

Iz preglednice je razvidno, da je zjutraj glede uvoza najbolj obremenjen krak D, to je priključek iz smeri Mengša, sledita priključka iz smeri Kamnika in Brnika, priključek iz smeri Vodice pa je najmanj prometno obremenjen. Vendar pa se presenetljivo na kraku D ne pojavlja kolona daljša od 200 metrov, medtem ko je na kraku A kolona vozila lahko dolga tudi do 350 metrov.

Pot vozil oz. njihova smer vožnje je bolj natančno razvidna iz diagrama zavijalcev, kjer lahko vidimo, da je v jutranji konici zelo obremenjena smer Mengeš – Brnik in obratno, kar je logično, glede na to, da gre za glavno cesto med dvema krajema, ki povezujeta večja mesta, kot so Domžale, Ljubljana in Kranj, ter letališče.

Druga večja obremenitev poteka v smeri Vodice, kar je posledica tega, da je tam priključek na avtocesto A1, za smeri Ljubljana in Kranj.

Podatki iz razpredelnice so grafično prikazani z diagramom zavijalcev.



Slika 3 Diagram zavijalcev v jutranji konici

V diagramu zavijalcev so z zeleno puščico prikazana vozila, ki izvažajo v določeni smeri. Vidimo, da je zjutraj najbolj obremenjen izvoz za Vodice, najmanj pa izvoz proti Kamniku.

2.4.2 Popoldanska konica

Za popoldansko konico sem predpostavila čas med 15.00 in 17.00. Po analizi podatkov, ki sem jih pridobila iz štetja prometa, sem za dano križišče v času popoldanske konice privzela naslednje obremenitve:

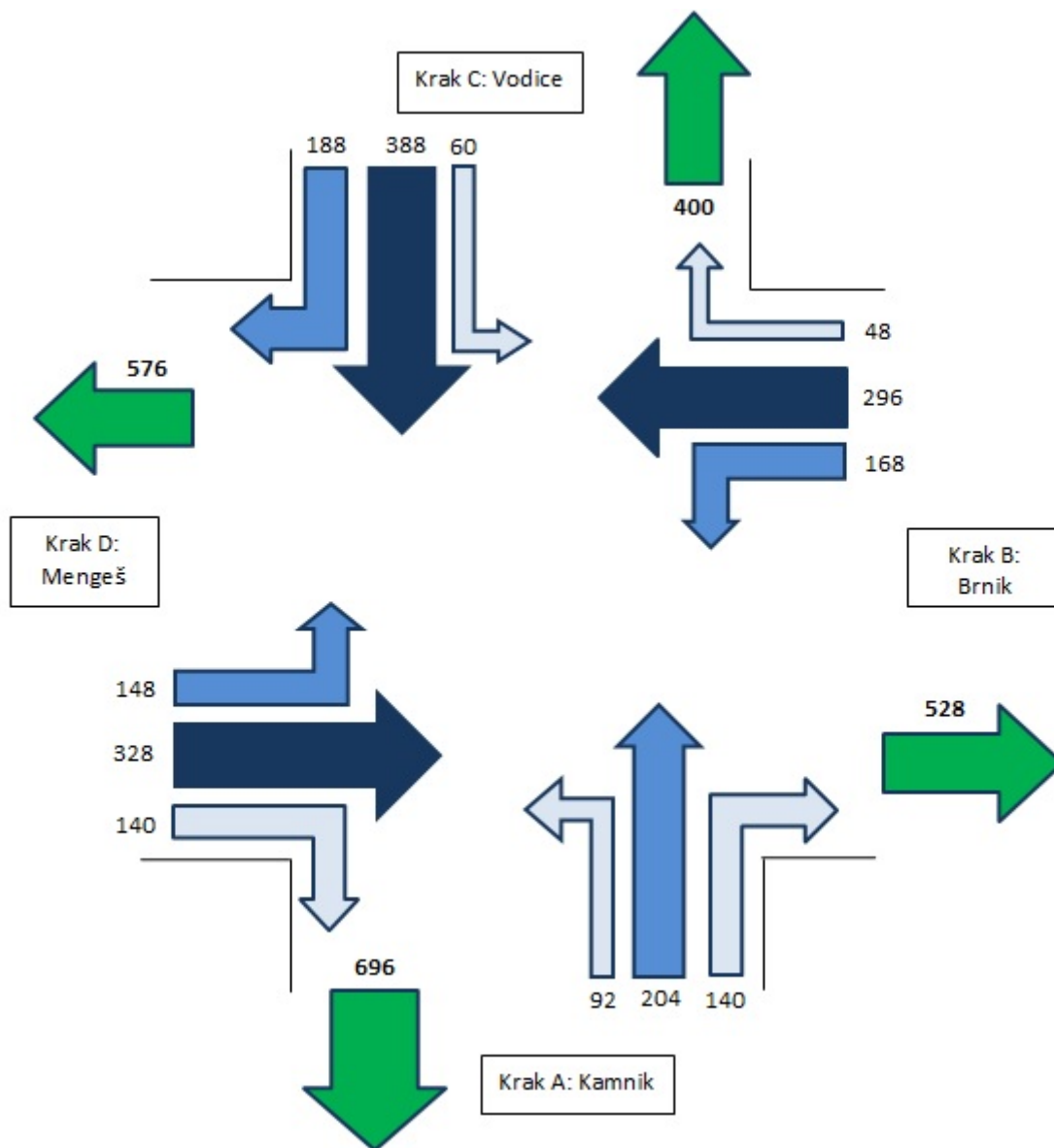
Tabela 2 Obremenitve v popoldanski konici

KRAK	LEVO	NARAVNOST	DESNO	SKUPAJ
A	92	204	140	436
B	168	296	48	512
C	60	388	188	636
D	148	328	140	616

Iz preglednice in diagrama zavijalcev, ki je podan spodaj, lahko vidimo, da v popoldanski konici glavne prometne obremenitve potekajo ravno v nasprotnih smereh kot zjutraj, kar je dokaj logično, saj gre večinoma za dnevne migracije prebivalstva. Tako je najbolj obremenjen priključek iz smeri Vodice, kjer se pojavlja tudi več kot 700 metrov dolga kolona.

Druga večja obremenitev pa poteka v smeri Mengeš – Brnik in obratno. Na priključku iz smeri Mengeš nastaja do 150 metrov dolga kolona, na priključku iz smeri Brnika pa se kljub dokaj visoki obremenitvi daljša kolona ne pojavlja.

Podatki iz razpredelnice so grafično prikazani v diagramu zavijalcev.



Slika 4 Diagram zavijalcev v popoldanski konici

V diagramu zavijalcev so z zeleno puščico prikazana vozila, ki izvažajo v določeni smeri. Razvidno je, da je v popoldanski konici največ voznikov vozi v smeri proti Kamniku oziroma kasneje zavijejo na lokalno cesto proti Komendi.

2.4.3 Ugotovitve glede prometne obremenitve

Ugotovila sem, da je prometna obremenitev križišča večja v jutranji konici, kjer so kraki z izjemo kraka C dokaj enakomerno obremenjeni. V popoldanski konici pa najbolj izstopa ravno krak C, kjer se pojavljajo največji zastoji tudi do 700 m.

Zanimivo je, da se na krakih B in D ne pojavljajo večji zastoji, medtem ko na krakih A in C se. To gre pripisati dejstvu, da se levi zavijalci lažje križajo v smeri B – D, saj je križišče tu približno dvakrat širše kot v smeri A – C. Poleg tega uvoz v križišče s kraka A poteka rahlo navzgor, kar vpliva na povečanje časa za speljevanje pri voznikih.

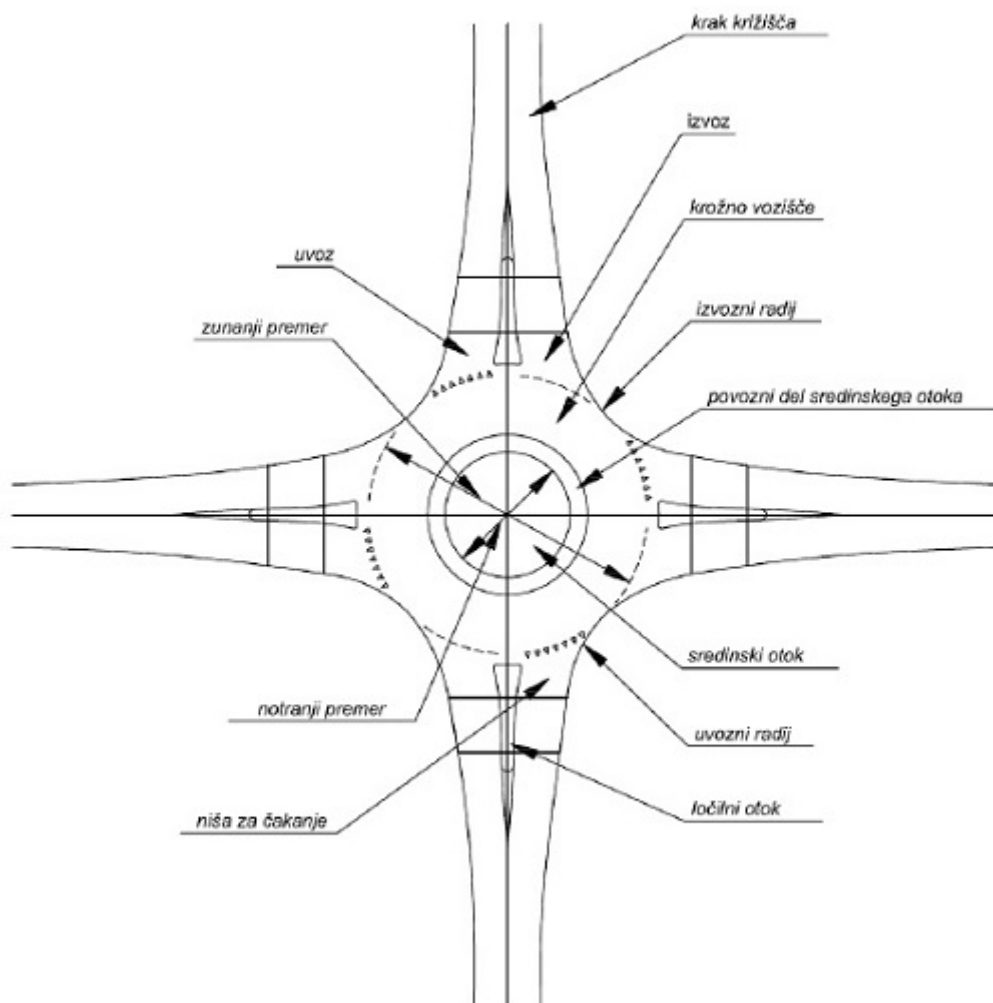
Priključek lokalne ceste na krak A, ki se nahaja le nekaj metrov od glavnega križišča, z vidika prometne obremenitve ni problematičen, saj je obremenitev v primerjavi z ostalimi kraki zanemarljiva, zato na tem priključku tudi nismo šteli prometa. Priključek ima tako zaradi svoje neugodne lege v bližini križišča le posreden vpliv na zastoje na glavnih krakih.

