

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:

Škrbec, B. 2012. Preureditev križišča Čolnišče na državni cesti v Zagorju ob Savi. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lipar, P., somentor Kostanjšek, J.): 66 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Škrbec, B. 2012. Preureditev križišča Čolnišče na državni cesti v Zagorju ob Savi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lipar, P., co-supervisor Kostanjšek, J.): 66 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
PROMETNOTEHNIČNA
SMER

Kandidat:

BLAŽ ŠKRBEČ

**PREUREDITEV KRIŽIŠČA ČOLNIŠČE NA DRŽAVNI
CESTI V ZAGORJU OB SAVI**

Diplomska naloga št.: 473/PTS

**THE REARRANGEMENT OF THE ČOLNIŠČE
INTERSECTION ON THE STATE ROAD IN ZAGORJE
OB SAVI**

Graduation thesis No.: 473/PTS

Mentor:

doc. dr. Peter Lipar

Predsednik komisije:

doc. dr. Tomo Cerovšek

Somentor:

viš. pred. mag. Jure Kostanjšek

Član komisije:

doc. dr. Primož Banovec

doc. dr. Vlatko Bosiljkov

Ljubljana, 23. 11. 2012

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Blaž Škrbec izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Preureditev križišča Čolnišče na državni cesti v Zagorju ob Savi«.

Izjavljam, da je elektronska različica povsem enaka tiskani različici.

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

Ljubljana, 2. 11. 2012

(podpis)

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju viš. pred. dr. Petru Liparju in somentorju viš. pred. mag. Juretu Kostanjšku.

Hvala prijatelju Damjanu, prijateljicama Tjaši in Aniki ter dekletu Leticiji za pomoč pri štetju prometa.

Najlepša hvala staršem za podporo in spodbudo med študijem.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	625.739:656.1(043.2)
Avtor:	Blaž Škrbec
Mentor:	viš. pred. dr. Peter Lipar
Somentor:	viš. pred. mag. Jure Kostanjšek
Naslov:	Preureditev križišča Čolnišče na državni cesti v Zagorju ob Savi
Obseg in oprema:	66 str., 22 pregl., 43 sl., 4 graf.
Ključne besede:	križišče, geometrijski elementi križišča, preglednost, prepustnost, prometna obremenitev, štetje prometa, nesemaforizirano križišče, kanaliziranje prometa, krožno križišče

Izvleček

Diplomska naloga v prvem delu obravnava tehnične normative projektiranja križišč in krožnih križišč. V drugem delu se osredinim na problematiko križišča Čolnišče na državni cesti v Zagorju ob Savi. Zajamem obstoječe stanje križišča in predstavim prometne obremenitve skozi obravnavano križišče kot rezultat štetja prometa, ki sem ga terensko opravil v mesecu marcu. Podrobneje predstavim problematiko in nato podam predloge za preureditev trenutnega križišča. Pri tem se osredinim zgolj na preureditev obstoječega stanja, kar zajema razširitev vozišča, povečanje uvoznih radijev, postavitev prometnih otokov in izgradnjo pasov za leve zavijalce. Kot drugo rešitev pa predstavim preureditev obstoječega križišča v krožno križišče. Vse možnosti tudi grafično predstavim. Posebej preverim še preglednost in geometrijske lastnosti bližnjega križišča, ki je namenjen obiskovalcem nakupovalnega centra Spar.

BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION

UDK: 625.739:656.1(043.2)
Author: Blaž Škrbec
Supervisor: Sen. lect. Peter Lipar, Ph. D.
Co supervisor: Sen. lect. Jure Kostanjšek, M. Sc.
Title: The rearrangement of the Čolnišče intersection on the state road in Zagorje ob Savi
Notes: 66 p., 22 tab., 43 fig., 4 graph.
Key words: intersection, geometrical elements of intersections, visibility, perceivedness, traffic load, traffic count, unsignalized intersection, traffic channeling, roundabout

Abstract

The first part of my thesis deals with technical standards of intersection and roundabout planning. In the second part I focus on problems of Čolnišče intersection on the state road in Zagorje ob Savi. I represent the current state of the intersection and introduce traffic loads in this intersection, which are the result of traffic executed in March. In greater detail I introduce the problem of the intersection and give my proposals for the rearrangement of the current intersection. In my thesis I focus merely on the rearrangement of the current state, which comprises roadway widening, enlargement of import radii, setting of traffic islands and construction of traffic lanes for left-turning vehicles. As a second solution I introduce the rearrangement of the current intersection into a roundabout. These solutions are also graphically introduced. Separately I check also the visibility and geometrical features of the near intersection that leads to the Spar shopping centre.

VSEBINSKO KAZALO

1 UVOD	1
1.1 Opredelitev področja in opis problema	1
1.2 Namen in cilj	1
1.3 Struktura naloge.....	1
2 KRIŽIŠČA	3
2.1 Splošno	3
2.2 Varnost v križiščih.....	3
2.3 Prepustnost	4
2.4 Ekonomičnost	4
2.5 Medsebojna oddaljenost nivojskih križišč.....	4
2.6 Osnovne oblike križišč	5
3 RAČUNSKI ELEMENTI KRIŽIŠČ	7
3.1 Tloris in višinski potek	7
3.1.1 Splošno	7
3.1.2 Odvodnjavanje in prečni nagib v križišču.....	7
3.1.3 Višinski potek.....	8
3.2 Vozni pasovi.....	8
3.2.1 Pasovi za naravnost	8
3.2.2 Razširjanje pasov.....	9
3.3 Vodenje zavijalcev pri vključevanju in izključevanju.....	11
3.3.1 Uvozni in izvozni radiji.....	11
3.3.2 Konstrukcije zavijalnih lokov	12
3.3.3 Levi zavijalci	13
3.3.4 Desni zavijalci	15
3.4 Prometni otoki	16
3.4.1 Ločilni otoki	16
3.4.2 Trikotni otoki.....	17
3.5 Preglednost križišča.....	17
3.5.1 Zaustavna pregledna razdalja	17
3.5.2 Preglednost pri uvozu v križišče	18
3.5.3 Preglednost pri približevanju križišču.....	19
3.5.4 Preglednost za pešce in kolesarje	20

3.6 Vodenje pešcev in kolesarjev na območju križišča	20
3.6.1 Vodenje pešcev	20
3.6.2 Vodenje kolesarjev	21
4. KROŽNO KRIŽIŠČE	22
4.1 Osnovni pojmi	22
4.2 Lastnosti krožnih križišč	24
4.3 Prometna varnost v krožnih križiščih	25
4.3.1 Motorni promet	25
4.3.2 Prometna varnost kolesarjev	26
4.3.3 Prometna varnost pešcev	26
4.4 Ukrepi za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča	26
4.5 Kapaciteta krožnega križišča	28
4.5.1 Splošno	28
4.5.2 Pojem kapacitete krožnega križišča	29
4.5.3 Avstrijska metoda	29
4.5.3.1 Ugotavljanje zmogljivosti po kalibrirani avstrijski metodi	29
4.5.3.2 Ugotavljanje stopnje obremenjenosti uvoza	32
4.5.4 Zamude v krožnem križišču	32
4.6 Določitev projektno-tehničnih elementov krožnega križišča	33
4.6.1 Izbira zunanjšega premera D in širine krožnega pasu u	34
4.6.2 Vodenje cest v križišče	36
4.6.3 Širina voznega pasu pred krožnim križiščem v	36
4.6.4 Širina uvoza e v križišče in dolžina razširitve uvoza l'	36
4.6.5 Uvozni R in vpadni kot ϕ	37
4.6.6 Širina izvoza iz krožnega križišča	37
4.6.7 Izvozni radij	37
4.6.8 Dimenzije ločilnih otokov	37
4.7 Preglednost	39
4.8 Prometna oprema	39
4.8.1 Ločilni otoki – otoki za pešce	39
4.8.2 Prehodi za pešce in kolesarje	39
4.8.3 Povožni del središčnega otoka	40
4.8.4 Razsvetljava krožnega križišča	40

4.9. Prometna signalizacija (vertikalna in talna signalizacija)	40
5 KRIŽIŠČE ČOLNIŠČE NA DRŽAVNI CESTI V ZAGORJU OB SAVI	41
5.1 Lokacija križišča.....	41
5.2 Trenutno stanje križišča.....	42
5.2.1 Krak A, smer Ruardi	43
5.2.2 Krak B, smer Kisovec	44
5.2.3 Krak C, smer Čolnišče	45
5.2.4 Krak D, smer center	46
5.2.5 Križišče pri uvozu za Spar	48
5.3 Prometne obremenitve.....	50
5.3.1 Štetje prometa.....	50
5.3.2 Rezultati štetja prometa	51
5.4 Problematika.....	55
5.5 Rešitve obravnavanega križišča.....	56
5.5.1 Sprememba radija cestne osi (večji radij)	56
5.5.2 Razširitev voznih pasov in uvedba pasu za leve zavijalce na prednostni smeri z ustrezno talno označbo in s prometnimi otoki	57
5.5.3 Preureditev obstoječega križišča v krožno križišče.....	59
5.5.4 Preveritev preglednosti pri križišču Spar in sprememba voznega režima	61
5.5.5 Preveritev preglednosti v krožnem križišču	62
5.5.6 Semaforizirano križišče.....	62
6 ZAKLJUČEK	63
VIRI	65

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Minimalne razdalje med križišči glede na računsko hitrost	5
Preglednica 2: Osnovne oblike nivojskih križišč	6
Preglednica 3: Določitev vmesnih koordinat za zakoličbo roba vozišča	10
Preglednica 4: Glavni zaokrožitveni radij	12
Preglednica 5: Preseganje gabaritov pri zavijanju vozil.....	13
Preglednica 6: Oblike vodenja levih zavijalcev	14
Preglednica 7: Dolžina dela za pojemanje hitrosti	14
Preglednica 8: Oblike vodenja desnih zavijalcev	15
Preglednica 9: Ločilni otoki različnih oblik	16
Preglednica 10: Zavorne pregledne razdalje v metrih	18
Preglednica 11: Dolžine vidnega polja na prednostni cesti.....	19
Preglednica 12: Mejne in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov	33
Preglednica 13: Delitev po velikosti in lokaciji.....	34
Preglednica 14: Elementi prevoznosti	35
Preglednica 15: Zahtevani pogoji v primeru, da je merodajno vozilo tovornjak	36
Preglednica 16: Zaustavitvena pregledna razdalja	39
Preglednica 17: Prometna signalizacija na kraku A	44
Preglednica 18: Prometna signalizacija na kraku B	45
Preglednica 19: Prometna signalizacija na kraku C	46
Preglednica 20: Prometna signalizacija na kraku D	47
Preglednica 21: Prometna signalizacija na območju križišča za uvoz Spar	49
Preglednica 22: Uvozni in izvozni radiji	60

KAZALO SLIK

Slika 1: Korekcija osi neprednostne ceste v ostrokotnih križiščih	7
Slika 2: Sprememba števila pasov v križišču	9
Slika 3: Prilagajanje sledi zadnjega kolesa pri zavijanju.....	11
Slika 4: Različne oblike izvoznih in uvoznih radijev v križišču	12
Slika 5: Oblikovanje izvoznega lijaka v naseljih.....	15
Slika 6: Potreben prostor pri hkratnem levem zavijanju	17
Slika 7: Zaustavna pregledna razdalja na neprednostnem kraku križišča	17
Slika 8: Preglednost pri uvozu v križišče	18
Slika 9: Pregledno polje za kolesarje.....	19
Slika 10: Preglednost pri približevanju križišču.....	20
Slika 11: Preglednost na prehodih za pešce in kolesarje	20
Slika 12: Prehod kolesarske steze v kolesarski pas	21
Slika 13: Možnosti vodenja levih zavijalcev	21
Slika 14: Vodenje kolesarjev	21
Slika 15: Tokovi v krožnem križišču.....	23
Slika 16: Osnovni elementi krožnega križišča	23
Slika 17: Konfliktna točka v štirikrakem klasičnem in štirikrakem krožnem križišču	25
Slika 18: Konfliktna točka prepletanja in konfliktni odsek.....	25
Slika 19: Mogoča načina vodenja kolesarjev na območju krožnega križišča	26
Slika 20: Način priključevanja krakov v krožno križišče.....	27
Slika 21: Oblika ločilnega otoka	28
Slika 22: Merodajna razdalja B med konfliktnima točkama x in y.....	30
Slika 23: Geometrijska izvedba krožnega križišča.....	31
Slika 24: Glavni oblikovni elementi.....	35
Slika 25: Minimalne dimenzije ločilnega otoka	38
Slika 26: Minimalne dimenzije ločilnega otoka	38
Slika 27: Pogled na križišče iz zraka	41
Slika 28: Pogled na križišče	42
Slika 29: Tloris križišča.....	43
Slika 30: Pogled na križišče s kraka A	43
Slika 31: Pogled na križišče s kraka B	44
Slika 32: Zaporna ploskev ter prehod za pešce in kolesarje na kraku C	46

Slika 33: Pogled na križišče s kraka D	47
Slika 34: Pogled na križišče pri uvozu za Spar	48
Slika 35: Tloris križišča pri Sparu	49
Slika 36: Smeri pri štetju prometa	51
Slika 37: Maksimalne urne obremenitve v dopoldanskem času.....	53
Slika 38: Maksimalne urne obremenitve v popoldanskem času.....	54
Slika 39: Shematičen prikaz vodilnih črt v križišču	58
Slika 40: Preureditev obstoječega stanja	58
Slika 41: Tloris predvidenega krožnega križišča z ustrezno prometno signalizacijo.....	60
Slika 42: Preglednostni trikotnik križišča pri Sparu	61
Slika 43: Preglednost krožnega križišča	62

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Območje primernosti izvedbe krožnega križišča	30
Grafikon 2: Določitev faktorja a v odvisnosti od razdalje B	31
Grafikon 3: Grafikon za določanje srednjega čakalnega časa.....	32
Grafikon 4: Prepustnosti uvozov v krožna križišča.....	33

1 UVOD

1.1 Opredelitev področja in opis problema

Živimo v času, ko si težko predstavljamo življenje brez prevoznega sredstva. Zaradi službe in drugih dejavnikov velik del dneva preživimo na cestah. Da bi bilo naše potovanje po cestni infrastrukturi varno, pa je potrebno poskrbeti za pravilno in pregledno projektiranje cest in križišč.

V diplomski nalogi se zato osredinim na križišče Čolnišče na državni cesti v Zagorju ob Savi. Križišče leži v osrednji Sloveniji, natančneje v Zagorski dolini, na cesti R1-221. Ker je križišče nepregledno in geometrijsko nepopolno, v diplomski nalogi rešujem problematiko geometrijske nepopolnosti križišča.

1.2 Namen in cilj

Namen diplomske naloge je predstaviti glavno problematiko obstoječega križišča v Zagorju ob Savi in podati ustrezne ukrepe za izboljšanje prevoznosti križišča. Cilj diplomske naloge je predstavitev ustreznih ukrepov, ki bi izboljšali lastnosti križišča.

1.3 Struktura naloge

Diplomska naloga je sestavljena iz šestih poglavij.

V uvodnem poglavju so opisani področje, problem ter namen in cilj diplomske naloge.

V drugem poglavju predstavim križišča splošno. Opišem, kdaj so križišča varna in kakšne vrste križišč poznamo.

Tretje poglavje zajema računske elemente križišč. Predstavim odvodnjavanje križišč, višinski in tlorski potek, natančneje predstavim prometne otoke, vodenje pešcev in kolesarjev na območju križišča ter definiram vozne pasove.

V naslednjem poglavju se srečamo z definicijami krožnega križišča, kjer najprej predstavim osnovne pojme krožnih križišč, v nadaljevanju pa še: prednosti in pomanjkljivosti krožnih križišč, prometno varnost v krožnih križiščih za motorni promet, pešce in kolesarje, kapaciteto krožnega križišča, določitev projektno-tehničnih elementov, preglednost in prometno opremo v krožiščih. V petem poglavju opišem trenutno stanje križišča Čolnišče na državni cesti v Zagorju ob Savi. Analiziram štetje prometa in podam prometno obremenitev križišča. Temeljito opišem problematiko križišča in podam ustrezne ukrepe za njegovo preureditev.

Sledi sklep, v katerem predstavim svoje ugotovitve in mnenje glede preureditve obravnavanega križišča.

2 KRIŽIŠČA

2.1 Splošno

Križišča so prometne površine, na katerih se združujejo, cepijo ali križajo prometni tokovi. Oblikovana in grajena morajo biti tako, da:

- promet lahko poteka varno;
- se pogoji gibanja prometnih tokov čim bolj približajo pogojem in udobnosti odprte ceste;
- s pravilnim dimenzioniranjem in medsebojnim usklajevanjem vseh vplivnih elementov zagotovimo potrebno prepustnost;
- so stroški za doseganje varnosti in kapacitete v sorazmerju z doseženim uspehom.

2.2 Varnost v križiščih

Križišča so varna takrat, kadar se na njih voznik pravilno obnaša. To pomeni, da:

- voznik pravočasno zazna križišče,
- je križišče pregledno,
- voznik z enim pogledom objame celotno križišče,
- je križišče lahko prevozno.

Križišče se mora z vseh strani pravočasno zaznati, tako da lahko voznik pravočasno zavira, se pravilno usmeri ali pravilno vključi na prednostno cesto. To dosežemo:

- z gradnjo prometnih otokov,
- s pravočasnimi opozorilnimi znaki o prednosti,
- s pravilno in smotrno signalizacijo vseh vrst,
- z jasno zunanjo spremembo območja križišča in njegovo okolico.

Križišča morajo imeti zadostno preglednost, tako da lahko vsi tisti, ki nimajo prednosti, pravočasno opazijo vozila s prednostjo. Preglednost križišča določamo po ustaljenih normah.

Za pravilno ravnanje voznikov je pomembno, da lahko z enim pogledom zajamejo celotno križišče in dogajanje v njem.

To dosežemo takrat, ko pride način reguliranja prednosti pri vožnji jasno do izraza pri gradbenem oblikovanju križišča:

- kadar uporabljamo enostavne oblike križišč;
- kadar so posamezni tokovi tehnično in optično dobro vidni;
- kadar pešci in kolesarji zlahka najdejo svojo pot v križišču.

Če vsega tega ne dosežemo že pri gradnji, so potrebni posebni dodatni zaščitni ukrepi, ki so dražji in bolj zapleteni. Križišče je lahko prevozno takrat, ko je njegova oblika usklajena z dinamičnimi in geometrijskimi značilnostmi gibanja vozil. To je izpolnjeno tedaj, ko:

- so vsi prometni pasovi dovolj široki – tako na cestnih odsekih pred križiščem kot tudi v samem križišču;
- so oznake na vozišču jasno vidne;
- so robovi prometnih otokov in ceste prilagojeni tudi geometriji vožnje težjih vozil.

2.3 Prepustnost

Ko se odločamo o nivojskih križiščih in o potrebnosti svetlobnosignalnih naprav, moramo paziti, da bo križišče s svojo obliko (geometrijo) ustrezalo prometu najmanj za obdobje, za katerega je bilo načrtovano. Zagotovljena mora biti prepustnost v vseh smereh. Tako na primer ne sme predolgo čakati niti vozilo na cesti nižjega reda niti vozilo, ki želi zaviti s ceste višjega na cesto nižjega reda.

2.4 Ekonomičnost

Vprašanje stroškov gradnje rešujemo na osnovi ekonomskih raziskav in izračunov. Če ni drugih vplivov, velja pravilo, da naj bo vsota stroškov gradnje, vzdrževanja in eksploatacije minimalna. Ne glede na izračunane stroške pa je varnost vedno najpomembnejša.

2.5 Medsebojna oddaljenost nivojskih križišč

Načrtovana oddaljenost med križišči je odvisna od njihove funkcije v prometni mreži, poteka prometa in od zelene naznačitvene smeri. Če take razdalje ne moremo doseči, je minimalna razdalja med dvema križiščema enaka vsoti dolžin za leve zavijalce.

Medsebojna oddaljenost semaforiziranih križišč naj bo tako velika, da je mogoča ustrezna koordinacija svetlobnosignalnih naprav.

