

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Prometna smer

Kandidat:

Domen Katern

Vodenje prometa skozi večpasovno krožno križišče

Diplomska naloga št.: 3012

Mentor:
doc. dr. Tomaž Maher

Ljubljana, 24. 4. 2008

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **DOMEN KATERN** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom :
»VODENJE PROMETA SKOZI VEČPASOVNO KROŽNO KRIŽIŠČE«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 24.4.2008

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.739:656.(043.2)
AVTOR: Domen Katern
Mentor: Doc.dr.Tomaž Maher
Naslov: Vodenje prometa skozi večpasovno krožno križišče
Obseg in oprema: 96 str., 3 pregl., 5 graf., 81 sl.
Ključne besede: večpasovno krožno križišče, večpasovno krožno vozišče, vertikalna signalizacija, horizontalna signalizacija, puščice v obliki trnka, šrafure

Izvleček:

Večpasovna krožna križišča predstavljajo voznikom doma in po svetu velike težave. V primerjavi z enopasovnimi krožnimi križišči, pri katerih morajo vozniki paziti le na to, da imajo krožeča vozila z leve prednost in da se promet v krožnem vozišču odvija v nasprotni smeri glede na smer urinih kazalcev, se morajo vozniki v večpasovnem krožnem križišču odločiti še o pravilni izbiri pasov. Vozniki se s tako odločitvijo soočijo večkrat, in sicer pri vstopu v krožno vozišče, v samem krožnem vozišču in pri izstopu iz njega.

Z uvedbo pravilne vertikalne in horizontalne signalizacije lahko bistveno izboljšamo vodenje prometa v večpasovnem krožnem križišču. V diplomskem delu sem največ časa posvetil pravilni izbiri črt in puščic ter tistim vertikalnim označbam, ki vplivajo na ustrezno izbiro voznega pasu pred vstopom v večpasovno krožno križišče.

S pomočjo simulacijskega orodja Synchro 7.0 sem modeliral obstoječe in izboljšano stanje na večpasovnem krožnem križišču Žale. Končne rezultate obeh simulacij smo medsebojno primerjali in dobil presenetljive rezultate.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 625.739:656.(043.2)
AUTHOR: Domen Katern
Supervisor: Asist.prof.Tomaž Maher
Title: Traffic flow leading on multiline roundabouts
Notes: 96 p., 3 tab., 5 graph., 81 fig.
Key words: multi-lane roundabout, multi-lane circulating roadway, vertical signs, horizontal signs, fishhook pavement markings

Abstract:

Drivers home and abroad have great difficulties handling with multi-lane roundabouts. In addition to single-lane roundabouts, where the traffic is led clockwise and left coming drivers are in advantage, multi-lane roundabouts demand from drivers the right way of changing lanes. Drivers have to make their minds several times when driving through multi-lane roundabout; at in and out - coming the roundabout and at driving through the roundabout circle.

We can improve driving through multi-lane roundabout with appropriate use of vertical and horizontal signs. The paper presents different types of circulatory striping, advance lane-use signage, different types of directional signage and overhead signs and also use of advance pavement markings.

For any confirmation about positive influence of vertical and horizontal signs in multi-lane roundabout Žale in Ljubljana we use a simulation software named Synchro Studio 7.0. First we have to simulate an existent situation and then simulate the same multi-lane roundabout with all these improvements above. When we compare both final reports we get some staggering results.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc.dr. Tomažu Maherju za vso strokovno pomoč in čas, ki ga je posvetil za uspešno dokončanje diplomske naloge. Zahvalil bi se tudi asistentu mag.Juretu Kostanjšku za pomoč pri obdelavi podatkov za štetje prometa v večpasovnem krožnem križišču Žale. Seveda pa teh podatkov ne bi bilo brez Darje, Janje, Jerneje, Eve, Bojane, Jake, Klemna, Jurija in Mihe. Za uporabne nasvete pri simulaciji pa gre zahvala tudi Simonu in Roku.

Na koncu pa bi se rad zahvalil mami Majdi, ki mi je študij omogočila in me vsa leta študija podpirala, puncu Darji, ki je verjela vame in mi ves čas stala ob strani ter babici in dedku za potrebno potrpežljivost.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	IZKUŠNJE S KROŽNIMI KRIŽIŠČI PO SVETU	4
2.1	Anglija	4
2.2	Nizozemska	5
2.3	Malta	6
2.4	Španija in Portugalska	7
2.5	Kanarski otoki	8
2.6	Avstralija	8
2.7	Mehika	9
2.8	Slovenija	10
3	LASTNOSTI KROŽNIH KRIŽIŠČ	12
3.1	Delitev po velikosti	12
3.2	Delitev glede na število pasov	13
4	KAPACITETA	15
4.1	Gostota prometa v krožišču	15
4.2	Vpliv geometrijskih elementov krožišča na kapaciteto.....	18
5	PROMETNA VARNOST V KROŽNIH KRIŽIŠČIH	20
5.1	Prometna varnost kolesarjev in pešcev	21
6	VEČPASOVNO KROŽNO KRIŽIŠČE	24
6.1	Voznik kot uporabnik večpasovnega krožnega križišča	25
6.2	Projektantski vidik načrtovanja večpasovnega krožnega križišča	26
7	HORIZONTALNA IN VERTIKALNA SIGNALIZACIJA	29
7.1	Horizontalna signalizacija	29
7.1.1	Vrste črt	29
7.1.2	Talne označbe	36

7.2 Vertikalna signalizacija	39
7.2.1 Vertikalna signalizacija za izbiro pasu na kraku	39
7.2.2 Vertikalna signalizacija za izbiro smeri	43
7.2.3 Prometni znaki nad prometnimi pasov	46
8 PRAKTIČNI PRIMERI	48
8.1 Primer 1 : »Klasično« enopasovno krožno križišče	48
8.2 Primer 2 : Dvopasovno krožno križišče	50
8.3 Primer 3 : Dvopasovno krožno križišče z enopasovnim izhodom	52
8.4 Primer 4 : Zožitev dvopasovnega krožnega s pomočjo premika ločilnega otoka	54
8.4 Primer 5 : Zožitev dvopasovnega krožnega s pomočjo talnih označb	56
8.5 Primer 6 : Kombinacija zožitve dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo ločilnega otoka in enopasovnega izhoda	58
8.6 Primer 7 : Večpasovno pol »turbo« krožno križišče	60
8.7 Primer 8 : Večpasovno turbo krožno križišče	62
8.8 Večpasovno krožno križišče Žale	64
9 PREVERJANJE PRAKTIČNIH REŠITEV	67
9.1 Posebnosti prometa v krožišču	67
9.2 Uporabljen postopek	69
9.3 Simulacija večpasovnega krožnega križišča Žale	76
9.3.1 Primerjava Synchro 6.0 in Synchro 7.0	78
9.3.2 Petkrako večpasovno krožno križišče Žale	80
9.3.2.1 Simulacija obstoječega stanja	82
9.3.2.2 Simulacija izboljšanega stanja	84
9.3.2.3 Primerjava obstoječega in izboljšanega stanja	89
10 ZAKLJUČEK	92
VIRI	95

PREGLEDNICE

Preglednica 1: Skupna tabela vseh registrskih tablic	72
Preglednica 2: Prikaz programskega okna Access za določitev parov	73
Preglednica 3: Končna oblika tabele parov	74

GRAFIKONI

Grafikon 1: Grafični prikaz prometnih nesreč v enopasovnem in dvopasovnem krožnem križišču	22
Grafikon 1 : Prometne nesreče glede na tip trčenja	23
Grafikon 2 : Primerjava zamud za vožnjo na levo glede na posamezen krak	90
Grafikon 3 : Primerjava zamud za vožnjo naravnost glede na posamezen krak	90
Grafikon 4 : Primerjava zamud za vožnjo na desno glede na posamezen krak	91

SLIKE

Slika 1: Prikaz pravilne vožnje skozi večpasovno krožno križišče	1
Slika 2 : Prikaz nepravilnega zapuščanja dvopasovnega krožnega vozišča v Medvodah...	2
Slika 3 : Dopolnjena talna signalizacija na večpasovnem krožnem križišču Medvode	3
Slika 4: Večpasovno krožno križišče v Angliji	4
Slika 5 : Večpasovno krožno križišče na Nizozemskem	5
Slika 6 : Večpasovno krožno križišče v Španiji	7
Slika 7 : Večpasovno krožno križišče v Avstraliji	9
Slika 8 : Večpasovno krožno križišče s pohodnim sredinskim otokom v Mehiki	9
Slika 9 : Večpasovno krožno križišče pri vhodu v Luko Koper	10
Slika 4 : Večpasovno krožno križišče Medvode	11
Slika 5 : Večpasovno krožno križišče v Šenčurju	11
Slika 12 : Osnovni elementi krožnega križišča	12
Slika 13 : Število konfliktnih točk v krožnem križišču	13
Slika 6 : Prikaz konfliktnega odseka na večpasovnem krožnem križišču v Novem mestu	14
Slika 15 : Enkovredna pasova za vožnjo naravnost (Koper)	16
Slika 16 : Vertikalna signalizacija za izbiro smeri	16
Slika 17 : Prepletanje vozil na večpasovnem krožnem križišču	17
Slika 18 : Oblika črte v večpasovnem krožnem križišču v Kopru	18
Slika 19 : Primerjava konfliktnih točk med klasičnim križiščem in enopasovnim krožnim križiščem	20
Slika 20 : Osnovni elementi dvopasovnega krožnega križišča	24
Slika 21 : Najpogostejša konfliktna točka v večpasovnem krožnem vozišču	25
Slika 22 : Prikaz načina vožnje za zavijanje levo v dvopasovnem krožnem križišču	26
Slika 23 : Prikaz načina vožnje naravnost v dvopasovnem krožnem križišču	26
Slika 24 : Prometna nesreča zaradi prepletanja na večpasovnem krožnem križišču v Šenčurju	27
Slika 25 : Legenda različnih modelov črt	29
Slika 26 : Krožno vozišče brez črt	29
Slika 27 : Podaljšek kraka na vhodu in izhodu s pomočjo prekinjene črte	30
Slika 28 : Delno koncentrične oblike črt	31

Slika 29 : Osnovni "Alberta" model črt	31
Slika 30 : Izpopolnjen "Alberta" model črt	32
Slika 31 : Za voznike najbolj jasna oblika "Alberta" modela črt	32
Slika 32 : Dopolnjen KI model črt	33
Slika 33 : Model koncentričnih črt	34
Slika 34 : Prikaz koncentričnih črt na dvopasovnem krožnem križišču Rožna dolina	34
Slika 35 : Osnovna oblika talne označbe na dvopasovnem kraku	35
Slika 36 : Izboljšana osnovna oblika talne označbe na dvopasovnem kraku	36
Slika 37 : Talna označba v obliki trnka na dvopasovnem kraku	37
Slika 38 : Standardna vertikalna signalizacija za izbiro pasu	38
Slika 39 : Ukrivljena vertikalna signalizacija za izbiro pasu	39
Slika 40 : Osnovna oblika vertikalne signalizacije v obliki trnka	39
Slika 41 : Osnovna oblika vertikalne signalizacije v obliki trnka s središčnim otokom za leve zavijalce	40
Slika 42 : Osnovna oblika vertikalne signalizacije v obliki trnka z večjim medsebojnim Razmakom	40
Slika 43: Najbolj čitljiva vertikalna signalizacija v obliki trnka	41
Slika 44 : Osnovna oblika vertikalne signalizacije za izbiro smeri	42
Slika 45 : Diagramska oblika vertikalne signalizacije za izbiro smeri	42
Slika 46 : Izpopolnejša oblika diagramskega tipa vertikalne signalizacije za izbiro smeri	43
Slika 47 : Razširjena oblika vertikalne signalizacije za izbiro smeri v obliki trnka	43
Slika 48 : Vertikalna signalizacija za izbiro smeri v obliki trnka, ki upošteva predhodno izbiro pasu	44
Slika 49 : Vertikalna signalizacija nad prometnimi pasovi	45
Slika 50 : Vertikalna signalizacija nad pasovi v obliki trnka	45
Slika 51 : "Klasično" enopasovno krožno križišče	49
Slika 52 : Dvopasovno krožno križišče	51
Slika 53 : Dvopasovno krožno križišče z enim enopasovnim izhodom	53
Slika 54 : Zožitev dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo premika ločilnega otoka .	55
Slika 55 : Zožitev dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo talnih označb	57
Slika 56 : Kombinacija zožitve dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo ločilnega otoka in enopasovnega izhoda	59
Slika 57 : Večpasovno pol »turbo« krožno križišče	61

Slika 58 : Večpasovno »turbo« krožno križišče	63
Slika 59 : Prikaz kolone na večpasovnem krožnem križišču Žale v popoldanski konici ...	64
Slika 60 : Geometrija izboljšane stanja za večpasovno krožno križišče Žale	66
Slika 61 : Podatki pri štetju večpasovnega krožnega križišča Žale	68
Slika 62 : Primer obrazca za štetje prometa na kraku Soča - Vhod (C1)	70
Slika 63 : Programski jezik VB	71
Slika 64 : Prometna obremenitev večpasovnega krožnega križišča Žale	76
Slika 65 : Priročnik Synchron Studio 7.0	77
Slika 66 : Prikaz prometnih tokov v dvopasovnem krožnem vozišču	78
Slika 67 : Prikaz menjave pasov v primeru, da dvopasovnemu izhodu sledi enopasoven	79
Slika 68 : Prikaz glavnega orodnega okna za večpasovno krožno križišče v programu Synchron 7.0	80
Slika 69 : Prikaz razporeditve pasov v primeru enopasovnega in dvopasovnega izhoda .	81
Slika 70 : Geometrija in prometna obremenitev trenutnega stanja na večpasovnem krožnem križišču Žale	82
Slika 71 : Obstoječe stanje v popoldanski konici na večpasovnem krožnem križišču Žale	83
Slika 72 : Prikaz zamud(s) in nivoja uslug za obstoječe stanje na večpasovnem krožnem križišču Žale	84
Slika 73 : Geometrija izboljšane stanja za večpasovno krožno križišče Žale	85
Slika 74 : Geometrija izboljšane stanja v simulacijskem programu SimTraffic 7.0	86
Slika 75 : Prikaz orodnega okna za izboljšano stanje večpasovnega krožnega križišča Žale	86
Slika 76 : Prikaz izboljšane stanja s pomočjo simulacije (SimTraffic 7.0)	87
Slika 77 : Prikaz zamud(s) in nivoja uslug za izboljšano stanje na večpasovnem krožnem križišču Žale	88
Slika 78 : Izpis poročila za celotno večpasovno krožno križišče Žale v programu SimTraffic 7.0 za obstoječe stanje in izboljšano stanje	89
Slika 79 : Vertikalna signalizacija za izbiro pasu in vertikalna signalizacija za izbiro smeri ter vertikalna signalizacija nad pasovi	92
Slika 80: Izpopolnjen "Alberta" model črt	93
Slika 81 : Talna označba v obliki trnka	94

1.0 UVOD

Večpasovna krožna križišča predstavljajo voznikom doma in po svetu velike težave. V primerjavi z enopasovnimi krožnimi križišči, pri katerih morajo vozniki paziti le na to, da imajo krožeča vozila z leve prednost in da se promet v krožnem vozišču odvija v nasprotni smeri glede na smer urinih kazalcev, se morajo vozniki v večpasovnem krožnem križišču odločiti še o pravilni izbiri pasov. Vozniki se s tako odločitvijo soočijo večkrat, in sicer pri vstopu v krožno vozišče, v samem krožnem vozišču in pri izstopu iz njega.



Slika 7 : Prikaz pravilne vožnje skozi večpasovno krožno križišče . Vir : AMZS

Kljub temu, da Zakon o varnosti v cestnem prometu govori o pravilni vožnji skozi večpasovno krožno križišče, se v Sloveniji pre pogosto dogaja, da vozniki v večpasovnem krožnem križišču pri zavijanju levo uporabljajo le zunanji pas na kraku. Prav tako se dogaja, da vozniki vse do željenega izhoda v večpasovnem krožnem vozišču uporabljajo le zunanji pas.



Slika 8 : Prikaz nepravilnega zapuščanja dvopasovnega krožnega vozišča v Medvodah.
Vir : Lasten vir

Zaradi takega načina vožnje onemogočajo vozilom na ostalih krakih (priključkih) nemoteno in hitrejše vključevanje v prometni tok in s tem povzročijo zmanjšanje kapacitete večpasovnega krožnega križišča. Takemu načinu vožnje skozi večpasovno krožno križišče se lahko izognemo le z zadostno in čitljivo vertikalno ter horizontalno signalizacijo, ki voznika opozori, kakšni ureditvi v večpasovnem krožnem križišču se približuje.



Slika 9 : Dopolnjena talna signalizacija na večpasovnem krožnem križišču Medvode . Vir : Lasten vir

Osnovni namen diplomske naloge je pokazati, kako z minimalnimi gradbenimi posegi v večpasovnem krožnem križišču in z uvedbo pravih talnih označb, (predvsem črt, šrafur in pušic v obliki trnka) izboljšamo trenutno stanje, ki smo mu priča na pet krakem večpasovnem krožnem križišču Žale v Ljubljani.

Pri uporabi različnih simulacijskih programov smo potrebovali podatke o trenutnih prometnih obremenitvah krožišča, zato smo morali za petkrako večpasovno krožno križišče Žale ročno prešteti promet v popoldanski konici.

Štetje prometa v večpasovnih krožnih križiščih je mnogo težje kot štetje prometa v klasičnih križiščih, predvsem zaradi dejstva, da je problematično ugotoviti, na katerem izvozu bo določeno vozilo, ki je pripeljalo v krožišče po določenem uvozu, zapustilo krožno križišče. S tako pripravljenimi podatki smo se lotili analize obstoječega stanja ter nato izvedli še simulacijo za izboljšanje stanja. Pri tem smo uporabili najnovejše orodje podjetja Tafficware Synchro studio 7.0. Synchro studio 7.0 uporabniku omogoča modeliranje, optimiziranje in simuliranje različnih cestnih omrežij. Končne rezultate obeh simulacij smo medsebojno primerjali in dobili presenetljive rezultate.

2.0 IZKUŠNJE S KROŽNIMI KRIŽIŠČI PO SVETU

Poleg Angležev, Francozov in Nizozemcev so v zadnjih desetletjih krožna križišča sistematično uvajali tudi drugod po Evropi. Na Nizozemskem so v času od leta 1980 - 1986 zgradili štiristo krožnih križišč, na Norveškem do leta 1992 petsto, v Švici pa dvestodvajset. Hkrati je v velikem številu evropskih držav planirana pospešena gradnja krožnih križišč tudi v prihodnje (Danska, Švedska, Finska, Nemčija, Avstrija, Madžarska,...).

2.1 Anglija

V Angliji so, kar se tiče krožnih križišč, preizkusili že praktično vse: krožna križišča kvadratne oblike, semaforizirana nivojska krožna križišča, krožna križišča s prevoznim sredinskim otokom, mini krožna križišča, večpasovna krožna križišča in tako dalje. Kot zanimivost lahko omenimo, da njihovi predpisi niso stalnica oz. da se spreminjajo – dopolnijo jih vsakih nekaj let, odvisno od pridobljenih izkušenj izkušenj. Eden takih primerov je oblika uvoza/izvoza krožnega križišča. V preteklosti so angleški strokovnjaki zagovarjali stališče skoraj tangencialnih uvozov, ki so omogočali skoraj nezmanjšane hitrosti vožnje skozi krožno križišče. To je imelo za posledico večjo prepustnost krožnega križišča, pozneje pa tudi padeč raven prometne varnosti. S časom je raven prometne varnosti v takih krožnih križiščih (še posebej na hitrih odsekih) toliko padla, da so pristopili k preoblikovanju ustja krožnega križišča. Najenostavnejši način je bila uporaba take talne signalizacije (zapornih površin), s katero so izvedli zožitev ustja in spremenili krivuljo vožnje vozil na uvozu.



Slika 10: Večpasovno krožno križišče v Angliji.
Vir: Center for Transportation Research and Training.

Iz istega časa so ostala krožna križišča, v katerih je, s preoblikovanjem ustja, nastalo krožno križišče s počasnim uvažanjem v krožno križišče in hitrim izvažanjem iz njega - zgolj s spremembo talne signalizacije.

Običajna krožna križišča označujejo na nam znan način – z normalnim predsignalom in vsi pripadajoča vertikalno signalizacijo.

Tudi javni razsvetljavi krožnih križišč v Angliji posvečajo veliko pozornosti. Vsa krožna križišča izven urbanega območja imajo obvezno osvetljene vse krake in sredinski otok.

2.2 Nizozemska

Tudi na Nizozemskem so krožna križišča izjemno zastopana. Izvajajo jih praktično povsod, kjer je možno, najpogosteje pa kot ukrep za umirjanje prometa v urbanih območjih. Veliko pozornosti namenjajo vodenju kolesarjev. Tudi za predsignalizacijo, ki je jasno vidna in enostavna, je zgledno poskrbljeno. Označbe smeri so navedene dvakrat oz. trikrat. Prvič kot predsignal (s tablo), drugič na uvozu v krožno križišče. Pri velikih krožnih križiščih so označbe navedene tudi na portalih in polportalih neposredno na uvozu, prav tako pa je označba smeri navedena tudi na vseh smernih tablah, nameščenih na ločilnih otokih.