3 KROŽIŠČE

3.1 Splošno o krožnih križiščih

3.1.1 Osnovni elementi standardnega enopasovnega krožnega križišča

Spodnja slika prikazuje osnovne elemente krožišča. To so: krak križišča, uvoz, uvozni radij, ločilni otok, zunanji premer, sredinski otok, povozni del sredinskega otoka, krožno vozišče, izvoz, izvozni radij, ločilni otok in niša za čakanje.



Slika 5 Osnovni elementi enopasovnega krožišča
(Vir: DRSC, 2011, str. 9)

3.1.2 Posebnosti krožnih križišč

Posebnosti krožnih križišč, po katerih se razlikujejo od klasičnih nivojskih križišč, so:

- krožna križišča so križišča s kombinacijo prekinjenega in neprekinjenega prometnega toka,
- prednost imajo vozila v krožnem toku pred vozili na uvozi v križišče,
- vozilo na uvozu v križišče se, v primeru prostega krožnega vozišča, ne ustavlja temveč z zmanjšano hitrostjo uvozi v krožni tok,
- krožna križišča, ne glede na tip in način izvedbe, omogočajo le vožnjo z majhnimi hitrostmi in velikim zasučnim kotom prednjih koles,
- za pešce in kolesarje veljajo enaka pravila kot v klasičnih križiščih,
- prepovedana je vožnja v vzvratno smer,
- dolgim vozilom je dovoljeno tekom vožnje po krožišču uporabljati tudi neasfaltirani (tlakovani) del krožnega vozišča (povozni del sredinskega otoka); za majhna vozila za to ni potrebe.

3.1.3 Prednosti in pomanjkljivosti

Prednosti krožnih križišč v primerjavi s klasičnimi križišči so predvsem v naslednjih lastnostih:

- visoka raven prometne varnosti,
- možnost prepuščanja prometnih tokov velikih jakosti,
- manjši čakalni časi (kontinuiranost vožnje),
- manjši hrup in emisija škodljivih plinov,
- manjša poraba prostora (kot pri nivojskih s pasovi za zavijalce),
- dobra rešitev pri križanjih s približno enako jakostjo prometnega toka na glavni in stranski prometni smeri,
- dobra rešitev pri večkrakih križiščih (pet ali več),
- manjše posledice prometnih nesreč (ni čelnih trkov in trkov pod pravim kotom),
- manjši stroški vzdrževanja,
- dobra rešitev kot ukrep za umirjanje prometa v urbanih območjih,
- estetski videz.

Pomanjkljivosti krožnih križišč pa so:

- s povečanjem števila pasov v krožnem vozišču se raven prometne varnosti zmanjšuje (nasprotno od klasičnih nivojskih križišč),

- večje število krožnih križišč v vrsti ne omogoča sinhronizacije,
- težave s pomanjkanjem prostora za izvedbo sredinskega otoka v pozidanem območju,
- prometa v krožnem križišču ni mogoče voditi s prometno policijo,
- krožna križišča niso priporočljiva na mestih, kjer nemotorizirani udeleženci v prometu zaradi svojih fizičnih prizadetosti (slepi, slabovidni, slušno moteni itd.) ne morejo varno prečkati ceste brez svetlobnih signalnih naprav,
- krožna križišča velikih dimenzij niso priporočljiva na mestih z velikim številom otrok,
- možni problem s prepustnostjo pri močnem prometnem toku nemotoriziranih udeležencev.

3.2 Delitev krožnih križišč

3.2.1 Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost

V splošnem lahko razdelimo krožna križišča glede na lokacijo in velikosti v naslednje skupine, ki so navedene v spodnji tabeli.

Tabela 3 Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost
(Vir: DRSC, 2011, str. 8)

Tip krožnega križišča	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 veliko izven urbano	35 - 45	22.000
Krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča	40 - 70	40.000
Veliko izven urbano	> 70	-

Srednje velika urbana krožna križišča se uporabljajo na bolj obremenjenih voziščih v urbanih okoljih. Projektno – tehnični elementi morajo biti izbrani tako, da zagotavljajo maksimalne hitrosti vozil do 40 km/h. Velik poudarek je na vodenju pešcev in kolesarjev, ki so višinsko ločeni od vozišča. Ločilni otoki omogočajo zadosten prostor za varovanje kolesarja med voznimi pasovi na uvozu/izvozu.

3.2.2 Delitev krožnih križišč glede na namembnost

Po namembnosti ločimo tri osnovne tipe krožnih križišč:

- krožna križišča za umirjanje prometa: izvedba v urbanih in prehodnih območjih,
- krožna križišča za omejevanje prometa: izvedba v urbanih območjih, kjer hočemo omejiti in z ustreznimi geometrijskimi elementi zagotoviti maksimalno dopustno ali v naprej predpisano kapaciteto,
- krožna križišča za zagotavljanje čim večje kapacitete pri zadostni varnosti: samo izven urbanih območij.

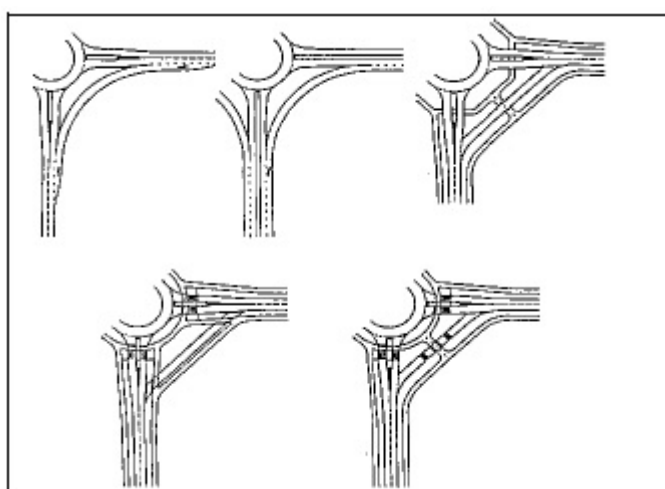
3.2.3 Delitev krožnih križišč glede na način vodenja posameznih smeri

Glede na način vodenja posamezne smeri ločimo:

- nivojsko vodenje,
- izven nivojsko vodenje.

Pri nivojskem vodenju krakov krožnega križišča poznamo dve izvedbi vodenja pasov priključkov:

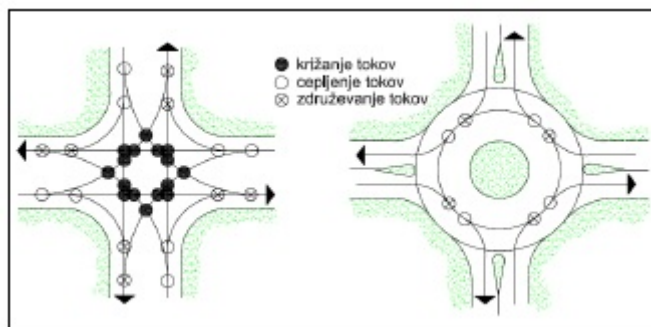
- vodenje pasov v krožno križišče,
- vodenje pasov mimo krožnega križišča (direktno vodenje).



Slika 6 Direktno vodenje pasov mimo krožišča
(Vir: DRSC, 2011, str. 9)

3.3 Prometna varnost v krožnih križiščih

S stališča zagotavljanja prometne varnosti je, v primerjavi s klasičnimi križišči, glavna prednost enopasovnih krožnih križišč v eliminaciji konfliktne površine in konfliktnih točk prvega (križanje) reda in drugega (prepletanje) reda ter zmanjšanje števila konfliktnih točk tretjega (priključevanje, odcepljanje) reda.



Slika 7 Konfliktne točke v štirirakem klasičnem in krožnem križišču
(Vir: DRSC, 2011, str. 10)

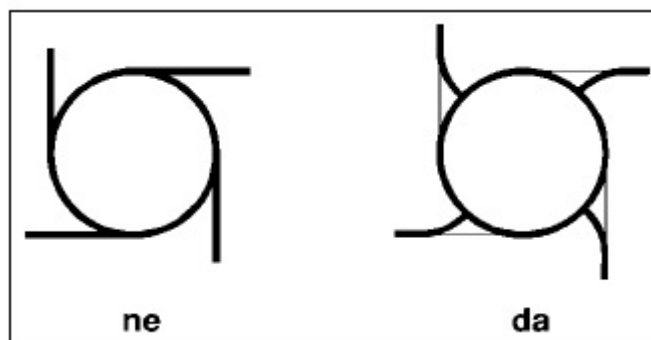
Tudi posledice prometnih nesreč v krožiščih so bistveno drugačne kot pri klasičnih. Predvsem so manjše in načeloma brez smrtnih žrtev in težkih telesnih poškodb. Vzrok za to je, da so trki med vozili pri krožnih križiščih večinoma stranski, pod ostrim kotom ali od zadaj.