Preglednica 1: Minimalne razdalje med križišči glede na računsko hitrost

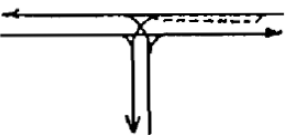
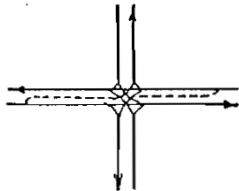
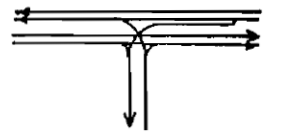
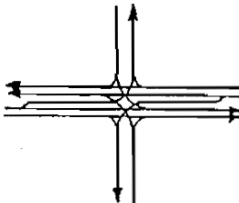
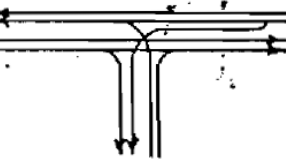
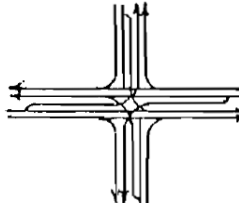
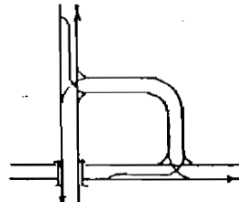
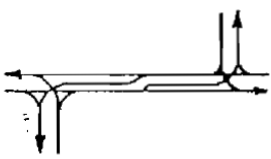
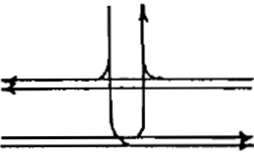
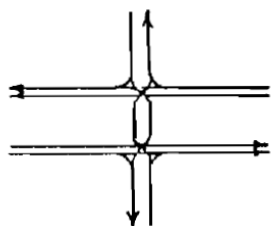
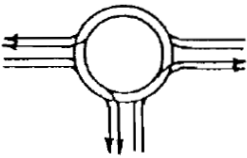
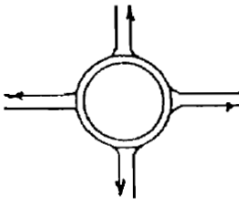
Hitrost $\left[\frac{km}{h} \right]$	50	60	70	80	90	100
Razdalja med križišči $[m]$	140	170	205	235	270	300

2.6 Osnovne oblike križišč

Pred izbiro primernih računskih elementov križišča se je potrebno odločiti za samo geometrijsko obliko križišča in ugotoviti potrebo po svetlobnosignalnih napravah.

- Oblika križišča I** ... prikazuje primer križanja dveh dvopasovnih cest.
- Oblika križišča II** ... prikazuje primer nivojskega križanja prednostne štiri- ali večpasovnice z neprednostno dvopasovnico.
- Oblika križišča III** ... prikazuje primer nivojskega križanja dvo-, štiri- ali večpasovnic.
- Oblika križišča IV** ... prikazuje primer izvennivojskega križanja glavnih prometnih tokov in nivojsko križanje.
- Oblika križišča V** ... prikazuje primer zamaknjene križišča. Neprednostna kraka se iz obeh smeri zamaknjeno priključujeta na prednostno cesto. Tako v bistvu dobimo dve križišči tipa I.
- Oblika križišča VI** ... prikazuje primer, ko v križišču na prednostni cesti razmaknemo vozne pasove zaradi lažjega vključevanja levih zavijalcev z neprednostne ceste.
- Oblika križišča VII** ... prikazuje primer, ko se v križišče zlivajo tri ali več cest istega nivoja.

Preglednica 2: Osnovne oblike nivojskih križišč

	OBLIKA KRIŽIŠČA	PRIKLJUČEK	KRIŽIŠČE
I	Priključek ali križanje dvopasovnih cest		
II	Priključek ali križanje dvo- in štiripasovne ceste		
III	Priključek ali križanje štiripasovnih cest		
IV	Izvennivojsko križanje dvo- ali štiripasovnih cest		
V	Križanje dvopasovnih cest (zamaknjeno)		
VI	Razmaknjeno priključevanje ali križanje dvopasovnice z najmanj eno štiripasovnico		
VII	Krožno križišče dvo- ali štiripasovnic		

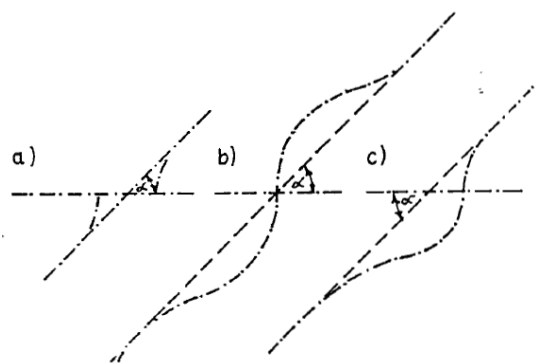
3 RAČUNSKI ELEMENTI KRIŽIŠČ

3.1 Tloris in višinski potek

3.1.1 Splošno

V naseljih se ni mogoče vedno izogniti uporabi minimalnih elementov, to pa je glede umirjanja prometa kar ustrezno. Nujno pa je s pomočjo vertikalne in horizontalne signalizacije ter z drugimi ukrepi zagotoviti zadostno razpoznavnost. Zahtevana je tudi vsaj minimalna zaustavna pregledna razdalja.

Osi križajočih se cest se morajo v križiščih tipov I, II in III sekati pod kotom od 75° do 110° . Če to ni mogoče doseči, se opravi deviiranje neprednostne ceste ali pa se izvede križišče tipa V. S tako korekcijo osi se na neprednostni cesti tudi dodatno poudari bližina križišča.



Slika 1: Korekcija osi neprednostne ceste v ostrokotnih križiščih (Zemljič et al. 1979: VI–13)

3.1.2 Odvodnjavanje in prečni nagib v križišču

Prečni nagib in morebitno vijačenje v križišču je potrebno izvesti tako, da lahko voda kar najhitreje odteče. Zato so pomembne naslednje podrobnosti:

- nagib prednostne ceste ostane v križišču nespremenjen, nagibi neprednostnih cest pa se temu prilagajajo;
- voda se ne sme prelivati z enega kraka križišča na drug krak;

- zaradi zmanjšanih hitrosti v samem križišču je reševanje odvodnjavanja pomembnejše od voznodinamičnih rešitev;
- najnižje točke v konkavnih zaokrožitvah in najvišje točke v konveksnih morajo biti na neprednostnih krakih v takih območjih, kjer je zaradi odvodnjavanja mogoče doseči prečni sklon $q = 2,5\%$;
- otoki v križišču lahko pripomorejo k boljšemu in učinkovitejšemu odvodnjavanju.

Niveleta neprednostne ceste se priključi na prečni nagib glavne ceste s prelomom (koleno) ali pa z vertikalno zaokrožitvijo.

3.1.3 Višinski potek

Preglednost in varnost križišča najlažje dosežemo tako, da se obe cesti sekata v konkavni vertikalni zaokrožitvi. V primeru, da se cesti križata v konveksni vertikalni zaokrožitvi, je preglednost največkrat vprašljiva. Takrat je potrebno z dodatnimi ukrepi doseči večjo razpoznavnost križišča. Priključevanje neprednostnih krakov se lahko izvede na več načinov. V naseljih je po navadi priključevanje izvedeno s kolenom in z zaokrožitvijo. V naseljih se mora zaokrožitev izvesti tudi na manj prometnih cestah. Dolžina loka vertikalne zaokrožitve naj bo vsaj 10m.

3.2 Vozni pasovi

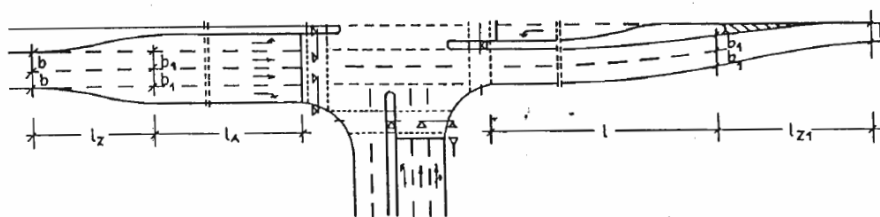
Na območju križišča imamo poleg osnovnih vozni pasov v smeri naravnost še dodatne pasove za leve zavijalce, za desne zavijalce, vključevalne pasove za desne zavijalce in posebne večnamenske pasove, pasove za prepletanje prometa in pasove za mestni javni promet. Število prometnih pasov v križišču se določi glede na potrebe. V naselju vpliva na število pasov poleg varnosti še pretočnost prometa.

3.2.1 Pasovi za naravnost

Število pasov za naravnost v križišču je enako številu pasov na ostalem delu ceste. Pas, namenjen za promet naravnost, ne sme nenadoma preiti v pas za zavijalce. Če je to neizogibno, je potrebno pravočasno in nedvoumno označiti.

V križiščih s svetlobnosignalnimi napravami se zaradi povečanja kapacitete naredijo dodatni pasovi za zavijalce. Širina voznih pasov se določi iz projektnih elementov mestnih cest, prav tako tudi morebitne razširitve pasov v krivinah. V principu so širine voznih pasov v križišču za naravnost enake širini voznih pasov na preostalem delu ceste. To seveda ne velja v primeru, da so pasovi v križišču omejeni z robniki ali zaporno ploskvijo.

Dolžina l je od 40 metrov pa do $l[m] = 2,0 \times t_{zeleni} [s]$. Dolžina l_{z1} je od 40 do 60 metrov in je praviloma izvedena simetrično. Prepletanje se izvede po principu zadrge. V posebnih primerih je lahko ta širina, ki mora biti drugače $\check{s} = 3,25m$, za $0,25m$ ožja. V primeru križišča z več pasovi za naravnost pri hitrosti $v = 50km/h$ lahko predvidimo širino $b_1 = 3,00m$ oziroma v posebnih primerih $2,75m$. Večnamenski pasovi se morajo na območju križišča tekoče izvesti.



Slika 2: Sprememba števila pasov v križišču (Zemljič et al. 1979: VI–18)

3.2.2 Razširjanje pasov

Razširjanje pasov se izvede na določeni dolžini l_z , ki jo določimo po enačbi $l_z = v \cdot \frac{i}{3}$.

Pri tem je:

- i ... velikost razširitve
- $i = b$... pri enostranski razširitvi
- $i = \frac{b}{2}$... pri obojestranski razširitvi
- v ... računski hitrost v km/h

Razširitev ceste v preči izvedemo z dvema kontraktivinama v obliki kvadratnih parabol.

Za konstruiranje in zakoličevanje roba vozišča so potrebne vmesne koordinate i_n , ki jih za vsako točko določimo s pomočjo Preglednice 3. Pri tem je i_n razdalja med začetkom razširitve in točko, kjer iščemo ordinato, l_z je dolžina, na kateri je izvedena razširitev. Ordinato i_n izračunamo po enačbi $i_n = e_n \cdot i$.

Preglednica 3: Določitev vmesnih koordinat za zakoličbo roba vozišča

$a = \frac{l_n}{l_z}$	e_n	Δe_n	$a = \frac{l_n}{l_z}$	e_n	Δe_n
0	0	0,005	0,5	0,5	0,095
0,05	0,005	0,015	0,55	0,595	0,085
0,1	0,02	0,025	0,6	0,68	0,075
0,15	0,045	0,035	0,65	0,755	0,065
0,2	0,08	0,045	0,7	0,82	0,055
0,25	0,125	0,055	0,75	0,875	0,045
0,3	0,18	0,065	0,8	0,92	0,035
0,35	0,245	0,075	0,85	0,995	0,025
0,4	0,32	0,085	0,9	0,98	0,015
0,45	0,405	0,095	0,95	0,995	0,005
0,5	0,5	0,095	1	1	0,005

$i_n = e_n \cdot i$

Tako konstruiranje roba vozišča še ne zagotavlja, da bo tudi optično dobro potekalo, zato je priporočljiva kontrola s perspektivno sliko. Če poteka os ceste višjega reda v krivini, se lahko izognemo neželenim pojavom navideznih lomov krivine z uvedbo pogoja, da ustreza na celotni dolžini razširitve velikost polmera osi pogoju:

$$R \leq \frac{l_z^2}{4} \cdot i$$

Da za določeno računsko hitrost pri razširjanju na notranji strani krivine ne bi presegli dopustnega R_{\min} , moramo izpolniti naslednji pogoj:

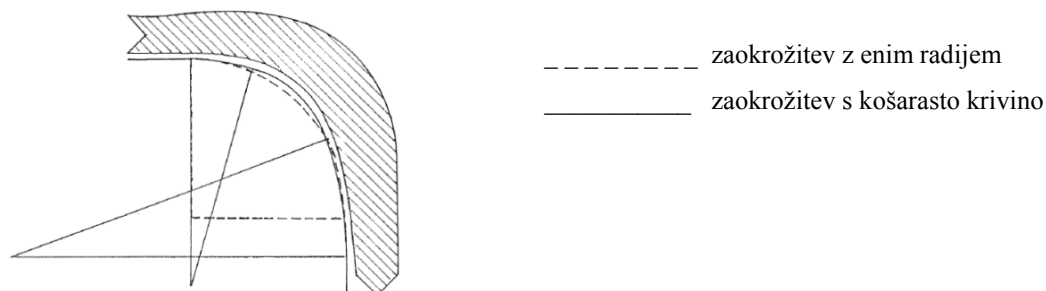
$$\frac{1}{R_{\min}} \geq \frac{1}{R} + \frac{4 \cdot i}{l_z^2}$$

Če temu pogoju ne moremo zadostiti, je priporočljivo ločeno trasiranje roba vozišča ali pa povečanje dolžine l_z . Lahko izvedemo $\frac{2}{3} \cdot i$ razširitve na notranjo stran in $\frac{1}{3} \cdot i$ razširitve na zunanjo stran. Krivulje roba vozišča za prehod na pas za desno zavijanje izvedemo na dolžini najmanj 30 metrov. V naseljih lahko izvedemo razširitev vozišča za leve ali desne zavijalce na zelo kratki razdalji, vendar pa so manjše vrednosti od $l_z = 20m$ pri $i = 3,00m$ le izjemoma dopustne.

3.3 Vodenje zavijalcev pri vključevanju in izključevanju

3.3.1 Uvozni in izvozni radiji

Horizontalne zaokrožitve v križiščih izvedemo enostavno z radijem ali pa s košarasto sestavljeno krivino. Košarasta krivina ima to prednost, da se bolj prilagaja sledi zadnjega kolesa zavijajočega vozila. Prednost navadne krivine (samo en radij) je v krajših tangentah.



Slika 3: Prilaganje sledi zadnjega kolesa pri zavijanju (Zemljič et al. 1979: str VI–21)

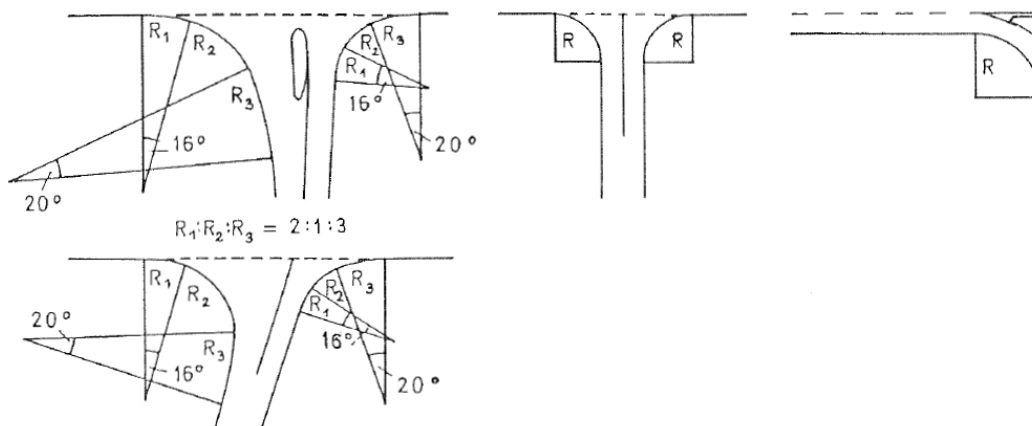
3.3.2 Konstrukcije zavijalnih lokov

Odnos med posameznimi elementi krivine je sledeč: $R_1 : R_2 : R_3 = 2 : 1 : 3$. Pripadajoča središčna kota radijev R_1 in R_3 sta konstantna in znašata: $\alpha_1 = 15,75^\circ$, $\alpha_2 = 20,25^\circ$. Glavni zaokrožitveni radij se določi s pomočjo Preglednice 4.

Preglednica 4: Glavni zaokrožitveni radij: brez otoka in z dvignjenim trikotnim otokom

Kot	Glavni radij		Kot	Glavni radij
	Desno vključevanje	Desno izključevanje		
70	8	12	70	20
90	8	12 (15)	90	25
110	8	8	110	25

$R = 15m$ samo v primeru, da obstaja v križišču dvignjen otok v obliki kaplje. Manjši radij od $R = 7m$ ni dovoljen.

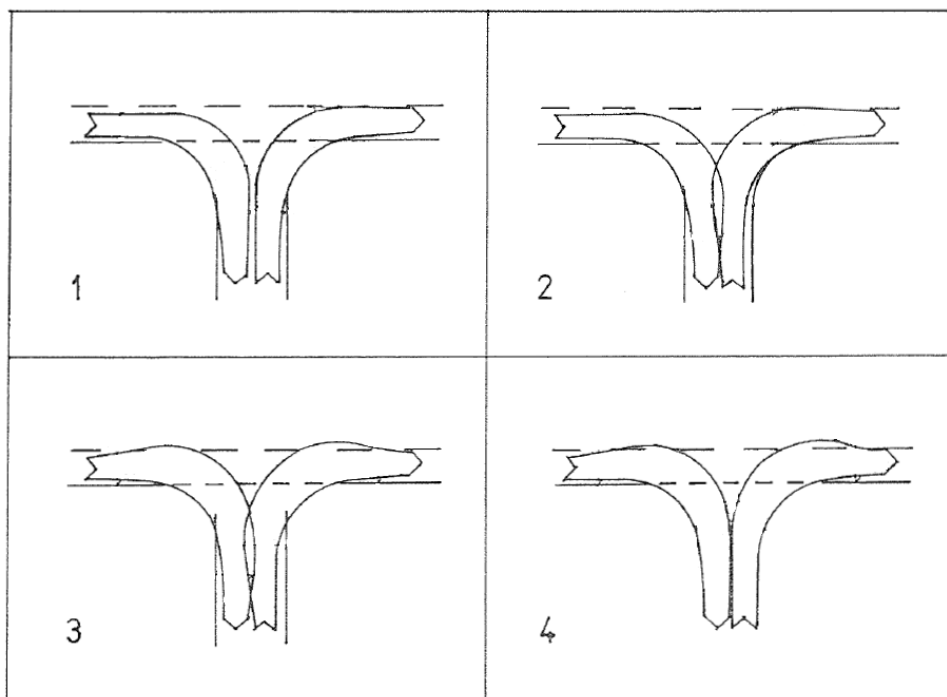


Slika 4: Različne oblike izvoznih in uvoznih radijev v križišču (Zemljčič et al. 1979: VI–21)

Pri zavijanju vozil lahko pride do preseganja naslednjih gabaritov:

- 1 – ni potrebe po razširitvah
- 2 – potreba po razširitvi pasov na neprednostni cesti
- 3 – potreba po razširitvi pasov na prednostni in neprednostni cesti
- 4 – potreba po razširitvi pasov na prednostni cesti

Preglednica 5: Preseganje gabaritov pri zavijanju vozil (Zemljič et al. 1979: VI-23)



3.3.3 Levi zavijalci

V naseljih pomenijo posebni pasovi za leve zavijalce predvsem povečanje kapacitete oziroma same kakovosti vožnje. Pri pomanjkanju prostora v križišču imajo pasovi za leve zavijalce prednost pred pasovi za desne zavijalce. Širina pasov za leve zavijalce je lahko $0,25m$ ožja od pasov za naravnost, vendar pa ne sme biti manjša od $3,00m$. Izjemoma lahko pri zelo majhni prometni obremenitvi njegova širina znaša $2,75m$ in to le takrat, če ravno zaradi minimalne širine sploh omogočimo ta pas. Lahko pa predvidimo samo razširitev pasu za naravnost za čakajoče leve zavijalce. V tem primeru mora biti širina takega pasu vsaj $4,75m$, izjemoma $4,00m$ v naseljih.

Če v križišču ni mogoče izvesti posebnih pasov za leve zavijalce, je najprimerneje, da se levo zavijanje prepove in se najde drugačna rešitev. Pas za leve zavijalce je praviloma sestavljen iz treh delov:

1. del za spremembo voznega pasu (l_z). Določimo ga po enačbi $l_z = v \cdot \frac{i}{3}$. V posebnih primerih je razdalja lahko tudi krajša, vendar ne manj kot 20 metrov.

2. del za pojevanje hitrosti (l_v). Dolžina dela za pojevanje hitrosti se določi v odvisnosti od hitrosti in od vzdolžnega sklona ceste.
3. del za pripravo vozila na zavijanje (l_a). Dolžina dela za pripravo vozila na zavijanje je odvisna od opremljenosti križišča s svetlobnosignalnimi napravami.

Na nesemaforiziranem križišču ta dolžina praviloma znaša 20 metrov, izjemoma lahko tudi 10 metrov. Na semaforiziranih križiščih je dolžina dela za pripravo vozila na zavijanje odvisna od faznega diagrama.