Načeloma uporabljajo dve vrsti ločilnih otokov, odvisno od velikosti krožnega križišča. V majhnih krožnih križiščih uporabljajo otok stožčaste (trikotne) oblike, v velikih pa otok lijakaste oblike.



Slika 11 : Večpasovno krožno križišče na Nizozemskem.
Vir: Center for Transportation Research and Training.

Pri velikih krožnih križiščih z dvema ali več voznimi pasovi v krožnem toku in z lijakastim otokom precej pozornosti namenjajo velikosti uvozne in izvozne krivine. Premajhen radij uvozne krivine namreč povzroča večjo verjetnost naleta na sredinski otok in nezaželjen uvoz vozil na notranji krožni pas, prevelik radij pa velike hitrosti na uvozu, kar pa povzroča nižjo raven prometne varnosti nemotoriziranih udeležencev v prometu. Na Nizozemskem imajo tudi veliko število večpasovnih krožnih križišč (v katerih je skrajni desni pas namenjen le vozilom javnega potniškega prometa), semaforiziranih krožišč in krožnih križišč, pri katerih se veliko število desnih zavijalcev vodi mimo krožišča. Zelo razširjena so tudi izvenivojska krožna križišča, ki so pogosta rešitev na avtocestah in obvoznicah ter so večinoma večpasovna in semaforizirana.

Glavni vzroki za uspešno uveljavitev krožnih križišč na Nizozemskem so visoka raven prometne varnosti vseh udeležencev v prometu, tekoče odvijanje prometa, velika pretočnost, opuščanje semaforjev ter zmanjšanje prometnega hrupa, onesnaženja in izgube energije.

Zanimivo je tudi to, da se na Nizozemskem, prav tako kot v Angliji, klasične označbe prehoda za pešce (»zebre«) poslužujejo le izjemoma oz. le v primerih, ko je pešcem potrebno posvetiti posebno pozornost. Na Nizozemskem so namreč mnenja, da pogosto ponavljanje označb za izjemno pozornost s časom privede do neupoštevanja in zanemarjanje njihovega pomena.

2.3 Malta

Na Malti gradijo krožna križišča že skoraj celo stoletje. Praktično so vsa križišča izven naselij na celem otoku izvedena kot krožišča. Od drugih krožnih križišč se njihova razlikujejo predvsem v velikosti. Le-ta so dosti večja kot »običajna« in so večinoma predimenzionirana. V sredinskih otokih so zato zgrajeni tega celi parki. Njihova krožna križišča imajo tudi izrazito velike ločilne otoke. Ti so ozelenjeni in opremljeni z javno razsvetljavo. Veliki premeri krožnih križišč omogočajo zadostne dolžine za prepletanje, saj je večina krožišč večpasovnih, kar pa sicer povzroča dodatne probleme voznikom »s kontinenta« (na Malti se vozi po levi strani). Dodatne probleme povzroča tudi dejstvo, da v njihovih krožnih križiščih praktično ne poznajo talnih označb, ki jih tuji vozniki najbolj pogrešajo v krožnem toku.

Kljub temu, da vertikalna signalizacija ni ne lična, ne s črkami zadostne velikosti in neodsevna, nazorno obvešča voznika o tem, da se približuje krožnem križišču, prav tako pa obvešča o možnih smereh vožnje.

2.4 Španija in Portugalska

V Španiji in na Portugalskem so zelo pogosta »klasična« krožna križišča. Načeloma so velika in večpasovna, z jasno talno signalizacijo (tudi v krožnem toku). Med značilnosti njihovih krožnih križišč sodi izrazita defleksija krivulje vožnje, ki jo dosežejo s širokimi, lijakasto oblikovanimi ločilnimi otoki. S tem preprečijo velike hitrosti na uvozu v krožno križišče ter v primeru, visoke hitrosti vozila nenadzirano prehajanje na notranje vozne pasove v večpasovnih krožnih križiščih.



Slika 12 : Večpasovno krožno križišče v Španiji. Vir: Center for Transportation Research and Training.

Nepisano pravilo, ki ga uporabljajo pri snovanju njihovih krožnih križišč je, da je število vozniških pasov v krožnem vozišču enako ali večje od števila pasov na uvozi in izvozi. Pri njih torej ne velja pravilo, da je pri večjem številu pasov v krožnem vozišču lahko tudi enopasovni izvoz.

Veliki premeri krožnih križišč in s tem tudi sredinski otoki nudijo dobre možnosti za njihovo ureditev. Pri oblikovanju pa ne upoštevajo ne pogoja preglednosti ne prometne varnosti. V njihovih krožnih križiščih je torej preprečen pogled preko sredinskega otoka in s tem pregled nad celotnim krožnim križiščem.

2.5 Kanarski otoki

Tudi na Kanarskih otokih so, kar se tiče krožnih križišč, preizkusili že praktično vse: običajna krožna križišča, semaforizirana nivojska krožna križišča, krožna križišča s prevoznim sredinskim otokom, majhna in velika krožna križišča ter izvennivojska nesemaforizirana krožna križišča. Kljub temu, da so njihova krožna križišča nastala pod vplivom Španije, so si precej različna. Precej pozornosti namenjajo razsvetljavi krožnih križišč (še posebej izven naselij) in prometni signalizaciji, ki pa žal ni poenotena, predvsem talna signalizacija. Ta se namreč spreminja od križišča do križišča, kar sicer ni smiselno, s skrbnim opazovanjem pa je možno ugotoviti, da je količina talne signalizacije odvisna od jakosti toka motornih vozil in pešcev.

V krožnih križiščih z velikim številom motoriziranih udeležencev je znak za odvzem prednosti nameščen ob obeh robovih uvoza in dodatno označen s talno signalizacijo, v večjih krožnih križiščih pa so na vozišču še dodatne smerne puščice. V nekaterih primerih (pred krožnimi križišči, na zaključku dolgih »hitrih« odsekov) na vozišču dodajo še označbo za omejitev hitrosti.

Kot zanimivost njihovih krožnih križišč velja omeniti, da ne poznajo povoznega dela sredinskega otoka ne v majhnih ne v velikih krožnih križiščih. Stik vozišča s sredinskim otokom izvajajo s pomočjo tipskega ločnega elementa različnih višin (odvisno od velikosti krožišča).

2.6 Avstralija

V Avstraliji imajo dolgoletno tradicijo krožnih križišč, ki enako kot v Angliji, znaša skoraj celo stoletje. Imajo izjemno dobre predpise za projektno-tehnično oblikovanje krožišč, med katere sodijo velike širine krožnih vozniških pasov, ločilni otoki lijakaste oblike in velik pomen povoznega dela sredinskega otoka. V njihovih krožnih križiščih torej ne poznajo ločilnega otoka stožčaste oblike.



Slika 13 : Večpasovno krožno križišče v Avstraliji. Vir: Center for Transportation Research and Training.

Posebnost je tudi njihova vertikalna signalizacija za odvzem prednosti na uvozu v krožno križišče in vklopjanje smerokazov. Prometni znak na uvozu je kombinacija našega znaka za odvzem prednosti in znaka: križišče s krožnim potekanjem prometa.

2.7 Mehika

Enako dobre izkušnje s krožnimi križišči imajo tudi v Mehiki, kjer jih srečamo v središčih mest in na podeželju. V mestih so večinoma velika, večpasovna in semaforizirana. Specifičnost njihovih krožnih križišč je več. Ena izmed lastnosti, po kateri sodijo med izjeme v svetu, je da dovoljujejo pešcem v sredinski otok.



Slika 14 : Večpasovno krožno križišče s pohodnim sredinskim otokom v Mehiki. Kljub večjemu številu pasov v krožnem vozišču in precejšnji nevarnosti, ki so ji izpostavljeni pešci, le-ti brez pomisleka prečkajo krožno križišče in obiskujejo različne

spomenike v sredinskih otokih. Naslednja lastnost njihovih krožnih križišč je, da ne poznajo povoznega dela sredinskega otoka. Za to niti ni potrebe, saj imajo njihova krožna križišča zelo velike širine krožnih vozniških pasov.

Vsi robniki (zunanji polmer, notranji polmer, ločilni otoki) so barvani črno-belo, s čimer povečujejo zaznavnost krožnih križišč, še posebej tistih, ki niso opremljena z javno razsvetljavo. Praviloma so ločilni otoki lijakaste oblike, kar omogoča velike hitrosti na uvozu v krožno križišče, hkrati pa je onemogočena vožnja v nasprotno smer.

2.8 Slovenija

V začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja smo v Sloveniji bili priče povečanemu zanimanju za krožna križišča, tako s strani projektantov kot investitorjev. Po izgradnji prvih krožnih križišč v Ljubljani (Žale, Prule, Tomačevo), Mariboru (Pesnica), Novi Gorici in Kopru in začetni navdušenosti, so se začela postavljati tudi prva vprašanja o upravičenosti izvedbe in dejanski ravni prometne varnosti, ki jo le-ta nudijo.



Slika 15 : Večpasovno krožno križišče pri vhodu v Luko Koper. Vir : Lasten vir

Upravičenost takšne previdnosti je razumljiva, saj so krožna križišča takrat bila novost v našem prostoru in nihče ni mogel zagotoviti, da se bodo tudi pri nas uveljavila tako, kot so se v drugih državah po svetu.



Slika 16 : Večpasovno krožno križišče Medvode.

Vir : Lasten vir

Danes, v celoti gledano, vsa krožna križišča na novih lokacijah s pridom izvajajo svojo vlogo.

Še večji učinek pa imajo krožna križišča, ki so rezultat rekonstrukcije prejšnjih klasičnih križišč.

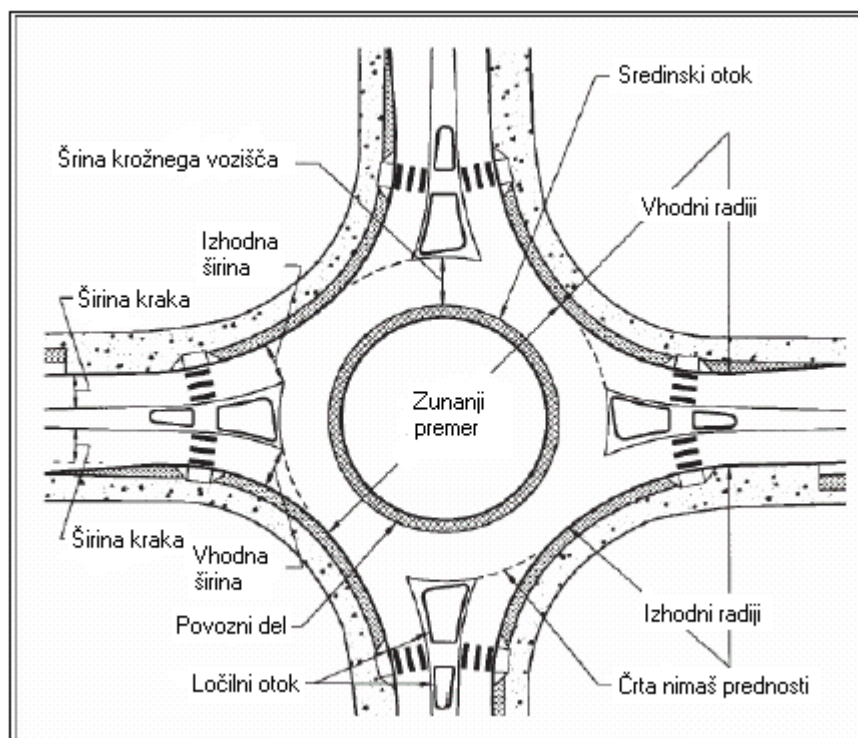


Slika 17 : Večpasovno krožno križišče v Šenčurju.

Vir : Lasten vir

3.0 LASTNOSTI KROŽNIH KRIŽIŠČ

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



Slika 18 : Osnovni elementi krožnega križišča. Vir : Engineering Policy Guide

Krožna križišča delimo glede na velikost, lokacijo, namen izvedbe, število krakov, število voznih pasov v krožnem toku, vodenje posameznih smeri in povoznosti sredinskega otoka. V nadaljevanju sta podrobneje predstavljeni delitvi glede na velikost in število voznih pasov.

3.1 Delitev po velikosti

Pri delitvi po velikosti je mišljena velikost zunanega premera D . Različne države uporabljajo različne delitve po velikosti. V Sloveniji je najbolj uporabna naslednja delitev:

- mini krožno križišče s prevoznim osrednjim delom ($14 < D < 20\text{m}$),
- mini krožno križišče z neprevoznim osrednjim otokom ($18 < D < 24\text{m}$),
- majhno krožno križišče ($22 < D < 35\text{m}$),

- srednje krožno križišče ($32 < D < 80\text{m}$),
- veliko krožno križišče ($80 < D < 120\text{m}$),
- zelo veliko krožno križišče ($D > 120\text{m}$).

3.2 Delitev glede na število pasov

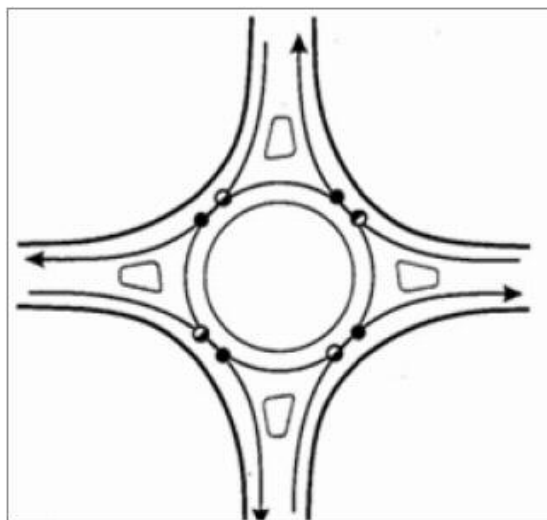
Število vozniških pasov na uvozu in število vozniških pasov krožnega toka sta osnovna parametra izračuna prepustnosti krožnega križišča.

Iz števila vozniških pasov na uvozi in v krožnem toku izhajajo osnovna delitev krožnih križišč na:

- enopasovna krožna križišča,
- dvopasovna krožna križišča,
- večpasovna krožna križišča.

S številom pasov v krožnem križišču je mišljeno število krožnih vozniških pasov. Le-teh mora biti vsaj toliko, kot je število pasov na uvozi in izvozi. Največje število pasov v krožnem toku načeloma ni omejeno, v tujini pa je načeloma največ tri. Vedeti pa moramo, da se s povečanjem števila pasov zelo hitro zmanjša raven prometne varnosti, kapaciteta pa se ne poveča bistveno.

V primeru da je v krožnem vozišču le en vozniški pas, je število konfliktnih točk 8.



Slika 19: Število konfliktnih točk v krožnem križišču.

Vir : : *Roundabouts - Information Brief and Design Guide*. Alternate Street Design, Inc

Če pa sta v krožnem vozišču dva vozniška pasova, se teoretično gledano, število konfliktnih točk poveča za konfliktni točki prepletanja, katerih število je teoretično enako številu priključnih cest.

Praktično gledano pa pri krožnih križiščih z dvema ali več voznimi pasovi v krožnem vozišču ne govorimo le o konfliktnih točkah temveč tudi o konfliktnih odsekih. Vozniku namreč z ničemer ni določeno, na katerem mestu naj zamenja vozni pas.



**Slika 20 : Prikaz konfliktnega odseka na večpasovnem krožnem križišču v Novem mestu.
Vir: Lasten vir**

Problemi te vrste so vidni v večpasovnih krožnih križiščih s (pre)majhnim polmerom, ko prihaja do zgostitve vozil na izvozih iz krožnega križišča. Do zgostitev prihaja zaradi premajhne dolžine, na kateri naj bi vozila izvedla prometno operacijo spremembe voznega pasu.

Neustreznost oz. neprimernost večpasovnih križišč se izkaže tudi pri kapaciteti (nizozemske in angleške raziskave kažejo, da se z uvedbo drugega pasu v krožnem vozišču kapaciteta poveča le za 40%).

4.0 KAPACITETA

Kapaciteta večpasovnega krožnega križišča je odvisna predvsem od dveh dejavnikov:

- gostote prometa v krožišču,
- geometrijskih elementov krožišča.

4.1 Gostota prometa v krožišču

Ko je gostota prometa v krožišču majhna, se vozila brez težav vključujejo vanj in ne prihaja do zastojev. Večji kot je razmak med vozili v krožišču, več vozil se lahko naenkrat vključi v krožeči promet. Z naraščanjem prometa v krožišču prihaja do vse manjših razmakov med vozili in s tem tudi do težjega vključevanja vozil v krožišče. Do največjih zastojev prihaja na dvopasovnih vhidih v krožišče, in sicer na zunanjem pasu. Tam se vozila ne morejo dovolj varno in hitro vključiti v krožeči tok, zato prihaja do daljših kolon in s tem do bistvenega zmanjšanja kapacitete večpasovnega krožnega križišča. Ravno nasprotno se dogaja z notranjim pasom kraka. Tam se vozila v krožno vozišče vključujejo brez težav.

Da se težavam z zmanjšano kapaciteto izognemo, obstajajo naslednji ukrepi:

1. Na vsakem pasu kraka naj bodo točno določene označbe smeri, ki močno vplivajo na pravilno razporeditev vozil pred vstopom v krožišče. Takšno razvrščanje in potek prometa dosežemo s pomočjo prometnih znakov ter talnih označb. Če na večpasovnih krakih krožnega križišča teh ni, potem velja, da lahko vozila na levem pasu vozijo naravnost in levo, na desnem pasu pa naravnost in desno. Takrat govorimo o enakovrednih pasovih za vožnjo naravnost.



Slika 21 : Enkovredna pasova za vožnjo naravnost (Koper). Vir : Lasten vir

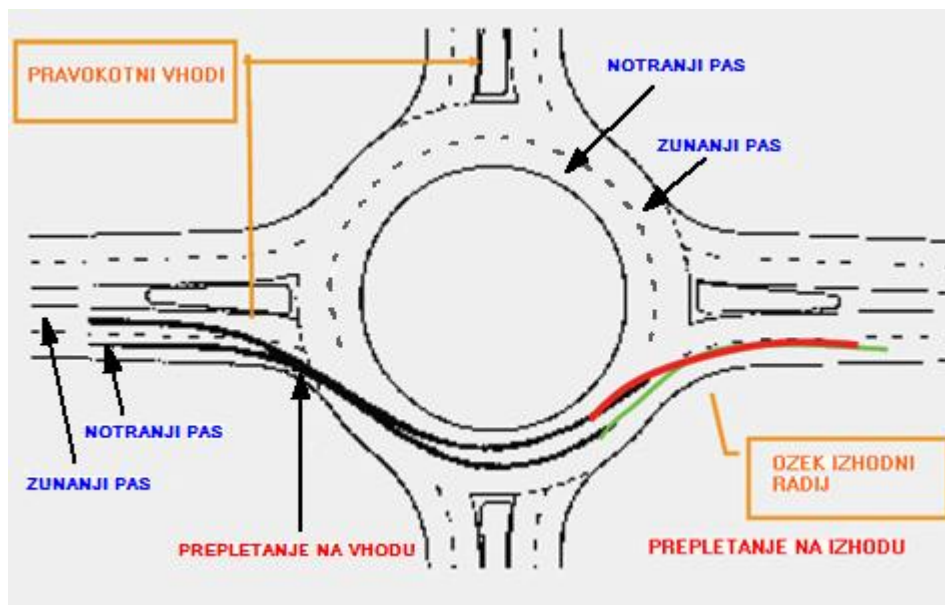
2. Pred vstopom v krožno križišče je nujna postavitev predsignalnih in signalnih tabel s smerjo in ciljem potovanja. Z njihovo pomočjo se vozila že pred vstopom v krožno vozišče lažje in hitreje razvrstijo na željeni pas.



Slika 22 : Vertikalna signalizacija za izbiro smeri. Vir : Lasten vir

3. Položaj in oblika pasov pri vstopu v krožno vozišče ravno tako vplivata na izbiro pasu večpasovnega kraka. Nekatera krožna križišča so načrtovana tako, da je zunanji pas na vhodu usmerjen (voden) k notranjemu pasu na krožnem vozišču, medtem ko je notranji pas na vhodu usmerjen proti sredinskemu otoku krožnega križišča. Zaradi premajhnega vstopnega radija na notranjem pasu kraka prihaja do

tega, da vozilo na zunanjem pasu krožnega vozišča zapelje na notranji pas vozišča in preseka pot vozilu na notranjem pasu (ti. "vehicle path overlap"). Tak pojav pri voznikih povzroči nelagodje in slabšo izkoriščenost notranjega pasu ter s tem zmanjšanje kapacitete večpasovnega kraka krožnega križišča.



Slika 23 : Prepletanje vozil na večpasovnem krožnem križišču.

Podoben problem se pojavi tudi pri večpasovnem izhodu iz krožnega vozišča. Vozila na zunanjem pasu zapuščajo krožno vozišče in zapeljejo na notranji pas ter s tem presekajo pot vozilom, ki prav tako zapuščajo krožno vozišče.