Trki med motornimi vozili in kolesarji ali pešci, ki prečkajo krak krožišča, so enaki kot pri klasičnih križiščih, le posledice trkov so zaradi zmanjšane hitrosti na uvozih in izvozih nekoliko manjše.

Prometna varnost pešcev in kolesarjev je odvisna predvsem od pravilne izvedbe vertikalne in horizontalne signalizacije in ločilnih otokov ter uporabljenega načina vodenja kolesarskega prometa v območju krožnega križišča. Za to sta primerna dva načina:

- mešano vodenje kolesarskega in motornega prometa,
- samostojno vodenje (vzporedno z robniki ali v obliki koncentričnega kroga).

Vodenje krakov cest v krožno križišče naj bo čim bolj pravokotno (zmanjšanje hitrosti, pregledno polje pravilne oblike ...). Primerno vključevanje vozila v krožni lok dosežemo z izbiro uvoznega radija primerne velikosti. Tangencialno vodenje uvoznega pasu v križišče povzroča nerazumljivost pravila prednosti vozil v krožnem loku pred vozili na uvozu, velike hitrosti vozil na uvozu, nepreglednost pri vključevanju vozil v križišče in nalete vozil.



Slika 8 Vodenje krakov v krožno križišče

(Vir: DRSC, 2011, str. 12)

Velikosti izvoznih radijev so odvisne od velikosti krožnega križišča, števila voznih pasov v krožnem toku in oblike sredinskega ločilnega otoka (stožec ali lijak), pri čemer velja, da morajo biti velikosti izvoznih radijev vedno večje od velikosti uvoznih radijev, le izjemoma so lahko enake. Pri majhnih enopasovnih krožnih križiščih ($8 \text{ m} \leq R_n \leq 14,5 \text{ m}$) in srednje velikih krožnih križiščih ($14,5 \text{ m} \leq R_n \leq 21 \text{ m}$) s sredinskimi ločilnimi otoki stožčaste oblike, je primerna uporaba izvoznega radija velikosti 12m oz. 15 m.

Prehodi za pešce in kolesarje naj bodo navzven iz krožnega križišča za dolžino enega do dveh vozil. Minimalna dolžina niše za čakanje naj bo 4,5 m, največja pa 10 m. Z izvedbo niše za čakanje se izboljša prometna varnost nemotoriziranih udeležencev v prometu, hkrati pa se poveča prepustnost krožišča, saj kolesarji in pešci v manjši meri ovirajo vključevanje vozil v krožni tok.

Povozni del sredinskega otoka mora biti izveden tako, da bo vozila odvrčal od vožnje (grobozrnati materiali, tlakovano), hkrati pa tako, da bo omogočal vožnjo dolgim vozilom. Izvaja se le pri majhnih in srednje velikih krožnih križiščih, v širini 1 – 2 m (odvisno od velikosti notranjega radija). Stik povoznega dela sredinskega otoka in krožnega vozišča je smiselno denivelirati (2 – 3 cm).

3.4 Kriteriji za upravičenost izvedbe enopasovnega krožnega križišča

Pri argumentaciji smiselnosti in upravičenosti izvedbe krožnega križišča se poslužujemo preveritve izpolnjevanja naslednjih kriterijev:

- funkcionalni kriterij,
- kriterij prepustnosti,
- prostorski kriterij,
- projektno – tehnični kriterij,

- kriterij prometne varnosti,
- ekonomski kriterij.

3.5 Zmogljivost uvoza po kalibrirani avstrijski metodi

Ker je zmogljivost krožnega križišča odvisna od zmogljivosti uvozov v krožno vozišče, je potrebno ugotoviti zmogljivosti vsakega posameznega uvoza. Za to uporabimo:

$$Q_e = L_e = \frac{1500 - \frac{8}{9} Q_b}{\gamma}, \quad Q_b = \beta \cdot Q_c + \alpha \cdot Q_a, \text{ kjer je:}$$

L_e ... zmogljivost ali prometna prepustnost uvoza [EOV/h],

Q_b ... jakost prometa prednostnih prometnih tokov [EOV/h],

Q_a ... jakost prometa na izvozu [EOV/h],

Q_c ... jakost prometa na krožnem vozišču [EOV/h].

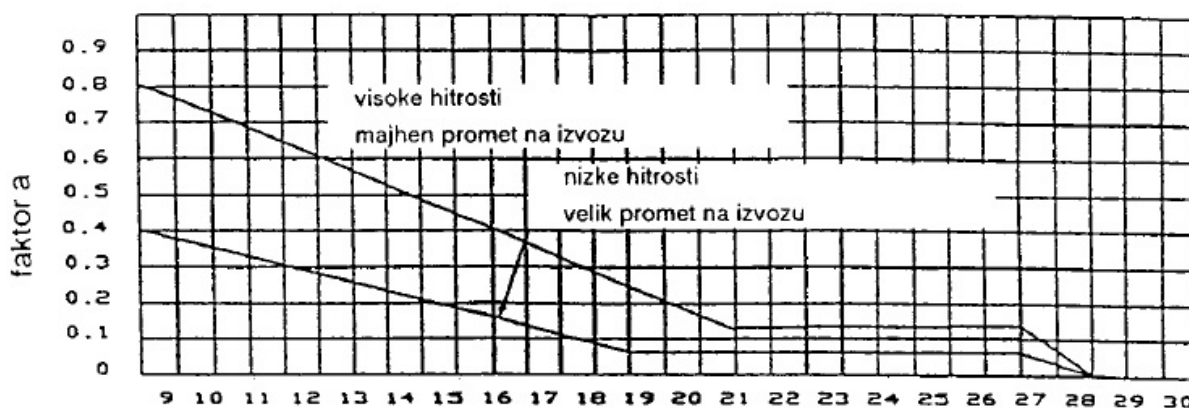
Faktor geometrije α določamo v odvisnosti od razdalje B med konfliktnima točkama x in y. Primer enopasovnega uvoza v krožišče:

$$B = \frac{(D - FB) \cdot \pi \cdot \varphi}{180}, \text{ kjer je:}$$

D ... zunanji premer krožišča [m],

FB ... širina krožnega vozišča [m],

φ ... polovični središčni kot med konfliktnima točkama [°].



Slika 9 Določitev faktorja α v odvisnosti od B
(Vir: DRSC, 2011, str. 21)

Središčni kot med konfliktnima točkama je odvisen od geometrijske izvedbe krožnega križišča:

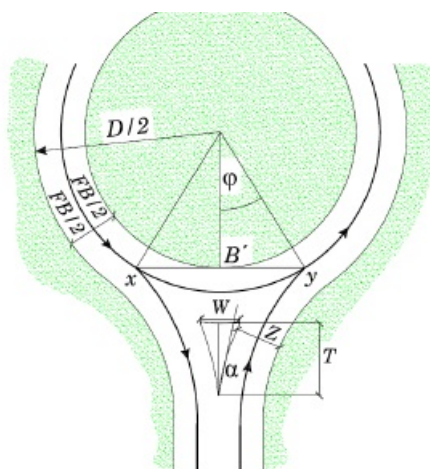
$$\sin \varphi = \frac{B'}{(D - FB)} \text{ [rad]}, \quad B' = \frac{(T + \frac{FB}{2} + \frac{Z}{2} \sin \alpha) \cdot W}{T} \text{ [m]}, \text{ kjer je:}$$

T ... dolžina ločilnega otoka [m],

W ... širina ločilnega otoka [m],

Z ... širina uvoza [m],

α ... polovični ostri kot ločilnega otoka [°], $\tan \alpha = \frac{W}{2T}$ [rad].



Slika 10 Določitev središčnega kota med konfliktnima točkama
(Vir: DRSC, 2011, str. 21)

Faktor β odraža vpliv števila voznih pasov krožnega vozišča:

- enopasovno: $\beta = 0,9 - 1,0; 0,95$ (srednja),
- dvopasovno: $\beta = 0,6$ (zelo velika) – $0,84$ (velika); $0,7$.

Faktor γ odraža vpliv števila voznih pasov na uvozu:

- enopasovni: $\gamma = 0,9$ (srednje) – $1,0$ (manjše krožišče); $1,0$,
- dvopasovni: $\gamma = 0,5 - 0,7; 0,67$.

Stopnjo obremenjenosti posameznega uvoza, ki naj ne presegajo 90% maksimalne urne prometne obremenitve, izračunamo:

$$X_i = \frac{Q_{mer,i}}{Q_{e,i}}$$

4 REKONSTRUKCIJA KRIŽIŠČA V KROŽIŠČE

4.1 Izhodišča pri načrtovanju krožišča v obstoječem križišču

Pri projektiranju krožišča v obstoječem križišču glavne in regionalne ceste bo potrebno upoštevati predvsem naslednje zahteve oz. parametre:

- umestitev krožišča v prostor,
- dovolj velik radij, ki bo omogočal enostaven prevoz krožišča za avtobuse in težke priklopnike,
- rešitev priključka lokalne ceste na krak A,
- izbira ustreznih geometrijskih parametrov, ki bodo zagotavljali zahtevano prepustnost krožišča,
- zagotovitev prometne varnosti za vse udeležence prometa.

4.2 Meje vrednosti posameznih geometrijskih elementov

Vsako križišče je specifično, zato lahko projektno-tehnične elemente podajamo samo v priporočenih mejah, ki izhajajo iz prometno-tehničnih ali varnostnih vidikov. Vrednosti v tabeli veljajo samo za enopasovna krožišča in so dobljene izkustveno, zato je potrebno vsako odstopanje od teh okvirov dobro pretehtati, saj bi lahko imelo neugodne posledice na varnost križišča.