Preglednica 6: Oblike vodenja levih zavijalcev

1	Pas za leve zavijalce z zaviralnim pasom in zaporno površino	
2	Pas za leve zavijalce brez zaviralnega pasu in zaporne površine	
3	Samo razširitev za čakajoča vozila za levo zavijanje	
4	Brez ukrepov	

Preglednica 7: Dolžina dela za pojevanje hitrosti

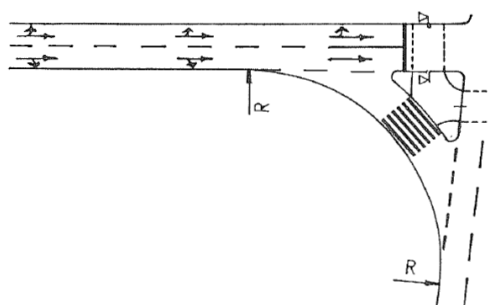
Prometna obremenitev [vozil/h]	Podolžni sklon [%] in hitrost [km/h]																	
	$s \leq -4$						$-4 \leq s \leq 4$						$s \geq 4$					
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100
400	0	10	20	35	50	65	0	10	15	20	30	40	0	5	10	15	20	30
400	0	25	40	60	80	105	0	20	30	40	55	75	0	15	20	30	40	55

3.3.4 Desni zavijalci

Poznamo tri osnovne oblike vodenja desnih zavijalcev:

- 1 – izvozni in uvozni radiji, enostavni ali sestavljeni, z ali brez ločilnih otokov;
- 2 – izvozni lijak s pripadajočim izvoznim radijem z ločilnim otokom in s trikotnim otokom za kanaliziranje;
- 3 – pasovi za desne zavijalce s pripadajočim izvoznim radijem ter z ali brez ločilnih in usmerjevalnih otokov.

Izvozni lijaki se oblikujejo, kot kaže Slika 5.



Slika 5: Oblikovanje izvoznega lijaka v naseljih (Zemljič et al. 1979: VI–29)

Preglednica 8: Oblike vodenja desnih zavijalcev

1	Izvozni radiji					
2	Izvozni lijak					
3	Posebni pasovi za desne zavijalce					

Posebni pasovi za desne zavijalce lahko v veliki meri izboljšajo kapaciteto križišč. V naseljih se oblika in dolžina posebnih pasov za desne zavijalce določata glede na izračun faz signalnih naprav. Širina posebnih pasov za desne zavijalce je lahko $0,25m$ ožja od pasov za naravnost, vendar ne ožja od $3,00m$. V posebnih primerih, kjer ni na razpolago dovolj prostora, je širina lahko tudi $2,75m$.

3.4 Prometni otoki

Otoki omogočajo boljše kanaliziranje prometa v križišču. Uporabimo jih lahko tudi za postavljanje vertikalne signalizacije ali postavitev svetlobnosignalnih naprav. V mestnem območju lahko služijo kot čakalna mesta za pešce in kolesarje. Širina prometnih otkov je najmanj 1,50m. Na mestu, kjer pešci in kolesarji prečkajo prometni otok, je potrebno vgraditi spuščeni robnik. Prometni otoki morajo biti oblikovani tako, da so dobro vidni podnevi in ponoči, estetika oblikovanja pa ne sme zmanjšati njihove uporabnosti.

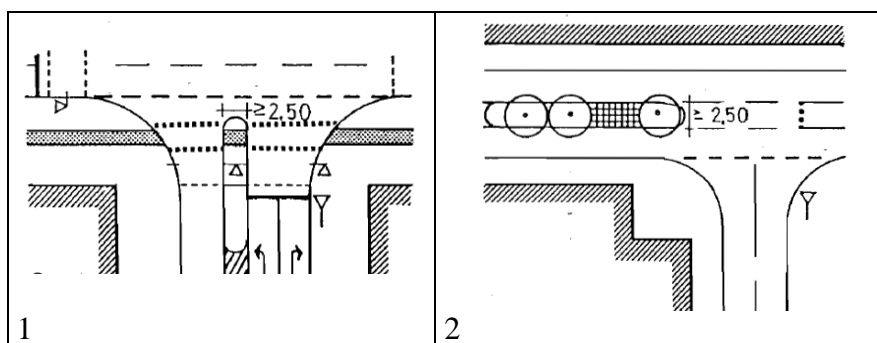
3.4.1 Ločilni otoki

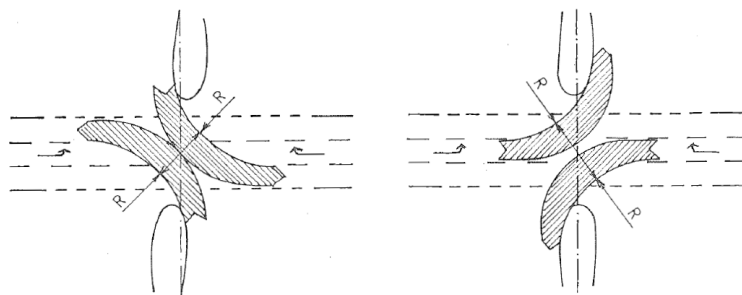
Ločilni otoki različnih oblik v naseljih:

- 1 – ločilni otok, mišljen tudi kot čakalni otok za pešce in kolesarje na neprednostnem ali prednostnem kraku križišča v naseljih;
- 2 – ločilni otok, mišljen tudi kot čakalni otok na prednostnem kraku križišča v naseljih.

Če je v križišču mogoče hkratno zavijanje na levo, je potrebno razmakniti ločilne otoke za toliko, da ne pride do preseganja gabaritov zavijajočih vozil. Potreben prostor se lahko določi tudi glede na sled zadnjega kolesa.

Preglednica 9: Ločilni otoki različnih oblik (Zemljič et al. 1979: VI–31)





Slika 6: Potreben prostor pri hkratnem levem zavijanju

3.4.2 Trikotni otoki

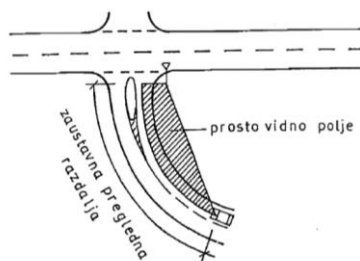
Trikotni otoki v povezavi s pravilno oblikovanim izvoznim lijakom ali pa s posebnim pasom za desne zavijalce predstavljajo pomemben element kanaliziranja prometa. Stranice trikotnega otoka ne smejo biti krajše od $5,00m$ in ne daljše od $20,00m$.

3.5 Preglednost križišča

Zaradi prometne varnosti je v križišču potrebno zagotoviti zadovoljivo preglednost. Ločimo naslednje pregledne razdalje:

- zaustavna pregledna razdalja,
- preglednost pri uvozu v križišče,
- preglednost pri približevanju križišču,
- preglednost za pešce in kolesarje.

3.5.1 Zaustavna pregledna razdalja



Slika 7: Zaustavna pregledna razdalja na neprednostnem kraku križišča (Zemljič et al. 1979: VI-45)

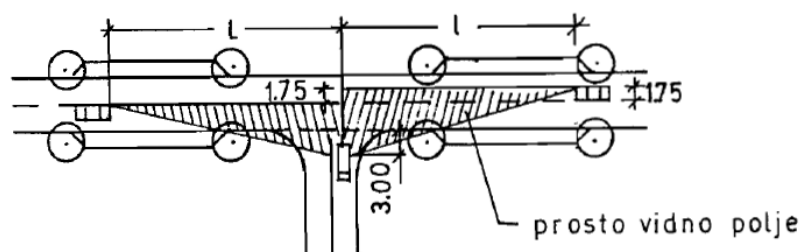
Preglednica 10: Zavorne pregledne razdalje v metrih

	Kategorija ceste	Hitrost [km/h]	Vzdolžni sklon [%]				
			-8	-4	0	4	8
A	Neobzidane ceste	100	240	210	190	170	160
		90	185	165	150	140	130
		80	145	130	120	110	105
		70	110	100	90	85	80
		60	80	70	70	65	60
		50	60	55	50	50	50
B	Neobzidane ceste	70	95	85	80	75	70
		60	70	65	60	55	55
		50	50	45	40	40	40
C	Obzidane ceste	50			40		
		40			25		

V primeru, da zahtevane pregledne razdalje iz Preglednice 10 ni mogoče doseči, je potrebno z dodatnimi ukrepi, kot je na primer ustrezna signalizacija ali umirjanje prometa, doseči zmanjšanje hitrosti približujočih se vozil.

3.5.2 Preglednost pri uvozu v križišče

Dolžina preglednosti pri uvozu v križišče je tista dolžina, ki omogoča vozniku, ki stoji 3,00m od roba prednostne ceste, zadovoljiv pregled na prometno dogajanje na glavni cesti. Potrebna dolžina l se določi iz Preglednice 11.

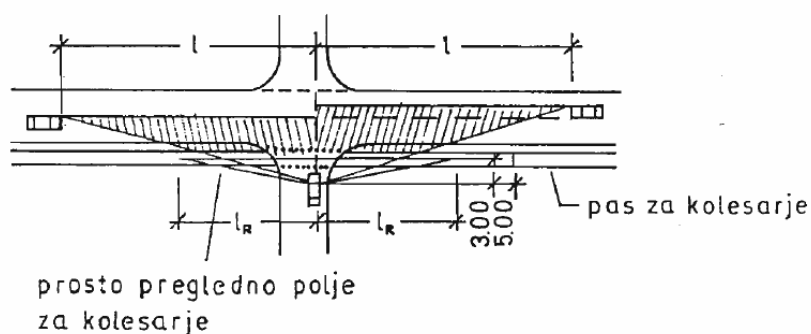


Slika 8: Preglednost pri uvozu v križišče (Zemljich et al. 1979: str VI-46)

Preglednica 11: Dolžine vidnega polja na prednostni cesti

Kategorija ceste	Hitrost [km/h]							
	100	90	80	70	60	50	40	30
A	200 (300)	170 (250)	135 (210)	110 (175)	85	70	–	–
B	–	–	–	110	85	70	–	–
C	–	–	–	–	–	70	50	–

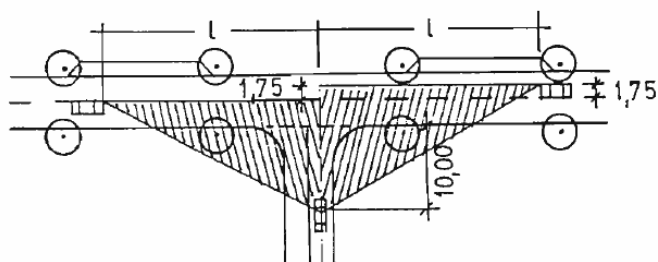
Pri določanju polja preglednosti je zaželeno, da se oddaljenost od roba prednostne ceste poveča s $3,00m$ na $4,50m$ do $5,00m$ zaradi nemotenega odvijanja kolesarskega prometa. Če je v križišču predviden poseben pas za kolesarski promet, je potrebno zagotoviti dolžino l_R , ki znaša od $20,00m$ do $30,00m$.



Slika 9: Pregledno polje za kolesarje (Zemljič et al. 1979: VI-46)

3.5.3 Preglednost pri približevanju križišču

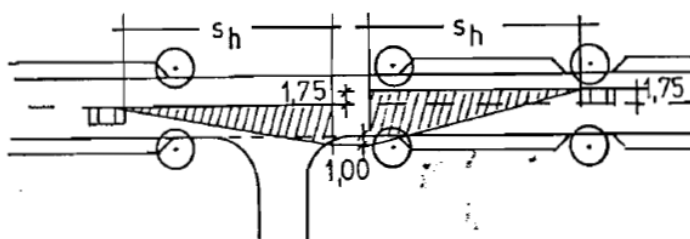
Preglednost pri približevanju križišču je tista dolžina, pri kateri lahko vozilo, ki prihaja z neprednostne ceste, brez spremembe hitrosti zapelje v križišče oziroma lahko v primeru zasedenosti križišča še pravočasno ustavi. To preglednost določimo z oddaljenosti $10,00m$ od roba prednostne ceste in z dolžino iz Preglednice 11. Izven naselij se oddaljenost lahko poveča na največ $20,00m$.



Slika 10: Preglednost pri približevanju križišču (Zemljič et al. 1979: VI-46)

3.5.4 Preglednost za pešce in kolesarje

Preglednost za pešce in kolesarje določamo v oddaljenosti $1,00m$ od roba ceste in s potrebno zaustavno pregledno razdaljo iz Slike 11.



Slika 11: Preglednost na prehodih za pešce in kolesarje (Zemljič et al. 1979: VI-47)

3.6 Vodenje pešcev in kolesarjev na območju križišča

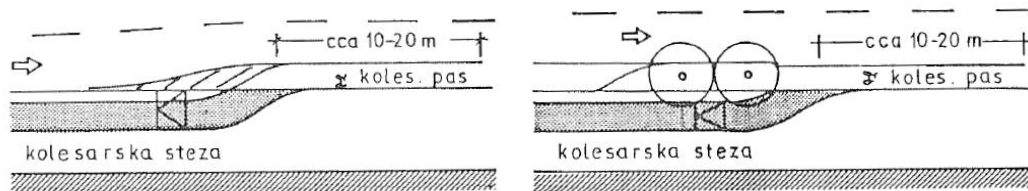
Pešci in kolesarji so najpočasnejši in najmanj zaščiteni uporabniki prometnih površin. Vseh prečkanj pešcev in kolesarskega prometa ne moremo urejati s svetlobnosignalnimi napravami ali s podhodi oziroma nadhodi. Zato moramo pri projektiranju križišč upoštevati njihove posebne zahteve.

3.6.1 Vodenje pešcev

Peš promet močno vpliva na samo oblikovanje križišča. Ker vzdolžni peš promet ne sme biti oviran, morajo biti čakalna mesta pri prečkanjih pravilno dimenzionirana. Na območjih prečkanja naj bo robnik spuščen na približno $3cm$.

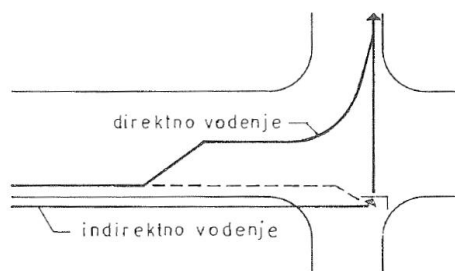
3.6.2 Vodenje kolesarjev

Kakovost vodenja kolesarskega prometa na območju križišča je odvisna od tega, ali je predviden poseben pas za kolesarski promet. Pred križiščem končana kolesarska steza mora preiti v kolesarski pas na vozišču.



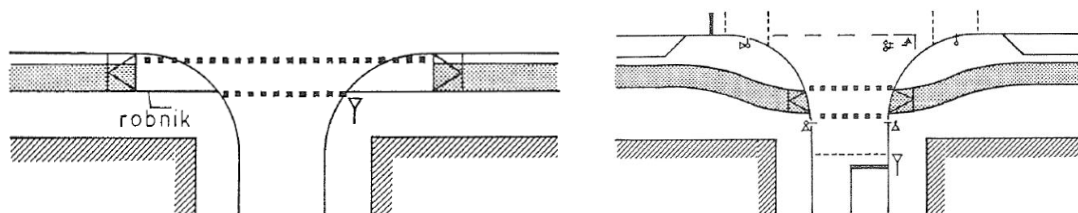
Slika 12: Prehod kolesarske steze v kolesarski pas – prehod s pomočjo signalizacije in prehod s pomočjo gradbenega ukrepa (Zemljič et al. 1979: VI-49)

Leve zavijalce lahko v križišču vodimo neposredno ali posredno. Pri neposrednem vodenju se kolesarje vodi ob zavijajočem motornem prometu, pri posrednem pa najprej prek neprednostne ceste in nato prek prednostne.



Slika 13: Možnosti vodenja levih zavijalcev (Zemljič et al. 1979: VI-49)

Vodenje kolesarjev prek kraka neprednostne ceste je lahko poudarjeno ali nepoudarjeno.



Slika 14: Vodenje kolesarjev – nepoudarjeno vodenje in poudarjeno vodenje s pomočjo svetlobnosignalnih naprav (Zemljič et al. 1979: VI-50)

4. KROŽNO KRIŽIŠČE

4.1 Osnovni pojmi

Krožno križišče je kanalizirano križišče krožne oblike z nepovoznim, z delno povoznim ali s prevoznim središčnim otokom in s krožnim voziščem, v katerega se stekajo trije ali več krakov cest in po katerem poteka vožnja nasprotno od smeri gibanja urinega kazalca.

Krožno vozišče je vozišče krožne oblike, po katerem vozijo vozila okoli središčnega otoka v nasprotni smeri urinega kazalca. Vozila v krožnem toku imajo prednost pred vozili, ki prihajajo iz uvozov.

Sredinski otok je denivelirana fizična ovira krožne ali ovalne oblike, postavljena na sredini krožnega križišča, ki preprečuje vožnjo naravnost in omejuje krožno križišče na notranji strani.

Povozen del sredinskega otoka skupaj s krožnim voziščem omogoča dolgim vozilom vožnjo skozi križišče. Od krožnega vozišča se gradbeno razlikuje po uporabljenem materialu in barvi.

Zunanji premer je premer zunanjega (največjega) kroga krožnega križišča oz. premer zunanjega roba krožnega vozišča.

Notranji premer je premer središčnega otoka oz. notranjega roba krožnega vozišča.

Uvoz je območje krožnega križišča, kjer se uvozni vozni pas steka v krožno križišče in je od le-tega ločen z ločilno črto. Uvoz je lahko lijakasto razširjen ali pa so njegovi robovi vzporedni. Na tem območju morajo vozila upočasniti vožnjo ali ustaviti do trenutka, ko je med vozili v krožnem toku zadostna časovna praznina za njihovo priključitev na krožno vozišče.

Izvoz je območje, na katerem vozila zapuščajo krožno križišče.

Krožni prometni tok tvorijo vozila, ki krožijo po krožnih prometnih pasovih okoli središčnega otoka.

Uvozni radij je radij desnega roba vozišča na uvozu v krožno križišče, ki usmerja vozila iz krožnega vozišča.

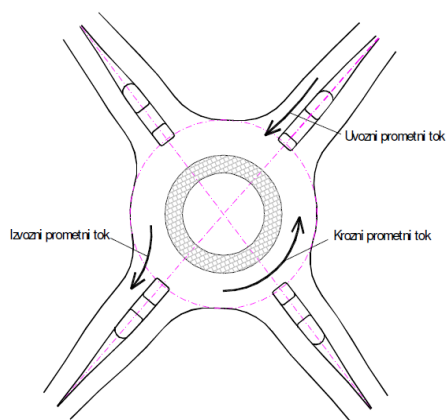
Izvozni radij je radij desnega roba vozišča na izvozu iz krožnega križišča, ki usmerja vozila iz krožnega vozišča.

Niša za čakanje je prostor med notranjim robom zaznamovanega prehoda za pešce ali kolesarje in zunanjim robom krožnega vozišča, ki ga uporabljajo vozila za čakanje na sprejemljivo časovno praznino med vozili v krožnem toku.

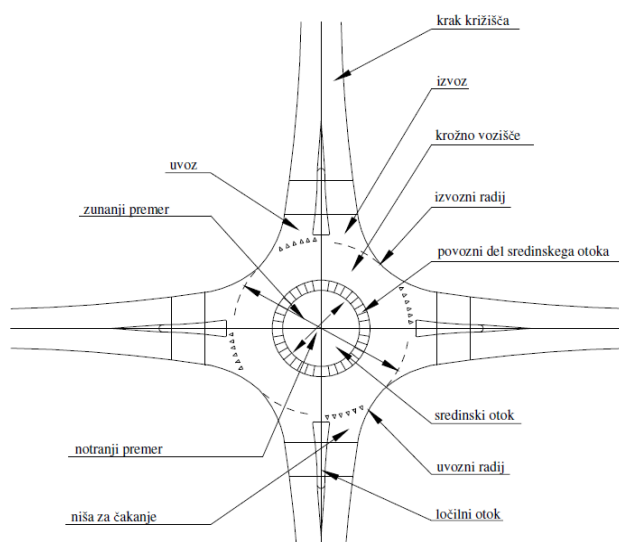
Ločilni otok – otok za pešce je deniveliran element krožnega križišča, ki ločuje uvoz in izvoz iz krožnega križišča, usmerja vozila v pravilno uvažanje in izvažanje iz krožnega križišča ter zagotavlja višjo raven prometne varnosti pešcev in kolesarjev pri prečkanju kraka krožnega križišča. Oblika ločilnega otoka je odvisna od velikosti krožnega križišča (trikotni ali kapljasti).

Uvozna širina (e) je širina lijakastega uvoza; meri se pravokotno, in sicer od uvoznega radija do presečišča podaljška desnega roba otoka za pešce in talne signalizacije, ki označuje zunanji rob krožnega vozišča.

Širina voznega pasu (v) je širina voznega pasu dostopne ceste pred začetkom krožnega križišča.