Prehajanju vozil na sosednji pas se lahko izognemo z naslednjimi ukrepi:

- povečamo vhodni oz. izhodni radij,
- spremenimo vhodni kot Φ ,
- uporabimo bolj tangencialne vhode/izhode,
- naredimo majhen premik krožnega križišča,
- spremenimo obliko ločilnih otokov,
- dopolnimo talno signalizacijo z uvedbo črt in puščic na izhodih iz krožnega vozišča.

4. S pravilno uporabo talnih označb (puščic in črt) na krakih in v samem krožnem vozišču lahko poleg kapacitete izboljšamo še prometno varnost večpasovnega krožnega križišča, saj se ob spremljanju črt in puščic zmanjša hitrost. Uporabniki

se zaradi črt in puščic lažje in hitreje privadijo na novo prometno ureditev in s tem brez večjih težav uporabljajo večpasovna krožna križišča



Slika 24 : Oblika črte v večpasovnem krožnem križišču v Kopru. Vir : Lasten vir

4.2 Vpliv geometrijskih elementov krožišča na kapaciteto

Na kapaciteto krožnega križišča vplivajo tudi nekatere geometrijske karakteristike. Najbolj pomembni sta:

- število pasov na uvozu in v krožišču,
- širina pasov pri vstopu v krožišče ter širina pasov v krožišču.

Število voznih pasov na uvozu in število voznih pasov krožnega toka sta osnovna parametra za izračun kapacitete krožnega križišča. V svetu obstaja več metod za določanje kapacitete krožnega križišča, ki se med seboj precej razlikujejo tako po pristopu in načinu obravnavanja posameznih parametrov, kakor tudi v vrednosti posameznih spremenljivk.

Na tem mestu naj omenimo glavna pristopa, geometrijskega in vedenjskega.

Geometrijski pristop temelji na možnosti (sposobnosti) prepuščanja prometnega toka, ki ga omogočajo posamezni projektno-tehnični elementi ("angleška metoda"). Pristop po vedenjski teoriji pa temelji na lastnostih prometnega toka oz. izhaja iz obnašanja voznika ("avstralska metoda").

Kapaciteta enopasovnega krožnega križišča na vseh uvozih/krakih je 20.000 - 26.000 vozil/dan, medtem ko je kapaciteta dvopasovnega krožnega križišča na vseh uvozih/krakih 50.000 - 60.000 vozil/dan. (Vir : Roundabouts : An Informational Guide)

Vstopna širina ima poleg števila pasov največji vpliv na kapaciteto. Širino vsakega vhoda narekuje gostota vključujočega se prometa. Z večanjem širine povečamo kapaciteto, a zmanjšamo prometno varnost. Da bi se temu izognili, poiščemo minimalno vstopno širino, ki še ustreza željeni kapaciteti in drastično ne vpliva na zmanjšanje varnosti. Če zaradi kapacitete potrebujemo večjo širino, postopamo na dva načina :

- na kraku dodamo še en pas, ki sega vse do vstopa v krožno vozišče,
- 25 m pred vhodom v krožno vozišče krak dodatno razširimo.

S tem povečamo kapaciteto, pri tem pa se ne poveča število prometnih nesreč. V praksi krožna križišča dimenzioniramo za 20-letno dobo, zato se poslužujemo širšega vhoda, ki nam bo prišel prav ob povečanju prometne obremenitve. S pomočjo talnih označb lahko povečamo ločilne otoke na krakih, medtem ko s povoznim delom povečamo sredinski otok.

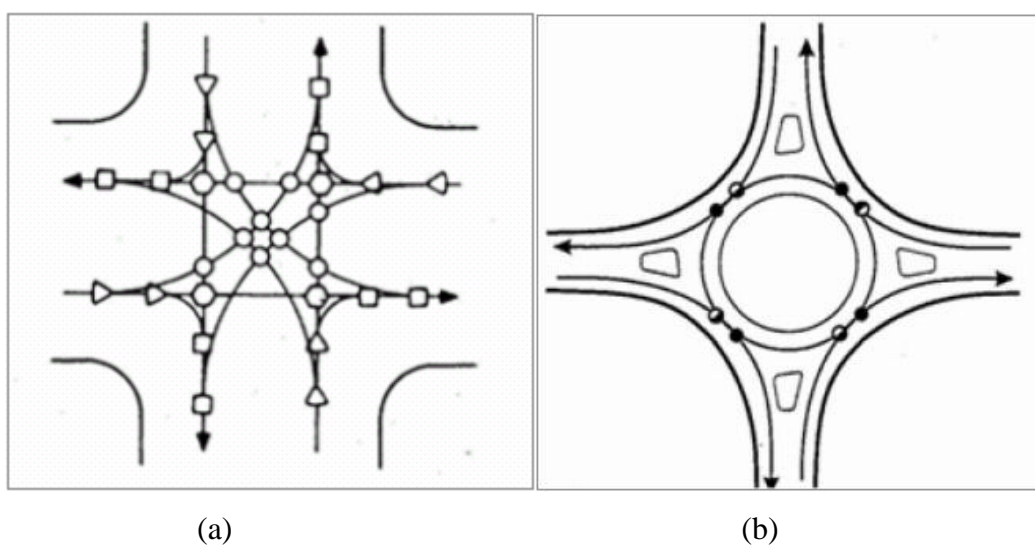
Širina pasu v večpasovnem krožnem vozišču je odvisna od vhodne širine in je lahko široka do 120 odstotkov največje širine vstopa ter po celem delu konstantna. Ko se odločamo o širini pasov, je potrebno poznati strukturo prometnega toka. Če je v njej pretežno večje število osebnih vozil, bomo širino pasov v krožnem vozišču prilagodili tem vozilom. Če pa je število težjih vozil večje od 10 odstotkov, moramo širino temu primerno povečati, skupna širina krožnega vozišča pa ne sme biti širša, kot je širok najširši vhod v krožno vozišče.

Pri širših pasovih v krožnem vozišču vozila lažje vozijo vzporedno in v skupini, kar omogoča vozilom na krakih lažje vključevanje. S tem se na krakih poveča prepustnost.

5.0 PROMETNA VARNOST V KROŽNIH KRIŽIŠČIH

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

Teoretično ima običajno štirirako križišče 32 konfliktnih točk (16 točk križanja, 8 odcepljanja in 8 združevanja), enopasovno krožno križišče pa le 8 točk nižjega razreda (4 točke odcepljanja in 4 združevanja).



Slika 25 : Primerjava konfliktnih točk med klasičnim križiščem (a) in enopasovnim krožnim križiščem. (b) Vir : *Roundabouts - Information Brief and Design Guide*. Alternate Street Design, Inc.

Glede na slovenske izkušnje se je v posameznih primerih število prometnih nesreč na takih križiščih zmanjšalo celo za 50%, število huje poškodovanih pa za 75%, občutno pa so manjše tudi posledice nesreč.

V primeru, da sta v krožnem toku dva vozna pasova, se število konfliktnih točk poveča za konfliktne točke prepletanja, katerih število je teoretično enako številu priključnih cest, vendar je to število še vedno manjše od 32. Prometna varnost pa se hitro poslabša z uvedbo dodatnih vozniških pasov (tri ali več).

5.1 Prometna varnost kolesarjev in pešcev

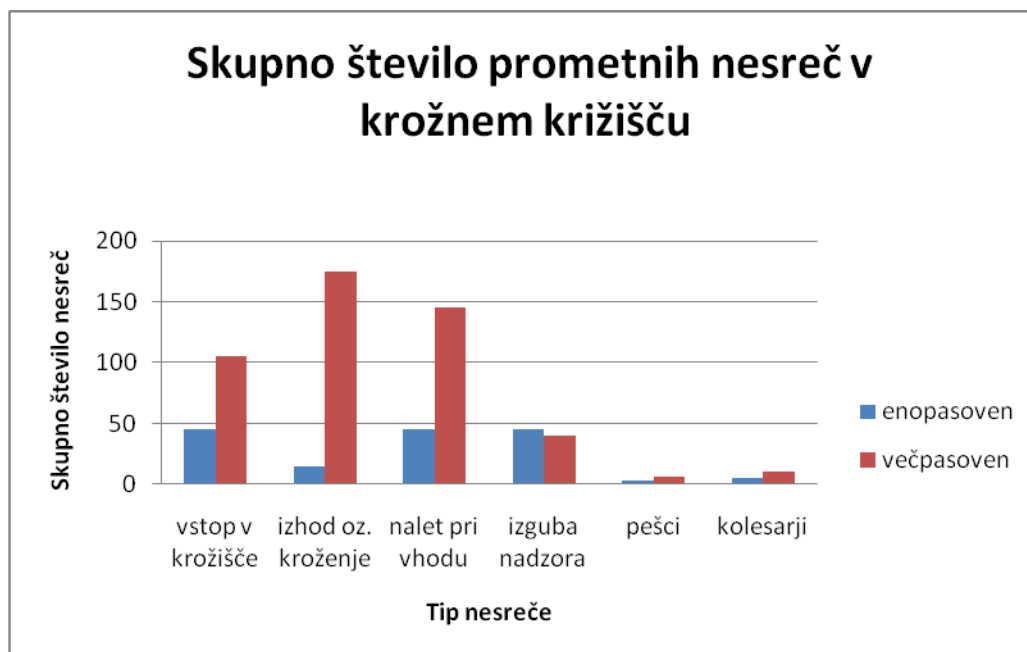
Prometna varnost kolesarjev v krožnih križiščih je odvisna predvsem od uporabljenega načina vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča, načina izvedbe otokov za pešce in pravilne izvedbe vertikalne in horizontalne signalizacije. Poznamo tri načine vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča:

- mešano vodenje motornega in kolesarskega prometa,
- vzporedno vodenje kolesarjev ob zunanem robu krožnega križišča,
- ločeno vodenje kolesarjev, vzporedno z robniki ali v koncentričnih krogih.

Ločeno – samostojno vodenje kolesarjev v območju krožnega križišča je najbolj varen način vodenja. Vsa križanja motoriziranih udeležencev v prometu s kolesarji in pešci se izvajajo pravokotno, s čimer je doseženo, da je pregledno polje pravilne oblike. S tem dosežemo, da se konfliktno točke nahajajo le na mestih prehodov preko krakov krožnega križišča, in še na teh mestih so kolesarji zavarovani z otoki.

Vzporedno in mešano vodenje kolesarjev sta s stališča prometne varnosti manj primerna. 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.

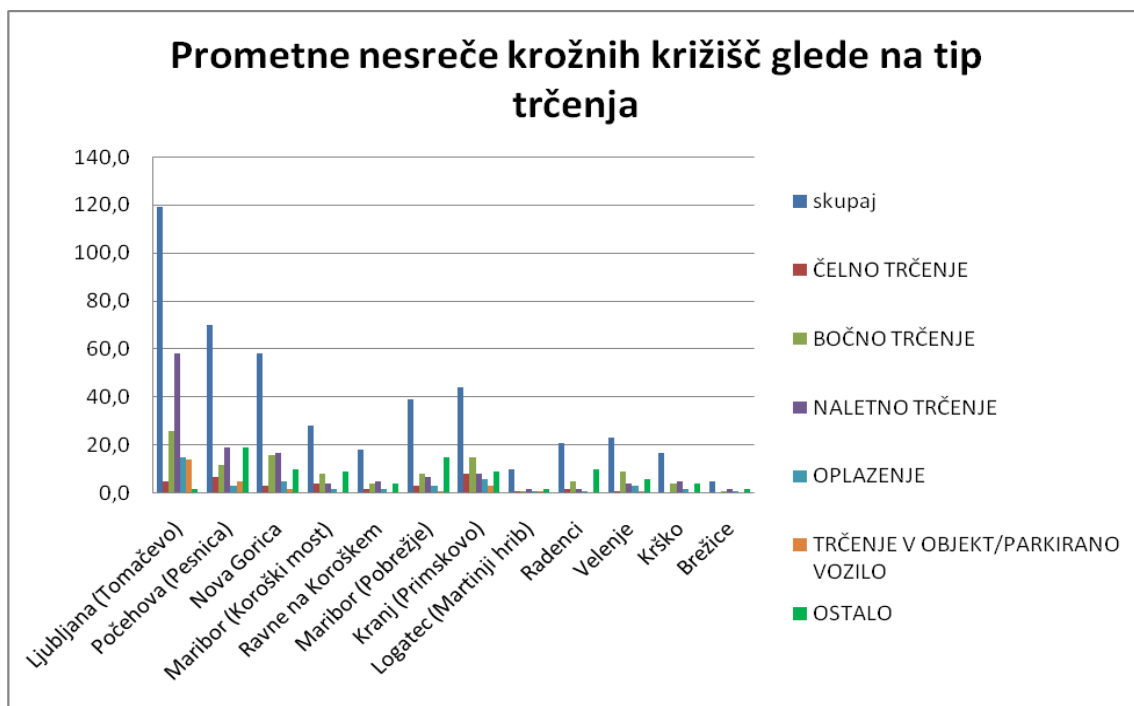
Začasna navodila za večpasovna krožna križišča Direkcije Republike Slovenije za ceste (Uradni list RS št. 133/2006 (ZVCP-1-UPB4) urejajo, da je potrebno preko večpasovnih uvozov in izvozov prehajanje pešcev urediti izven nivojsko.



Grafikon 5 : Grafični prikaz prometnih nesreč v enopasovnem in dvopasovnem krožnem križišču.
Vir: Applying Roundabouts in the USA.

Praktično gledano pri krožnih križiščih z dvema ali več voznimi pasovi v krožnem vozišču ne govorimo le o konfliktnih točkah, temveč tudi o konfliktnih odsekih, saj vozniku z ničemer ni določeno mesto, na katerem naj bi zamenjal vozni pas. To je tudi eden od glavnih tehničnih vzrokov, da so velika krožna križišča prometno manj varna od majhnih. Vzrok je torej v osnovni lastnosti velikih krožnih križiščih z več kot enim voznim pasom v krožnem vozišču.

Ker je uvedba večpasovnih krožnih križišč v Sloveniji relativno nova, veliko udeležencev v prometu ni primerno podučeni in zato nezmožni pravilne uporabe pasov.

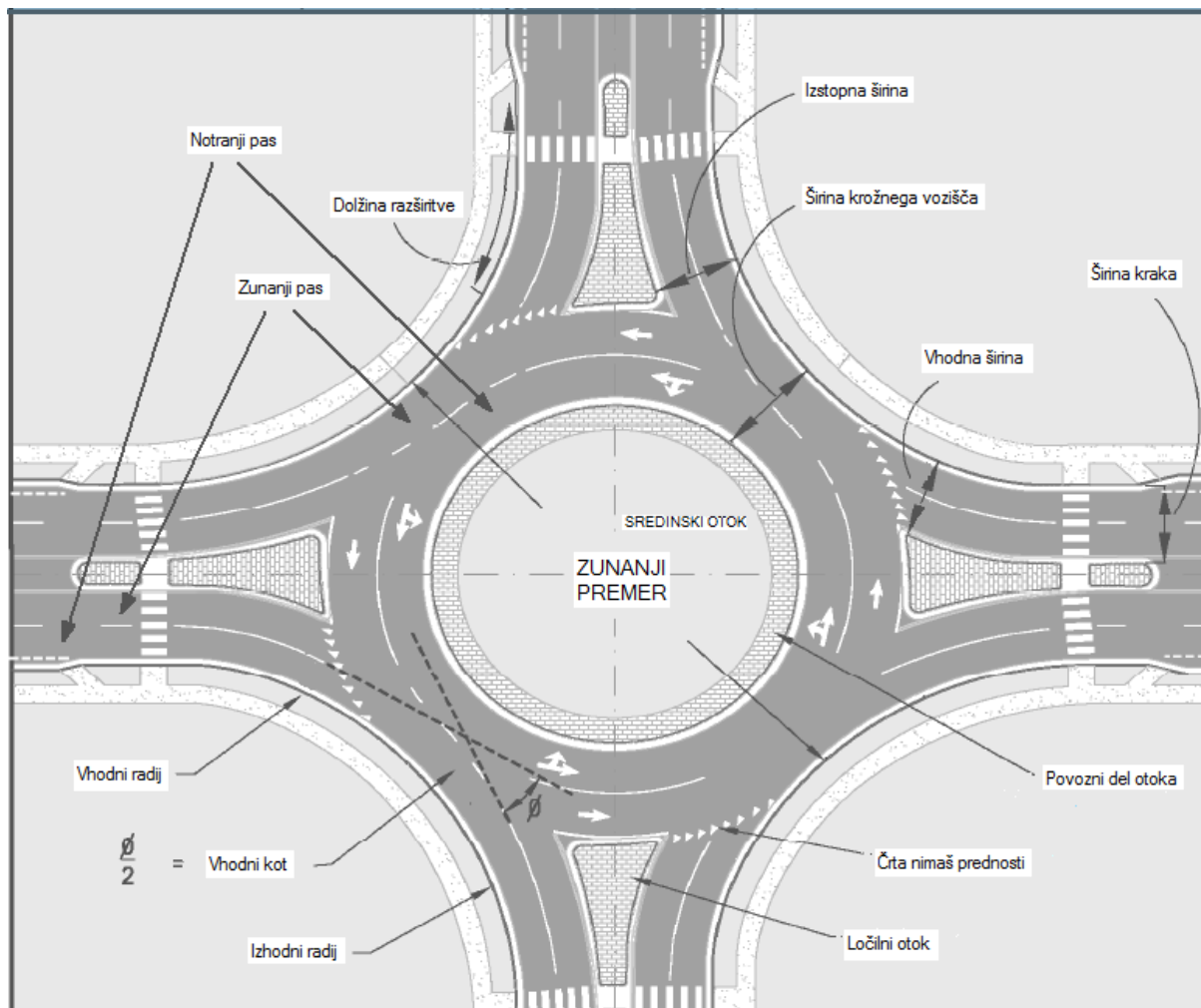


Grafikon 6 : Prometne nesreče glede na tip trčenja.
Vir : Raziskava uvajanja učinkovitosti izboljšav na nivojskih križiščih.

Zato se na tem mestu postavlja vprašanje: kako s pomočjo različnih ukrepov izboljšamo vodenje prometa skozi večpasovno krožno križišče?

6.0 VEČPASOVNO KROŽNO KRIŽIŠČE

Večpasovno krožno križišče je krožno križišče z enim ali več voznimi pasovi na uvozih/izvozih, katerega del krožnega vozišča ali celotno krožno vozišče je oblikovano kot večpasovno vozišče.



Slika 26 : Osnovni elementi dvopasovnega krožnega križišča.

Vir : Engineering Policy Guide

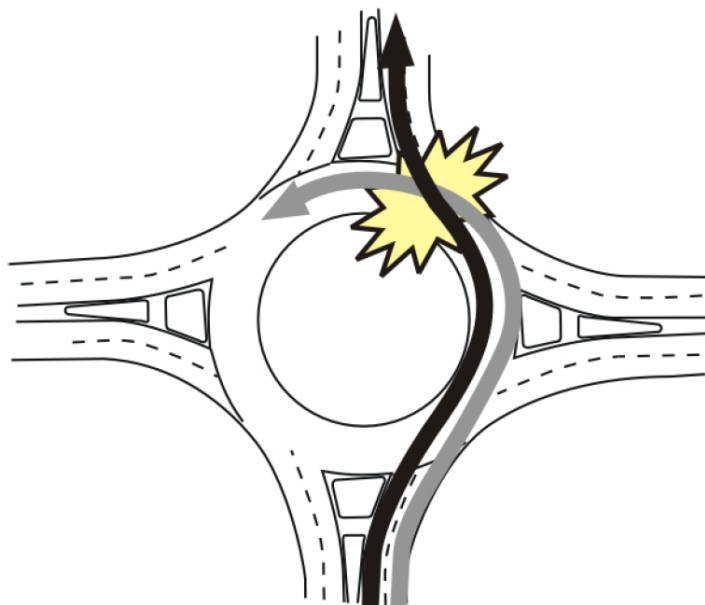
Za lažjo predstavitev problema se bomo kasneje osredotočili predvsem na »standardno« dvopasovno krožno križišče s štirimi kraki, ki so med seboj pravokotni in dvopasovni. Dvopasovno je tudi krožno vozišče. Na tem mestu je potrebno povedati, da zaradi majhnega števila dvo in več pasovnih krožnih križišč v Sloveniji, ti primeri predstavljajo le del vseh možnih variant, ki jih lahko uporabimo kot osnovo za določitev smernic. Kasneje jih lahko dopolnimo za kompleksnejše primere.

6.1 Voznik kot uporabnik večpasovnega krožnega križišča

Pri večpasovnem krožnem križišču se voznikom postavljajo naslednja vprašanja:

1. Kateri pas naj izberem pri vstopu v krožno križišče?
2. Ali smem zamenjati pas v krožnem vozišču?
3. Ali lahko zapustim krožno vozišče na pasu na katerem trenutno krožim?.

Zadnje vprašanje nazorno prikazuje enega izmed največjih problemov večpasovnih krožnih križišč po svetu in predvsem v Sloveniji. Pri izhodu iz krožnega vozišča se velikokrat zgodi, da vozilo na zunanjem pasu nadaljuje z vožnjo, medtem ko želi vozilo na notranjem pasu zapustiti krožno vozišče.



Slika 21 : Najpogostejša konfliktna točka v večpasovnem krožnem vozišču
Vir : Center for Transportation Research and Training.