Tabela 4 Meje in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov
(Vir: DRSC, 2011, str. 25)

element	simbol	enota	meje 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	12,0 – 100,0	30,0 – 50,0
premer	D	m	27,0 – 172,0	27,0 – 100,0
vpadni kot	Φ	°	0,0 – 77,0	10,0 – 60,0
uvozni radij	R	m	6,0 – 100,0	8,0 – 45,0
širina krož. pasu	u	m	4,5 – 25,0	5,4 – 16,2
ostrina razširitve	S	/	0,0 – 2,9	0,0 -2,9

4.3 Določitev prometno – tehničnih elementov krožišča

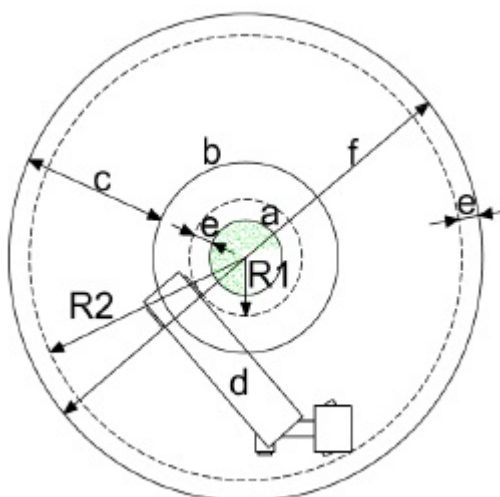
Obstoječe križišče bom spremenila v pet-krako srednje veliko urbano krožišče, kar pomeni, da mora biti zunanji premer med 30 in 40 metri. Okvirna kapaciteta takega krožišča je 20.000 vozil/dan.

Pri načrtovanju krožišča moram biti pozorna tudi na to, da bo krožišče dovolj veliko, da bo omogočalo prevoz sedlastega vlačilca. Da bi bilo to zagotovljeno, morajo biti glavni oblikovni elementi v določenem razmerju in določenih minimalnih velikosti. Tako sem se na podlagi tehnične specifikacije, ki se navezuje na krožna krožišča, odločila za naslednje velikosti elementov:

Premer sredinskega otoka [m]	R1 [m]	R2 [m]	Minimalni zunanji premer krožišča [m]
18,0	10,0	17,0	36,0

Navedene elemente prikazuje spodnja slika, kjer je:

- a ... sredinski otok,
- b ... sredinski otok + povozni del sredinskega otoka,
- d ... merodajno vozilo,
- e ... varovalna razdalja (znotraj katere ne sme biti fizičnih ovir) 1,0 m,
- f ... zunanji premer krožnega križišča.



Slika 11 Elementi prevoznosti za merodajno vozilo sedlasti vlačilec

(Vir: DRSC, 2011, str. 26)

Za povozni del krožišča sem predvidela širino 2 m. Z upoštevanjem zgoraj naštetih omejitev, iz tega sledi, da za širino voznega pasu ostane 6 metrov, kar je v okviru priporočenih dimenzij.

Pri načrtovanju krožišča sem naletela na težavo, ko so se zaradi majhnosti radija in 5 priključnih krakov, posamezni elementi med seboj križali. Ker nisem želela delati posebnih pasov za desne zavijalce, saj krožišče leži v naselju in poleg križanja cest predstavlja tudi način za umirjanje prometa, sem se zaradi prostorske stiske rajši odločila za zmanjšanje uvoznih in izvoznih radijev ter širine uvoza in izvoza. Kljub temu uvozni radij nikjer ni manjši od $R = 10$ m, kar je še vedno v okviru priporočenih dimenzij. Izvozni radiji so enaki ali, kjer to dopušča prostor, večji od uvoznih. Širine uvozov v krožišče so 4,0 m, širine izvozov pa med 4,20 in 4,40 m. Le z zmanjšanjem dimenzij sem lahko zagotovila, da se elementi priključkov ne prikrivajo in da lahko posamezne krake najlažje priključimo na obstoječe ceste. Upoštevala sem tudi načelo prometne varnosti, da naj se kraki priključujejo v krožišče čim bolj pravokotno.

Ker so priključni kraki precej skupaj, radiji pa dokaj majhni, bo v primeru, da bi sedlasti vlačilec želel izvažati na prvem izvozu, potreben dodatni krog. Vendar je samo krožišče dimenzionirano za prevoz le-teh vozil, zato v tem ne vidim problema.

Na priključkih so predvideni tudi denivelirani ločilni otoki, širine 3,0 m in dolžine med 9,0 in 10,0 m. Le na priključku lokalne ceste je širina ločilnega otoka 2,5 m in dolžina 6,0 m. Otoki so od voznega dela krožišča odmaknjeni za 40 cm.

Na krakih iz smeri Vodice, Brnika in Mengša so predvideni prehodi za pešce, širine 3,0 m, ki potekajo preko deniveliranega otoka. Čakalna niša pred prehodom je dolžine 4,5 m. Na priključku lokalne ceste ostane obstoječi prehod za pešce. Zaradi majhnega števila kolesarjev bodo le-ti vodeni mešano z motornimi vozili.

Gradbena situacija rekonstrukcije križišča je prikazana v prilogi 1, prometna situacija, kjer je podana prometna oprema in talne označbe pa v prilogi 2.

4.4 Izračun prepustnosti

Za izračun prepustnosti bom uporabila obremenitve, ki sem jih pridobila s štetjem prometa. Previla bom samo krake, ki se navezujejo na glavno in regionalno cesto, saj priključek na lokalno cesto glede prepustnosti ni problematičen oz. je v primerjavi z ostalimi kraki zanemarljivo obremenjen. Zmogljivost krožišča bom preverila po kalibrirani avstrijski metodi, ki je opisana v poglavju 2.5.

Pri določitvi faktorja α sem si pomagala z načrtom krožišča, od koder je razvidno, da je najmanjši kot med dvema konfliktnima točkama 60° . Iz tega sledi, da je:

$$B = \frac{(36-6) \cdot \pi \cdot 30^\circ}{180} = 15,70 \text{ in nato iz slike 9, da je } \alpha = 0,2.$$

Tabela 5 Izračun prepustnosti

	JUTRANJA KONICA				POPOLDANSKA KONICA			
Krak	A	B	C	D	A	B	C	D
Q_a	480	672	848	668	696	528	400	576
Q_c	772	796	596	456	536	444	556	616
β	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
α	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
γ	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Q_b	829	891	736	567	648	527	608	700
Q_e	848	787	940	1107	1026	1146	1066	975
Q_{mer}	696	648	528	796	436	512	636	616
X_i	0,82	0,82	0,56	0,72	0,42	0,45	0,60	0,63

X_i pomeni stopnjo obremenjenosti uvoza in, kot je razvidno iz zgornje tabele, ta vrednost v času prometnih konic na nobenem kraku ne presega 90 odstotkov maksimalne urne prometne obremenitve. Zato lahko rečem, da so izbrane dimenzije krožnega križišča primerne za dano obremenitev.

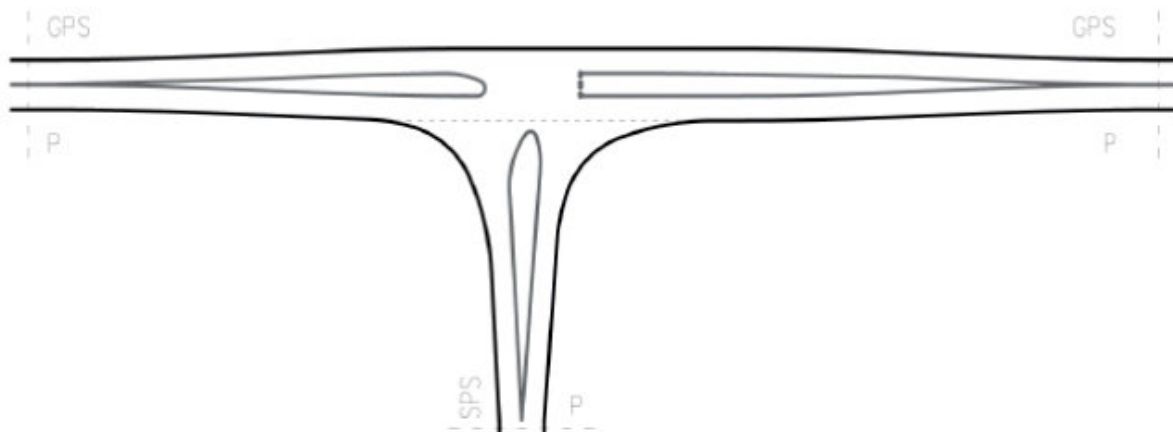
5 KRIŽIŠČE

Ker v Republiki Sloveniji ne obstaja poseben pravilnik o projektiranju križišč, se bom pri rekonstrukciji obstoječega križišča opirala na Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste.

5.1 Delitev priključkov po vrstah in vrste ukrepov

Vrste priključkov stranske prometne smeri na glavno prometno smer:

- priključevanje brez priključnih zavijalnih lokov,
- priključevanje preko pogreznjenega robnika,
- priključevanje s priključnimi zavijalnimi loki brez ukrepov na glavni prometni smeri,
- priključevanje s priključnimi zavijalnimi loki z ali brez ločilnega otoka na stranski prometni smeri in z ali brez ukrepov na glavni prometni smeri (slika 11).



Slika 12 Primer priključevanja stranske prometne smeri na glavno prometno smer
(Vir: Uradni list RS, št. 86/2009)

Vrste ukrepov, ki jih lahko izvedemo na glavni prometni smeri, obsegajo:

- razširitev voznega pasu, s katerega se zavija v levo,
- poseben pas za zavijanje v levo brez zaporne ploskve,
- poseben pas za zavijanje v levo z zaporno ploskvijo,
- poseben pas za zavijanje v levo z deniveliranim otokom,
- pas za prosto zavijanje desno (z ali brez izvoznega pasu).

5.2 Projektno – tehnični elementi skupinskega priključka

5.2.1 Širine pasov za zavijalce

Pas za zavijanje levo v območju priključka je enake širine kot pas za vožnjo naravnost oziroma za 0,25 m ožji, vendar ne manj kot 2,75 m.