Slika 15: Tokovi v krožnem križišču (TSC 03.341:2002: str. 5)



Slika 16: Osnovni elementi krožnega križišča (TSC 03.341:2002: str. 7)

4.2 Lastnosti krožnih križišč

Prednosti krožnih križišč pred klasičnimi:

- velika prometna varnost (manjše število konfliktnih točk kot pri klasičnih nivojskih križiščih, eliminacija konfliktnih točk križanja, nemogoča vožnja skozi krožno križišče brez zmanjšanja hitrosti ...),
- možnost prepuščanja prometnih tokov velikih jakosti,
- krajši čakalni čas (kontinuiranost vožnje),
- manjši hrup in emisija škodljivih plinov,
- manjša poraba prostora (kot pri nivojskih pasovih za zavijalce pri enaki kapaciteti),
- 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 (kot pri semaforiziranih križiščih),
- dobra rešitev kot ukrep za umirjanje prometa v urbanih območjih,

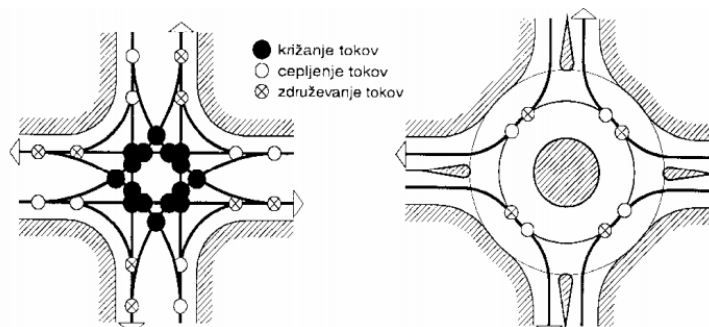
Pomanjkljivosti krožnih križišč:

- s povečanjem števila pasov v krožnem vozišču se raven prometne varnosti zmanjšuje;
- zaporedna krožna križišča ne omogočajo sinhronizacije;
- težave s pomanjkanjem prostora za izvedbo središčnega otoka na zazidanem območju;
- prometa v krožnem križišču ni mogoče usmerjati s prometno policijo;
- krožna križišča niso priporočljiva pred ustanovami za slepe in slabovidne ter slušno motene, pred domovi za ostarele, bolnišnicami in zdravstvenimi domovi in na vseh drugih mestih, kjer nemotorizirani udeleženci v prometu zaradi svojih začasnih ali trajnih fizičnih prizadetosti ne morejo varno prečkati ceste brez svetlobnosignalnih naprav;
- velika krožna križišča niso priporočljiva pred otroškimi vrtci in šolami ter na drugih mestih z velikim številom otrok;
- težave pri močnem kolesarskem in peš prometu, kjer seka enega ali več krakov enopasovnega krožnega križišča;
- slaba rešitev pri močnem toku levih zavijalcev;
- naknadna semaforizacija bistveno ne vpliva na kapaciteto.

4.3 Prometna varnost v krožnih križiščih

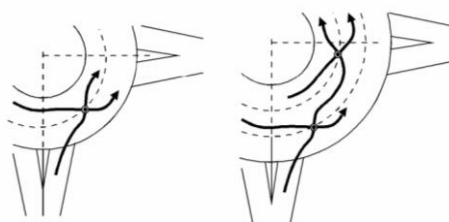
4.3.1 Motorni promet

Teoretično ima klasično štirikrako križišče 32 konfliktnih točk (16 križanj, 8 cepljenj in 8 združevanj), enopasovno štirikrako krožno križišče pa le 8 točk nižjega reda (4 cepljenja in 4 združevanja).



Slika 17: Konfliktni točke v štirikrakem klasičnem in štirikrakem krožnem križišču (TSC 03.341:2002: str. 9)

V primeru, da krožno vozišče tvorita dva vozna pasova, se število konfliktnih točk poveča za konfliktnene točke prepletanja, katerih število je teoretično enako številu priključnih cest, vendar je to število še vedno manjše od 32.



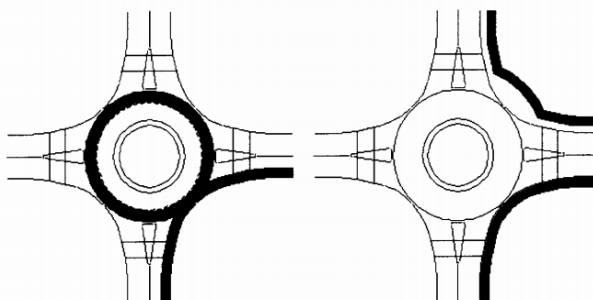
Slika 18: Konfliktna točka prepletanja in konfliktni odsek (TSC 03.341:2002: str. 9)

Tudi posledice prometnih nesreč v krožnih križiščih so bistveno drugačne kot pri klasičnih. Predvsem so manjše in načeloma brez smrtnih žrtev in težkih telesnih poškodb. Vzrok je v tem, da v krožnih križiščih ni čelnih trkov, pri katerih so posledice najhujše. Pri krožnih križiščih so trki med vozili večinoma stranski, pod ostrim kotom ali zaradi naletov od zadaj. Trki med motornimi vozili in kolesarji (pešci), ki prečkajo krak krožišča, so enaki kot pri klasičnih križiščih, le da so posledice trkov nekoliko manjše (zmanjšana hitrost pri uvozu) (Tolazzi 2005).

4.3.2 Prometna varnost kolesarjev

Prometna varnost kolesarjev v krožnih križiščih je odvisna predvsem od uporabljenega načina vodenja kolesarjev na območju krožnega križišča, načina izvedbe otokov za pešce in pravilne izvedbe vertikalne in horizontalne signalizacije. Po svetu so znani trije načini vodenja kolesarjev na območju krožnega križišča (Tolazzi 2005):

1. mešano vodenje motornega in kolesarskega prometa,
2. vzporedno vodenje kolesarjev ob zunanjem robu krožnega križišča,
3. ločeno vodenje kolesarjev vzporedno z robniki ali v koncentričnih krogih.



Slika 19: Mogoča načina vodenja kolesarjev na območju krožnega križišča (TSC 03.341:2002: str. 10)

4.3.3 Prometna varnost pešcev

Varnost pešcev v krožnih križiščih je odvisna predvsem od prehodov za pešce in preglednosti, nekoliko manj pa tudi od načina izvedbe otokov za pešce ter vertikalne in horizontalne signalizacije. Pešcem mora biti omogočeno, da pravočasno zaznajo vozila, ki izvažajo iz ali uvažajo v krožno križišče.

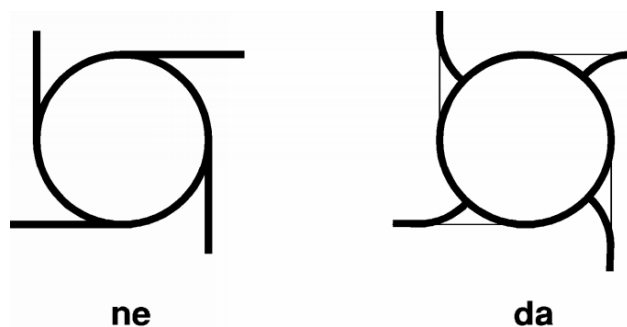
Ločini otoki – otoki za pešce

Izvedba deniveliranega otoka za pešce na krakih krožnih križiščih vpliva na izboljšanje prometne varnosti motoriziranih in nemotoriziranih udeležencev v prometu.

4.4 Ukrepi za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča

Po preveritvi ustreznosti lokacije in položaja v cestni mreži, je potrebno pri oblikovanju krožnega križišča v največji možni meri upoštevati naslednje:

Vodenje krakov v krožno križišče naj bo čim bolj pravokotno (zmanjšanje hitrosti zaradi defleksije, pregledno polje pravilne oblike ...). Tangencialno vodenje uvoznega pasu v krožno križišče povzroča nerazumljivost pravila prednosti vozil v krožnem toku pred vozili na uvozu, velike hitrosti vozil na uvozih, nepreglednost pri priključevanju vozil v krožno križišče in nalete vozil na uvozu. Tangencialno vodenje izvoza iz krožnega križišča pa hkrati zahteva velik kot obračanja krmila in veliko pokrito površino na uvozu (Tolazzi 2005).



Slika 20: Način priključevanja krakov v krožno križišče (TSC 03.341:2002: str. 10)

Velikost uvozne krivine – velikost hitrosti na uvozu v krožno križišče je neposredno odvisna od velikosti polmera uvozne krivine. Prevelik polmer omogoča prevelike hitrosti na uvozu, premajhen polmer pa nalete na sredinski otok ali neželene prehode na notranji vozni pas v krožnem toku (Tolazzi 2005).

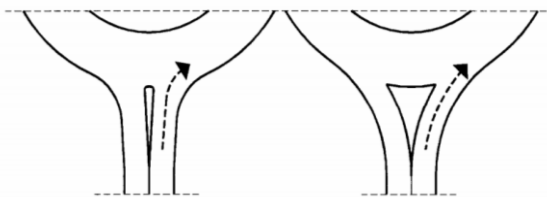
Širina uvoza v krožno križišče in dolžina razširitve – najnevarnejši prometni manever v krožnem križišču je uvažanje v krožno križišče, ki se izvede na relativno majhnem prostoru. Zato je oblika uvoza izjemnega pomena zaradi prometne varnosti in kapacitete (časov praznine) (Tolazzi 2005).

Ukrivljenost krivulje vožnje (defleksija) skozi krožno križišče ima enega od največjih pomenov za prometno varnost pri vožnji skozi krožno križišče. Krivulja mora imeti obliko dvojne S-krivine, ki jo tvorijo trije radiji usklajenih velikosti. Večja ukrivljenost krivulje vožnje povzroča manjšo hitrost vožnje na uvozu in izvozu, s tem pa večjo prometno varnost v krožnem križišču. Na ukrivljenost krivulje lahko vplivamo na dva načina:

- s spremembo velikosti sredinskega otoka (boljše, toda večkrat neizvedljivo),
- z obliko otoka za pešce (slabše, toda večkrat izvedljivo).

Položaj prehodov za pešce in kolesarje – prehode je smiselno odmakniti navzven od roba krožnega križišča za dolžino enega do dveh osebnih vozil. Tako se hkrati poveča tudi prepustnost krožnega križišča, ker pešci in kolesarji v manjši meri ovirajo vključevanje vozil v krožni tok.

Otoki za pešce (ločini otoki) naj bodo prilagojeni velikosti krožnega križišča in predvideni hitrosti v krožno križišče. Pri velikih krožnih križiščih se priporoča uporaba otokov lijakaste oblike, v majhnih krožnih križiščih pa otokov oblike stožca.



Slika 21: Oblika ločilnega otoka v odvisnosti od velikosti krožnega križišča in predvidene hitrosti (Tolazzi 2005)

Povozni del sredinskega otoka je pomemben za zagotavljanje prometne varnosti v krožnem vozišču. Če v krožnem vozišču ni povoznega dela otoka, lahko prihaja do prehitevanja vozil pri kroženju in nevarnih situacij. Povozni del sredinskega otoka torej predstavlja (vizualno) zožitev za vozila z majhnimi gabariti in izjemoma (za dolga vozila) uporabni del krožnega vozišča (Tolazzi 2005).

Razsvetljava krožnega križišča določa raven prometne varnosti ponoči.

Odvodnjavanje krožnega križišča – prečni nagib krožnega pasu navzven je pogostejši, saj je lažje izvedljiv prehod med priključki in krožnim pasom, enostavnejše pa je tudi odvodnjavanje (Tolazzi 2005).

4.5 Kapaciteta krožnega križišča

4.5.1 Splošno

Za vsako novo ali rekonstruirano krožno križišče je potrebno preveriti prepustnost. Pri določanju prepustnosti novega krožnega križišča je potrebno upoštevati predvidene prometne obremenitve na koncu planske dobe.

Izračune je potrebno izvesti za končne obremenitve, izražene v odstotku povprečnega dnevnega prometa. Odstotek je določen na osnovi znanih podatkov o spreminjanju prometnih obremenitev na tem območju.

4.5.2 Pojem kapacitete krožnega križišča

Kapaciteta krožnega križišča C nam pove, koliko vozil prevozi krožno križišče v enoti časa. Dobimo jo tako, da seštejemo prepustnosti vseh uvozov Q_{Ei} v krožno križišče.

$$C = \sum_{i=1}^n Q_{Ei} \quad n - \text{število uvozov}$$

Prepustnost uvoza Q_E določa, koliko vozil uvozi v krožno križišče skozi en uvoz v časovni enoti.

$Q_E = f(Q_C, \text{geometrije})$, kjer je Q_C – krožeči prometni tok.

4.5.3 Avstrijska metoda

Pred odločitvijo o primernosti lociranja krožnega križišča v prostor je potrebno izdelati oceno primernosti izvedbe krožnega križišča, kjer uporabimo Grafikon 1.

4.5.3.1 Ugotavljanje zmogljivosti po kalibrirani avstrijski metodi

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

$$L = 1500 - 8/9 * (b * M_K + a * M_A) [EOV / h].$$

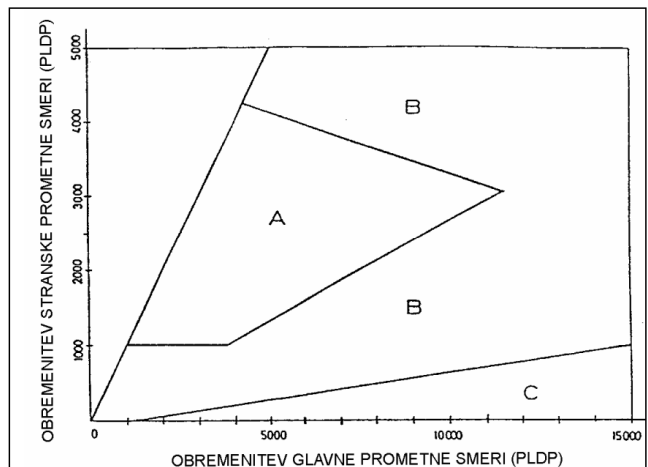
L – zmogljivost uvoza [EOV / h]

M_K – obremenitev v krožnem vozišču [EOV / h]

M_A – prometna obremenitev izvoza [EOV / h]

a – faktor geometrije uvoza

b – faktor širine voznih pasov v krogu



Grafikon 1: Območje primernosti izvedbe krožnega križišča (TSC 03.341:2002: str. 16)

Cona A – priporočljiva izvedba krožnega križišča.

Cona B – primernost izvedbe krožnega križišča je treba preveriti (v primerjavi s klasičnim nivojskim ali v primerjavi s klasičnim izvennivojskim križiščem).

Cona C – priporočljiva izvedba klasičnega ali krožnega nivojskega križišča.

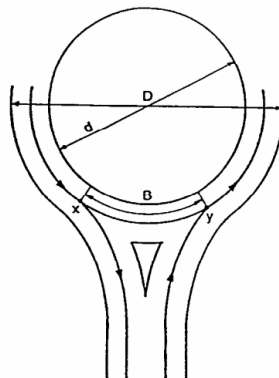
Faktor geometrije a določamo v odvisnosti od razdalje B med konfliktnima točkama x in y . Za primer enopasovnega uvoza v krožno križišče velja za izračun razdalje B naslednja zveza:

$$B = \frac{(D - FB) * \pi * \varphi}{180} [m].$$

D – zunanji premer krožnega križišča [m]

FB – širina krožnega vozišča [m]

φ – polovični središčni kot med konfliktnima točkama [°]



Slika 22: Merodajna razdalja B med konfliktnima točkama x in y (TSC 03.341:2002: str. 17)

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

$$\sin \varphi = \frac{B'}{(D - FB)} [\text{rad}]$$

$$B' = \frac{(T + FB/2 + Z/2 * \sin \alpha) * W}{T} [m]$$

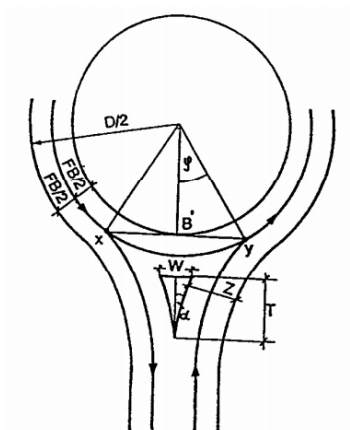
$$\text{tg } \alpha = \frac{W}{2T} [\text{rad}].$$

T – dolžina ločilnega otoka [m]

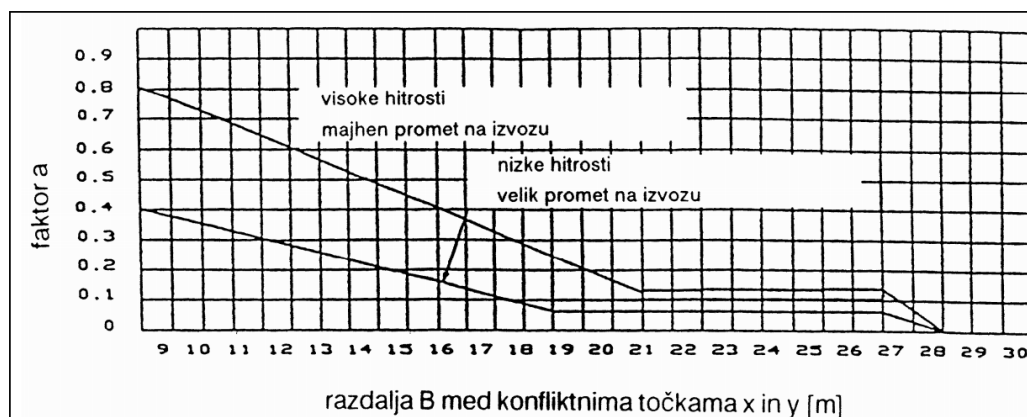
W – širina ločilnega otoka [m]

Z – širina uvoza [m]

α – polovični ostri kot ločilnega otoka [°]



Slika 23: Geometrijska izvedba krožnega križišča: (TSC 03.341:2002: str. 17)



Grafikon 2: Določitev faktorja a v odvisnosti od razdalje B in merodajnih prometnih razmer (TSC 03.341:2002: str. 17)

4.5.3.2 Ugotavljanje stopnje obremenjenosti uvoza

S stopnjo obremenjenosti uvoza ugotavljamo, do katere mere je dosežena računaska kapaciteta uvozov glede na dejanske oziroma predvidene prometne obremenitve. Izračunamo jo po obrazcu:

$$A = \frac{c * M_E}{L} * 100 [\%].$$

A – stopnja obremenjenosti uvozov [%]

M_E – prometna obremenitev uvoza [voz/h]

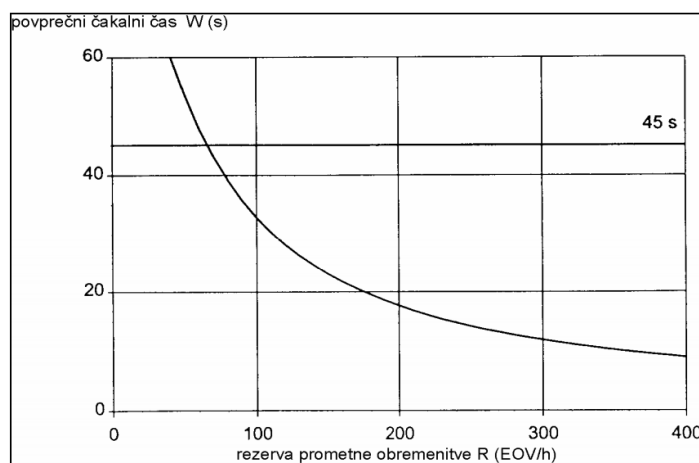
L – zmogljivost uvoza [voz/h]

c – faktor števila voznih pasov uvoza [–]

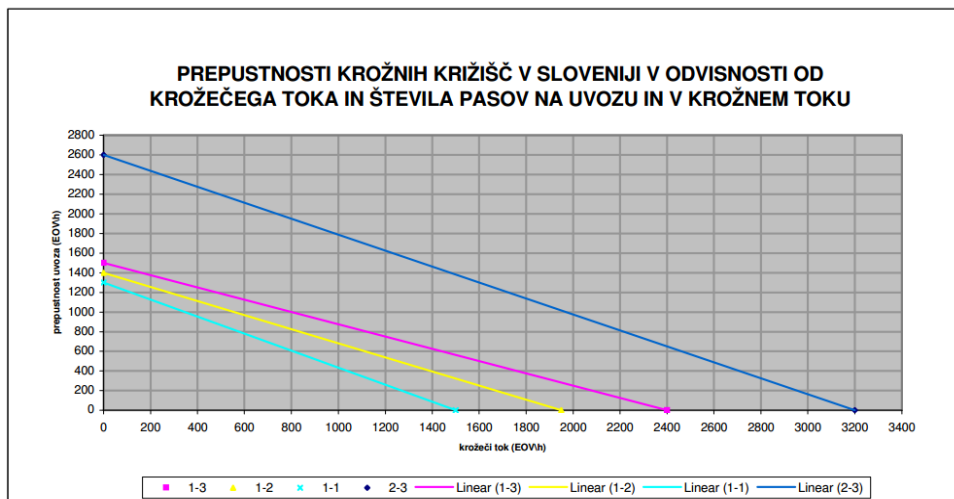
Stopnje obremenjenosti uvoza naj (tudi pri upoštevanju največjih urnih obremenitev) ne presegajo 90 % maksimalne urne prometne obremenitve.