Zanimivo je to, da Zakon o varnosti v cestnem prometu določa, da se mora voznik preden zapusti večpasovno krožno vozišče razvrstiti na zunanji prometni pas, razen na izvozu, na katerem je s predpisano prometno signalizacijo dovoljeno zavijanje desno tudi z notranjega prometnega pasu.

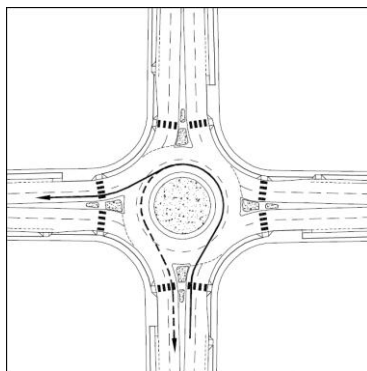
Take konfliktna situacije so značilne le za večpasovna krožna križišča. V primerjavi s »klasičnimi« križišči in glede na izkušnje lahko trdimo, da se vozniki v večpasovnih krožnih križiščih s težavo na hitro odločajo o pravilni izbiri voznega pasu in smeri potovanja ter s tem velikokrat povzročijo prometno nesrečo. Pomembno za večpasovno krožno križišče je, da ga obravnavamo kot samostojno in ne kot sestavljeno križišče. Taka

opredelitev nam ne pomaga le pri določanju prometnih predpisov, ampak močno vpliva na izbiro primerne vertikalne in horizontalne signalizacije.

6.2 Projektantski vidik načrtovanja večpasovnega krožnega križišča

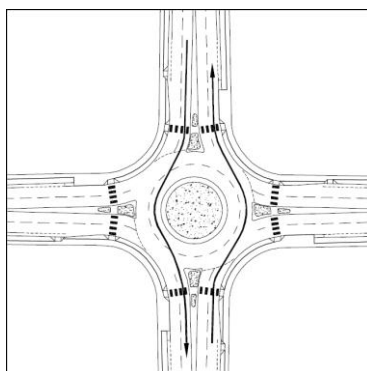
Ob predpostavki, da večpasovno krožno križišče vzamemo kot samostojno križišče, se lahko izognemo marsikateremu problemu, povezanim z nemotenim zapuščanjem krožnega vozišča. Pomembno je, da s pomočjo zadostnih številov pasov na krakih in v krožnem vozišču zagotovimo neoviran prometni tok s čimmanj prepletanja. Najbolj pogosta razporeditev prometnih pasov je naslednja :

- v krožnem vozišču za zavijanje desno uporabimo le zunanji pas,
- v krožnem vozišču za zavijanje levo uporabimo le notranji pas,



Slika 22 : Prikaz načina vožnje za zavijanje levo v dvopasovnem krožnem križišču.

- v krožnem vozišču za vožnjo naravnost lahko uporabimo oba pasova, levega in desnega.



Slika 23 : Prikaz načina vožnje naravnost v dvopasovnem krožnem križišču.

Če primerjamo »klasično« križišče z večpasovnim krožnim križiščem je jasno, da na klasičnem križišču vozniki brez dodatne signalizacije pravilno uporabljajo pasove za levo oz. desno zavijanje. Težave se pojavijo pri večini voznikov, ki se prvič srečajo z

večpasovnim krožnim križiščem in se zaradi pomanjkljive horizontalne in vertikalne signalizacije v njem počutijo zmedene in izgubljene. Zato v Sloveniji na večpasovnih krožnih križiščih prihaja do pogostih nesreč in s tem do zmanjšanja prometne varnosti.



**Slika 24 : Prometna nesreča zaradi prepletanja na večpasovnem krožnem križišču v Šenčurju.
Vir : Lasten vir**

Pri vključevanju v večpasovno krožno vozišče moramo pri načrtovanju upoštevati voznikovo dožemanje, predvsem kolikšen naj bo minimalni razmak med vozili, da se ta še lahko varno vključijo v krožeči tok. Na tem mestu se nam postavlja vprašanje: ali bi z dodatnimi prometnimi znaki in talnimi označbami še zmanjšali tak razmak med vozili?.

V svetu se pojavljata dva popolnoma različna pristopa za rešitev tega vprašanja:

1. zagovarjanje stališča, pri katerem talne označbe v krožnem vozišču niso potrebne. Ker večpasovno krožno vozišče ne vsebuje črt, predstavlja širok prostor, v katerem si vozniki sami priborijo najugodnejši položaj. Veliko voznikov se v takih okoliščinah ne znajde najbolje in se počutijo neprijetno.
2. zagovarjanje popolnoma drugačne in za udeležence v prometu sprejemljivejše rešitve. V večpasovnem krožnem križišču je priporočljiva uporaba črt in druge talne signalizacije. Voznikom, ki se vozijo vzporedno ali tistim, ki se vključujejo v krožno vozišče, olajšamo občutek neugodja. Njihov položaj in smer vožnje sta točno določena.

Na tem mestu je (zopet) pomembno, da si večpasovno krožno križišče razlagamo kot samostojno, saj črte v krožnem vozišču tako predstavljajo podaljšek krakov in ne le črte, ki ločujejo prometne pasove.

7.0 HORIZONTALNA IN VERTIKALNA SIGNALIZACIJA

Z uvedbo pravilne vertikalne in horizontalne signalizacije lahko bistveno izboljšamo vodenje prometa v večpasovnem krožnem križišču. Največ časa bomo posvetili pravilni izbiri črt in puščic ter tistim vertikalnim označbam, ki vplivajo na ustrezno izbiro voznega pasu pred vstopom v večpasovno krožno križišče.

7.1 Horizontalna signalizacija

Glede na to, da se pri večpasovnem krožnem vozišču in večpasovnih krakih pojavljajo vzporedni tokovi vozil, prihaja med njimi do konfliktnih situacij. Da se takim pojavom izognemo, moramo za vsak pas zagotoviti potreben prostor. Tako se lahko vozila nemoteno vključujejo, izključujejo ter vozijo po večpasovnem krožnem vozišču.

7.1 .1 Vrste črt

V Sloveniji se v večpasovnih krožnih križiščih pojavljata dva različna tipa črt :

————

Neprekinjena črta : uporabimo tam, kjer skušamo preprečiti menjavo pasu.

Prekinjena črta : uporabimo takrat, ko je dovoljen prehod oz. sprememba pasu.

V nadaljevanju bomo prikazali različne načine talnega označevanja, s katerim bistveno izboljšamo vodenje prometa skozi večpasovno krožno križišče. Osredotočili se bomo na črte in puščice.

Legenda prikazuje pomen črk **k,v** in **i**, s katerimi bomo označevali različne modele črt.

RAZLIČNE MODELI ČRT		
	neprekinjena	prekinjena
kroženje	K	k
vstop	V	v
izstop	I	i
<hr/>		
brez črt		[O]
koncentrična črta		K_{∞}

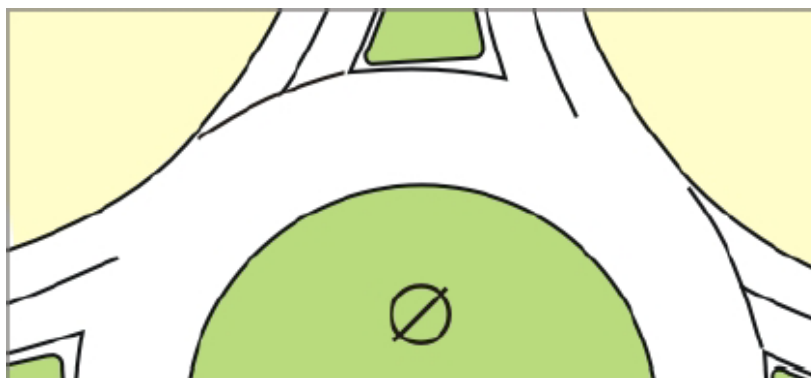
Slika 25 : Legenda različnih modelov črt.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts,Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

- **v** predstavlja črto na vstopu v krožno vozišče oz. je podaljšek črte kraka pri vstopu v krožno vozišče,
- **k** predstavlja črto v krožnem vozišču,
- **i** predstavlja podaljšek črte iz krožnega vozišča na krak.

Velike in male črke predstavljajo razliko med neprekinjeno in črtkano črto. Modeli z enakimi lastnostmi so predstavljeni skupaj.

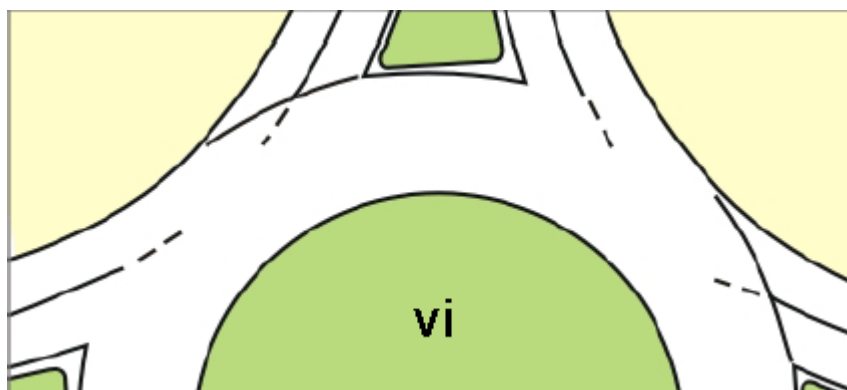
Krožno vozišče brez črt [O] - v večpasovnem krožnem vozišču ni črt ali drugih talnih označb. Za uvedbo takega modela je potrebno povedati, da ga lahko uporabimo le tam, kjer je razumevanje in podučenost voznikov o večpasovnih krožnih križiščih na visoki ravni, saj ni točno določeno, koliko pasov vsebuje krožno vozišče.



Slika 26 : Krožno vozišče brez črt.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts,Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

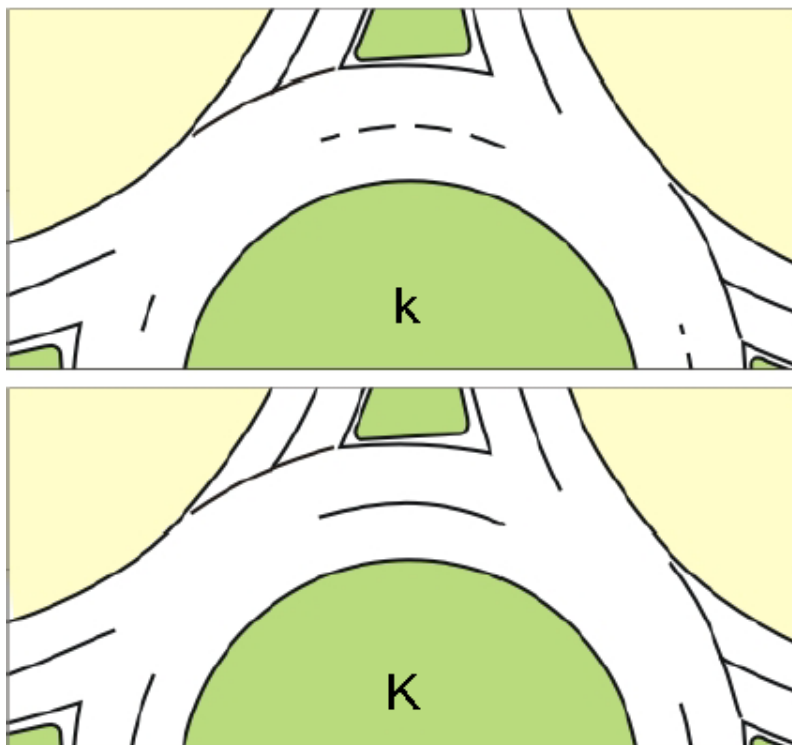
vi črta, ki predstavlja podaljšek kraka pri vhodu in izhodu iz krožnega vozišča. Črte v krožnem vozišču ni. Z uvedbo takega načina označevanja želimo voznike pripraviti do tega, da ohranijo prvotno izbrani pas na dveh najbolj kritičnih točkah večpasovnega krožnega križišča. Menjava pasov v krožnem vozišču s tem ni omejena in je prepuščena voznikom.



Slika 27 : Podaljšek kraka na vhodu in izhodu s pomočjo prekinjene črte.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

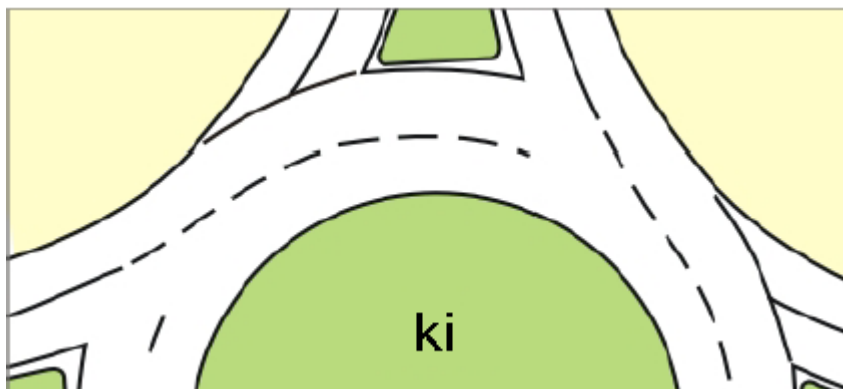
K - delno koncentrične črte v krožnem vozišču voznike odvrtaajo od neprimerne in nevarne menjave pasov na kritičnih mestih. Taka oblika črt pomaga voznikom predvsem na vhodu. Z njeno pomočjo se ti lažje in hitreje odločijo za pravilno izbiro prometnega pasu in smer potovanja. Na voznike pri izhodu iz krožnega vozišča taka črta nima velikega vpliva.



Slika 28 : Delno koncentrične oblike črt – prekinjena (k) in neprekinjena (K).

KI - po svetu znan kot »Alberta« model. Dopolnjuje K model in voznikom pomaga na najbolj kritičnem delu – pri izhodu. Na slikah so podani trije različni primeri:

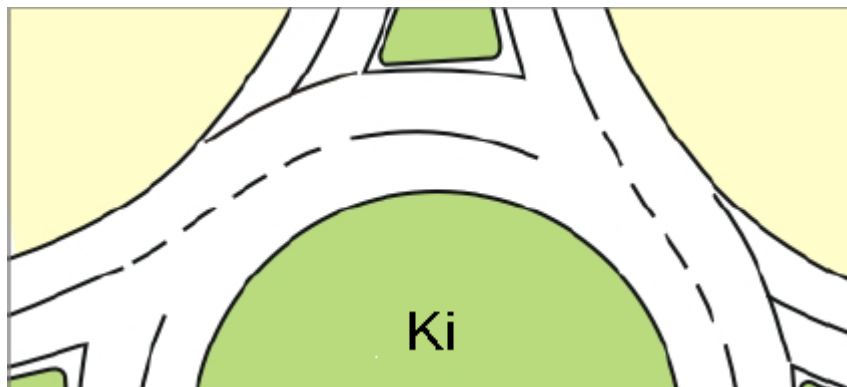
1. **ki** - predstavlja osnovno izvedbo s prekinjeno črto.



Slika 29 : Osnovni "Alberta" model črt.

Vir : *Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts*, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

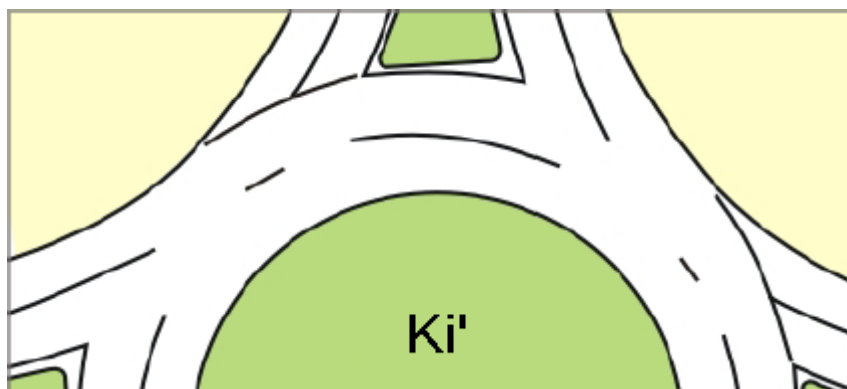
2. **Ki** - predstavlja primer take kombinacije črt, pri kateri se vozniku omeji sposobnost menjave pasu ob ločilnem otoku z neprekinjeno črto, medtem ko pred vhomom in izhodom ostane črta prekinjena.



Slika 30 : Izpopolnjen "Alberta" model črt.

Vir : *Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts*, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

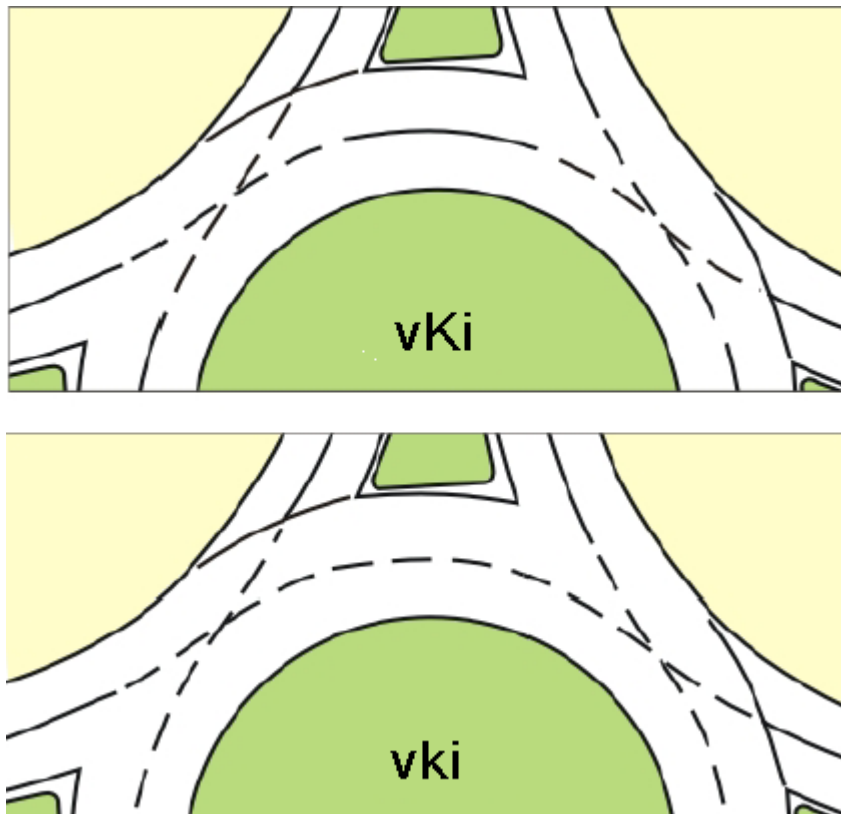
3. **Ki'** - primer pri katerem uporabimo neprekinjeno črto s točno določenimi razmaki ob vhomu v krožno vozišče. Ta je za voznike najbolj jasna, a mora biti za uspešno učinkovitost njena izvedba zelo natančna.



Slika 27 : Za voznike najbolj jasna oblika "Alberta" modela črt.

Vir : *Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts*, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

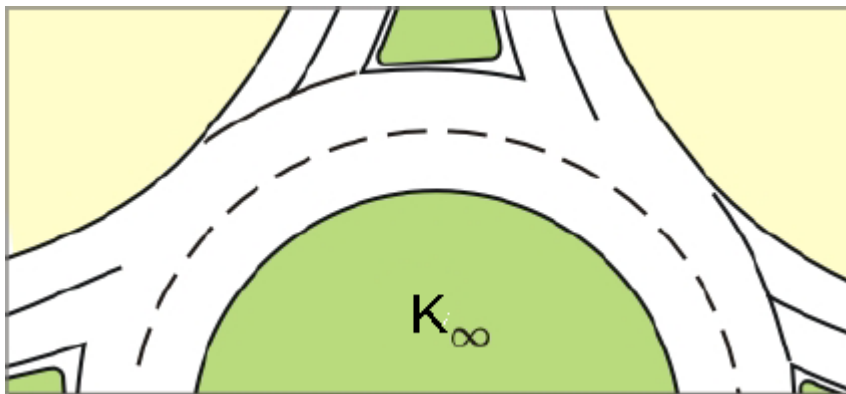
VKI - gre za dopolnjen KI model. Pri vходу in izhodu dodamo črte oziroma podaljšamo krak na vходу in izhodu iz večpasovnega krožnega vozišča. Pri tem modelu lahko zaradi križanja črt hitro pride do zmedenosti voznika, kljub temu da se s podobnim označevanjem sooči že na »klasičnih« križiščih. Tudi tam se črte za leve zavijalce med seboj križajo.



Slika 32 : Dopolnjen KI model črt.

Vir : **Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts**, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

K_{∞} - znan kot model koncentričnih črt. Predstavlja nepretrgano (trajno) črto v krožnem vozišču in s tem točno določeno mejo med voznimi pasovi. S takim načinom izvedbe črt se vozniki velikokrat znajdejo v pasti, predvsem tisti, ki želijo zapustiti krožno vozišče in tega zaradi vozil na zunanjem pasu ne uspejo. Tak način torej ne zagotavlja varnejšega in lažjega prehajanja vozil z notranjega pasu krožnega vozišča proti izhodu. Zaradi občutka nelagodja vozniki do željenega izhoda uporabljajo izključno zunanji pas. S tem vplivajo na zmanjšanje kapacitete večpasovnega krožnega križišča.