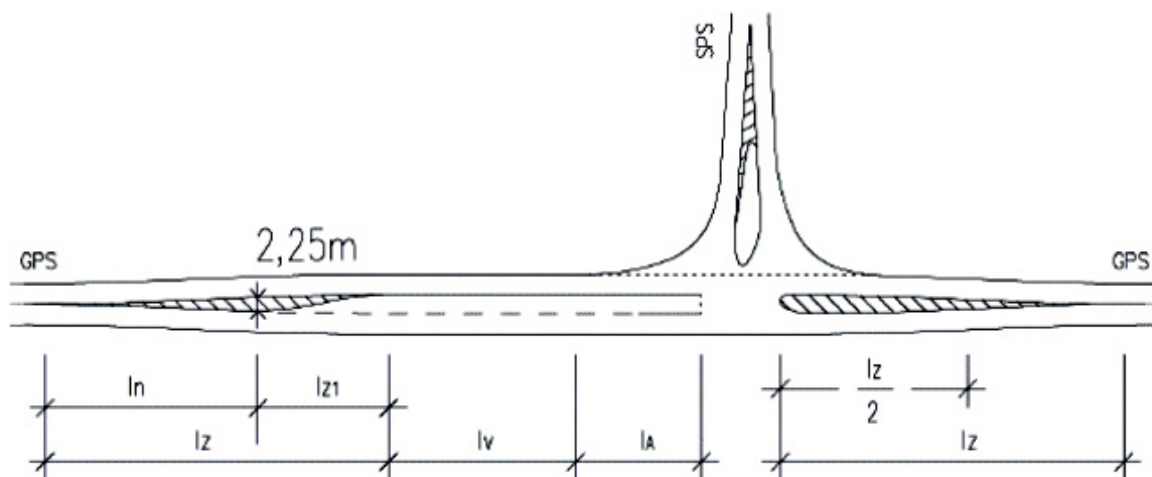
Prometni pas v območju priključka, razširjen za zavijanje v levo, je širine od 4,75 do 5,50 m.

Širina pasu za desno zavijanje je enaka širini pasu za vožnjo naravnost.

5.2.2 Prometni pasovi za zavijanje levo

Pas za zavijanje v levo je sestavljen iz:

- čakalnega dela l_A ,
- zaustavljalnega dela l_V ,
- prehodnega dela l_{Z1} in
- dolžine razširitve vozišča l_Z .



Slika 13 Elementi pasu za leve zavijalce
(Vir: Uradni list RS, št. 86/2009)

Čakalni del l_A je namenjen čakanju vozil na sprejemljivo časovno praznino med vozili iz nasprotne smeri, ki nadaljujejo z vožnjo skozi priključek. Minimalna dolžina čakalnega pasu je 20 m, okvirne normalne velikosti čakalnega dela na pasu za zavijanje levo so od 20 do 40 m.

Zaustavljalni del l_v je namenjen zaviranju vozil pred čakalnim delom. Začne se v zadnji točki razširitvenega dela ter konča v prvi točki čakalnega dela. Dolžina zaustavljalnega dela je odvisna od dovoljene hitrosti v križišču, vzdolžnega nagiba ceste in jakosti prometnega toka, od katerega se odcepljajo vozila, ki zavijajo levo. Te vrednosti so prikazane v spodnji tabeli.

Tabela 6 Dolžina zaustavljalnega dela
(Vir: Uradni list RS, št. 86/2009)

Količina prometa v smeri, od katere se odcepljajo vozila, ki zavijajo levo [voz/h]	Vzdolžni nagib s [%] in dovoljena hitrost v križišču V [km/h]											
	$s \leq -4 \%$				$-4 \% < s < 4 \%$				$s \geq 4 \%$			
	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
< 400	0	0	10	20	0	0	10	15	0	0	5	10
≥ 400	0	0	25	40	0	0	20	30	0	0	15	20

Prehodni del l_{z1} je namenjen za uvoz s pasu za vožnjo naravnost na pas za zavijanje levo. Dolžine prehodnih delov so odvisne od hitrosti in so navedene v spodnji tabeli.

Tabela 7 Dolžina prehodnega dela pasu
(Vir: Uradni list RS, št. 86/2009)

V [km/h]	40	50	60	70
l_{z1} [m]	30	30	35	40

Minimalna dolžina razširitvenega odseka l_z je odvisna od hitrosti in od velikosti odmika prometnega pasu od prvotne cestne osi. Določi se po enačbi:

$$l_z = V_K \cdot \sqrt{\frac{i}{3}}, \text{ kjer je:}$$

l_z ... dolžina razširitve [m],

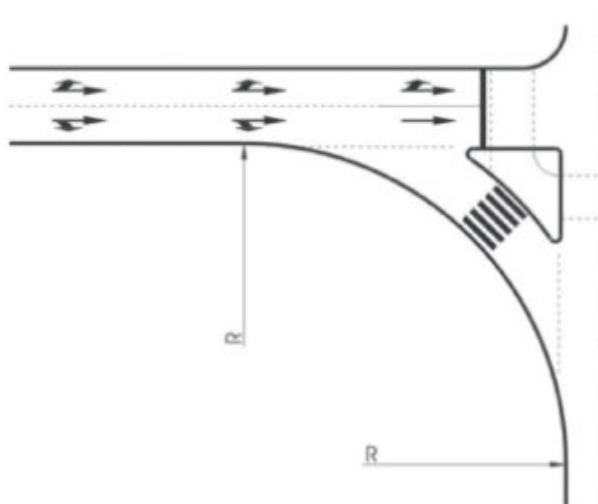
V_K ... hitrost v križišču [km/h],

i ... odmik prometnega pasu od prvotne cestne osi.

V premi se vozišče praviloma širi obojestransko v krivini pa ob notranjem robu. Če se vozišče širi obojestransko, se za i upošteva tisti odmik izmed dveh, ki je večji.

5.2.3 Prometni pasovi za zavijanje desno

Če se z računom prepustnosti dokaže, da bo ta zadostna tudi brez izvedbe pasu za zavijanje v desno, se oblikovanje površine za zavijanje v priključku lahko izvede tudi v poenostavljeni obliki, kot jo predvideva spodnja slika.



Slika 14 Konstrukcija pasu za zavijanje v desno v priključkih v urbanem okolju
(Vir: Uradni list RS, št. 86/2009)

5.2.4 Zavijalni loki

Zavijalni loki v skupinskih priključkih so sestavljeni iz treh krožnih lokov (košarasta krivina), katerih velikosti so v medsebojnem razmerju $R1 : R2 : R3 = 2 : 1 : 3$. Minimalno vrednost zavijalnega loka $R2$ narekujejo konstrukcijske lastnosti vozil in se razlikujejo v odvisnosti od tipa vozila.

Tabela 8 Minimalne vrednosti zavijalnih lokov za različne tipe vozil
(Vir: Uradni list RS, št. 86/2009)

Tip vozila	Polmeri zavijalnih lokov $R2$ [m]		
	levo zavijanje	desno zavijanje	
		z ločilnimi otoki	brez ločilnih otokov
osebno vozilo	6	10	6
tovorna vozila in avtobusi	10	12	10
sedlasti vlačilci in tovorna vozila s prikolicami	12	15	12
zgibni avtobusi	15	25	15

Ker je obravnavano križišče zaradi bližine industrijske cone kar precej obremenjeno s tovornimi vozili in vlačilci, bom za merodajni polmer zavijalnih lokov – za levo in desno zavijanje – upoštevala $R_2 = 12$ m. V primeru, da ni prostorskih omejitev, bo polmer večji.

6 REKONSTRUKCIJA KRIŽIŠČA Z UVEDBO PASOV ZA LEVE ZAVIJALCE

Po preučitvi funkcionalnih, prostorskih in varnostnih kriterijev sem se odločila za dva možna načina rekonstrukcije obstoječega križišča:

- preureditev križišča v krožišče, ki je predstavljena v poglavju št. 3, in
- uvedbo pasov za leve zavijalce.

6.1 Uvedba pasov za leve zavijalce

Glede na prometne obremenitve, ki kažejo, da je levih zavijalcev, tako v jutranji kot v popoldanski konici, največ na priključkih iz smeri Brnika in Mengša, ter upoštevajoč prostorsko stisko v križišču, sem se odločila za uvedbo pasov za leve zavijalce samo na glavni prometni smeri.

Zastoje na regionalni cesti iz smeri Vodice bom zmanjšala z uvedbo niše za čakanje na kraku A, ki bo namenjena voznikom, ki zavijajo levo na lokalno cesto proti centru Komende. Niša bo namenjena čakanju dveh avtomobilov in bo dolga 10 m.

Odločila sem se tudi za zmanjšanje območja križišča. To je sedaj občutno preveliko, saj razdalja med priključkoma na glavni cesti znaša skoraj 50 m, zato bom priključek iz smeri Vodice premaknila bolj proti priključku iz smeri Mengša. Tako bom zmanjšala območje križišča, hkrati pa bom dosegla tudi pravokotno sekanje osi posameznih priključkov.

6.2 Izračun tehničnih elementov pasu za leve zavijalce

Zaradi omejenosti s prostorom v območju križišča, sem se odločila za minimalne mere pasu za leve zavijalce. Tako bo dolžina čakalnega dela pasu znašala $l_A = 20\text{ m}$, širina pasu pa $š_l = 2,75\text{ m}$.

Glede na dejstvo, da križišče leži znotraj naselja in tako hitrost v nobenem primeru ne sme presegati 50 km/h, zaustavljalni del pasu ni potreben ($l_V = 0$), ne glede na vzdolžni nagib in prometno obremenitev (glej tabela št. 5).

Ker glavna cesta na območju križišča poteka v premi, je predvidena obojestransko razširitev vozišča, ki je potrebna zaradi dodajanja pasu za zavijanje v levo.

Priključek iz smeri Mengša

Predpostavila bom, da se pas razširi za polovico svoje širine na obe strani obstoječe cestne osi. Iz tega sledi, da je odmik prometnega pasu od prvotne cestne osi $i = \frac{2,75 \text{ m}}{2} = 1,375 \text{ m}$.