4.5.4 Zamude v krožnem križišču

Zamudo v krožnem križišču ločujemo na zamudo zaradi geometrije in zamudo zaradi vrste. Prva nam pove zamudo vozil zaradi daljše poti in zmanjšane hitrosti prevoza krožnega križišča, druga pa zamudo zaradi čakanja na vključitev v krožni promet. Ocena srednjega čakalnega časa motornih vozil na uvozu v krožno križišče se lahko izvede s pomočjo Grafikona 3, ki je izdelan na osnovi nemških raziskav.



Grafikon 3: Grafikon za določanje srednjega čakalnega časa (TSC 03.341:2002: str. 19)



Grafikon 4: Prepustnosti uvozov v krožna križišča (TSC 03.341:2002: str. 19)

4.6 Določitev projektno-tehničnih elementov krožnega križišča

Vsako križišče je posebno, zato lahko projektno-tehnične elemente podajamo samo v nekih priporočenih mejah, ki izhajajo iz prometno-tehničnih ali varnostnih vidikov. Naloga projektanta je, da v teh priporočenih mejah izbere optimalne vrednosti elementov za posebne prometne in prostorske razmere.

Preglednica 12: Mejne in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov

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	27–127.0	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 krožnega pasu	u	m	4.5–25	5.4–16.2
Ostrina razširitve	S	/	0–2.9	0–2.9

Vrednosti v Preglednici 12 so dobljene izkustveno, zato je treba vsako odstopanje od teh okvirov dobro pretehtati, saj bi lahko imelo neugodne posledice predvsem za varnost križišča. Pri geometrijskem optimiranju krožnega križišča je potrebno opazovati vpliv posameznih sprememb na prepustnost uvozov in varnost.

4.6.1 Izbira zunanje premera D in širine krožnega pasu u

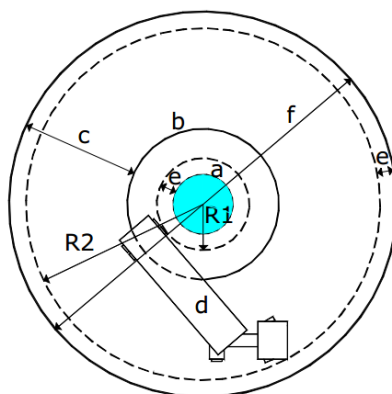
Na izbiro zunanje premera vpliva predvsem lokacija bodočega krožnega križišča. V stanovanjskih naseljih ima krožno križišče predvsem nalogo umirjati promet pri zadostni prepustnosti, medtem ko je na magistralnih cestah njegova glavna naloga zagotavljanje prepustnosti pri zadostni varnosti udeležencev v prometu.

Zunanji premer D in širina krožnega voznega pasu u sta v medsebojni povezavi. Najprej je potrebno določiti število voznih pasov v krožnem toku.

Iz prometnovarnostnih razlogov se priporočata le dva vozna pasova. Za vsa krožna križišča je potrebna preveritev prevoznosti merodajnega vozila. Za prevoznost merodajnega vozila sedlastega vlačilca skozi majhno in srednje veliko krožno križišče ($R_z = 14 - 18m$) morajo biti glavni oblikovni elementi v določenem razmerju in določenih minimalnih velikostih.

Preglednica 13: Delitev po velikosti in lokaciji

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 (enopasovno) izvenurbano	35–45	22.000
Srednje veliko (dvopasovno) izvenurbano	40–70	–
Veliko izvenurbano	> 70	–



Slika 24: Glavni oblikovni elementi (TSC 03.341:2002: str. 25)

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

Preglednica 14: Elementi prevoznosti

Premer sredinskega otoka [m]	R 1 [m]	R 2 [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

Če je merodajno vozilo tovornjak s prikolico, je v odvisnosti od velikosti krožnega križišča zahtevana uporaba spodnjih vrednosti ob določenih pogojih.

Preglednica 15: Zahtevani pogoji v primeru, da je merodajno vozilo tovornjak

Zunanji premer [m]		27–35	35–45
Širina krožnega voznega pasu [m]		6.5–8.0	5.75–6.5
Zahtevani pogoji	Širina voznega pasu pri uvozu [m]	3.25–3.5	3.5–4.0
	Širina voznega pasu pri izvozu [m]	3.5–3.75	3.5–4.25
	Velikost uvoznega radija [m]	10–12	12–14
	Velikost izvoznega radija [m]	12–14	14–16

4.6.2 Vodenje cest v križišče

Iz varnostnih razlogov vodimo ceste v križišče čim bolj pravokotno, saj tangencialno vodenje povzroča prevelike hitrosti vozil pri vstopu, težko vključevanje vozil v križišče in nalete od zadaj pri vstopu. Pogoje za dobro vključevanje vozila v križišče ustvarimo s pravilno izbiro vhodnega radija R , širine uvoza e in dolžine razširitve uvoza l' .

4.6.3 Širina voznega pasu pred krožnim križiščem v

Širina voznega pasu pred krožnim križiščem je pomemben element, s katerim bistveno vplivamo na prepustnost uvoza. Slovenski predpisi določajo najmanjšo širino pasu 2.75 m, mejne in priporočene vrednosti pa so podane v Preglednici 15.

4.6.4 Širina uvoza v križišče e in dolžina razširitve uvoza l'

Najbolj kritičen vozni manever v krožnem križišču je ravno vstop vanj, zato je zelo pomembno, da je ta majhen prostor optimalno oblikovan.

Opisujemo ga z dvema elementoma:

- širino uvoza e ,
- dolžino razširitve uvoza l' .

Dolžina razširitve uvoza l' je definirana kot dolžina srednice med krivuljo normalno širokega uvoza in krivuljo razširitve.

4.6.5 Uvozni R in vpadni kot ϕ

Elementa na prepustnost nimata večjega vpliva, sta pa pomembna za zagotavljanje prometne varnosti pri uvozu v krožno križišče in v krožnem toku. Velikost uvoznega radija je odvisna od velikosti krožnega križišča. Tuje izkušnje kažejo, da optimalen vpadni kot znaša 30° .

4.6.6 Širina izvoza iz krožnega križišča

Ena glavnih predpostavk pri izračunu prepustnosti uvozov je ta, da se promet nemoteno izliva iz križišča. Da bi to dosegli, mora biti izvoz dovolj širok.

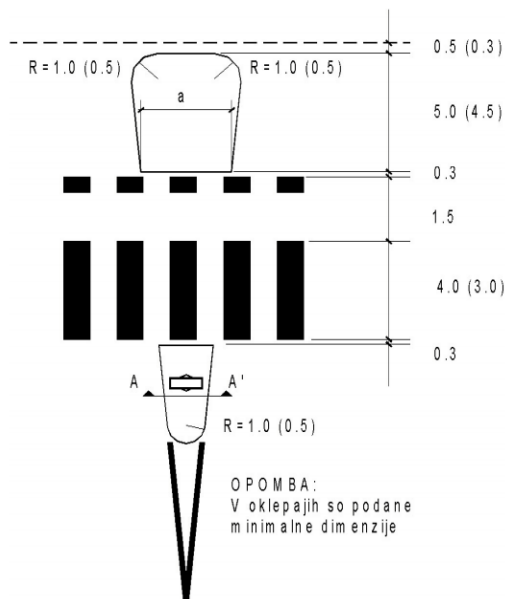
4.6.7 Izvozni radij

Za izvozni radij velja podobno kot za širino izvoza. Izvozni radij naj zagotavlja primerno prepustnost in varnost izvozov pri izvozni hitrosti vozil. Izvozni radij naj bo večji ali enak uvoznemu, nikakor pa ne manjši od uvoznega.

4.6.8 Dimenzije ločilnih otokov

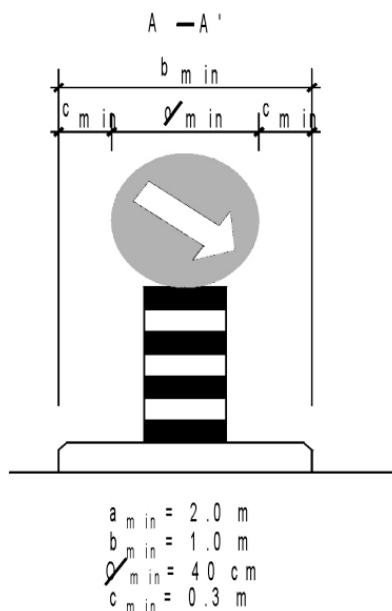
Pri velikih krožnih križiščih se priporoča uporaba ločilnih otokov trikotne, pri majhnih pa kapljaste oblike. Minimalne dimenzije ločilnega otoka trikotne oblike izhajajo iz velikosti krožnega križišča in velikosti uvoznega radija, ki jim (zaradi velikosti krožnega križišča) ni težko zadostiti. Minimalne dimenzije ločilnega otoka kapljaste oblike pa izhajajo iz vrste udeležencev v krožnem križišču, ki prečkajo ločilni otok (pešci in kolesarji ali samo pešci). Priporoča se, da je širina ločilnega otoka na širšem mestu, kjer ga seka kolesarska steza širine vsaj $2m$, minimalna širina na mestu postavitve prometnih znakov *obvezna vožnja mimo po desni strani* (II-47) in znaka za označitev prometnega otoka (VI-8) pa vsaj $1.0m$.

Priporoča se, da je širina ločilnega otoka na širšem mestu, kjer ga seka prehod za pešce širine vsaj $2m$, minimalna širina na mestu postavitve prometnih znakov *obvezna vožnja mimo po desni strani* (II-47) in znaka za označitev prometnega otoka (VI-8) pa vsaj $1.0m$.



Slika 25: Minimalne dimenzije ločilnega otoka (TSC 03.341:2002: str. 26)

Vsa presečišča linij se zaokrožijo vsaj z radijem $0.5m$. V krožnih križiščih, v katerih so kolesarji vodeni po krožnem voznem pasu (vzporedno vodenje), je lahko širina ločilnega otoka na širšem delu tudi ožja od $2.0m$.



Slika 26: Minimalne dimenzije ločilnega otoka (TSC 03.341:2002: str. 27)

4.7 Preglednost

Najpomembnejši pravili, ki jima je s stališča preglednosti v krožnih križiščih potrebno zadostiti.

- V krožnih križiščih v urbanem okolju je vozniku lahko omogočena preglednost na nasprotni izhod iz krožnega križišča, ni pa nujno.
- V krožnih križiščih izven urbanega okolja mora biti vozniku onemogočena preglednost na nasprotni izhod iz krožnega križišča, kar pa dosežemo z deniveliranjem sredinskega otoka.

Omejeni pravili se smiselno uporabljata ne glede na število krakov krožnega križišča in število voznih pasov v krožnem vozišču.

Preglednica 16: Zaustavitvena pregledna razdalja

Zaustavitvena pregledna razdalja [m]		
$V_R [km/h]$	40	50
Priporočena	50	70
Minimalna	40	50

4.8 Prometna oprema

4.8.1 Ločilni otoki – otoki za pešce

Uporaba deniveliranega ločilnega otoka na uvozu v krožno križišče je obvezna, razen pri mini krožnih križiščih, saj je izjemnega pomena za varno vodenje motornih vozil ter pešcev in kolesarjev. Tudi v mini krožnih križiščih naj se, če je le možno, s tipskimi deniveliranimi elementi fizično ločita uvoz in izvoz iz krožnega križišča. Linije ločilnega otoka naj bodo prilagojene linijam uvoznega, izvoznega in krožnega pasu v krožnem križišču. Presečišča teh linij naj bodo zaokrožena z radijem velikosti vsaj $0.5m$.

4.8.2 Prehodi za pešce in kolesarje

Izvedba prehodov za pešce in kolesarje zagotavlja prometno varnost in udobnost pešcev in kolesarjev pri prečkanju krakov krožnega križišča. Prehodi morajo biti izvedeni tako, da nase pritegnejo največje število pešcev (ki bi v nasprotnem primeru prečkali cesto naključno).

Pešcem mora biti omogočeno, da med prečkanjem prehoda vidijo bližajoča se vozila. Posebno pozornost pri preglednosti pešcev je treba posvetiti v krožnih križiščih, v katerih so locirana avtobusna postajališča.

Prehodi za pešce naj bodo nameščeni nekoliko vstran od izvozov iz krožnega križišča (za dolžino enega do dveh osebnih vozil).

4.8.3 Povožni del središčnega otoka

Povožni del središčnega otoka je tisti del središčnega otoka, ki skupaj s krožnim voziščem omogoča vožnjo skozi krožno križišče dolgim vozilom v premerih, ko le-ta zaradi majhne velikosti krožnega križišča ali širine krožnega vozišča brez povoznega dela središčnega otoka ne bi bila mogoča.

Povožni del središčnega otoka se torej izvaja le pri majhnih in srednje velikih krožnih križiščih. Širina povoznega dela središčnega otoka običajno znaša od 1 do 2 metra, odvisno od pokrite površine merodajnega vozila pri vožnji skozi križišče (celoten krog).

Povožni del središčnega otoka mora biti izveden na način in z materiali, da voznike kratkih vozil odvrta od uporabe oz. da se ga uporabljajo le tista vozila, ki brez uporabe le-tega ne morejo prevoziti krožnega križišča. To dosežemo z dovolj velikim naklonom ploskve navzven (približno 5 %) in s hrapavo površino, npr. tlakovanje.

4.8.4 Razsvetljava krožnega križišča

Zaradi zadoščanja pogojem prometne varnosti ponoči mora biti krožno križišče primerno razsvetljeno. Razsvetljeni morajo biti uvozi v krožno križišče in središčni otok.

4.9. Prometna signalizacija (vertikalna in talna signalizacija)

V krožnih križiščih se postavljajo prometni zanki in prometna oprema, ki jo predpisuje Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah.

5 KRIŽIŠČE ČOLNIŠČE NA DRŽAVNI CESTI V ZAGORJU OB SAVI

5.1 Lokacija križišča

Zagorje leži 14 kilometrov jugovzhodno od Trojan in je najbolj zahodno zasavsko mesto. Občina Zagorje ob Savi leži v osrčju Slovenije in obsega 147km^2 površin, na katerih živi okoli 17100 prebivalcev. Gostota poselitve je $116\text{prebivalcev}/\text{km}^2$, nadmorska višina mesta pa znaša 224 metrov. Mesto Zagorje ob Savi je od Ljubljane oddaljeno 52km , Celja 36km in od GESS-a 22km . Zagorje leži na 15. poldnevniku geografske dolžine. Zaradi slabe gospodarske razvitosti Zasavske regije se večina prebivalcev iz Zagorja dnevno vozi na delo v večja mesta v okolico, od Celja, Litije pa vse do Ljubljane. Zato je glavna cesta R1-221 Trojanje–Zagorje ob Savi najbolj obremenjena v smeri proti Trojanam, kjer se vozniki vključijo na avtocesto A1. Nekoliko manj prometna je tako imenovana zasavska cesta G2-118 Ljubljana–Zidani Most.

Skozi mesto poteka glavna državna cesta R1-221 Trojanje–Zagorje ob Savi. Na stacionaži km 6,0 + 250 se glavni cesti priključita stranski cesti Čolnišče–Zagorje ob Savi in Zagorje–Trbovlje prek Ruardija.



Slika 27: Pogled na križišče iz zraka

5.2 Trenutno stanje križišča

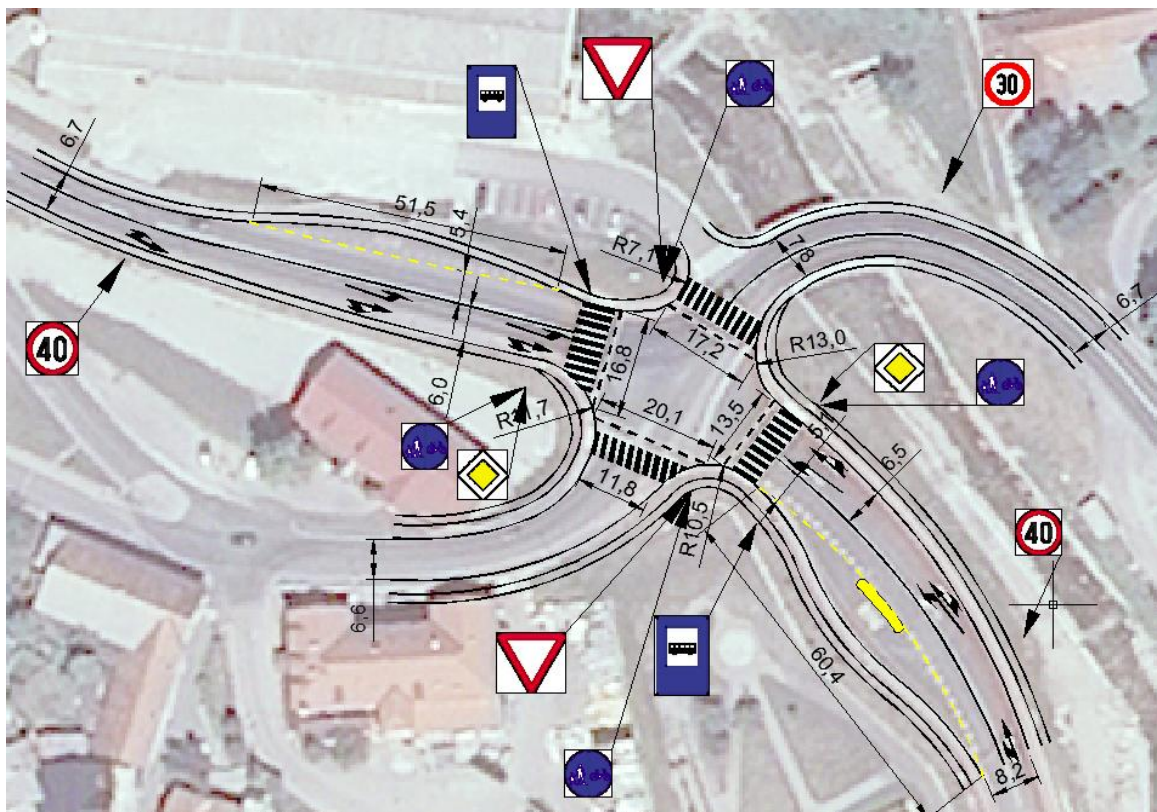
Križišče Čolnišče leži v severnem delu mesta, natančneje 300 metrov pred koncem naselja, in je z vseh strani omejeno z objekti. V bližnji okolici so nakupovalno središče Spar, poslopje Rudnika, objekt pod spomeniškim varstvom in premostitveni objekt priključne ceste z Ruardija. Nasproti nakupovalnega središča, vzporedno z državno cesto, teče potok Medija. V neposredni bližini križišča (dolvodno in gorvodno) se nahajata avtobusni postajališči.

Dolvodno 500 metrov se nahaja krožno križišče z zunanjim premerom 46 metrov. Prav tako pa se v neposredni bližini križišča 150 metrov dolvodno nahaja križišče T-oblike, ki služi za dovoz v nakupovalno središče. To križišče natančneje obravnavam v nadaljevanju.

Skozi križišče poteka cestna os glavne ceste po krivulji z radijem 150 metrov. Prav tako se tudi stranski cesti priključita glavni smeri s krivuljo z radijema 32 metrov na kraku A in 37 metrov na kraku C.



Slika 28: Pogled na križišče



Slika 29: Tloris križišča (obstoječe stanje)

5.2.1 Krak A, smer Ruardi

Cesta na kraku A je tako imenovana stara cesta, ki je bila včasih glavna cesta Zagorje–Trojane. Priključek je izveden na krožnici z radijem 32 metrov prek premostitvenega objekta čez potok Medija.



Slika 30: Pogled na križišče s kraka A

Prometna signalizacija na kraku A je razvidna iz Preglednice 17.

Preglednica 17: Prometna signalizacija na kraku A

Oznaka	Opis	Slika	Postavitev
II-1	križišče s prednostno cesto		3m od črte, ki označuje kolesarsko stezo
II-42	steza za pešce in kolesarje		3m od črte, ki označuje kolesarsko stezo
II-30	omejitev hitrosti		40m od črte, ki označuje kolesarsko stezo

5.2.2 Krak B, smer Kisovec


Širina voznega pasu na glavni cesti je 3,15m. Vozni pas se za voznike, ki pripeljejo iz Kisovca proti Zagorju razširi na širino 6,00m. En vozni pas, ki je sicer razširjen, je namenjen vsem trem smerem vožnje: vožnji naravnost proti centru Zagorja, vožnji desno proti Čolniščam in vožnji levo na Ruardi. Na vozišču so označene tudi puščice za nakazovanje smeri vožnje. Pas za leve zavijalce ni ločen z ločilno črto. V smeri proti Kisovcu je takoj za križiščem avtobusno postajališče dolžine 50 metrov. Na obeh straneh je tudi pločnik širine 1,5m. Prečno na krak B je narisano tudi prehod za pešce in kolesarje.