Slika 33 : Model koncentričnih črt.

Na tem mestu je potrebno poudariti, da v večpasovnem krožnem križišču bistveno izboljšamo vozne lastnosti s pravilno izbiro črt in predvsem s predhodno izbiro voznega pasu na kraku pred vstopom v krožno vozišče.

S takim načinom izvedbe črt se slovenski vozniki vsakodnevno srečujejo, saj je pri nas taka oblika najpogostejša.

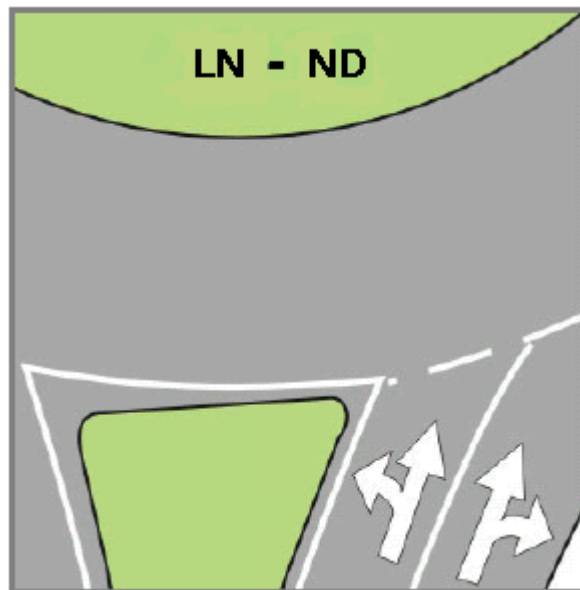


**Slika 34 : Prikaz koncentričnih črt na dvopasovnem krožnem križišču Rožna dolina.
Vir: Lasten vir**

7.1.2 Talne označbe

K talnim označbam štejemo poleg črt tudi puščice. Učinkovito jih uporabljamo pri klasičnih križiščih, predvsem za pravilno razvrščanje in uporabo prometnih pasov. Enak učinek lahko dosežemo tudi pri večpasovnem krožnem križišču. Za dvopasovni krak se v praksi pojavlja naslednja oblika talne označbe:

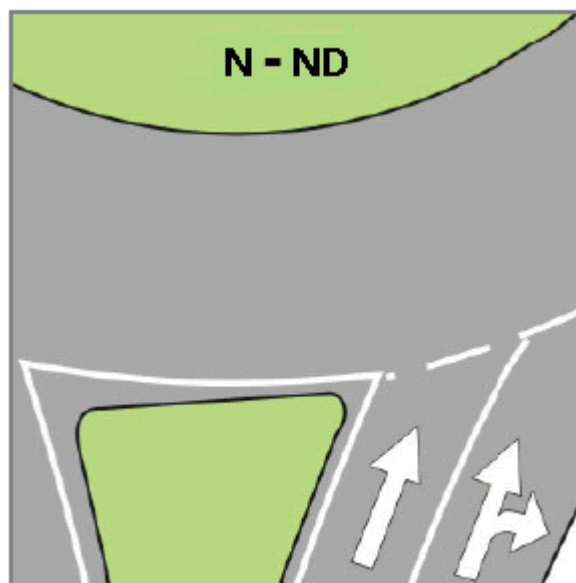
- za levi pas : levo in naravnost (LN)
- za desni pas : naravnost in desno (ND)



Slika 35 : Osnovna oblika talne označbe na dvopasovnem kraku.

Vir : **Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts**,Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Pri takem tipu talnega označevanja se pojavi že znana pomanjkljivost krožnega križišča, to je da vozniki zavijejo levo že pri ločilnem otoku in ne upoštevajo prometne ureditve v krožnem križišču. Da se takim problemom izognemo, talno označbo spremenimo.



Slika 36 : Izboljšana osnovna oblika talne označbe na dvopasovnem kraku.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

S tem, ko na levem pasu kraka puščico za leve zavijalce odstranimo, sicer problem na vhodu v krožno vozišče rešimo, a se nam kasneje pri kroženju pojavita vsaj dve slabosti:

1. voznik se v večpasovnem krožnem križišču sooči z dvomi o načinu uporabe pasu in o smeri potovanja. Prav tako prihaja do zmedenosti voznikov pri kroženju v krožišču, saj ne vedo točno, kateri pas morajo uporabiti za zavijanje levo,
2. če večpasovno krožno križišče obravnavamo kot samostojno križišče, potem je samoumevno, da je na notranjem pasu krožnega vozišča možno zavijanje levo in je tako uporaba puščice za levo zavijanje kontradiktorna (nepotrebna).

Če lahko prvi problem hitro rešimo s tem, da dodamo talne označbe – puščice v krožno vozišče, drugi ni tako enostavno rešljiv. Najbolj elegantna rešitev, ki se pojavlja v svetu je t.i. »fishhook« - puščica v obliki trnka.



Slika 3287 : Talna označba v obliki trnka na dvopasovnem kraku.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Puščica v obliki trnka vozniku nazorno pove, da je zavijanje na levo mogoče le okoli sredinskega otoka in le z notranjega pasu. Ker je taka oblika talne označbe v Sloveniji novost, ne moremo točno ugotoviti, kako učinkovita bi bila pri slovenskih voznikih njena uporaba.

Na tem mestu se nam postavlja vprašanje : Ali bi lahko kot talno označbo uporabili napis in ne le simbol (puščico).

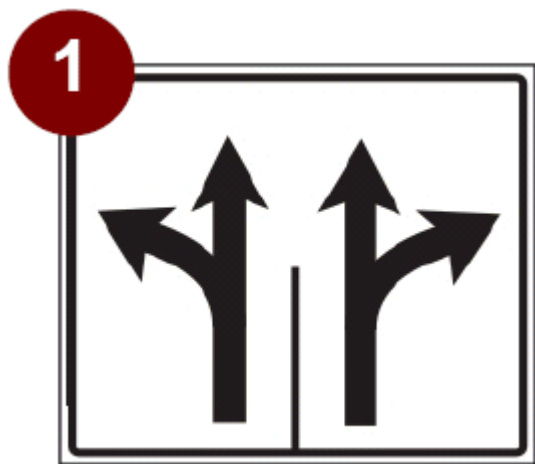
Za učinkovito vodenje prometa skozi večpasovno krožno križišče se lahko uporabi tudi napis, predvsem tam, kjer je geometrija krožnega križišča bolj zapletene, vendar je bolj priporočljiva uporaba simbolov. Ob tem je potrebno poudariti, da mora biti katerakoli talna označba enostavna, čitljiva in ne sme vsebovati več kot tri tipe informacij oziroma podatkov. Prav tako ni priporočljiva kombinacija puščic in napisov, saj je težko uskladiti cilj oz. smer potovanja s pripadajočo puščico.

7.2 Vertikalna signalizacija

Najbolj pomembna lastnost za nemoteno funkcioniranje večpasovnega krožnega križišča je ta, da se vozniki že pred vstopom v krožno križišče prerazporedijo na željeni pas in s tem zmanjšajo število konfliktnih situacij v večpasovnem krožnem vozišču.

7.2.1 Verikalna signalizacija za izbiro pasu na kraku

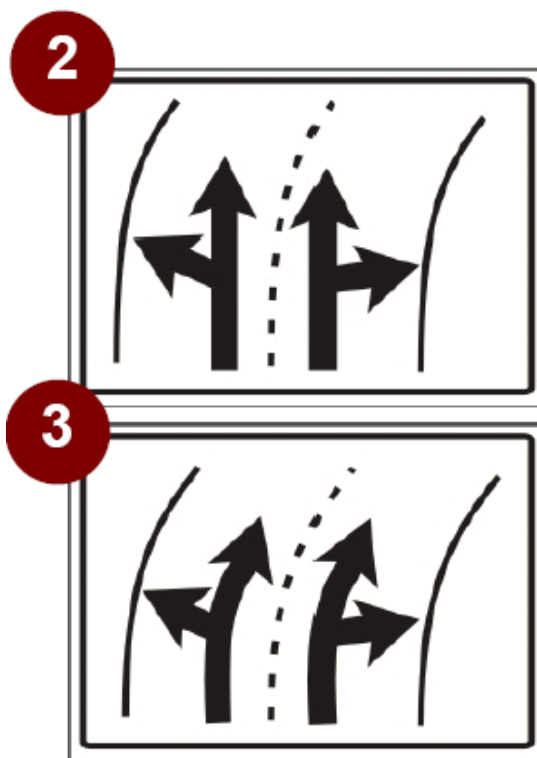
Za dosego željenega rezultata moramo za voznike uporabiti enostavno in čitljivo vertikalno signalizacijo. Gre za novost, ki je v našem prostoru, zaradi slabe podučenosti voznikov o vožnji skozi večpasovno krožno križišče, nujno potrebna.



Slika 38 : Standardna vertikalna signalizacija za izbiro pasu.

Vir : *Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts*, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Tip označbe 1 je standarden primer vertikalne signalizacije za dvopasovna krožna križišča po svetu. Slaba stran take označbe je v tem, da voznike predhodno ne opozori, da se približujejo križišču s krožno ureditvijo prometa. Prav tako se velikokrat zgodi, da zaradi takega označevanja vozniki zavijejo na levo takoj ob vstopu oz. pri ločilnem otoku. Za uporabo take signalizacije je potrebna visoka ozaveščenost voznikov o večpasovnih krožnih križiščih.



Slika 39 : Ukrivljena vertikalna signalizacija za izbiro pasu.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts,Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Izboljšani verziji glede na 1 sta označbi 2 in 3, a se tudi pri teh dveh vozniki soočajo z enakimi težavami. Če pa puščicam malo spremenimo obliko, dobimo t.i.fishhook. Gre za puščice v obliki trnka.



Slika 40 : Osnovna oblika vertikalne signalizacije v obliki trnka.

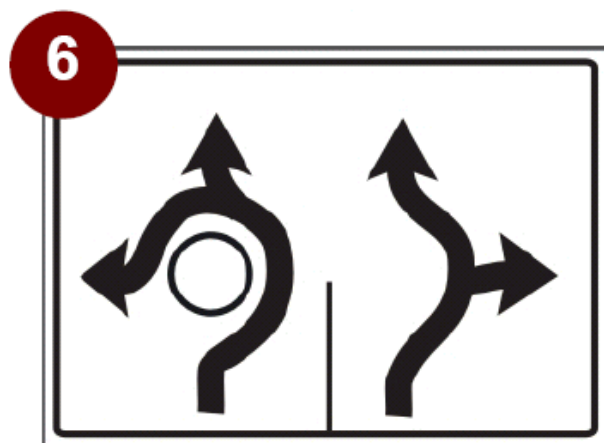
Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts,Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Tip označbe 4 prikazuje osnovno obliko trnka, pri kateri je za vsak pas nazorno prikazan način in smer vožnje v večpasovnem krožnem križišču. Če temu tipu dodamo še sredinski otok, dobimo tip označbe 5.



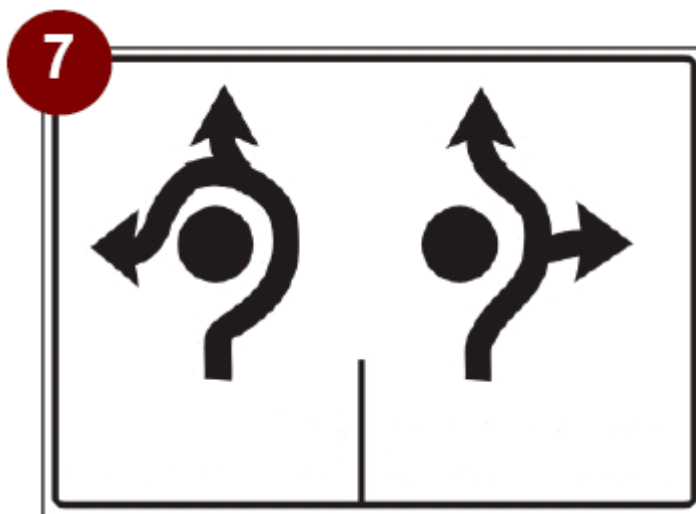
Slika 41 : Osnovna oblika vertikalne signalizacije v obliki trnka s središčnim otokom za leve zavijalce.
Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Takšen tip označbe voznikom jasno prikaže pravilno smer gibanja v večpasovnem krožnem križišču. Edina pomanjkljivost take označbe je čitljivost, saj sta puščici preblizu ena drugi. Zato je boljša rešitev označba 6.



Slika 42 : Osnovna oblika vertikalne signalizacije v obliki trnka z večjim medsebojnim razmakom.
Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Če desnemu pasu dodamo še sredinski otok, dobimo optimalen tip označbe 7.



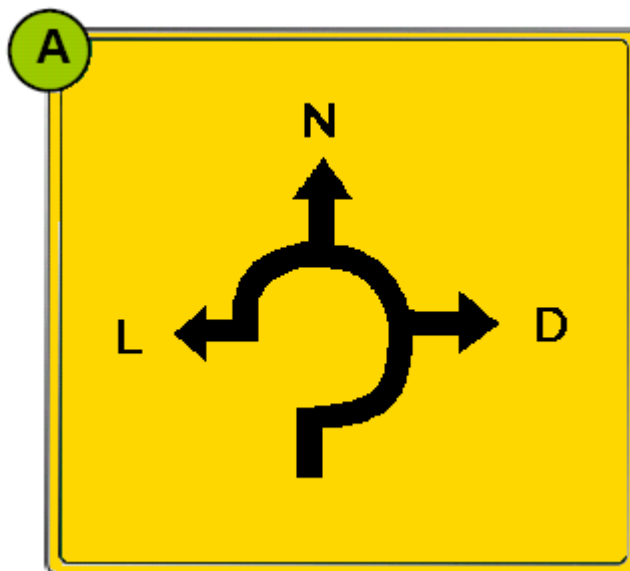
Slika 43: Najbolj čitljiva vertikalna signalizacija v obliki trnka.

Vir : **Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts**,Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

S takim načinom označevanja dosežemo pri voznikih jasno sliko o uporabi primerne pasu za nadaljno vožnjo v večpasovnem krožnem križišču.

7.2.2 Verikalna signalizacija za izbiro smeri

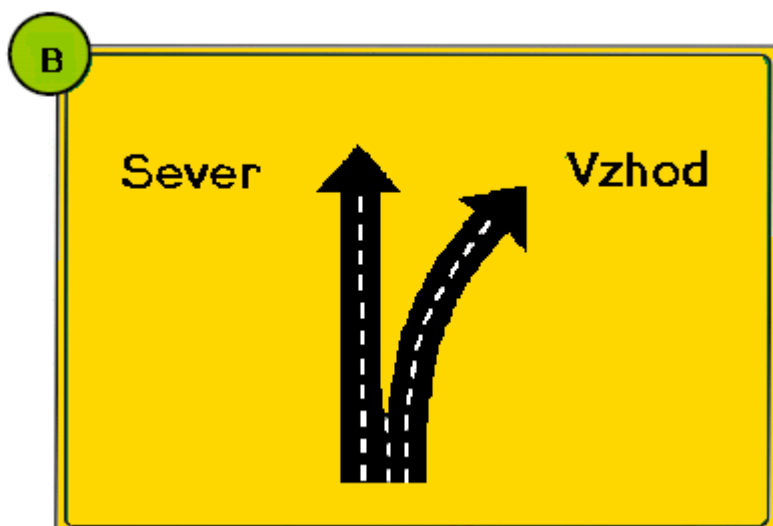
Večina krožnih križišč v Sloveniji je opremljena z vertikalno signalizacijo tipa A, ki vozniku prikaže različne smeri potovanja. Ta ne upošteva predhodne izbire pasu.



Slika 44 : Osnovna oblika vertikalne signalizacije za izbiro smeri.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Označba B je takoimenovan diagramski oziroma shematični primer in je kombinacija znaka za izbiro pasu in znaka za izbiro smeri.

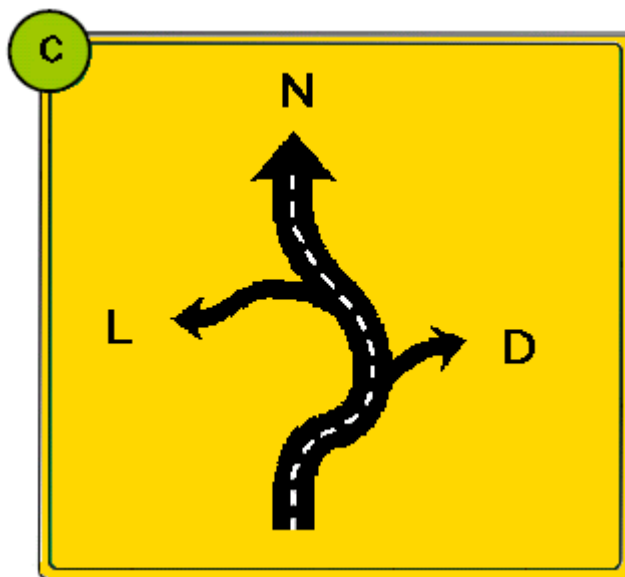


Slika 45 : Diagramska oblika vertikalne signalizacije za izbiro smeri.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

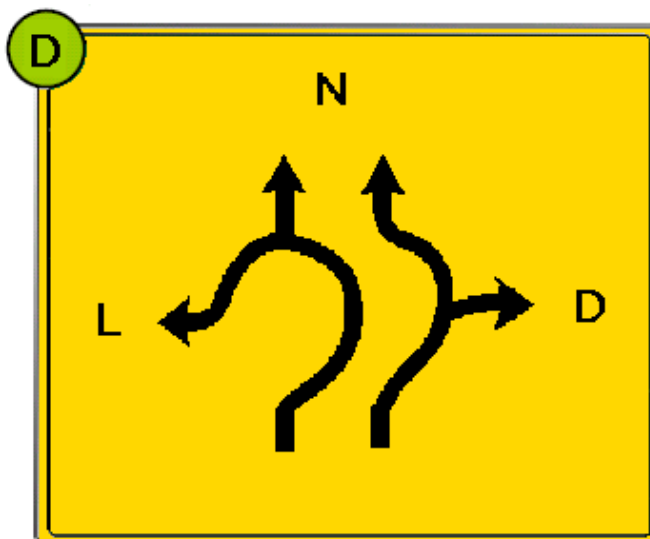
Po svetu ga uporabljajo na hitrih cestah in avtocestah. Priporočljivo je, da se na takih označbah za vsako smer uporablja le eno ime pomembnejšega kraja.

Primer C predstavlja izpopolnjeno obliko diagramskega tipa označbe, a lahko pri voznikih zaradi prevelikega števila informacij in višjih hitrosti povzroči dodatno zmedenost.



Slika 46 : Izpopolnejša oblika diagramskega tipa vertikalne signalizacije za izbiro smeri.

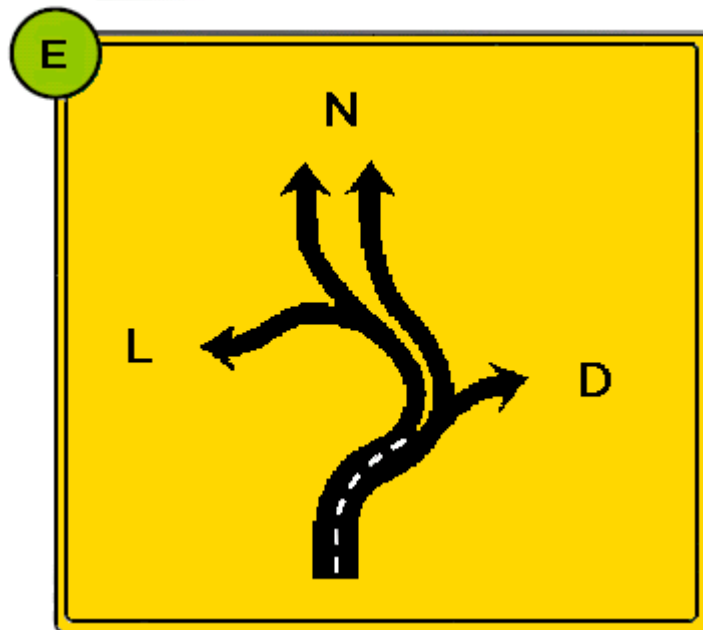
Do podobnih težav prihaja tudi pri primerih D in E.



Slika 47 : Razširjena oblika vertikalne signalizacije za izbiro smeri v obliki trnka.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts,Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Primer D predstavlja razširjeno obliko znaka za izbiro pasu, medtem ko primer E predstavlja kombinacijo primerov C in D.