Iz enačbe, navedene pri točki 4.3, lahko izračunam dolžino razširitve. Upoštevala bom hitrost 50 km/h. Minimalna dolžina razširitve znaša:

$$l_Z = V_K \cdot \sqrt{\frac{i}{3}} = 50 \cdot \sqrt{\frac{1,375}{3}} = 33,85 \text{ m}$$

Pri projektiranju bom upoštevala dolžino razširitve $l_Z = 40 \text{ m}$.

Iz tabele št. 6 sledi, da dolžina prehodnega dela pasu za zavijanje v levo l_{Z1} pri hitrosti 50 km/h znaša 30 m. Iz slike št. 12 sledi: $l_n = l_Z - l_{Z1} = 40 \text{ m} - 30 \text{ m} = 10 \text{ m}$.

Torej skupna dolžina pasu za leve zavijalce na glavni cesti iz smeri Mengša meri:

$$l = l_Z + l_V + l_A = 40 \text{ m} + 0 \text{ m} + 20 \text{ m} = 60 \text{ m}$$

Priključek iz smeri Brnika

Na kraku iz smeri Brnika razširitev zaradi omejenosti prostora ne bo obojestranska, ampak se bo večji del razširitve naredil na strani proti priključku lokalne ceste. Odmik prometnega pasu od prvotne cestne osi torej znaša $i = 2,10 \text{ m}$.

Minimalna dolžina razširitve je:

$$l_Z = V_K \cdot \sqrt{\frac{i}{3}} = 50 \cdot \sqrt{\frac{2,10}{3}} = 41,84 \text{ m}$$

Pri projektiranju bom upoštevala dolžino razširitve $l_Z = 45 \text{ m}$, torej celotna dolžina zavijalnega pasu na glavni cesti iz smeri Brnika meri $l = 20 \text{ m} + 45 \text{ m} = 65 \text{ m}$.

6.3 Projektiranje križišča

Projektiranja križišča sem se lotila v programu AutoCAD, za izris zavijalnih lokov in prometne opreme, kot so znaki, talne označbe, prehodi za pešce itd. pa sem uporabila Plateio. Največ težav mi je povzročal premik kraka iz smeri Vodice. Ker sem ga želela priključiti na glavno cesto pod pravim kotom, s tem, da sem upoštevala še minimalni radij zavijalnega loka za vlačilce, ni bilo druge rešitve, kot da sem novi priključek potegnila preko obstoječe delavnice.

Čeprav sem si v prvotnem planu zamislila občutno zmanjšanje območja križišča, se mi to kasneje pri projektiranju ni posrečilo, zaradi dejstva, da morajo biti zavijalni loki v razmerju $R1 : R2 : R3 = 2 : 1 : 3$, pri čemer je najmanjši radij, ki omogoča prevoz sedlastega vlačila, $R2 = 12$ m. Ob upoštevanju omejenosti prostora tako območje križišča še vedno ostaja precej veliko.

Daljšo diagonalo obstoječega križišča sem zmanjšala za 3,94 m, krajšo diagonalo pa sem podaljšala za 9,02 m, tako da je po rekonstrukciji križišče bolj simetrično, priključni kraki pa se sekajo pod pravim kotom, kar omogoča boljšo preglednost in lažje zavijanje levo. Razmik med priključkoma na glavni prometni smeri po rekonstrukciji meri 35,6 m, kar je skoraj 15 m manj kot v obstoječem stanju. Zaradi prometne varnosti nemotoriziranih udeležencev v prometu, sem se odločila, da v križišču ne bo posebnih pasov za desno zavijanje. Poleg tega tak pas zahteva še ločilni otok, kar pomeni dodatno povečanje polmera zavijalnega loka, to pa bi bilo zaradi prostorske stiske težko izvedljivo.

Na priključku iz smeri Kamnika sem uvedla čakalno nišo za leve zavijalce v dolžini 10 m, ki bo zmanjšala zastoje iz smeri Vodice in preprečila, da bi kolona vozil popolnoma zaprla križišče. Z namenom lažjega zavijanja levo na lokalno cesto proti Komendi sem iz smeri Kamnika ukinila pas za desne zavijalce, saj je preglednost v tem primeru zelo slaba, poleg tega pa ti vozniki po navadi v naselje vpadajo s preveliko hitrostjo. Na kraku iz smeri Kamnika sem predvidela prekinjeno zaustavitveno črto, ki naj bi preprečila, da bi vozniki popolnoma blokirali priključek lokalne ceste.

Prehodi za pešce so predvideni na obstoječih mestih, torej na obeh glavnih prometnih smereh, na priključku iz smeri Kamnika ter na priključku lokalne ceste.

Gradbena situacija rekonstrukcije križišča z dodatnimi pasovi za leve zavijalce je podana v prilogi 3, prometna situacija, kjer je prikazana prometna oprema in talne označbe, pa v prilogi 4.

7 ZAKLJUČEK

Po preučitvi vseh funkcionalnih, prostorskih in varnostnih kriterijev lahko rečem, da je to križišče še bolj kompleksno kot sem sprva predvidevala. Šele ko sem se od blizu srečala z vsemi prometno – tehničnimi zahtevami, tu mislim predvsem na vse zahtevane najmanjše dimenzije, sem spoznala, da naloga ne bo tako lahka. Dodatno je delo otežila še prostorska stiska v območju križišča, zato tudi ni šlo drugače kot da sem novo traso priključka Vodice potegnila preko obstoječe stavbe.

Največ težav so mi v fazi načrtovanja povzročale minimalne zahteve oz. dimenzije elementov, ki jih predpisujejo različne tehnične specifikacije. Zaradi utesnjenosti v območju križišča oz. pozidave tik ob cesti je bilo manevrskega prostora za preureditev križišča zelo malo. Tako sem bila velikokrat prisiljena izbrati elemente, ki so ravno še na meji priporočenih vrednosti.

Odločitev, da pasove za leve zavijalce uvedem samo na glavni prometni smeri, sem sprejela po analizi štetja prometa, ki kaže, da je levih zavijalcev na stranski prometni smeri zelo malo, poleg tega pa imajo ti možnost izbire druge poti. Na glavni cesti Mengeš – Brnik pa se pojavlja kar veliko levih zavijalcev, zato je uvedba dodatnih pasov smiselna. Križišče sem na teh dveh krakih zato razširila za minimalno širino levega zavijalnega pasu. Z uvedbo pasov bi bilo potrebno spremeniti tudi semaforizacijo križišča. Še vedno pa bi morala k temu v prvi vrsti prispevati kultura voznikov. Predlagana rešitev pa žal nima večjega vpliva na zmanjševanje zastojev na priključku iz Vodice. V ta namen sem za to predvidela čakalno nišo za vozila, ki zavijajo proti Komendi, da le-ta v času urnih konic ne bi dodatno zaustavljala prometnega toka. Rekonstrukcija predvideva tudi povečanje prometne varnosti, saj se kraki sekajo pod pravim kotom, kar naj bi zmanjšalo območje konflikta pri zavijanju levo s stranske prometne smeri.

Po podanih dveh predlogih rekonstrukcije križišča in premisleku o prepustnosti ter prometni varnosti, se mi zdi boljša rešitev preureditev križišča v krožišče. Na ta način bi zmanjšali število konfliktnih točk, ki se pojavljajo v križišču, hkrati pa bi povečali prepustnost, saj je krožišče zelo dobra rešitev v primerih, kjer je približno enaka jakost prometnega toka na glavni in stranski prometni smeri. S krožiščem tudi lažje rešimo priključek lokalne ceste, saj bi le z uvedbo čakalne niše za leve zavijalce še vedno povzročal zastoje na ostalih krakih. Čeprav se na prvi pogled krožišče zdi dokaj majhno oz. utesnjeno je dovolj veliko, da omogoča prevoz tovornih vozil, edino pri izvažanju na prvem izvozu, je potreben dodatni krog. Tudi izračun prepustnosti je pokazal, da izbrani elementi ustrezajo prometni

obremenitvi križišča. Nekoliko kritičen je le krak A, kjer pa moramo upoštevati dejstvo, da nisem naredila posebnega izračuna za priključek lokalne ceste, ampak sem vozila štela kot, da prihajajo iz smeri Kamnika. V primeru pet-krakega krožišča ta priključek torej zmanjšuje obremenitev na kraku A. Zadovoljna sem tudi s tem, da mi ni bilo potrebno uvesti dodatnih pasov za desne zavijalce, saj bi ta na način močno zmanjšala varnost pešcev in kolesarjev v krožišču. V urbanem okolju je namreč funkcija krožišča poleg tega, da omogoča prevoznost, tudi umirjanje prometa. To sem dodatno dosegla še z dodatnimi zavoji pred samimi uvoznimi priključki, ki primarno omogočajo priključek nove trase na obstoječo cesto, sekundarno pa te ovinki poskrbijo za zmanjšanje hitrosti pred uvozom v krožišče.

Verjetno nobena od predlaganih rešitev ni popolnoma idealna, vendar pa se moramo zavedati, da prostorska stiska v tem primeru odigra ključno vlogo in sta rešitvi glede na pogoje, ki jih dopušča prostor, zelo realni.

VIRI

Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste. Uradni list RS, št. 86/2009: 11593.