Slika 31: Pogled na križišče s kraka B

Prometna signalizacija na kraku B je razvidna iz Preglednice 18.

Preglednica 18: Prometna signalizacija na kraku B

Oznaka	Opis	Slika	Postavitev
II-30	omejitev hitrosti		66m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.
III-3	prednostna cesta		11m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.
II-42	steza za pešce in kolesarje		11m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.
III-54	avtobusna postaja		5m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.

5.2.3 Krak C, smer Čolnišče

Cesta iz Čolnišč se po loku z radijem 37 metrov priključi na glavno cesto R1-221. Širina vozišča je 6,50m, torej širina voznega pasu naša 3,25m, v razširitvi pa je vozišče široko 12 metrov.




Na vozišču je pred križiščem zaporna ploskev kapljaste oblike dolžine 12 metrov in širine 1,50m. Prvotno je bil na kraku C postavljen manjši otok kapljaste oblike, ki so ga pozneje odstranili. Zdaj je na tem delu izrisana zaporna ploskev, prek katere sta narisana kolesarska steza in prehod za pešce v dolžini 11,50m. Na levi in desni strani vozišča sta urejena pločnik in kolesarska steza skupne širine 2,50m.

Krak je opremljen s prometno signalizacijo, ki je prikazana v Preglednici 19.



Slika 32: Zaporna ploskev ter prehod za pešce in kolesarje na kraku C

Preglednica 19: Prometna signalizacija na kraku C

Oznaka	Opis	Slika	Postavitev
II-1	križišče s prednostno cesto		3m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.
II-42	steza za pešce in kolesarje		3m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.
III-86	Čolnišče		0m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.

5.2.4 Krak D, smer center

Na kraku proti centru mesta je širina vozišča 7,50m, v razširitvi pa 11,00m. En vozni pas je namenjen vsem trem smerem vožnje: vožnji naravnost proti Kisovcu, vožnji desno proti Ruardiju in vožnji levo proti Čolniščam. Širok je 6,00 metrov. Vozni pas iz Kisovca proti centru meri 4,00 metre v širino. Na vozišču so narisane puščice, ki nakazujejo smer vožnje.

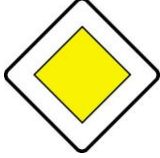


Na obeh straneh vozišča sta pločnik in kolesarska steza širine 2,50m. Pločnik in kolesarska steza sta nivojsko ločena od vozišča z robnikom. V smeri iz Kisovca proti središču je takoj za križiščem avtobusna postaja v dolžini 55 metrov. Prečno na krak je narisan prehod za pešce in kolesarje. Vozna pasova sta med seboj ločena z neprekinjeno črto.



Slika 33: Pogled na križišče s kraka D

Prometna signalizacija na kraku D je razvidna iz Preglednice 20.

Preglednica 20: Prometna signalizacija na kraku D

Oznaka	Opis	Slika	Postavitev
III-3	prednostna cesta		9m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.
II-30	omejitev hitrosti		40m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.
III-54	avtobusna postaja		6m od črte, ki označuje kolesarsko stezo.

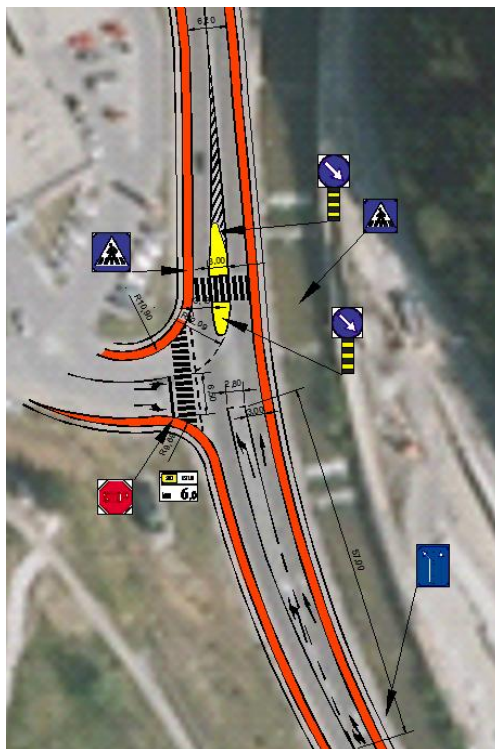
5.2.5 Križišče pri uvozu za Spar

Križišče je T-oblike in je od križišča Čolnišče oddaljeno 140 metrov. Na prednostni cesti iz smeri Kisovca proti središču je izveden prometni otok; prečno skozi otok je urejen prehod za pešce in kolesarje. V smeri center–Kisovec pa se vozni pas 60 metrov pred križiščem razširi v dva pasova, in sicer v pas za vožnjo naravnost in v pas za levo zavijanje. Vozni pas za naravnost je širok 3,50m, vozni pas za zavijanje pa 3,00m.

Krak pri izvozu iz Spara ima en vozni pas, širok 7,00m, ki je namenjen obema smerema vožnje. Prečno na ta krak je narisan prehod za pešce in kolesarje.



Slika 34: Pogled na križišče pri uvozu za Spar



Slika 35: Tloris križišča pri Sparu

Prometna signalizacija na območju tega križišča je razvidna iz Preglednice 21.

Preglednica 21: Prometna signalizacija na območju križišča za uvoz Spar

Oznaka	Opis	Slika	Postavitev
VI-8	znak za označitev prometnega obtoka		na otoku
II-47.1	obvezna vožnja mimo po levi strani		na otoku
III-6	prehod za pešce		0m pred prehodom za pešce
III-105	stacionaža odseka ceste		/

5.3 Prometne obremenitve

Prometna obremenitev je obremenitev, ki je izražena s številom vozil (povprečni letni dnevni promet, v nadaljevanju PLDP), lahko pa je izražena tudi s številom prehodov nazivne osne obremenitve, ki bo prečkalo izbrani prerez ceste v določeni dobi. Povprečni letni dnevni promet (PLDP) je povprečno dnevno število motornih vozil, ki je v določenem letu prevozilo izbrani prerez vozišča. Rezultati štetja na karakterističnih mestih na cestnem omrežju in analize v zvezi s tem nam dajejo podatke o PLDP – gostoti prometa (Malovrh 2009).

5.3.1 Štetje prometa

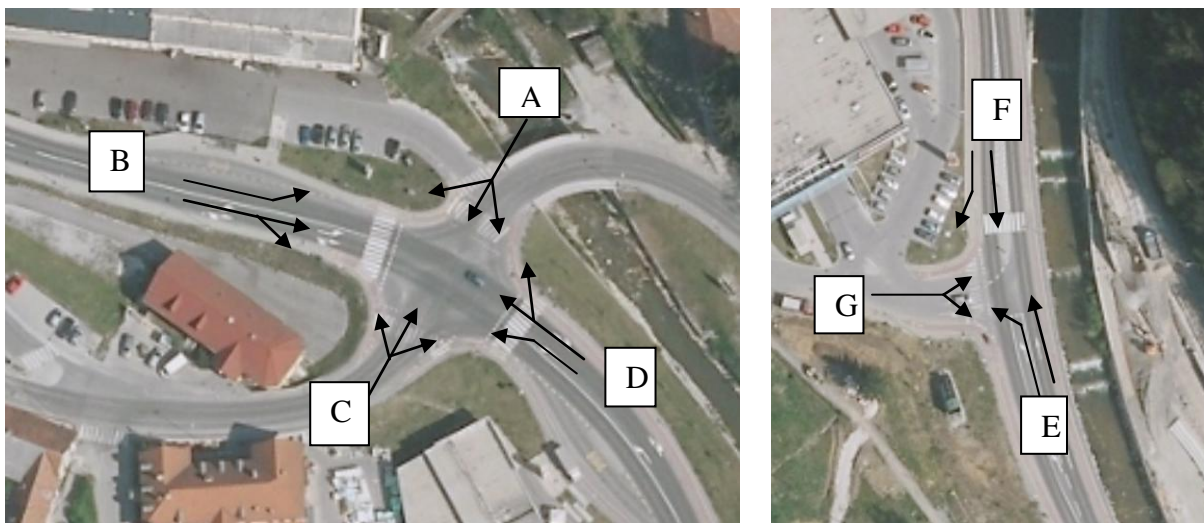
Podatki o prometnih obremenitvah posameznih cestnih odsekov služijo za analizo prometnih gibanj in so nepogrešljivi v procesu načrtovanja ukrepov, ki jih je treba izvesti na cestnem omrežju. Štetje prometa se na slovenskem cestnem omrežju opravlja že od leta 1954.

Namen štetja prometa je pridobivanje informacij o prometnih tokovih. Za potrebe prometnih ureditev izvajamo terenska štetja prometa v določenih časovnih intervalih in obdobjih.

Terenska štetja prometa so lahko ročna ali s pomočjo avtomatskih števec. Pri izboru časovnega obdobja je potrebno upoštevati sezonska nihanja prometa in vremenske razmere. Štetje prometa naj bi se praviloma izvajalo v času, ko je dnevni promet na območju štetja prometa približno enak PLDP. To pa lahko ocenimo na podlagi avtomatskih števec, če so v bližini, ali s strokovno oceno. Štetje prometa mora biti izvedeno čim bolj natančno (Malovrh 2009).

Na obravnavanem križišču v Zagorju ob Savi sem 13. 3. 2012 izvajal štetje prometa v dopoldanskem in popoldanskem času. Za štetje sem potreboval obrazec za štetje prometa in merilno mesto, od koder sem opazoval promet. Vsako mimoidoče vozilo sem zabeležil s črtico v preglednico pod ustrezno rubriko. Ob koncu štetja sem črtice preštel in sledila je analiza podatkov.

Dopoldansko štetje sem izvajal v času od 5.30 do 8.30. Na glavni smeri krakov B in D sem štel promet v vseh smereh za naravnost (B 1 in D 1), zavijanje desno (B 2 in D 2) in za zavijanje levo (B 3 in D 3). Na stranskih krakih A in C pa sem prav tako štel promet v vseh smereh (A 1, A 2, A 3 in C 1, C 2, C 3). Vozila sem razdelil v štiri razrede: osebna vozila, avtobusi, tovorna vozila do 7 ton in tovorna vozila nad 7 ton. Štetje prometa sem razdelil na petnajstminutne časovne intervale.



Slika 36: Smeri pri štetju prometa

Popoldansko štetje sem izvajal v času od 14.00 do 17.00. Poleg zgoraj omejenega križišča sem izvajal štetje tudi za križišče pri uvozu v nakupovalno središče Spar. Smeri štetja so ostale iste kot pri dopoldanskem štetju, le da sem pri spodnjem križišču dodal še smeri E 1 in E 2 na glavni smer proti Kisovcu, F 1 in F 2 na glavni smeri proti Zagorju ter G 1 in G 2 smeri iz nakupovalnega središča na glavno cesto.

5.3.2 Rezultati štetja prometa

Pridobljeni podatki se vnesejo v podatkovno bazo in se analizirajo z računalniškim programom. Rezultati analiz se predstavijo v obliki standardnih zapisov, in sicer:

- podatkov o križišču,
- 15-minutne obremenitve,
- urne obremenitve,

- analize zavijalcev,
- analize zavijalcev po strukturi prometa,
- analize zavijalcev po strukturi prometa,
- histograma nihanja prometa po smereh,
- histograma nihanja prometa po priključkih,
- histograma nihanja prometa v križišču,
- diagrama prometnih obremenitev,
- maksimalne urne obremenitve v križišču,
- maksimalne urne obremenitve po elementih,
- maksimalne urne obremenitve skupaj in
- faktorja urne konice (PHF).

V jutranjem štetju v času od 5.30 do 8.30 je obravnavano križišče prevozilo 2908 vseh prešteti vozil v vseh mogočih smereh. Največ prometa je bilo v smeri proti Kisovcu (krak B), in sicer 1531 vseh vozil, v smeri Zagorja pa 1120 vseh vozil. Jutranja maksimalna urna obremenitev križišča je bila v času od 6.15 do 7.15, v kateri je križišče prevozilo 1144 vseh prešteti vozil.

V popoldanskem štetju v času od 14:00 do 17:00 je obravnavano križišče prevozilo 3466 vseh prešteti vozil v vseh možnih smereh. Največ prometa je bilo v smeri proti Zagorju (krak D), in sicer 1827 vseh vozil, v smeri Kisovca (krak B) pa 1085 vseh vozil. Popoldanska maksimalna urna obremenitev križišča je bila v času od 15.00 do 16.00, v kateri je križišče prevozilo 1232 vseh prešteti vozil.

Analiza štetja nam prikaže prometne obremenitve skozi križišče, in sicer, da je v jutranji konici povečan promet v smeri proti Kisovcu, kar je predvsem zaradi vožnje ljudi v službo, ki se na območju Trojan priključujejo na avtocestni križ. V popoldanski konici pa se število vozil poveča v smeri centra Zagorja, kar se ljudje vozijo nazaj domov. Na stranskih krakih A in C pa je gostota prometa precej manjša v primerjavi z glavno smerjo, le čakalni časi vozil na krakih A in C so nekoliko daljši pri vključevanju na glavno cesto.

Diagrami prometnih obremenitev so prikazani v prilogi.

Maksimalna urna obremenitev v križišču			
Šifra križišča: 1			
Ime križišča: Ruardl-Colnišče			
Tip križišča: ABCD			
Naslov štetja: Diploma Škrbec		Datum štetja: 13.3.2012	
Številka štetja: 1		Časovni interval: od 5:30 do 12:30	
Vrsta vozil: O, B, T, V			
Maximalna ura za križišče:	od 6:15:0	do 7:15:0	1144
Priključek: A			109
	Desno		91
	Levo		15
	Naravnost		3
Priključek: B			339
	Desno		1
	Levo		24
	Naravnost		314
Priključek: C			105
	Desno		86
	Levo		11
	Naravnost		8
Priključek: D			591
	Desno		1
	Levo		50
	Naravnost		540

Slika 37: Maksimalne urne obremenitve v dopoldanskem času

Maksimalna urna obremenitev v križišču

Šifra križišča: 1
Ime križišča: Ruardi-Colnišče
Tip križišča: ABCD
Naslov štetja: Diploma Škrbec
Datum štetja: 13.3.2012
Številka štetja: 1
Časovni interval: od 12:00 do 22:00
Vrsta vozil: O, B, T, V

Maximalna ura za križišče:	od 15:00:	do 16:00:	1232
Priljuček: A			113
	Desno		49
	Levo		46
	Naravnost		18
Priljuček: B			617
	Desno		12
	Levo		64
	Naravnost		541
Priljuček: C			81
	Desno		60
	Levo		11
	Naravnost		10
Priljuček: D			421
	Desno		24
	Levo		87
	Naravnost		310

Slika 38: Maksimalne urne obremenitve v popoldanskem času

5.4 Problematika

Obravnavano križišče Zagorje ob Savi–Čolnišče predstavlja velik problem predvsem zaradi svoje geometrijske neskladnosti in cestnih elementov. Težave predstavlja glavna os ceste, ki poteka po krivulji. Prav tako se stranski cesti priključita na glavno v krivulji, zato je križišče zelo nesimetrično in ga vozniki težko prevozijo v loku. Večina voznikov pri vožnji ne pelje po loku, temveč seka krivuljo. Zaradi premajhnega radija je slaba tudi preglednost v glavni smeri.

Največji problem predstavljajo zavijalci, ki iz prednostne ceste zavijajo na stranski, ker se zaradi nepreglednosti in lomljenja cestne osi ne znajo pravilno razvrstiti. Prav tako ni označenih posebnih pasov za leve zavijalce. V križišču tudi ni kratkih prekinjenih talnih črt, ki nakazujejo potek vožnje vozila pri zavijanju. Vozila, ki zavijajo levo z glavne smeri, se tudi napačno razvrščajo. Vozniki se namreč pogosto postavijo preveč stran od ločilne črte, s tem pa zaprejo pot vozilom, ki vozijo naravnost. Zaradi velike prometne obremenitve glavne smeri tako pogosto prihaja do kratkotrajnih zastojev v tej smeri.

Geometrijsko predstavlja problem tudi cestna os, ki ravno na območju križišča spremeni radij. V času urnih konic, kljub ne veliki gostoti vozil na stranskih cestah, imajo le-ta nekoliko daljše čakalne čase pri vključevanju na prednostno cesto.

Kolesarji ne predstavljajo nobenih težav zaradi urejene kolesarske steze, ki se sicer kmalu za križiščem na kraku B konča. Prav tako ni težav s pešci.

Križišče pri uvozu za Spar geometrijsko ne predstavlja težav. Poleg tega je tu urejen tudi pas za leve zavijalce na prednostni smeri, tako da vozila vozijo naravnost neprekinjeno in neovirano. Problem pa predstavljajo vozila, ki iz stranske ceste zavijajo levo proti Kisovcu. Zaradi slabe preglednosti, ki jo povzroča premajhen radij cestne osi glavne smeri, voznik, ki zavija levo, opazi avto, ki pripelje nasproti, že skoraj v trenutku, ko je le-ta pred njim. V prometni konici se tako levi na stranski cesti zelo težko vključijo na glavno smer proti Kisovcu. Posledično prihaja do izsiljevanja prednosti.

5.5 Rešitve obravnavanega križišča

Obravnavano križišče je bilo zgrajeno pred približno sedmimi leti. V tem času je bilo na samem križišču opravljenih tudi nekaj sprememb. Odstranjen je bil cestni otok, ki je bil postavljen na kraku C (Čolnišče). Prav tako je bila spremenjena vertikalna signalizacija, in sicer na omejitev prometa z maksimalno hitrostjo 40km/h . Če bi cestna os potekala pod večjim radijem, bi bilo križišče veliko bolj pregledno in lažje prevozno, kot je. Ker pa pozidava in drugi objekti v okrožju križišča omejujejo potek cestne osi, ta predlog ne bi bil izvedljiv, zato se omejim zgolj na izboljšanje geometrijskih elementov samega križišča in boljšo postavitev signalizacije (horizontalne in vertikalne) v samem križišču.

Optimalne rešitve obstoječega križišča so naslednje:

- sprememba radija cestne osi (večji radij),
- razširitev voznih pasov ter uvedba pasu za leve zavijalce na prednostni smer z ustrezno talno označbo in prometnimi otoki,
- preureditev obstoječega križišča v krožno križišče,
- preveritev preglednosti pri križišču Spar in sprememba voznega režima,
- semaforizirano križišče.

5.5.1 Sprememba radija cestne osi (večji radij)

Obravnavano križišče leži skoraj na tangenti radija cestne osi, zato je vožnja skozi križišče nepregledna in težavna za razvrščanje vozil, ki zavijajo. S spremembo radija bi povečali preglednost vozil pri vožnji skozi križišče in odpravili težavo pri zavijanju levo s prednostne na stransko cesto. To bi dosegli s povečanim radijem cestne osi, tako da bi bila cestna os nekoliko bolj zravnana in zvezna – večji in enak radij skozi celotno križišče. Ker pa bi povečanje radija temeljito spremenilo gabarite križišča in vozišča, bi bil poseg v obstoječe objekte in infrastrukturo v okolici križišča prevelik, zato tako rešitev opustim in se posvetim manjšim posegom v obstoječe stanje križišča.

5.5.2 Razširitev voznih pasov in uvedba pasu za leve zavijalce na prednostni smeri z ustrezno talno označbo in s prometnimi otoki

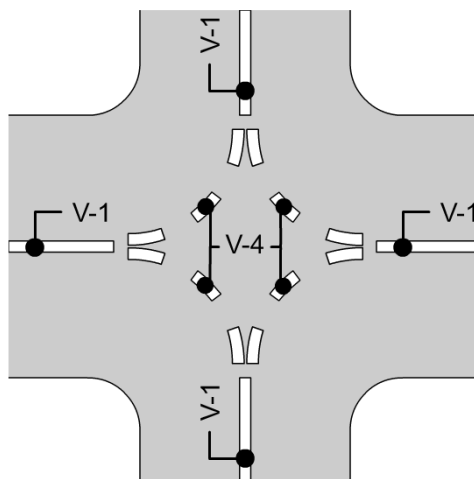
Križišče ima v glavni smer krakov D in B označeno samo talno označbo za leve zavijalce, in sicer s puščico, ki nakazuje smer zavijanja. Dodatnega pasu, ločenega z ločilno črto za leve zavijalce, ni, kar povzroča težave pri zavijanju levo s prednostne smeri na kraka A in C. Zato za bolj dinamično in zvezno vožnjo skozi križišče predlagam uvedbo dodatnega pasu za leve zavijalce na obeh krakih D in B. Čeprav so širine voznih pasov teoretično dovolj velikih dimenzij za uvedbo dodatnih pasov za leve zavijalce, praktično to v obstoječe križišče ni mogoče narediti brez dodatne razširitve voznih pasov. Ta problem nastane predvsem zaradi premajhnega radija cestne osi skozi križišče in lomljenja cestne osi.