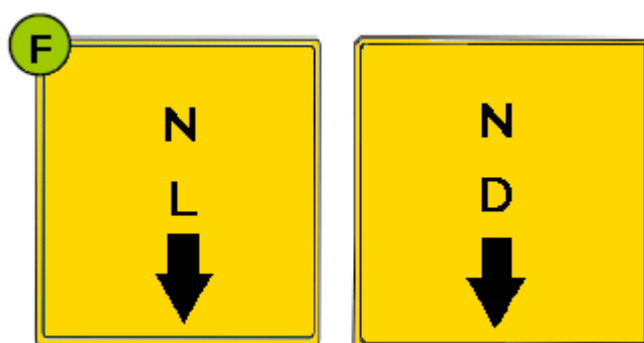


Slika 48 : Vertikalna signalizacija za izbiro smeri v obliki trnka, ki upošteva predhodno izbiro pasu.
Vir : *Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts*, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Zaradi premajhnega števila vzorcev in narejenih raziskav v Sloveniji, bi težko določili optimalno rešitev. Trenutno se pri nas najbolj pogosto pojavlja le primer A.

7.2.3 Prometni znaki nad prometnimi pasovi

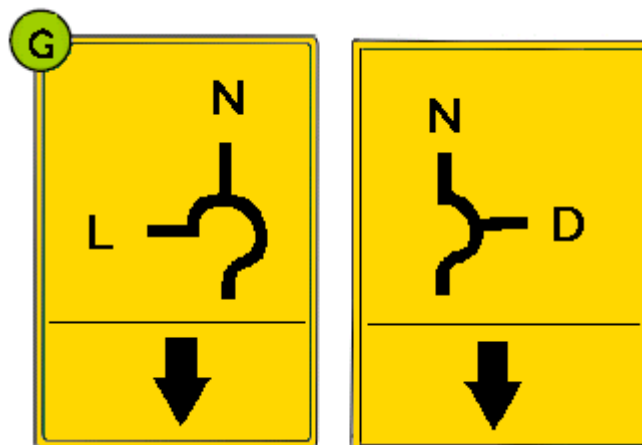
Do sedaj smo omenjali le vertikalno signalizacijo, ki je postavljena na desnem robu cestišča. Pri bolj zapleteno izpeljanih večpasovnih krožnih križiščih pa nam koristi tudi signalizacija, postavljena nad vsakim prometnim pasom.



Slika 49 : Vertikalna signalizacija nad prometnimi pasovi.

Vir : *Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts*, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Primer F voznike najbolj nazorno usmerja k uporabi željenega pasu, a jim ne sporoči, da se prebližujejo krožnemu križišču.



Slika 50 : Vertikalna signalizacija nad pasovi v obliki trnka.

Vir : *Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts*, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

Tip G predstavlja optimalno (trenutno najboljšo) rešitev za izbiro vertikalne signalizacije nad prometnimi pasovi kraka večpasovnega krožnega križišča.

S kombinacijo prometne signalizacije za izbiro pasu in smeri ter signalizacijo nad prometnimi pasovi, lahko voznikom bistveno olajšamo vožnjo skozi večpasovno krožno

križišče. Na tem mestu je potrebno poudariti, da je prekomerna uporaba prometne signalizacije pri voznikih velikokrat neuspešna in neučinkovita. Zato tako prometno signalizacijo za izbiro pasu in izbiro smeri kot tudi signalizacijo nad prometnimi pasovi uporabimo le takrat, ko je geometrija oz. druge vozne lastnosti večpasovnega krožnega križišča težavna. Na večini večpasovnih krožnih križiščih je torej priporočljiva ločena uporaba prometne signalizacije za izbiro pasu in izbiro smeri.

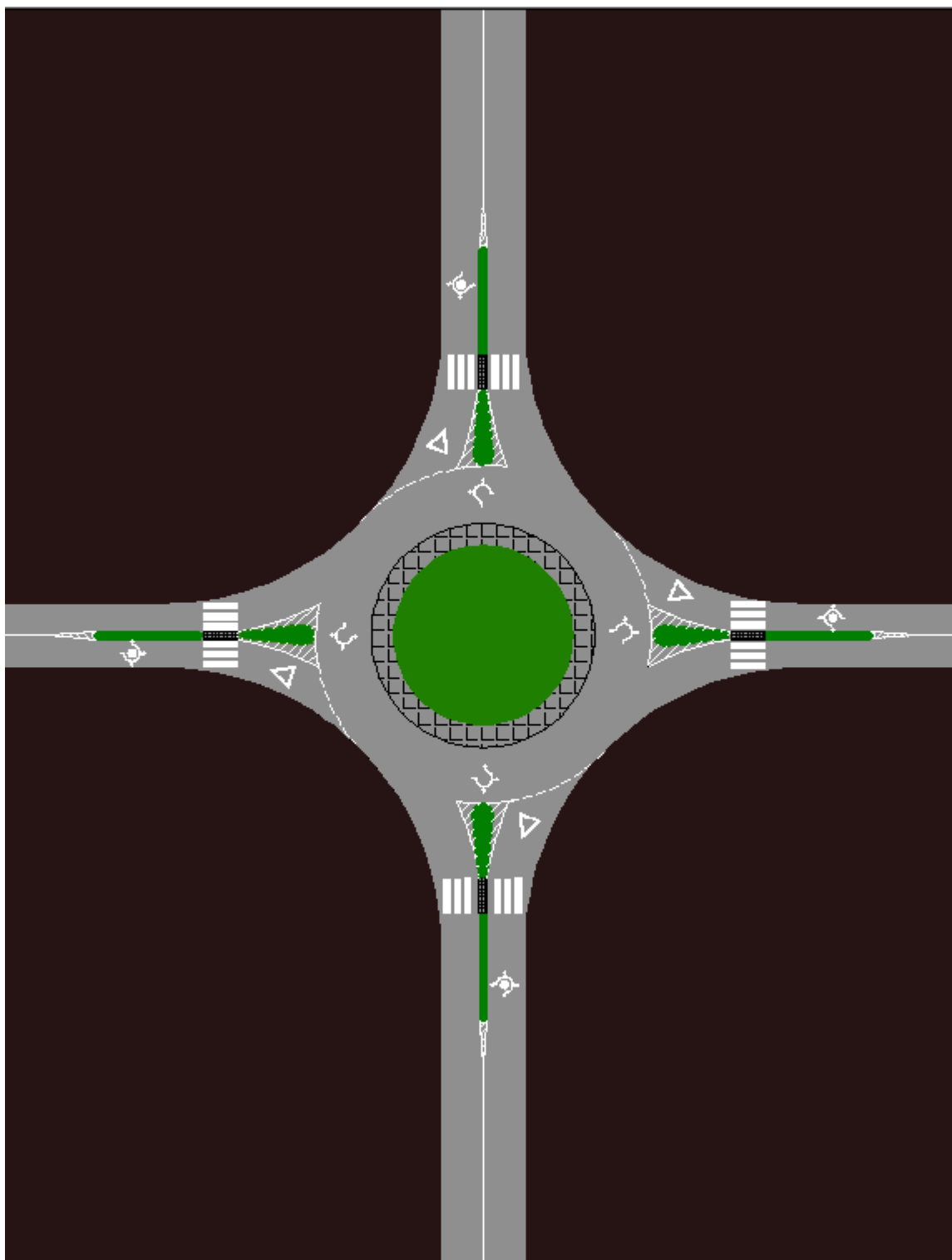
8.0 PRAKTIČNI PRIMERI

Za lažjo predstavitev problema se bomo osredotočili predvsem na »standardno« dvopasovno krožno križišče s štirimi kraki, ki so med seboj pravokotni in dvopasovni. Dvopasovno je tudi krožno vozišče. Na tem mestu je potrebno povedati, da zaradi majhnega števila dvo in več pasovnih krožnih križišč v Sloveniji ti primeri predstavljajo le del vseh možnih variant, ki jih lahko uporabimo kot osnovo za določitev smernic. Kasneje jih lahko dopolnimo za kompleksnejše primere.

Z različnimi primeri večpasovnega krožnega križišča bomo skušali prikazati različne načine talnega označevanja. Osredotočili se bomo na najučinkovitejšo uporabo črt in uvedbo puščic v obliki trnka.

8.1 Primer 1: »Klasično« enopasovno krožno križišče

Predstavlja »klasično« enopasovno krožno križišče s povoznim delom sredinskega otoka. Za talno označbo na krakih in v samem krožnem vozišču izberemo puščico v obliki trnka. K pomembnim talnim označbam spadajo tudi šrafure. Uporabimo jih pri ločilnih otokih, in sicer lijakastih oblik. Pri vходу v krožno vozišče je kot talna označba priporočljiva tudi uporaba trikotnika »nimaš prednosti«. Začasna navodila za večpasovna krožna križišča Direkcije Republike Slovenije za ceste (Uradni list RS št. 133/2006 (ZVCP-1-UPB4) vevljajo, da je velikost minimalnega radija v primeru enopasovnih uvozov 70 metrov. Pri vходу in izhodu iz krožnega križišča je priporočljiv odmik prehoda za pešce, za vsaj 6 metrov od roba zunanjšega radija krožnega križišča.



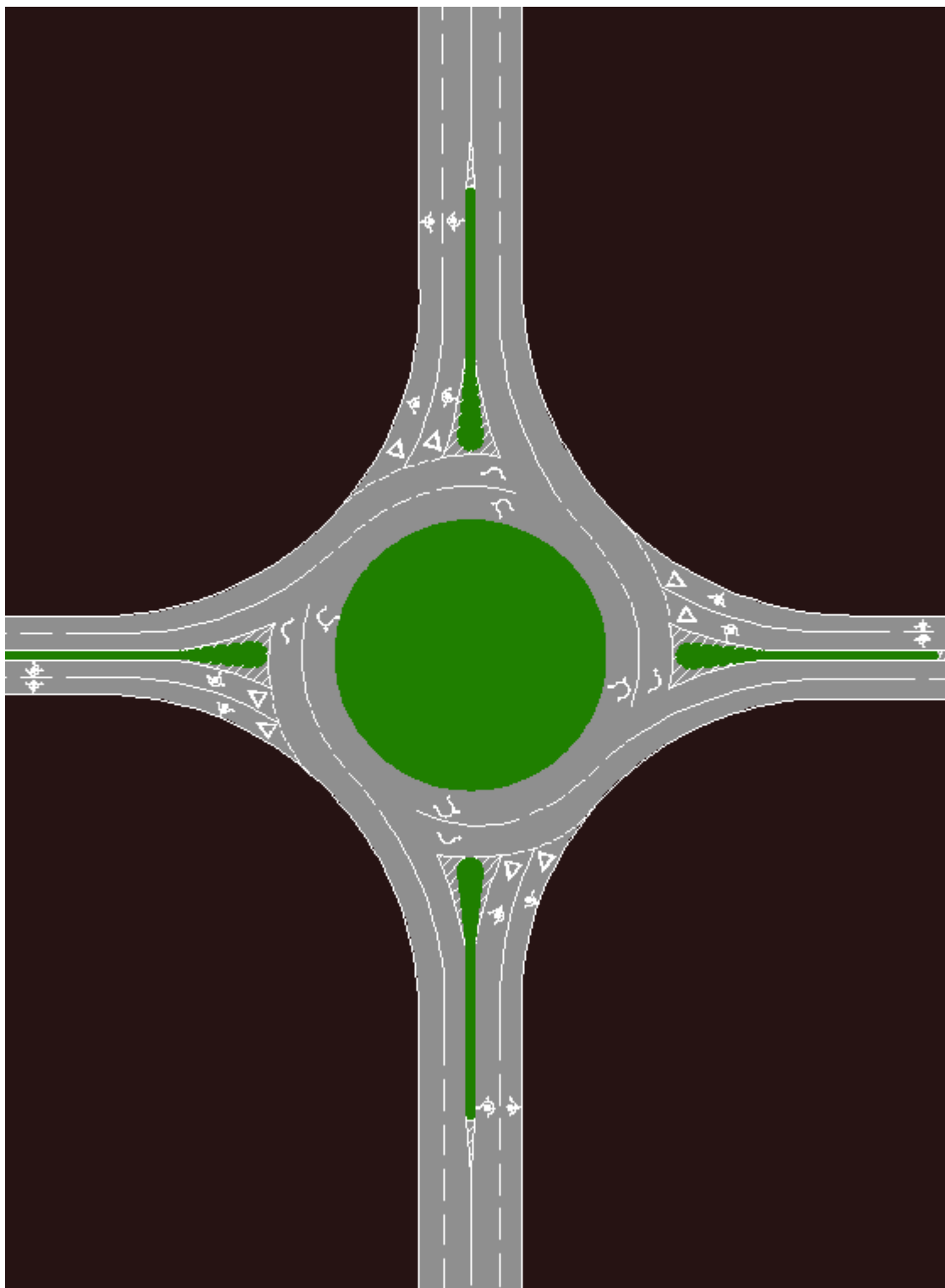
Slika 51 : "Klasično" enopasovno krožno križišče.

Vir : Lasten vir

8.2 Primer 2 : Dvopasovno krožno križišče

Gre za standarden primer dvopasovnega krožnega križišča z dvopasovnimi kraki. Na krakih in dvopasovnem vozišču je uporabljena puščica v obliki trnka, ki voznikom jasno prikaže pravilno uporabo prometnih pasov in pravilno smer gibanja. Za črte v krožnem vozišču smo si izbrali »Alberta« model, ki voznikom omeji sposobnost menjave pasu ob ločilnem otoku z neprekinjeno (polno) črto, medtem ko s prekinjeno (črtkano) črto pri izhodu voznika vodi na željeni krak. Ker večina slovenskih večpasovnih krožnih križišč ni tako označena in ker je podučnost voznikov na takih križiščih slaba, prihaja do večjega števila konfliktnih situacij in pogostih nesreč. Velikokrat se zgodi, da vozniki pri zavijanju na levo ne uporabljajo notranjega pasu, pač pa krožijo po zunanem pasu vse do željenega izhoda. Pri tem velikokrat zaprejo pot tistim voznikom na notranjem pasu, ki želijo zapustiti krožno vozišče na naslednjem izhodu.

Preko večpasovnih uvozov in izvozov v krožnem križišču je potrebno prehajanje pešcev urediti izven nivojsko. Prav tako Začasna navodila za večpasovna krožna križišča Direkcije Republike Slovenije za ceste (Uradni list RS št. 133/2006 (ZVCP-1-UPB4) velevalo, da je velikost minimalnega radija v primeru dvopasovnih uvozov 70 metrov.



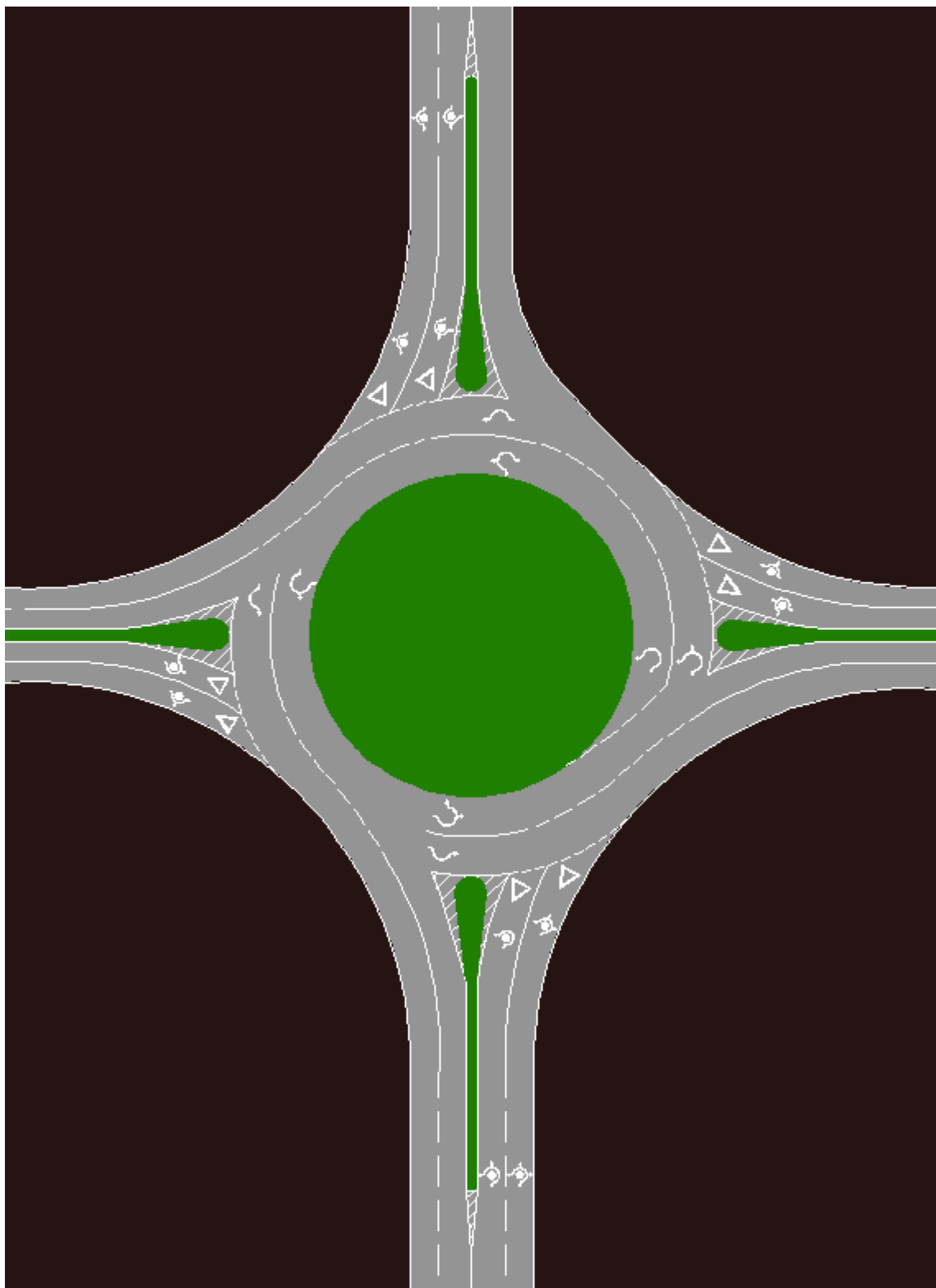
Slika 52 : Dvopasovno krožno križišče.

Vir : Lasten vir

8.3 Primer 3 : Dvopasovno krožno križišče z enim enopasovnim izhodom

Ta primer je podoben primeru številka 2, le da je tu eden od štirih izhodov enopasoven, ostali so dvopasovni. Ravno zaradi tega je z južnega kraka možno zavijanje levo z obeh pasov, notranjega in zunanjega. Voznikom je na enopasovnem izhodu onemogočeno zapuščanje krožnega vozišča z notranjega pasu. Na ostalih vhodih in izhodih ostaja znan način označevanja. Pri vožnji naravnost in desno na kraku uporabimo desni pas (notranji), pri vožnji naravnost in levo in pa na kraku uporabimo izključno levega (zunanjega). Kot talne označbe uporabimo puščice v obliki trnka. Za črte pa smo si izbrali že znani »Alberta« model črt.

Preko treh večpasovnih uvozov in izvozov v krožnem krožišču je potrebno prehajanje pešcev urediti izven nivojsko, medtem ko lahko na severnem kraku pešce vodimo nivojsko s klasičnim prehodom za pešce.



Slika 53 : Dvopasovno krožno križišče z enim enopasovnim izhodom.

Vir : Lasten vir

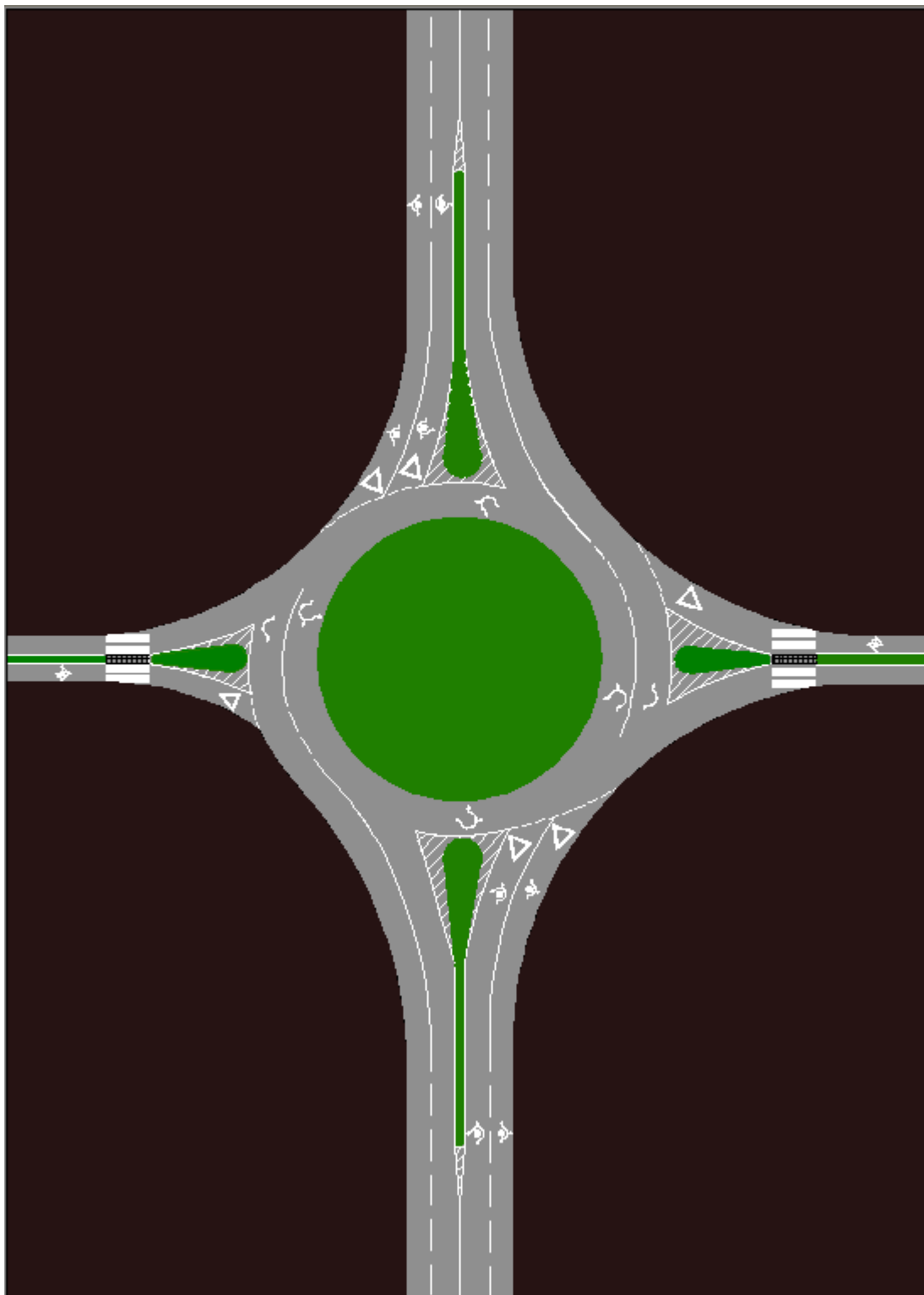
8.4 Primer 4 : Zožitev dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo premika ločilnega otoka

Predstavlja tipičen primer za rekonstrukcijo klasičnega križišča v krožnega. Za uporabo takega modela se odločimo predvsem tam, kjer imamo močan tok z dveh nasprotnih smeri (sever-jug) in šibak tok z drugih dveh smeri (zahod-vzhod). Tudi krožno vozišče ima v smeri močnejšega toka dva pasova, medtem ko ima v smeri šibkejšega toka le en pas.