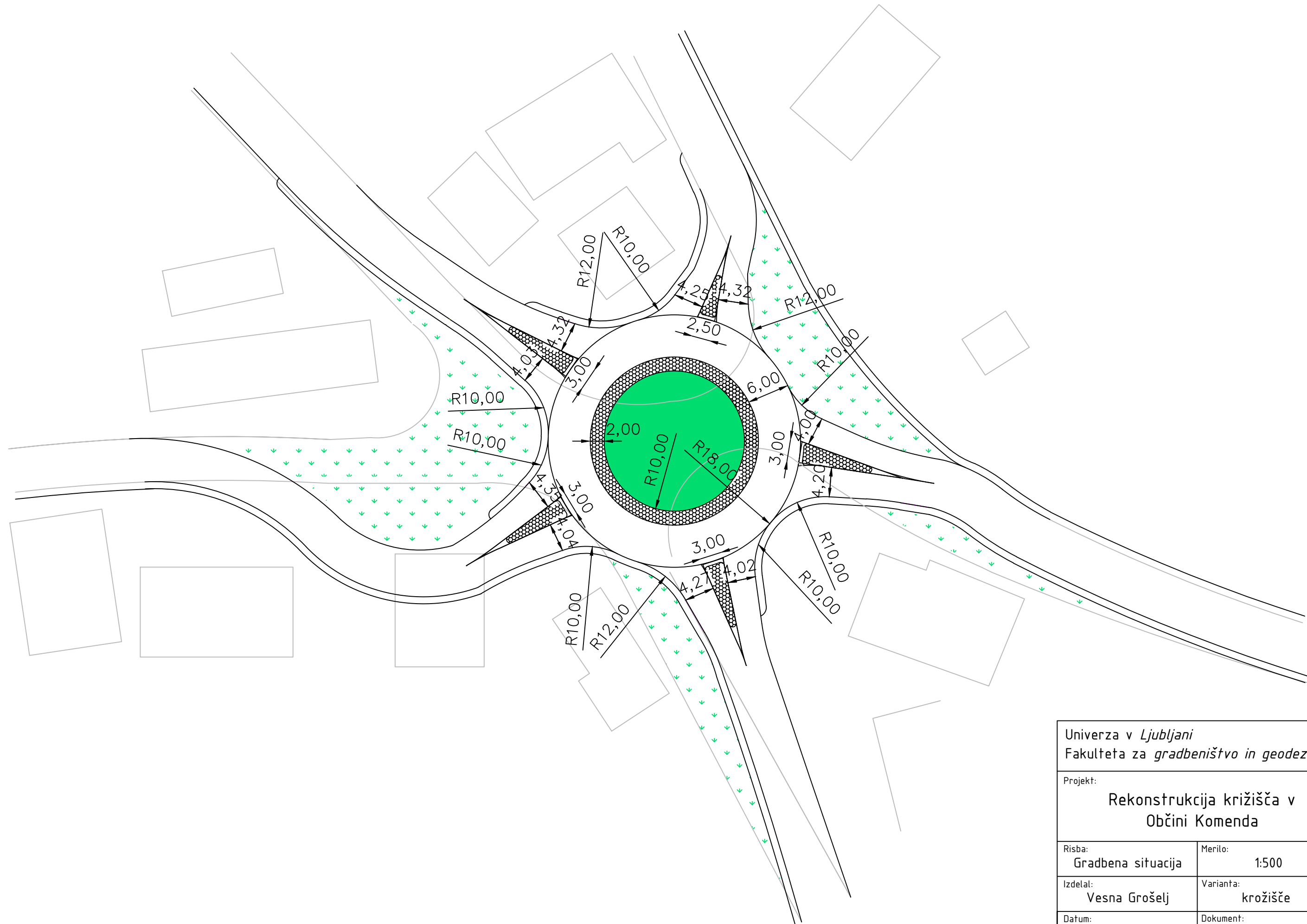
Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Uradni list RS, št. 110/2006: 11436.

Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 02.401, Označbe na vozišču, oblika in mere. 2012, Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste: 64 str.

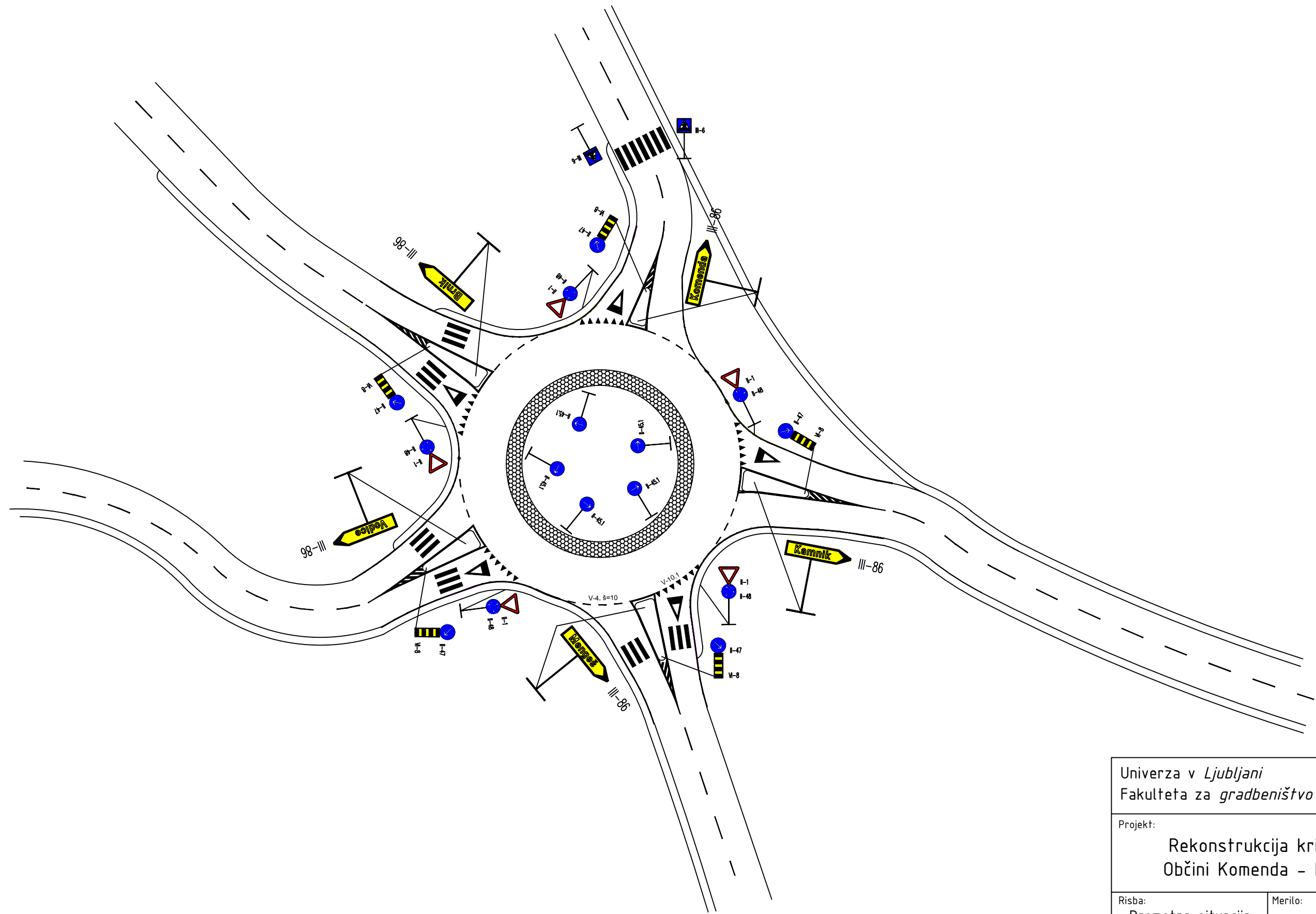
Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 03.341, Krožna križišča. 2011. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste: 40 str.

Tollazzi, T. 2005. Krožna križišča. Druga dopolnjena izdaja. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 186 str.

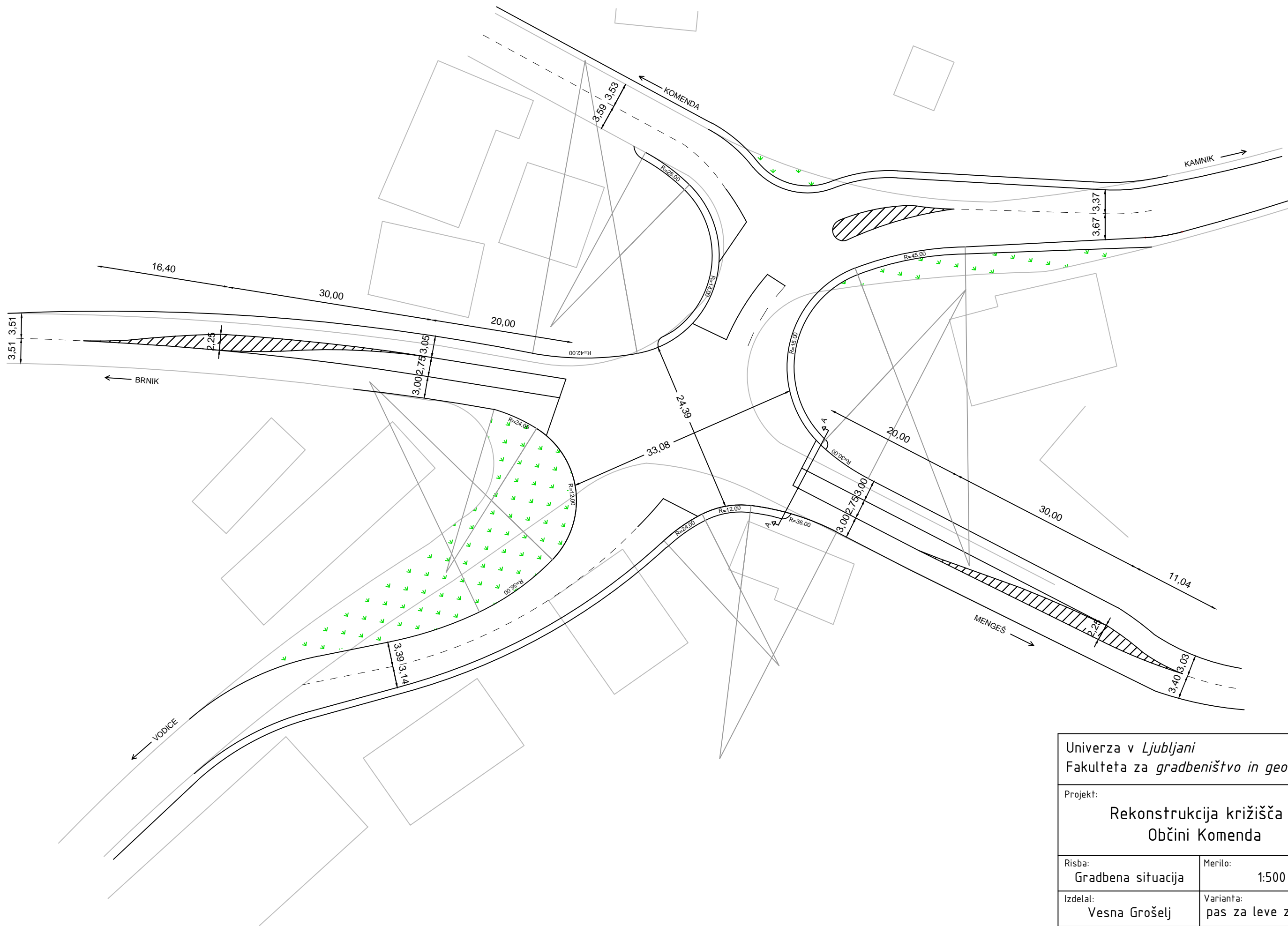
Uredba o kategorizaciji državnih cest. Uradni list RS, št. 102/2012: 10938.