Kljub temu da obstoječe stanje dimenzijsko dopušča izris minimalne dimenzije pasu za zavijanje levo, ta v trenutnem stanju ni izrisana predvsem zaradi krivine, zaradi katere bi vozilo kljub zahtevanim standardom širine levega pasu za zavijanje s kolesi zapeljalo prek označbe na vozišču.

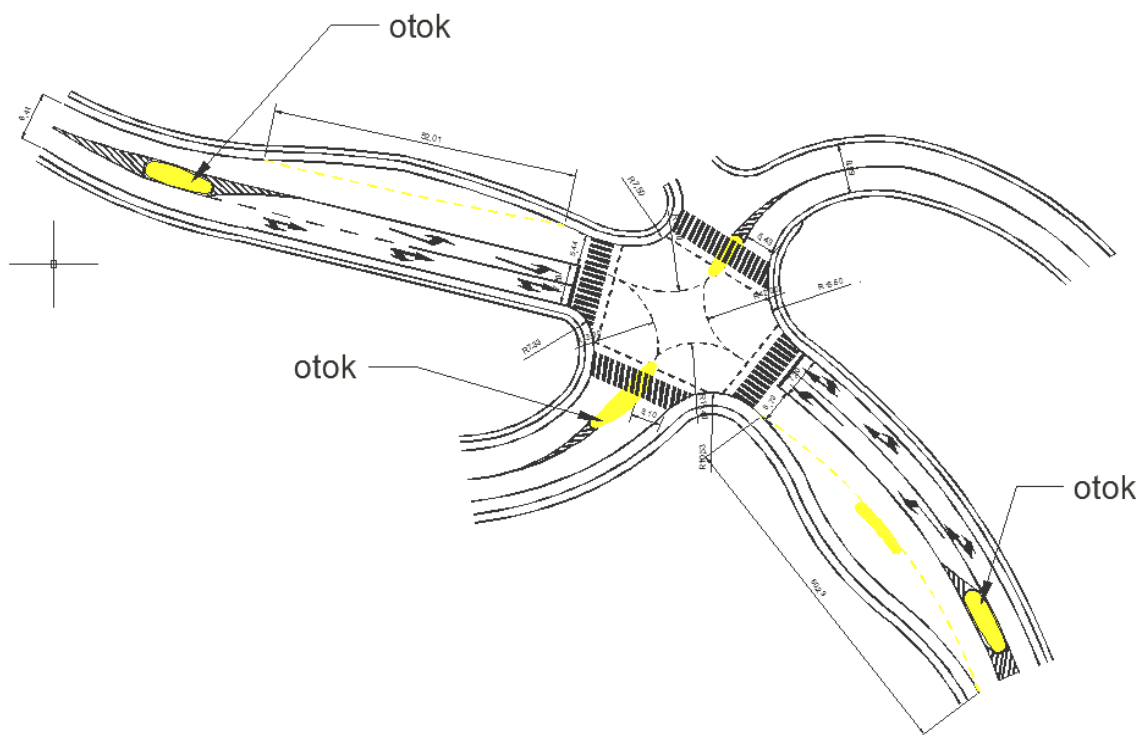
Krak D ima skupni pas za vožnjo naravnost in zavijanje levo in desno. Označen je s talnimi puščicami, vendar brez ločilne črte za levo zavijanje. Širina tega skupnega pasu znaša $6m$, kar teoretično ustreza normativom za izris dodatnega pasu za zavijanje levo. Kot sem že zgoraj omenil, pa to v našem primeru ni mogoče izvesti, zato najprej razširimo vozišče za $1m$, tako da bi bil pas za vožnjo naravnost širine $3,5m$, pas za leve zavijalce pa prav tako $3,5m$. Vozni pas v nasprotni smeri bi ostal enake širine kot prej. Uporabil bi pas za leve zavijalce z zaporno ploskvijo in prometnim otokom. Dodatno bi postavil prometni znak za razvrščanje vozil. Dolžina dela za spremembo voznega pasu (l_z) bi znašala $23m$.

Na kraku B imamo podobno situacijo kot na kraku D. Širina pasu za vožnjo naravnost in zavijanje levo je združena v en pas širine $5m$. Na vozišču sta označeni le puščici, ki nakazujeta smer vožnje, prav tako ni ločilne črte, ki bi ločevala pas za zavijanje levo. Ta skupni pas bi bilo potrebno razširiti za $2m$, vrisati vozni pas za vožnjo naravnost širine $3,5m$ in dodatni pas za leve zavijalce s širino $3,5m$, ki bi ju ločevala ločilna črta. Dolžina dela za spremembo voznega pasu (l_z) bi znašala $23m$. Prav tako bi bilo potrebno postaviti prometni znak za razvrščanje vozil.

Z uvedbo razširitve in dodatnih označb za leve zvijalce bi precej prispevali k boljši dinamiki vozil v križišču in pravilnemu razvrščanju vozil, ki zavijajo levo. Pomembno pa je tudi, da bi v križišču izrisali kratko prekinjeno črto pod določenim radijem, ki vodi vozila, ki zavijajo levo ali desno, skozi križišče (vodilna črta V-4).



Slika 39: Shematičen prikaz vodilnih črt v križišču



Slika 40: Preureditev obstoječega stanja (razširitev, pasovi za levo zavijanje in prometni otoki)

Iz zgornje slike je razvidna preureditev križišča. Kot sem omenil, sem na kraku B in D razširil vozišče in dodal pas za leve zavijalce, ki je ločen z ločilno črto in označen s puščicami. Prav tako sem na glavni smeri postavil prometni otok s potrebno vertikalno označbo, ki vpliva na večjo zaznavnost križišča in pripomore k zmanjšanju hitrosti. Na glavnih krakih je narisana tudi zaporna ploskev.

Na stranskih krakih sta postavljena manjša prometna otoka z zaporno ploskvijo, vozišče je ločeno z ločilno neprekinjeno belo črto. Uvozni in izvozni radiji so večji od prvotnih. Na križišču so izrisane tudi vodilne črte.

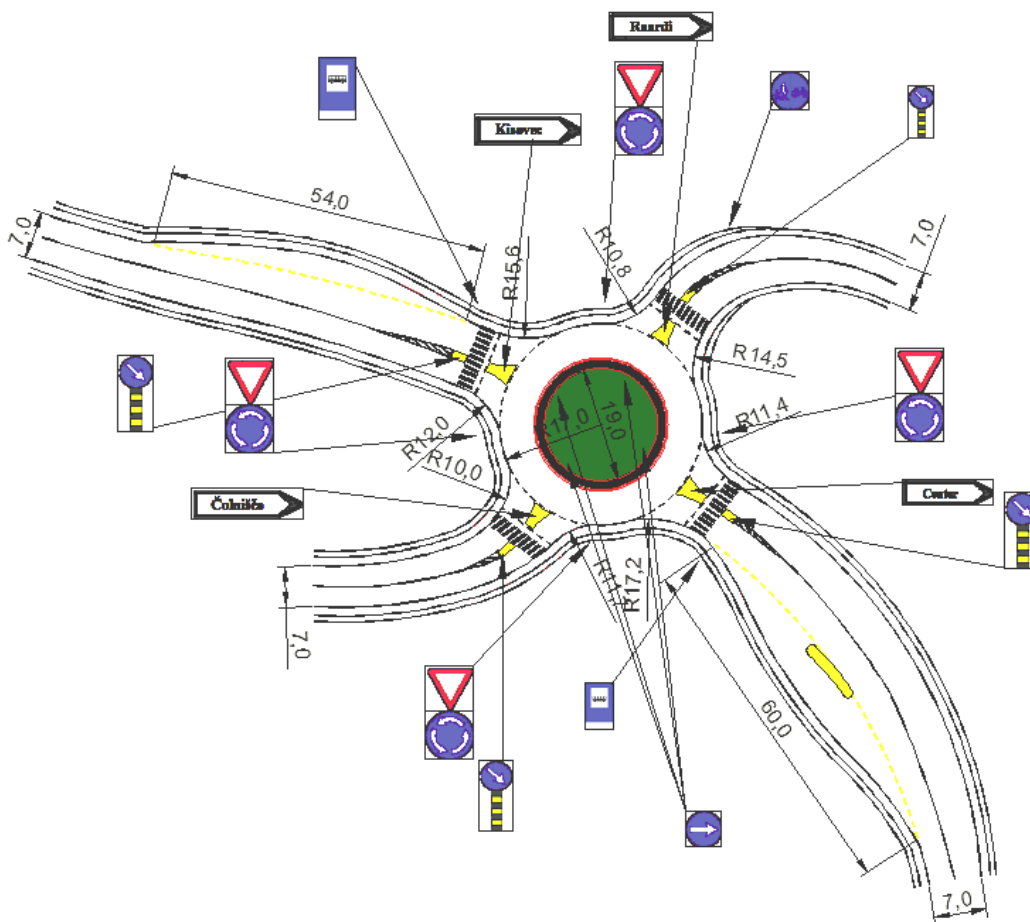
Prav tako pa je križišče opremljeno s prehodi za pešce širine $4m$, s prehodi za kolesarje in s kolesarsko stezo širine $1,5m$.

5.5.3 Preureditev obstoječega križišča v krožno križišče

Eden od predlogov za preureditev križišča Zagorje ob Savi je tudi postavitvev krožnega križišča. Posledično bi zmanjšal hitrost na glavni smeri in pripomogel k lažjemu vstopanju v krožno križišče vozilom, ki prihajajo s stranskih krakov A in C. S tem pa bi se zmanjšali tudi čakalni časi teh vozil. Ker je gostota prometa iz stranskih krakov precej manjša kot na glavni cesti, je krožišče dokaj smiselno in ustrezen ukrep, ki bi ga bilo treba sprejeti. Glede na gostoto in vrsto prometa, ki prečka problematično križišče, je smiselno krožno krožišče z zunanjim premerom $34m$.

Krožno križišče, ki bi nadomestilo obstoječe klasično križišče, bi bilo zgrajeno z naslednjimi projektno-tehničnimi elementi:

- zunanji premer $34m$,
- notranji premer $19m$,
- uvozni radij $11m$,
- izvozni radij od $14m$ do $17m$,
- širina krožnega voznega pasu $5,75m$,
- širina povoznega dela $1,5m$.



Slika 41: Tloris predvidenega krožnega križišča z ustrezno prometno signalizacijo

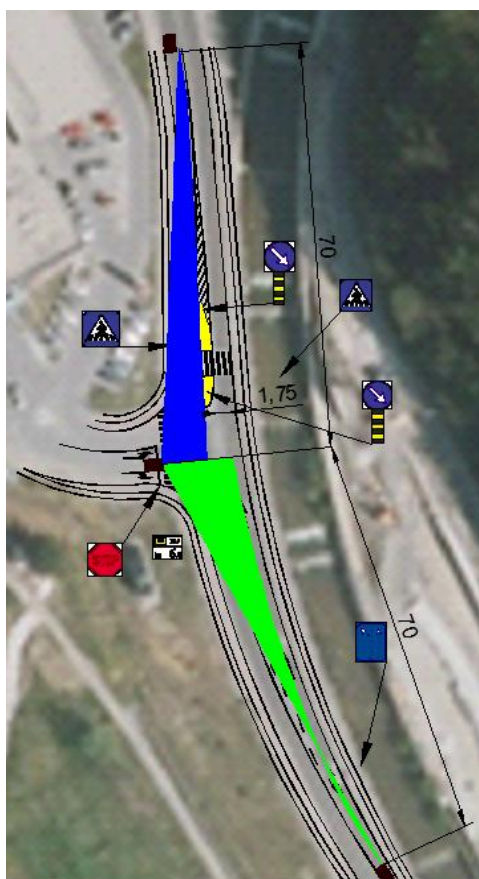
Slika 41 prikazuje krožno križišče premera $34m$, ki je opremljeno s prometno signalizacijo, z ustreznimi prometnimi otoki in s prehodi za pešce. Kolesarska steza je širine $1,5m$ in ne posega v krožno vozišče. Premer notranjega otoka je $19m$. Sredinski otok je ustrezno zasajen, območje krožnega križišča je v celoti osvetljeno prek javne razsvetljave.

Preglednica 22: Uvozni in izvozni radiji

Krak	A	B	C	D
Uvozni radij	$14,5m$	$15,6m$	$10,0m$	$17,2m$
Izvozni radij	$10,8m$	$12m$	$11,7m$	$11,4m$

5.5.4 Preveritev preglednosti pri križišču Spar in sprememba voznega režima

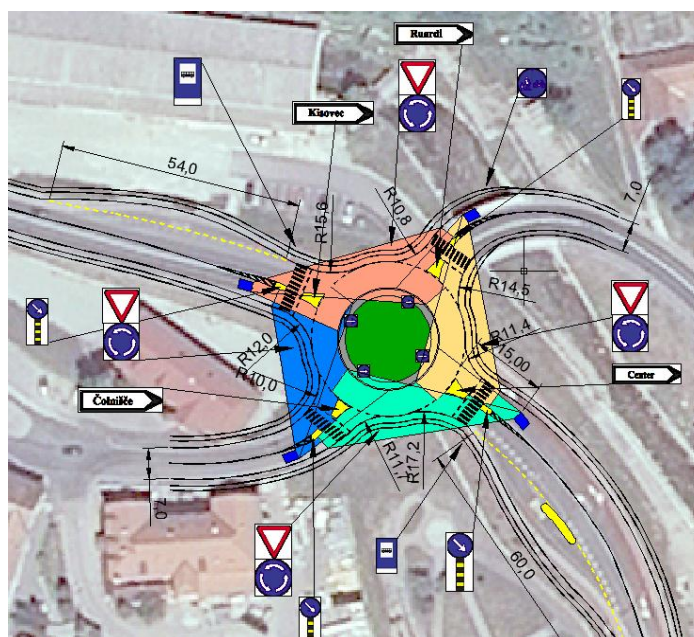
Spodnje križišče, ki leži le 150m od problematičnega križišča, je geometrijsko dobro urejeno in ima na glavni smeri dodatni pas za leve zavijalce širine 3,0m. Pas za nadaljevanje vožnje naravnost proti Kisovcu je širok 3,5m. Iz nasprotne smeri je cestni krak opremljen z cestnim otokom širine 2,4m. Prometna signalizacija je dobro urejena, prav tako pa je poskrbljeno za pešce. Krak, ki se priključuje na glavno cesto iz nakupovalnega centra, je označen talno s puščicami za zavijanje levo in desno. Tu pa predstavljajo problem predvsem levi zavijalci, ki se vključujejo na glavno cesto proti Kisovcu. Zaradi slabe vidnosti vozil, ki vozijo proti Zagorju (cesta pod manjšim radijem), je njihovo vključevanje oteženo. Prav tako pa ta vozila dlje čakajo. S preglednostnim trikotnikom preverim preglednost in ugotovim, da je ustrezna. Če vozilo zapelje dovolj naprej do stop črte, je preglednost po normativih ustrezna (Slika 42). Preglednostno razdaljo dobim iz Preglednice 11.



Slika 42: Preglednostni trikotnik križišča pri Sparu

Ker križišče geometrijsko ne povzroča težav, bi bilo smiselno urediti le prometno signalizacijo. Predlagam, da se levim zavijalcem onemogoči zavijanje levo in se odredi znak za obvezno smer desno, ker sama po sebi ne povzroča težav. Vozila, ki bi hotela nadaljevati z vožnjo proti Kisovcu, bi morala najprej zaviti desno in peljati 400 m do spodnjega krožnega križišča v Zagorju. Zapustila bi ga na četrtem izvozu in nadaljevala z vožnjo proti Kisovcu.

5.5.5 Preveritev preglednosti v krožnem križišču



Slika 43: Preglednost krožnega križišča

Slika 43 prikazuje pregledno polje vsakega kraka posebej. Posamezna barva določa vidno polje, v katerem ne smejo biti objekti, ki bi ovirali preglednost vozil.

5.5.6 Semaforizirano križišče

Poleg vseh omenjenih ukrepov pa lahko križišče tudi semaforiziramo. Glede na rezultate štetja prometa je glavna smer precej obremenjena, stranski smeri pa malo. Vidimo, da semaforizirano križišče ne predstavlja prave rešitve. S semaforjem bi precej ohromili glavno smer in bi tako v času prometnih konic na glavni smeri prihajalo do večjih zastojev, zato možnost semaforiziranega križišča opustim.

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem predstavil problematiko obravnavanega križišča. Križišče geometrijsko predstavlja velik problem, saj leži glavna cestna os na loku, prav tako se stranski cesti priključujeta pod ostrim lokom. Mislim, da obravnavano križišče neugodno vpliva na voznike, saj je vizualno nepregledno in povzroča negotovost pri razvrščanju. Čeprav je križišče relativno na novo zgrajeno, bi bila nujno potrebna rekonstrukcija. V glavnih prometnih konicah pa ta problem predstavlja še večjo težavo pri prevoznosti križišča. Križišče, skozi katerega dnevno prevozi več tisoč vozil, je geometrijsko nepopolno in nepregledno. V diplomski nalogi predlagam optimalne rešitve, ki bi izboljšale prevoznost skozi križišče. Od vseh predlogov sta primerni le dve omenjeni rešitvi.

Prva rešitev obstoječega problema je preureditev trenutnega križišča. To bi dosegli z razširitvijo voznih pasov in z dodatnimi pasovi za leve zavijalce, ki jih trenutno ni. Za večjo zaznavnost križišča, ki leži v krivini, bi na glavni smeri postavili prometne otoke in zaporno ploskev. Otoki bi optično povečali zaznavnost križišča in bi posledično vplivali na zmanjšanje hitrosti vozil. Na stranskih krakih sem izrisal manjše prometne otoke in ločilno črto, ki ločuje vozna pasova. Uvozni in izvozni radiji so večji od prvotnih, kar omogoča lažje vodenje pri zavijanju. Prav tako pa so bistvenega pomena talne označbe na voziščih in vodilne črte, ki jih prav tako v trenutnem stanju ne vidimo. Ta rešitev predstavlja bolj ekonomično rešitev in manjši poseg v obstoječe stanje. Tu bi se gabariti križišča in cestne osi povečali približno za dva do pet metrov v širino. Objekti, ki obkrožajo križišče, bi to dopuščali.

Drugo optimalno rešitev sem v diplomski nalogi predstavil kot preoblikovanje trenutnega križišča v krožno križišče z zunanjim premerom $34m$. Glede na veliko večji pretok vozil v glavni smeri, bi krožno križišče omogočalo zmanjšanje hitrosti na glavni smeri in tako lažje vključevanje vozil iz stranskih krakov A in C. Prav tako bi bolj povečali prometno varnost s krožnim križiščem kot pa samo s preureditvijo obstoječega stanja. Zmanjšalo bi se število konfliktnih točk. Seveda bi bil strošek izgradnje krožnega križišča mnogo večji, veliko bolj bi posegli v trenutno stanje in v obstoječe objekte.

Prav tako sem v diplomski nalogi predstavil še preostale ukrepe za preureditev križišča, kot je npr. semaforizirano križišče. Zaradi nesmiselnosti ga opustim. Dolgoročno bi bila boljša rešitev krožno križišče, vendar je izvedba nekoliko dražja. Katera rešitev je ustrežnejša po prevoznosti, bi pokazala kapacitetno analiza, pri kateri bi izvedeli, katera varianta je boljša, vendar to ni bil namen diplomske naloge. V primeru spodnjega križišča pri Sparu pa po preveritvi preglednosti ne vidim večjih težav. Geometrijsko križišče ne predstavlja problema, le da bi lahko postavili obvezno smer za zavijanje desno, s tem pa bi prispevali k večji varnosti in lažjemu vključevanju vozil.

VIRI

Direkcija Republike Slovenije za državne ceste. 2012.

<http://www.dc.gov.si/> (Pridobljeno 10. 9. 2012.)

Društvo tečaj CPP. 2012.

<http://www.tecajcpp.com/cpp/svetlobni.php> (Pridobljeno 10. 9. 2012.)

Geopedia – interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije. 2012.

<http://v1.geopedia.si/> (Pridobljeno 10. 9. 2012.)

Gomboši, B. 2010. Idejna zasnova preureditve križišča Tržaška cesta – AC-priključek Ljubljana – zahod. Diplomaska naloga. Ljubljana, (samozaložba B. Gomboši): 77 str.

Grahek, G. 2001. Interna navodila za postopke pri izdaji soglasij za priključke na državne ceste in pregledu projektne dokumentacije za priključke na državne ceste. Ljubljana, Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste: 61 str.

Interaktivni zemljevid Slovenije. 2012.

<http://zemljevid.najdi.si/> (Pridobljeno 16. 10. 2012.)

Juvanc, A., Rijavec, R. 2005. *Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov*. Ljubljana, Prometno tehniški inštitut: 52 str.

Juvanc, A., Rijavec, R. 2005. *Projektiranje cest, geometrijski in tehnični elementi cest*. Ljubljana, Prometnotehniški inštitut: 101 str.

Občina Zagorje ob Savi. 2012.

<http://www.zagorje.si/podrocje.aspx> (Pridobljeno 5. 10. 2012.)