Uvedba takega krožnega križišča je smiselna v primeru, ko se »klasično« (standardno) dvopasovno krožno križišče (primer 2) zaradi velikega števila prometnih nesreč in s tem zmanjšanja prometne varnosti ne obnese.

S premikom ločilnega otoka proti sredinskemu otoku, je vozilom na dvopasovnem delu krožnega vozišča fizično onemogočeno nadaljevanje vožnje po zunanjem pasu. Torej morajo vozila, ki želijo z glavne smeri (S-J) zaviti levo, na kraku izbrati levi pas, sicer jih geometrija in črte v krožnem križišču prisilijo k zapustitvi krožnega vozišča pri naslednjem (najbližjem) izhodu. Tako predhodno razvrščanje vozil na krakih je tipično za t.i. »turbo« krožno križišče. Za pravilno uporabo takega tipa večpasovnega krožnega križišča, je ključna ustrezna izbira vertikalne in horizontalne signalizacije. Kot vertikalna signalizacija je nujna uporaba table za predhodno izbiro pasu na kraku (tip 7) in table za izbiro smeri (tip A) potovanja. Najprimernejše horizontalne označbe pa so puščice v obliki trnka ter uporaba »Alberta« modela črt.

Ureditev prehodov za pešce na glavni smeri večpasovnih uvozov in izvozov v krožnem križišču je potrebno urediti izven nivojsko, medtem ko prehod na drugih dveh krakih uredimo s klasičnim preходом za pešce.



Slika 54 : Zožitev dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo premika ločilnega otoka.
Vir : Lasten vir

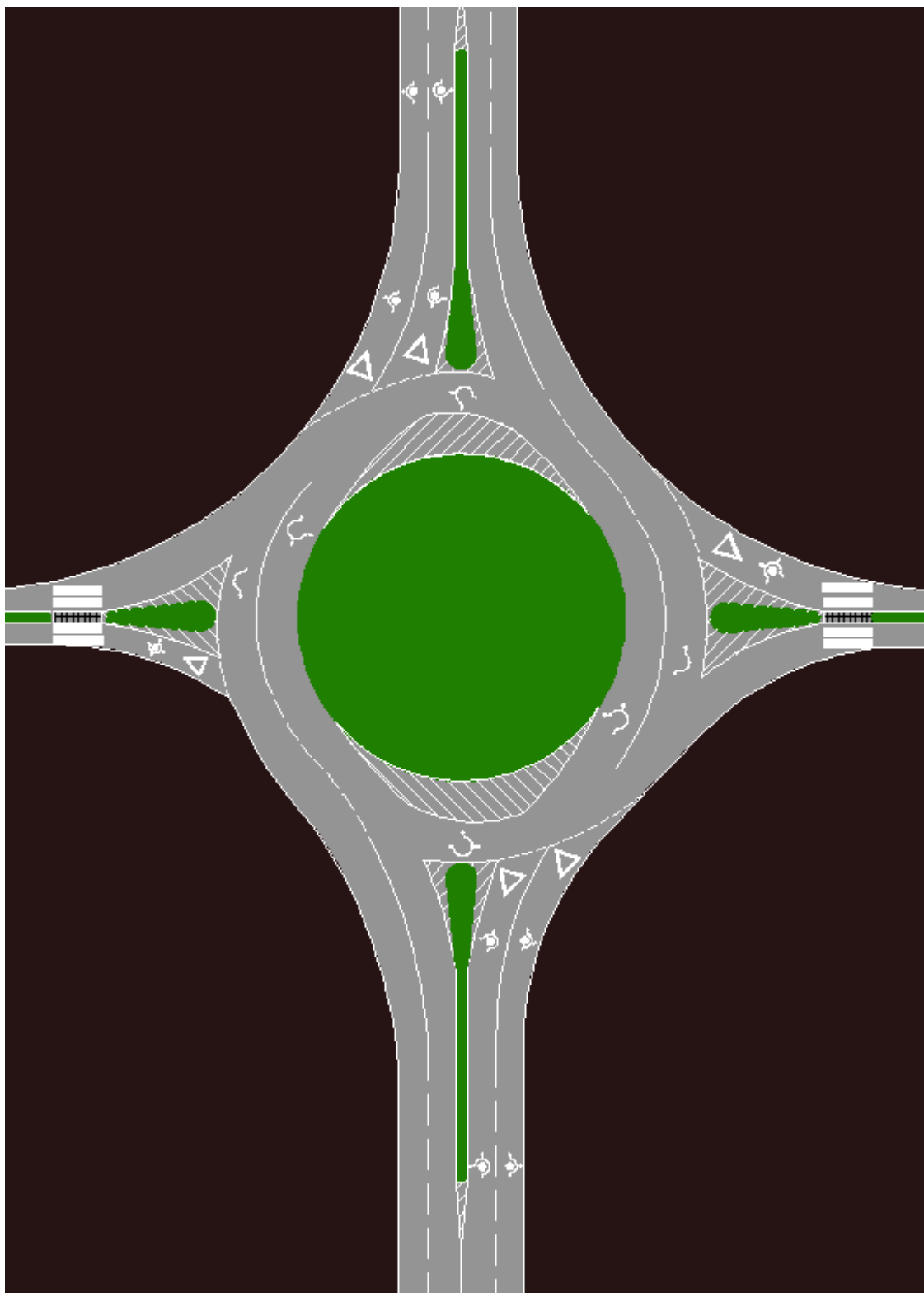
8.5 Primer 5 : Zožitev dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo talnih označb

Tudi ta ukrep predstavlja eno izmed rešitev v primeru močnejšega prometnega toka sever – jug in šibkejšega vzhod – zahod. Torej, če želimo zaradi prepogostih konfliktnih situacij na obstoječem klasičnem dvopasovnem krožnem križišču uvesti najekonomičnejše ukrepe, potem lahko brez večjih gradbenih posegov dosežemo enak učinek kot pri primeru 4.

Dvopasovno krožno vozišče zožamo s pomočjo talne označbe t.i.šrafure. Uvedba take talne označbe je dobra alternativa pomiku ločilnega otoka proti središču krožnega križišča.

Njena slaba stran je le ta, da s tako označbo voznikom fizično ne onemogočimo nadaljevanja vožnje po notranjem pasu. Za slovenske razmere je tako bolj primerna rešitev, opisana v primeru 4.

Ureditev prehodov za pešce na glavni smeri večpasovnih uvozov in izvozov v krožnem križišču je potrebno urediti izven nivojsko, medtem ko prehod na drugih dveh krakih uredimo s klasičnim preходом za pešce.



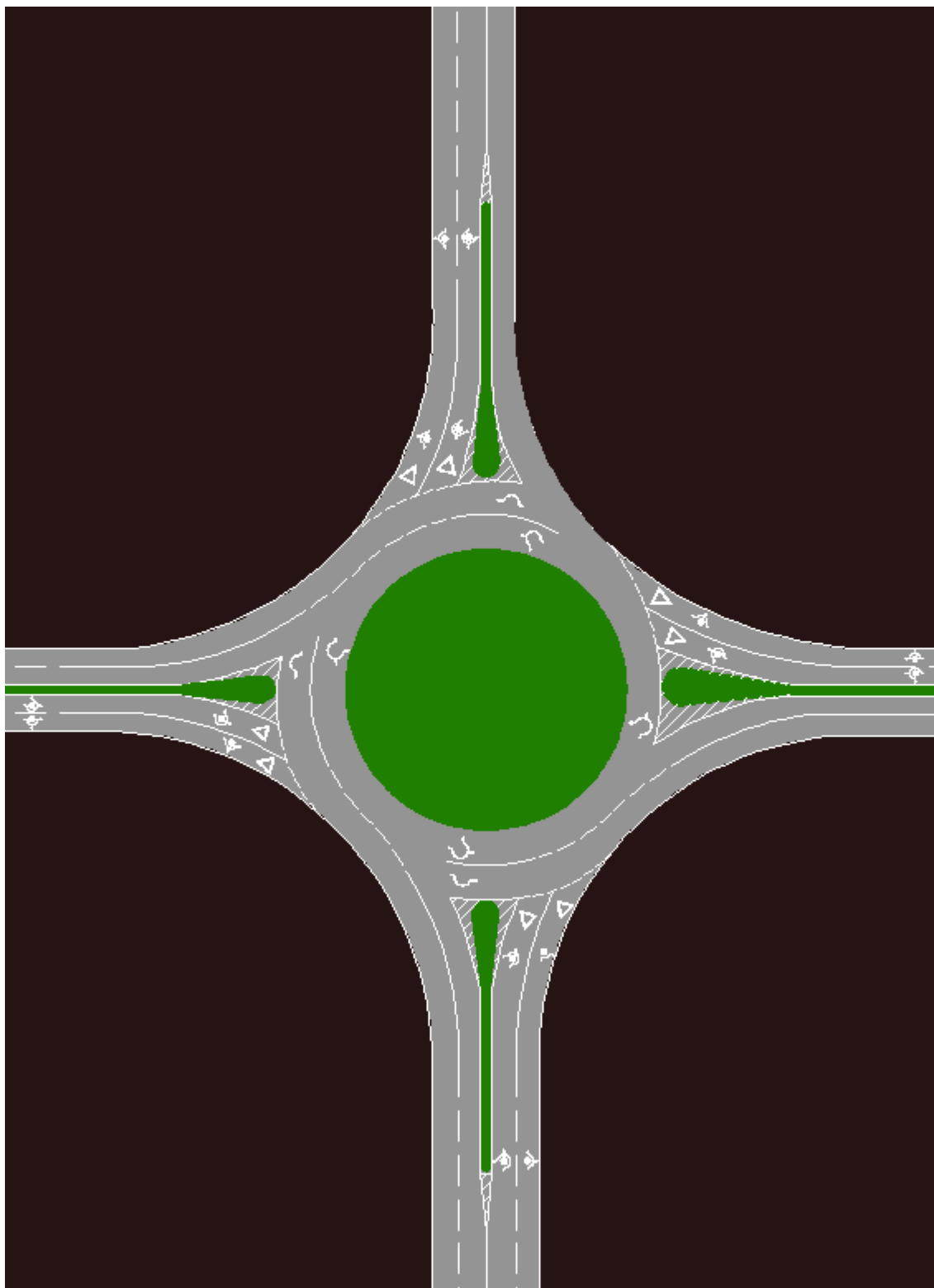
Slika 55 : Zožitev dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo talnih označb.

Vir : Lasten vir

8.6 Primer 6 : Kombinacija zožitve dvopasovnega krožnega vozišča s pomočjo ločilnega otoka in enopasovnega izhoda

V tem primeru je združenih več prejšnjih primerov. Predvsem primera 3 (z enopasovnim izhodom) in primer 4 (s pomikom ločilnega otoka proti sredinskemu otoku). Vsi vhodi v krožno križišče so dvopasovni. Z južnega kraka je možna vožnja naravnost in zavijanje levo z notranjega pasu, medtem ko je vožnja desno mogoča z zunanjega pasu. Vozniki si torej morajo na kraku za vožnjo naravnost in levo nujno izbrati levi pas.

Na dvopasovnih krakih in dvopasovnem krožnem vozišču so uporabljene puščice v obliki trnka, ki voznikom najbolj nazorno prikazujejo smer in način ureditve prometa v večpasovnem krožnem križišču. Pešce in kolesarje čez večpasovne krake vodimo izven nivojsko.



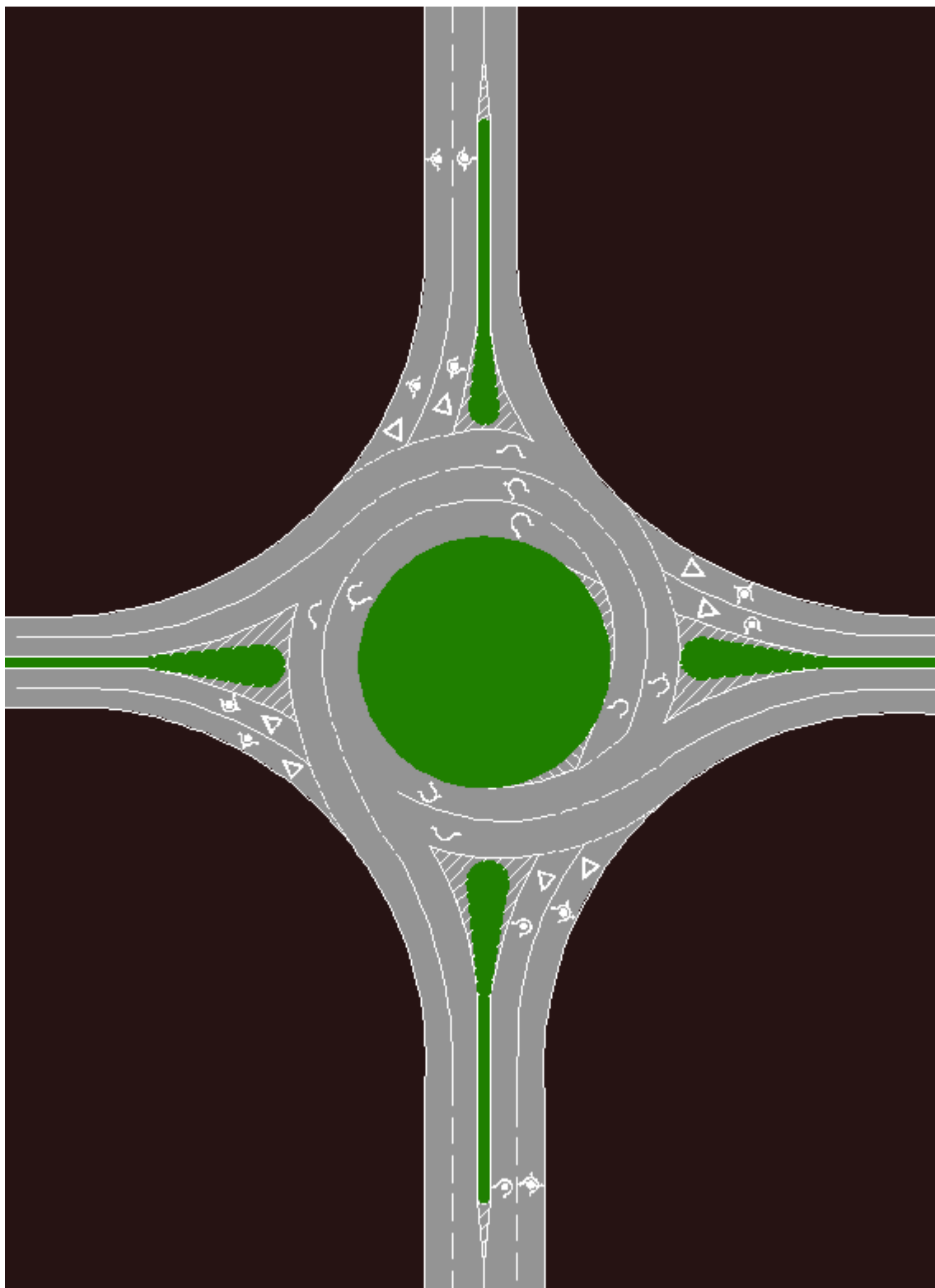
Slika 56 : Kombinacija zožitve dvopasovnega krožnega voziča s pomočjo ločilnega otoka in enopasovnega izhoda.

Vir : Lasten vir

8.7 Primer 7 : Večpasovno pol »turbo« krožno križišče

S pomočjo določenih talnih označb – šrafur, črt in puščic, lahko klasično dvopasovno krožno križišče uredimo v tako krožno križišče, ki ima podobne lastnosti kot t.i. »turbo« krožno križišče. Zanj je namreč značilno, da si vozniki že na krakih izberejo tisti prometni pas, ki jih bo kasneje brez menjavanja pasov v večpasovnem krožnem vozišču pripeljal do željenega izhoda. S tem bistveno zmanjšamo število konfliktnih točk, predvsem število prepletanj v večpasovnem krožnem vozišču. Tako lahko vozniki z južnega in vzhodnega kraka zavijejo levo tudi z desnega (notranjega) pasu kraka, medtem ko smejo vozniki na severnem in zahodnem kraku zaviti levo le z levega pasu.

Preko večpasovnih uvozov in izvozov v krožnem križišču je potrebno prehajanje pešcev urediti izven nivojsko. Prav tako Začasna navodila za večpasovna krožna križišča Direkcije Republike Slovenije za ceste (Uradni list RS št. 133/2006 (ZVCP-1-UPB4) velevajo, da je velikost minimalnega radija v primeru dvopasovnih uvozov 70 metrov.

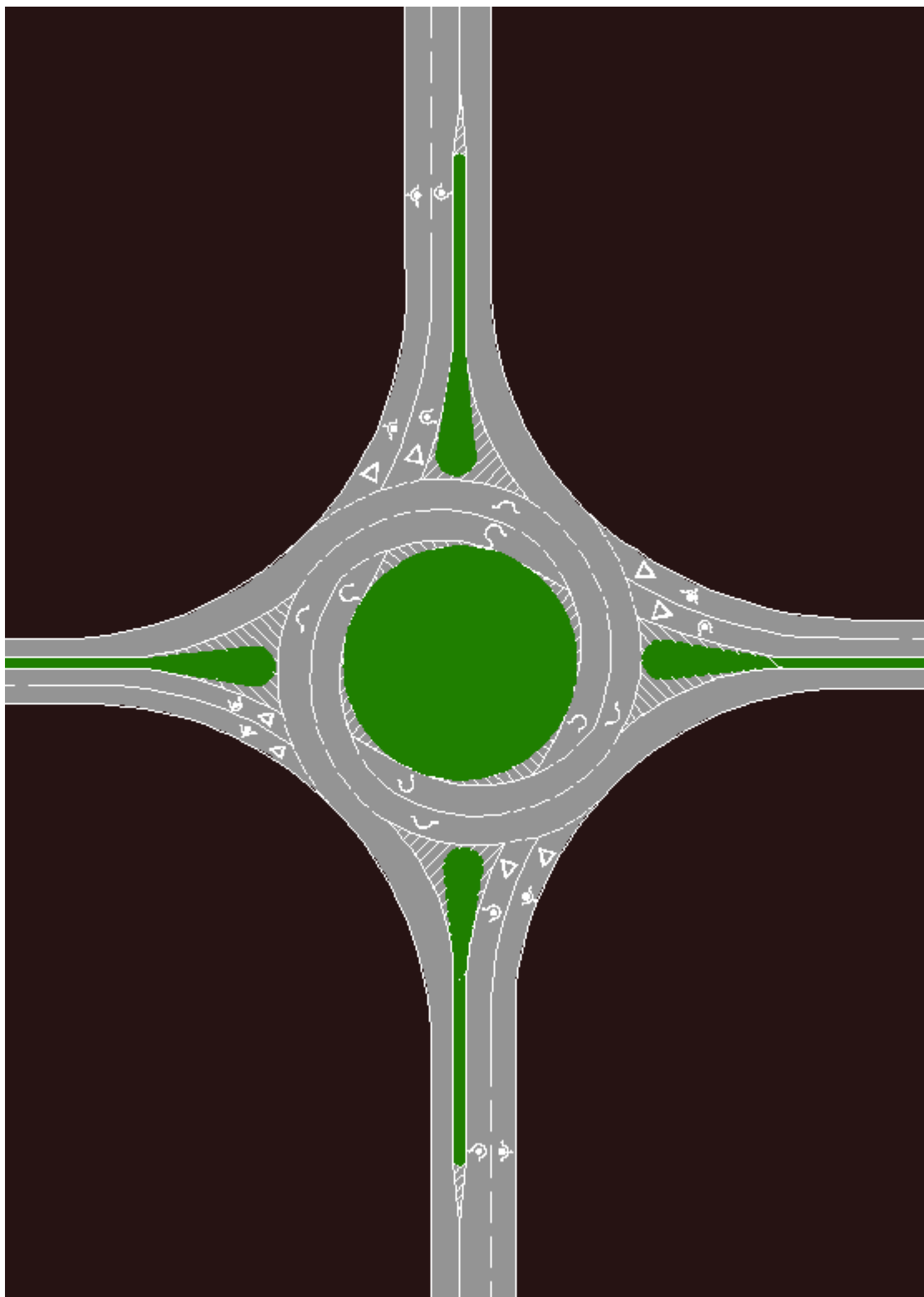


Slika 57 : Večpasovno pol »turbo« krožno križišče.