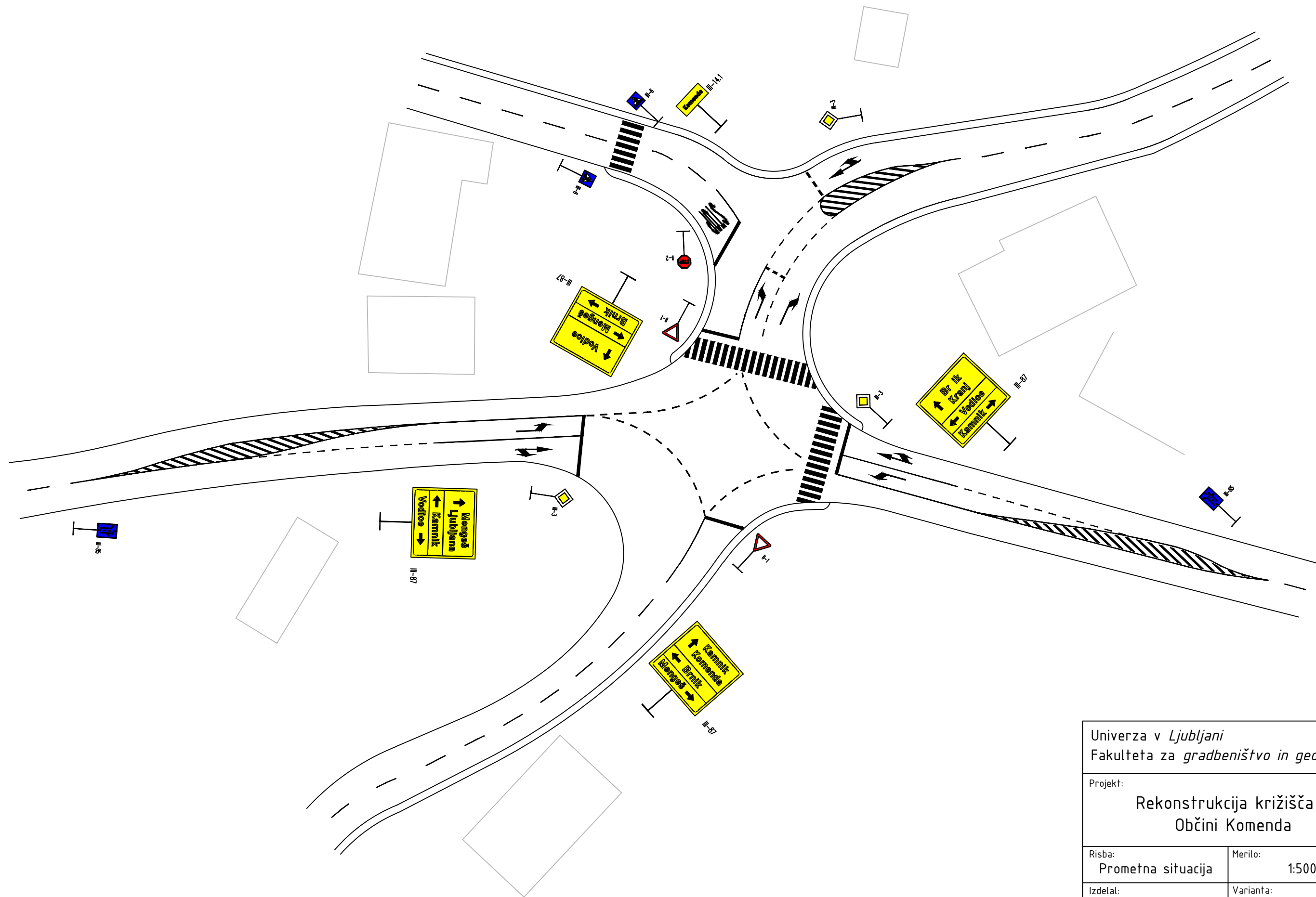
Univerza v Ljubljani Fakulteta za <i>gradbeništvo in geodezijo</i>	
Projekt: Rekonstrukcija križišča v Občini Komenda	
Risba: Gradbena situacija	Merilo: 1:500
Izdelal: Vesna Grošelj	Varianta: krožišče
Datum: september 2014	Dokument: Priloga št. 1



Univerza v Ljubljani Fakulteta za <i>gradbeništvo in geodezijo</i>	
Projekt: Rekonstrukcija križišča v Občini Komenda - krožišče	
Risba: Prometna situacija	Merilo: 1:500
Izdelal: Vesna Grošelj	Varianta: krožišče
Datum: september 2014	Dokument: Priloga št. 2

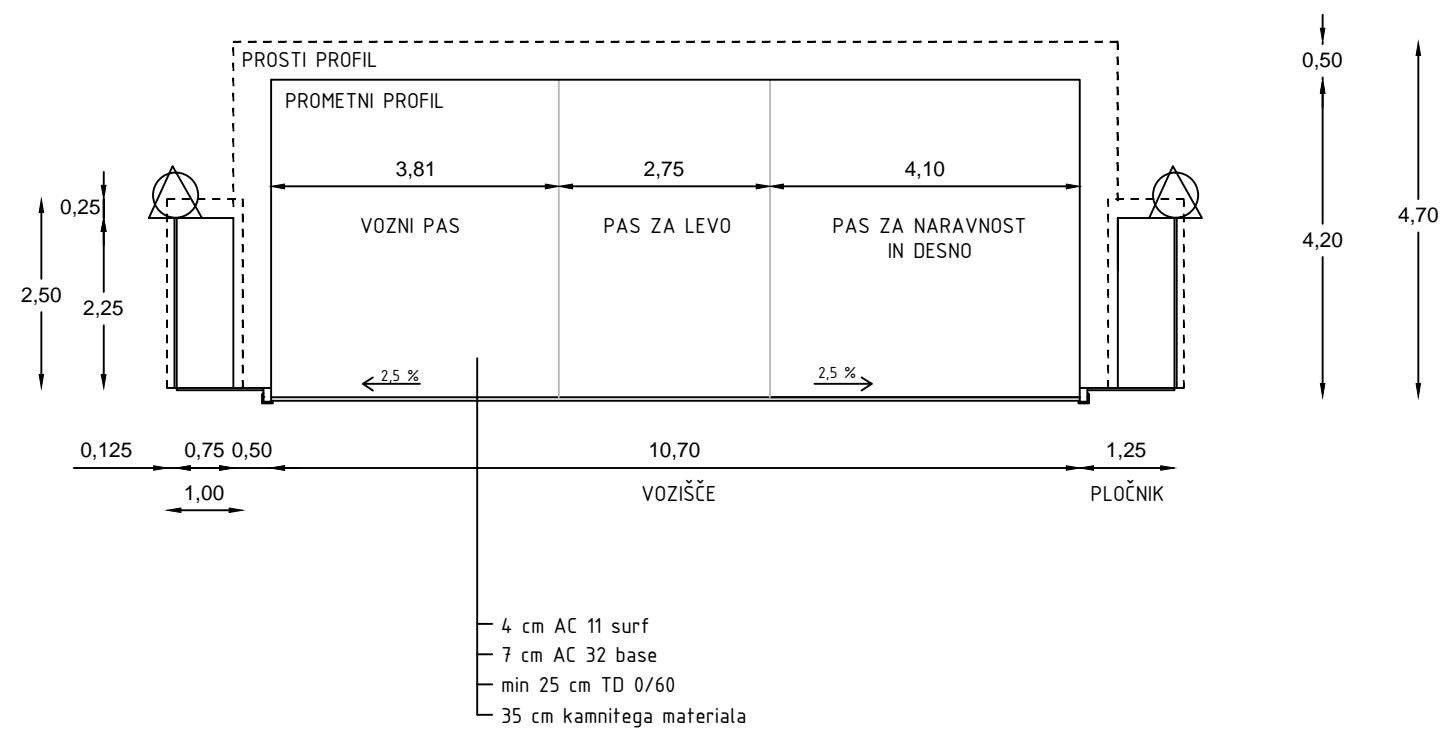


Univerza v Ljubljani Fakulteta za <i>gradbeništvo in geodezijo</i>	
Projekt: Rekonstrukcija križišča v Občini Komenda	
Risba: Gradbena situacija	Merilo: 1:500
Izdelal: Vesna Grošelj	Varianta: pas za leve zavijalce
Datum: september 2014	Dokument: Priloga št. 3



Univerza v Ljubljani Fakulteta za <i>gradbeništvo in geodezijo</i>	
Projekt: Rekonstrukcija križišča v Občini Komenda	
Risba: Prometna situacija	Merilo: 1:500
Izdelal: Vesna Grošelj	Varianta: pas za leve zavijalce
Datum: september 2014	Dokument: Priloga št. 4

PROMETNI IN PROSTI PROFIL NA KRAKU ZA MENGEŠ



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Projekt:

Rekonstrukcija križišča
v Občini Komenda

Risba:

Prerez A-A

Merilo:

1:100

Izdelal:

Vesna Grošelj

Varianta:

pas za leve zavijalce

Datum:

september 2014

Dokument:

Priloga št. 5