Planinšek, J. 2008. Idejne zasnove preureditve križišč na cesti G 1–4, odsek 1262, za odpravo "črnih točk". Diplomaska naloga. Ljubljana, (samozaložba J. Planinšek): 66 str.

Prnaver, D. 2012. Povečanje preglednosti in zaznavnosti križišč. Diplomaska naloga. Ljubljana, (samozaložba D. Prnaver): 67 str.

Prometni znaki. 2012.

<http://www.signaco.si/pznaki.htm> (Pridobljeno 5. 10. 2012.)

Prometno-informacijski center za državne ceste. 2012.

<http://www.promet.si> (Pridobljeno 16. 10. 2012.)

Tollazzi, T. 2005. Krožna križišča. Maribor, Fakulteta za gradbeništvo Maribor: 186 str.

TSC 02.401:2010 – Označbe na vozišču, oblika in mere.

TSC 03.341:2002 – Krožna križišča.

Uradni list Republike Slovenije. 2012. Pravilnik o projektiranju cest.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200591&stevilka=3896> (Pridobljeno 3. 9. 2012.)

Zemljič, V., Čertanc, N., Kastelic, T., Logar, I., Šibenik, T., Zajec, I., Žmavc, J., Žnideršič, B., Bizjak, B., Oman, M., Vrhovec, K. 1979. Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin. Ljubljana, Prometnotehniški inštitut: 804 str.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: DIAGRAMI PROMETNIH OBREMENITEV

PRILOGA B: KRIŽIŠČE ČOLNIŠČE NA DRŽAVNI CESTI V ZAGORJU OB SAVI

Tehnična slika B.1: Obstoječe stanje križišča Zagorje ob Savi

Tehnična slika B.2: Preureditev križišča Zagorje ob Savi

Tehnična slika B.3: Preureditev križišča Zagorje ob Savi v krožno križišče

Tehnična slika B.4: Preglednost krožnega križišča

PRILOGA C: KRIŽIŠČE PRI SPARU

Tehnična slika C.1: Obstoječe stanje križišča pri Sparu

Tehnična slika C.2: Preglednost križišča pri Sparu

PRILOGA A: DIAGRAMI PROMETNIH OBREMENITEV

Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: 1

Ime križišča: Ruardi-Colnišče

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Diploma Škrbec

Datum štetja: 13.3.2012

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 5:30 do 8:30

Vrsta vozil: O, B, T, V

A	Ruardi
B	Kisovec
C	Colnišče
D	Zagorje

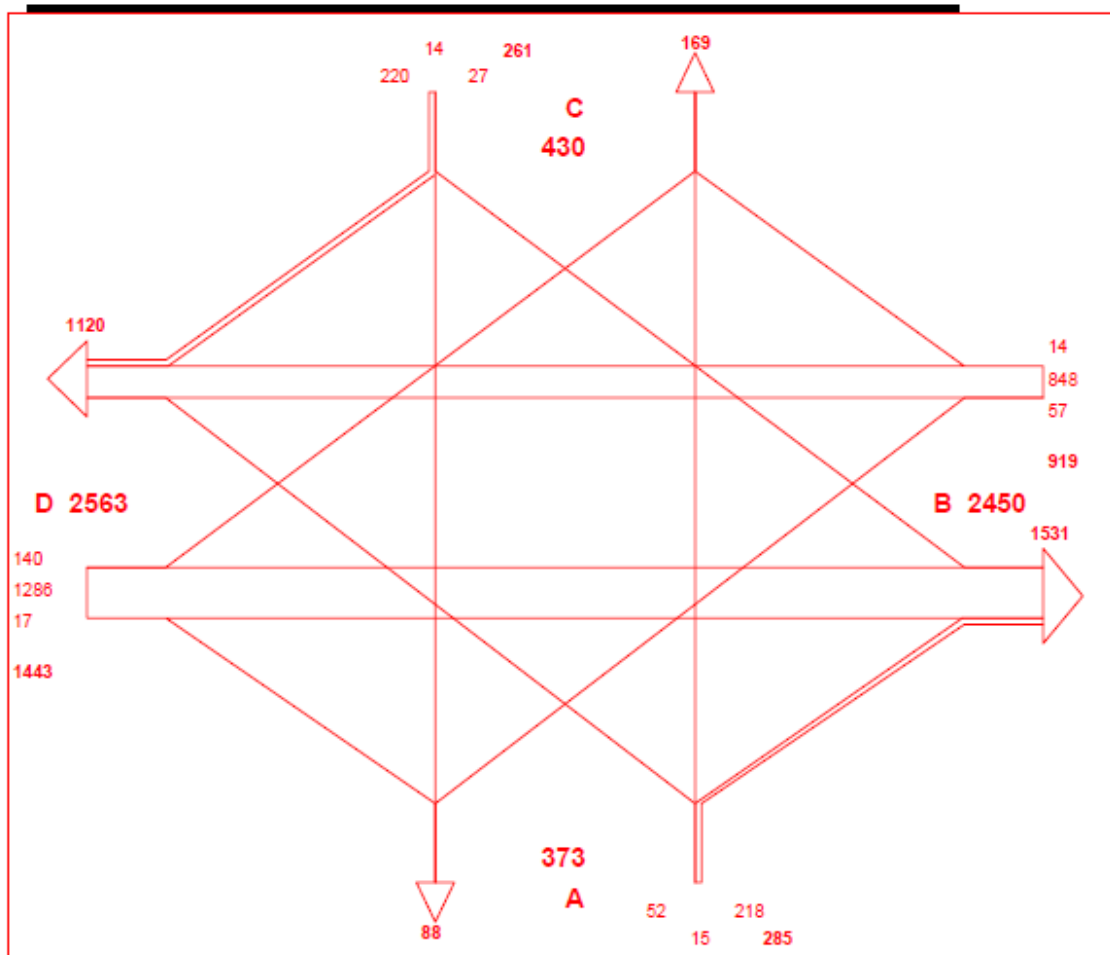


Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: 1

Ime križišča: Ruardi-Colnišče

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Diploma Škrbec

Datum štetja: 13.3.2012

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:15 do 7:15

Vrsta vozil: O, B, T, V

A	Ruardi
B	Kisovec
C	Colnišče
D	Zagorje

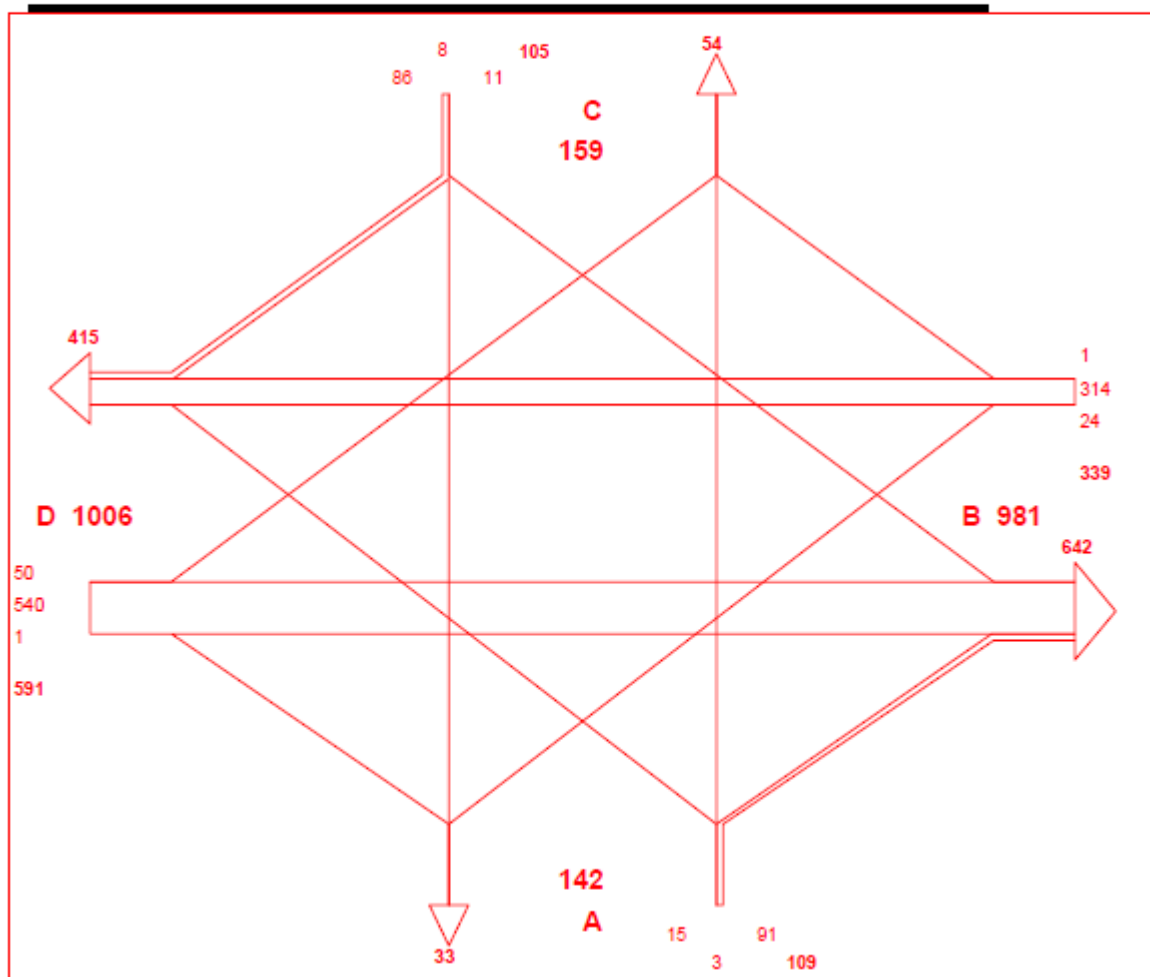


Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: 1

Ime križišča: Ruard-Colnišče

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Diploma Škrbec

Datum štetja: 13.3.2012

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 14:00 do 17:00

Vrsta vozil: O, B, T, V

A	Ruardi
B	Kisovec
C	Colnišče
D	Zagorje

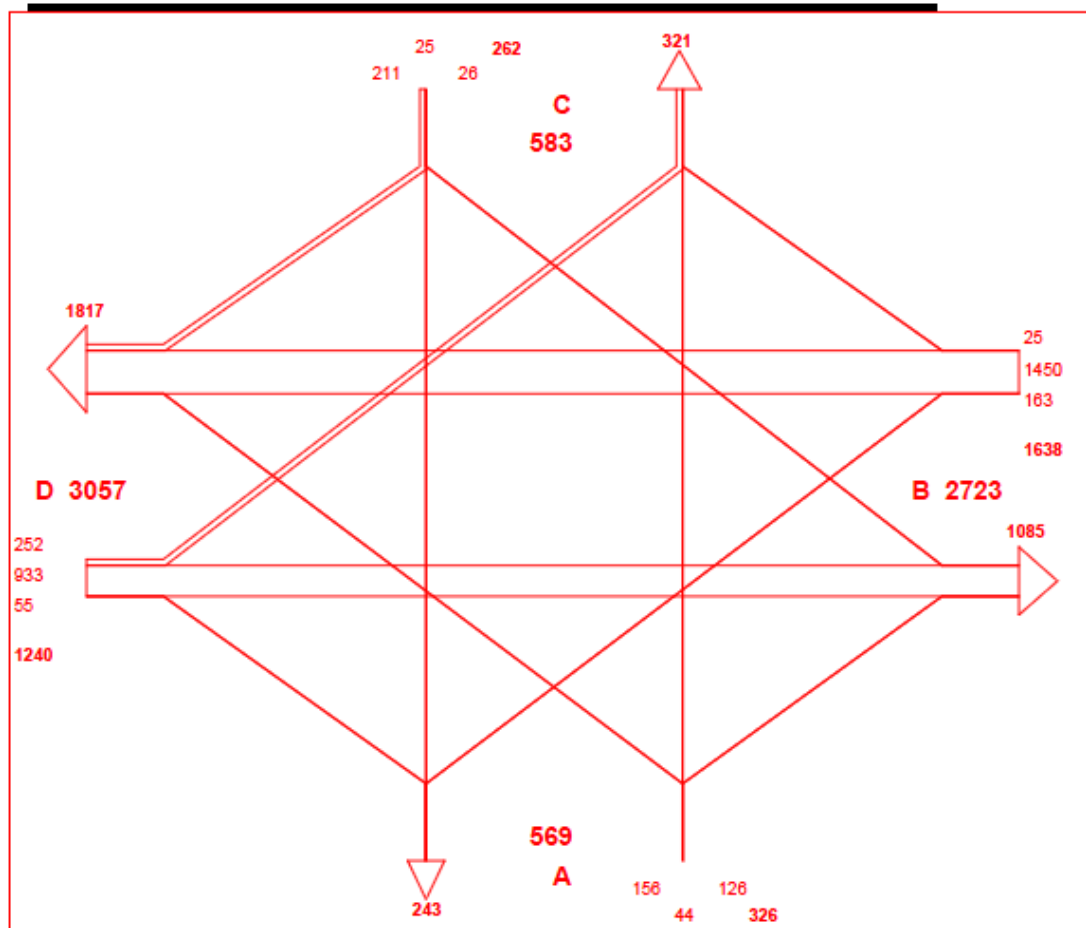


Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: 1

Ime križišča: Ruardi-Colnišče

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Diploma Škrbec

Datum štetja: 13.3.2012

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 15:00 do 16:00

Vrsta vozil: O, B, T, V

A	Ruardi
B	Kisovec
C	Colnišče
D	Zagorje

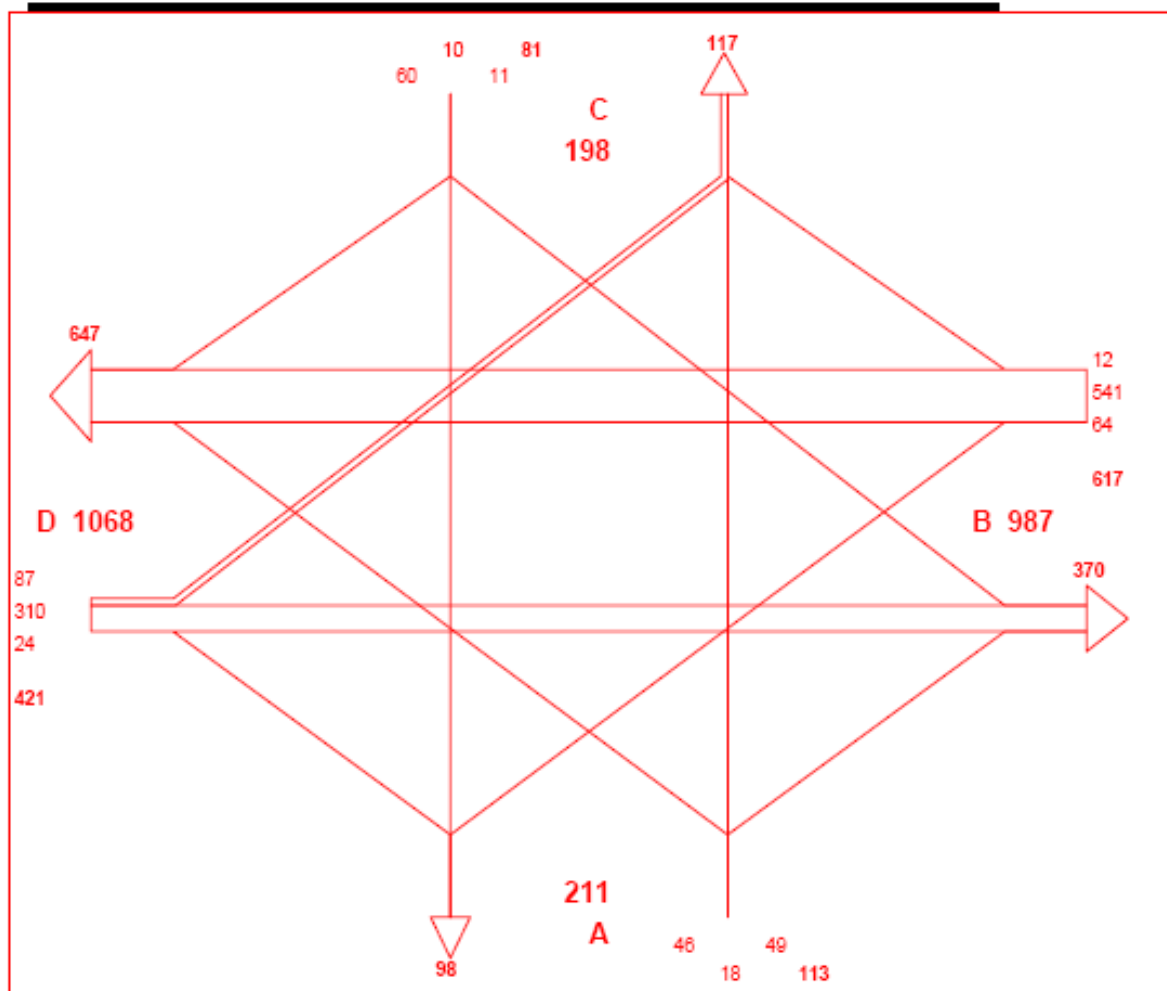


Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: 2

Ime križišča: Spar Zagorje

Tip križišča: BCD

Naslov štetja: Diploma Škrbec

Datum štetja: 13.3.2012

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 14:00 do 17:00

Vrsta vozil: O, B, T, V

B	Kisovec
C	Spar
D	Zagorje

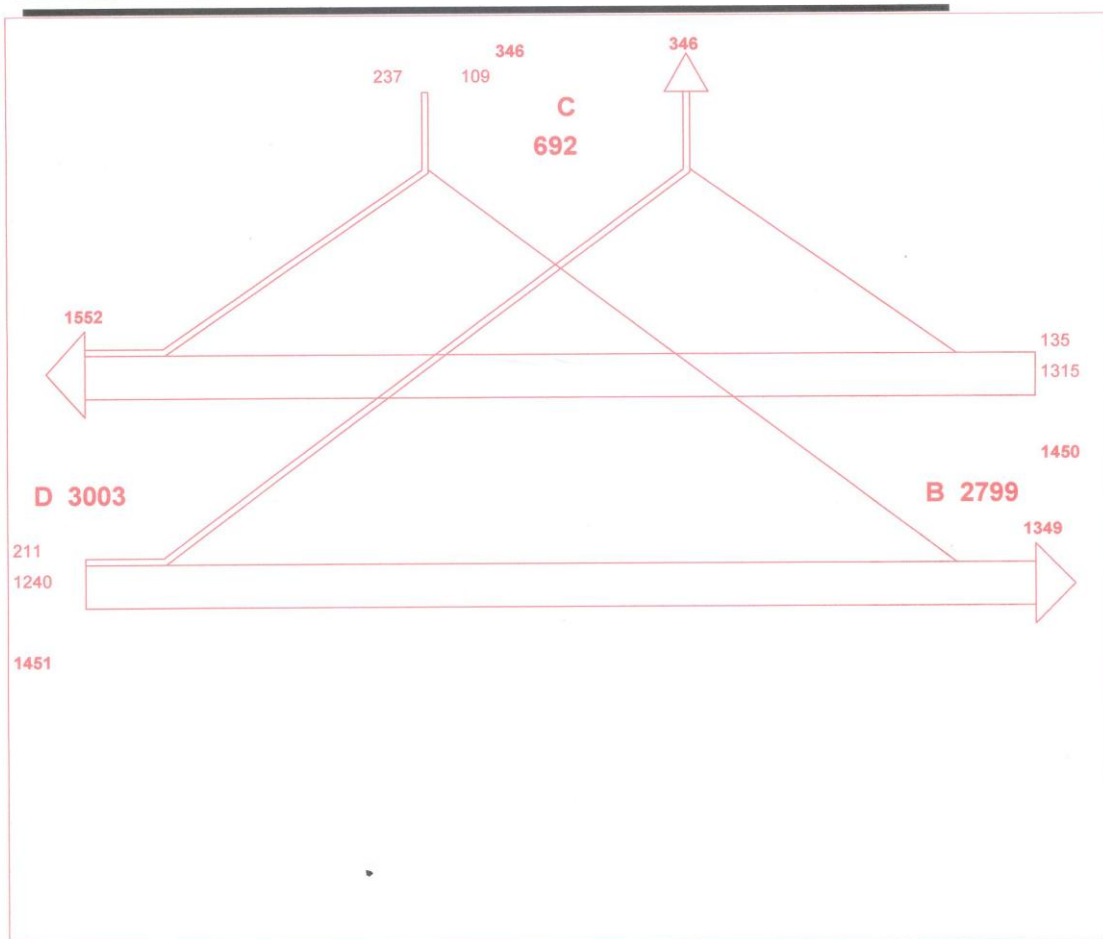


Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: 2

Ime križišča: Spar Zagorje

Tip križišča: BCD

Naslov štetja: Diploma Škrbec

Datum štetja: 13.3.2012

Številka štetja: 2

Časovni interval: od 15:00 do 16:00

Vrsta vozil: O, B, T, V

B	Kisovec
C	Spar
D	Zagorje