Vir : Lasten vir

8.8 Primer 8 : Večpasovno »turbo« krožno križišče

Gre za tipičen primer večpasovnega turbo krožnega križišča z dvopasovnimi vhodi in enopasovnimi izhodi brez večjih gradbenih posegov. Predstavlja dopolnjen primer 7. S šrafurami ob sredinskem otoku in črtami poskrbimo, da voznikom s pravilno predhodno izbiro pasov v večpasovnem krožnem vozišču ni potrebno menjati pasov. Tako si za levo zavijanje lahko izberemo le levi pas, medtem ko si za vožnjo naravnost oz. desno izberemo lahko le desni pas. Začasna navodila za večpasovna krožna križišča Direkcije Republike Slovenije za ceste (Uradni list RS št. 133/2006 (ZVCP-1-UPB4) vevavajo, da je minimalni radij v primeru dvopasovnih vhodov 70 metrov. Tak način izvedbe večpasovnega krožnega križišča je priporočljiv predvsem v tistih državah, kjer je znanje voznikov o vožnji skozi večpasovno krožno križišče slabo. Glede na dosedanje izkušnje med take države sodi tudi Slovenija.



Slika 58 : Večpasovno »turbo« krožno križišče.

Vir : Lasten vir

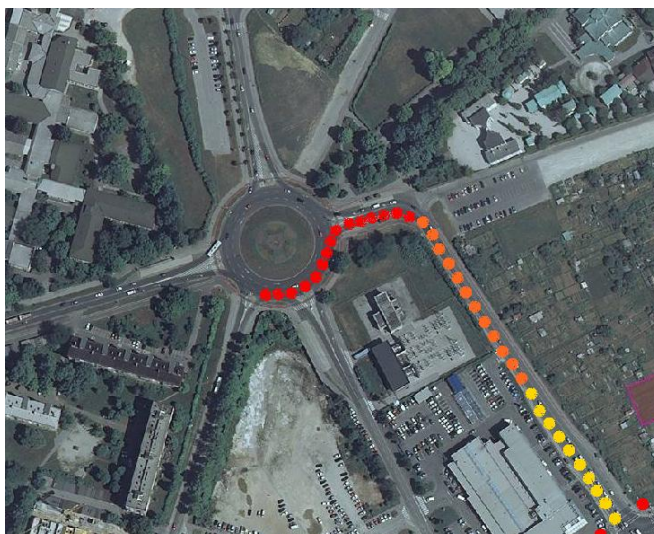
8.9 Večpasovno krožno križišče ŽALE

Za praktični primer, ki smo ga simulirali in poskušali izboljšati trenutno stanje, smo izbrali večpasovno krožno križišče Žale v Ljubljani. Gre za večpasovno krožno križišče, sestavljeno iz petih krakov:

- ✚ A – Flajšmanova,
- ✚ B – Pokopališče Žale,
- ✚ C – Soča,
- ✚ D – Linhartova,
- ✚ E – Savska.

Vsi vhodi in izhodi iz večpasovnega krožnega križišča so enopasovni, medtem ko je krožno vozišče tropasovno. Do največjih zastojev prihaja ob jutranjih (7h-9h) in popoldanskih (15h-17h) konicah, kjer je obremenitev preseгла vsa pričakovanja.

Poleg velike obremenitve večpasovnega krožnega križišča Žale, pa dodatne težave v prometu povzroča mreža semaforiziranih križišč na Šmartinski cesti. V jutranji in popoldanski konici se namreč dogaja, da se zaradi semaforja na Šmartinski cesti (Pokopališka ulica) vozila kopičijo v dolgo kolono, ki sega po celotnem kraku Pokopališče Žale in zunanjem pasu tropasovnega krožnega vozišča ter se konča pri vhodu kraka s Savske. Takrat se namreč zgodi, da večpasovno krožno križišče ne funkcioniра več in se kapaciteta enopasovnih vhodov, kot tudi pretočnost samega krožišča bistveno zmanjšata.



Slika 59 : Prikaz kolone na večpasovnem krožnem križišču Žale v popoldanski konici.

Struktura prometa na večpasovnem krožnem križišču Žale :

- 95 % osebna vozila,
- 3 % avtobusi,
- 2 % tovorna vozila.

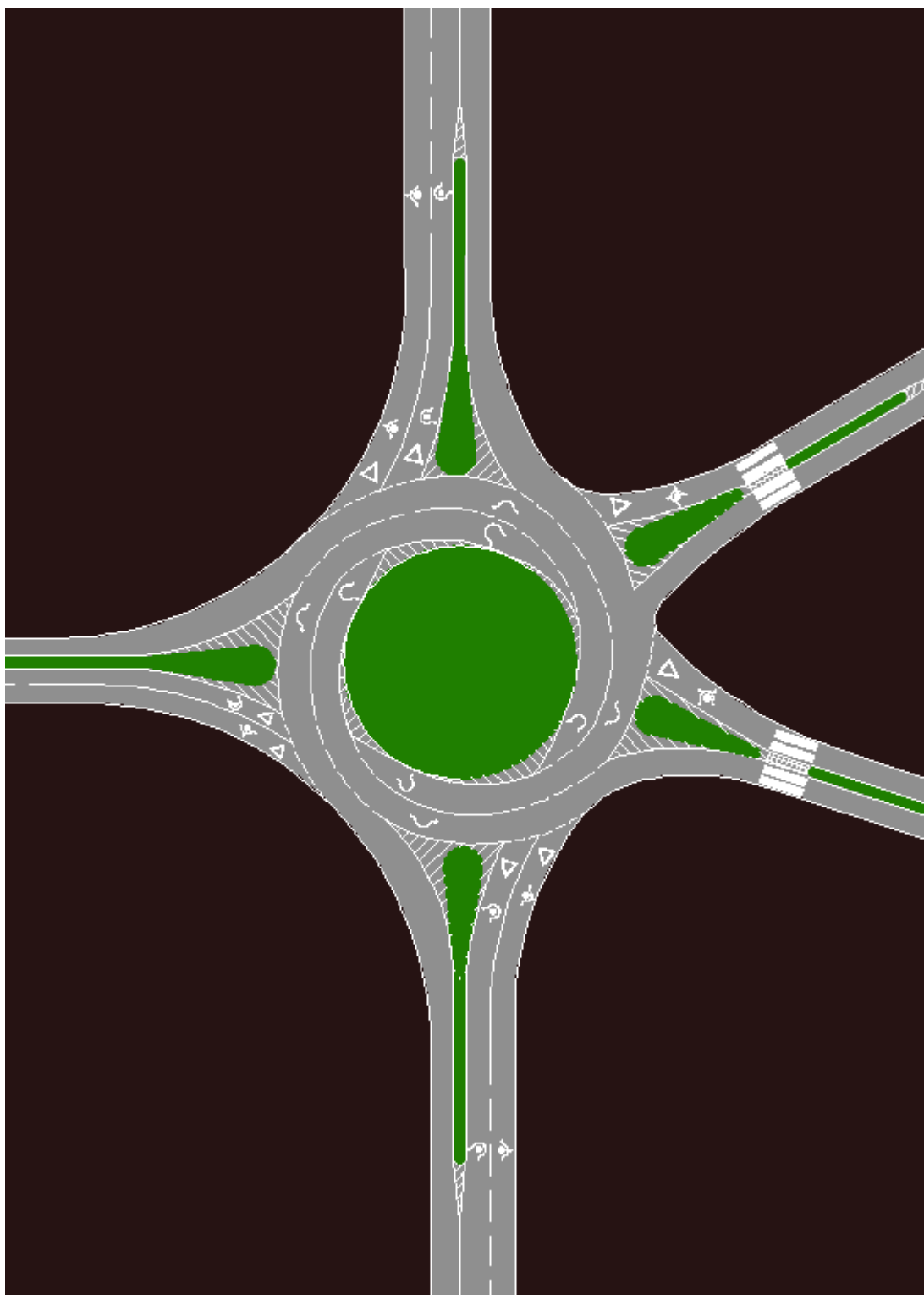
(Vir : Štetje prometa na večpasovnem krožnem križišču Žale v Ljubljani, dne 10.1.2008)

Pri tem je potrebno povedati, da večina avtobusnega prometa poteka z Linhartove ceste (jug) proti pokopališču Žale (sever) in obratno, medtem ko večina tovarnega prometa prihaja iz Flajšmanove oziroma Savske ulice (vzhod) in nadaljuje vožnjo proti ljubljanski obvoznici, torej uporablja izvoz Soča (zahod).

V nadaljevanju bomo skušali pokazati, kako z minimalnimi gradbenimi posegi v večpasovnem krožnem križišču in z uvedbo pravih talnih označb, predvsem črt, šrafur in pušic v obliki trnka, trenutno stanje, ki smo mu priča na petkrakem večpasovnem krožnem križišču Žale v Ljubljani, izboljšamo.

V Sloveniji se namreč, kljub Zakonu o varnosti v cestnem prometu, ki govori o pravilni vožnji skozi večpasovno krožno križišče, prepogosto dogaja, da vozniki v večpasovnem krožnem križišču pri zavijanju levo, uporabljajo le zunanji pas na kraku in prav tako le zunanji pas v večpasovnem krožnem vozišču vse do željenega izhoda. Zaradi takega načina vožnje onemogočajo vozilom na ostalih krakih (priključkih) nemoteno in hitrejše vključevanje v prometni tok in s tem povzročijo zmanjšanje kapacitete na večpasovnem krožnem križišču. Takemu načinu vožnje skozi večpasovno krožno križišče se lahko izognemo le z zadostno in čitljivo vertikalno in horizontalno signalizacijo, ki voznika pripravi na uredievi v večpasovnem krožnem križišču, ki se mu približuje. Tako je za izboljšanje kapacitete v takih križiščih nujno potrebno vpeljati fizične spremembe (sprememba geometrije, dodatna signalizacija, itd.), s katerimi slovenskega voznika "prevzgojimo".

Tako je za večpasovno krožno križišče Žale ena izmed boljših rešitev uvedba »turbo« krožnega križišča.



Slika 60 : Geometrija izboljšane stanja za večpasovno krožno križišče Žale.
Vir : Lasten vir

9.0 PREVERJANJE PRAKTIČNIH REŠITEV

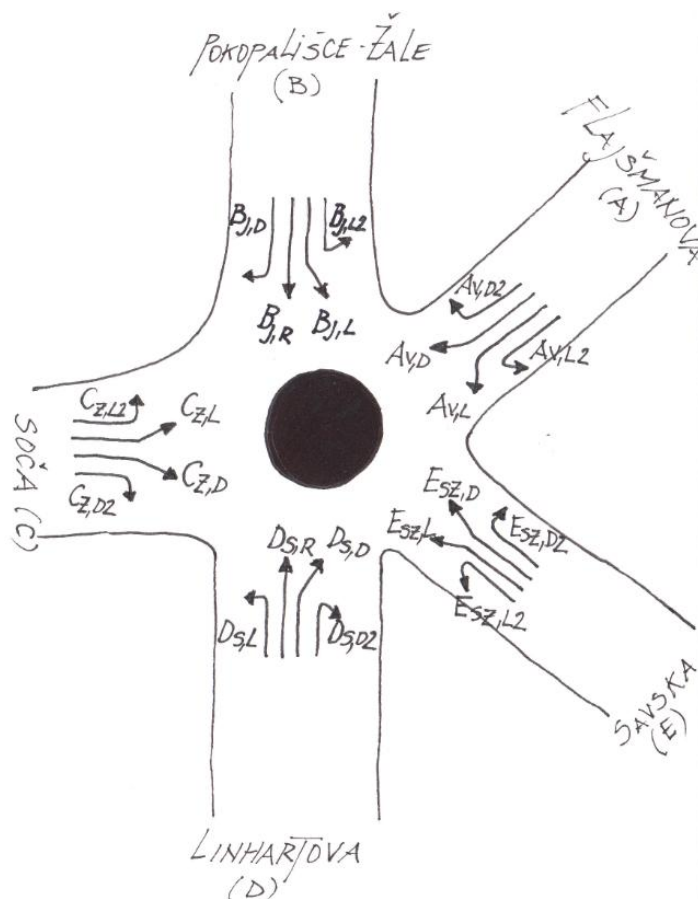
Večpasovna krožna križišča predstavljajo voznikom doma in po svetu velike težave. V primerjavi z enopasovnimi krožnimi križišči, pri katerih morajo vozniki paziti le na to, da imajo krožeča vozila z leve prednost in da se promet v krožnem vozišču odvija v nasprotni smeri glede na smer urinih kazalcev, se morajo vozniki v večpasovnem krožnem križišču odločiti še o pravilni izbiri pasov. Vozniki se s tako odločitvijo soočijo večkrat, in sicer pri vstopu v krožno vozišče, v samem krožnem vozišču in pri izstopu iz njega. Za uspešno uporabo vseh ukrepov, ki voznika vodijo skozi večpasovno krožno križišče, je potrebno, s pomočjo računalniške simulacije, preveriti kakšne so njihove pozitivne in negativne posledice na prometni tok. Za tako analizo križišč potrebujemo podatke o sedanjih prometnih obremenitvah posameznega križišča (konične obremenitve). Oblika in vrsta podatkov je odvisna od programske opreme oziroma metode, ki jo za kapacitetno analizo uporabimo. V analizi smo uporabili orodje Synchro studio 7.0, ki je v slovenskem prostoru novost. Synchro studio 7.0 predstavlja izpopolnjeno orodje, ki uporabniku omogoča modeliranje, optimiziranje in simuliranje različnih cestnih omrežij. Za vnos podatkov in izbiro tehničnih lastnosti smo uporabili Synchro plus 7.0, za simulacijo pa Simtraffic 7.0.

Poleg osnovnih geometrijskih podatkov o krožnem križišču zahteva izbrani program tudi vnos prometnih obremenitev za vsako smer, ki jo lahko voznik v križišču izbere. Za vsako smer je potrebno vnesti število levih in desnih zavijalcev ter število vozil, ki v križišču ne zavijajo (tj. vozijo naravnost).

9.1 Posebnosti prometa v krožišču

Štetje prometa v večpasovnih krožnih križiščih je mnogo težje, kot štetje prometa v klasičnih križiščih, predvsem zaradi dejstva, da je problematično ugotoviti na katerem izvozu bo določeno vozilo, ki se približuje po določenem dovozu, zapustilo krožno križišče. V klasičnih križiščih namreč lahko enostavno in zelo hitro ugotovimo v katero smer bo zavilo vozilo, ki se križišču približuje.

Iz spodnje slike je razvidno, kakšne podatke pridobimo pri takem štetju prometa v križišču. Vsak krak križišča poimenujemo.



Slika 61 : Podatki pri štetju večpasovnega krožnega križišča Žale.

Vir : Lasten vir

Promet s kraka v zgornjem delu slike, ki teče proti jugu, tako označimo z indeksom J in črko L (L2), R ali D (D2) glede na to, v katero smer prometni tok zavija [levo, (strogo levo) ravno ali desno, (strogo desno)]. Podobno označimo prometne tokove, ki tečejo proti zahodu, vzhodu, severu in severozahodu.

Štetje v večpasovnem krožnem križišču je precej bolj težavno od štetja v klasičnem križišču. V krožnem križišču žal ne obstajajo (razen na turbo krožišču) posebni pasovi, po katerih bi vozili samo določeni zavijalci. Če pogledamo presek na uvozu v krožno križišče, vidimo, da je prometni tok sestavljen iz vozil, ki bodo zavila desno, vozila naravnost ali pa zavila levo. Prometni tok v preseku krožnega vozišča je sestavljen še celo iz več različnih prometnih tokov. Če je krožno vozišče večpasovno, pride v njem poleg tega še do prepletanja med različnimi prometnimi tokovi.

Štetje prometnih tokov v krožišču pa je težavno tudi in predvsem zaradi načina vožnje skozi krožno križišče. Najbolj problematični so levi zavijalci. Vsako vozilo je namreč potrebno opazovati od uvoza do izvoza, da ugotovimo v katero smer gre. Ker je razdalja

med tema dvema točkama v krožnem križišču lahko zelo velika (še posebej pri levih zavijalcih), je za spremljanje vsakega vozila potrebnega več časa.

9.2 Uporabljen postopek

Po svetu uporabljajo različne postopke za štetje večkrakega krožnega križišča. V zadnjem času se predvsem pojavljajo digitalne kamere, ki jih postavimo na vsak krak za določen časovni interval. Kamere snemajo vsa vozila, ki vstopijo in izstopijo iz krožišča, kasneje pa podatke obdelamo z različnimi matematičnimi programi. Zaradi digitalnega štetja prometa prihaja v takem krožišču do manj napak, se pa postopek zato bistveno podraži.

Zaradi opisanih posebnosti prometa in omejenih finančnih sredstev smo v večpasovnem krožnem križišču Žale uporabili direktno štetje, kjer smo potrebovali relativno veliko ljudi. Za pripravo podatkov, ki smo jih kasneje uporabili za simulacijo, smo nujno morali ugotoviti število vozil, ki se vključuje v večpasovno krožno križišče in na katerem kraku ta vozila želijo večpasovno krožno križišče zapustiti. Štetje je potekalo v zimskem času (januar), in sicer v popoldanski konici med 15. in 17. uro. Za omenjeno štetje smo potrebovali deset ljudi, dva na posamezen krak. Prvi je beležil zadnje tri znake na tablici vozila, ki vstopa v večpasovno krožno križišče, medtem ko je drugi beležil zadnje tri znake na tablici vozila, ki zapušča večpasovno krožno križišče. Kljub mrazu, megli, noči in umazaniam avtomobilskim tablicam smo uspeli prešteti večino vozil. Poleg vseh omenjenih težav, ki so nas spremljala pri štetju, pa nas je najbolj presenetila prometna obremenitev večpasovnega krožnega križišča. Na tem mestu je potrebno povedati, da je 15-minutna obremenitev na najbolj obremenjenem kraku (SOČA) krepko preseгла 300 vozil / izvoz

Slika 62 : Primer obrazca za štetje prometa na kraku Soča - Vhod (C1)

ŠTETJE PROMETA: KROZIŠČE ŽALE		SMER SOČA - VHOD	
C1		10.1.2008	
ČAS	OSEBNA VOZILA	BUS	TOVORNO VOZILO
	16V 88C 57X 57L	157	53R
	07F 21L 37U 41A		
	78V 40L 34T 45T		
	70F 00V 41R 41G		
	36G 001 77Z 27Z		
	42L 49F 07H 3ANT		
	69T 61V 31J 45J		
	51K 32J 80X 11Y		
	09M 77X 24G 62P		
	10J 78X 80M 58V		
	89c 30E 773 90J		
	47K 06B 47N 34P		
	29E 777 678 77Z		
	18K 975 61D 21S		
	94T 38E 278 79P		
	29K 6AE 71Y 8ES		
	3ED 7HK 80U 0HV		
	87K KLUN 95J 23V		
15 ⁰⁰ -15 ⁰⁵	6DT 81D 40U 608		
	5EM 17P 0EK 1TQ		
	02C 35Z 05L 53Z		
	80P 88L 57U 83N		
	48b 96R 57Z 23D		
	53C 9EG 02Z 1DC		
	29Y 34H 60B 37Y		
	91J 187 08J 53M		
	47S 63L 37N 6AD		
	07X 34D 00J 108		
	1AC 54P 65N 8UN		
	157L 33N 21C 94S		
	37F 04E 9ET 52X		
	42N 39H 4AN 0HF		
	79L 22Z 32J 355		
	62X 5RK 29H 63N		
	77P 78S 554 07J		
	2FT 5LF 668 7HL		

KVTO	BUS	1camion
78S	94F	4KJ
09H	78C	9HA
24H	9NF	391
44H	87C	4RD
36H	86M	17U
47J	4KU	
9RC	693	04S
18A	2RD	88T
32N	6KN	375
69X	446	9WZ
44U	960	11L
960	33J	26U
1E2	1EN	39X
35T	12C	0AC
25P	21K	11Z
271	70S	7SD
70S	16M	7RD
16M	25Y	1FP
25Y	7EE	8TJ
7EE	79L	32H
45J	45J	09S
13N	39V	4RX
39V	77M	71K
77M	01Z	72S
01Z	49H	61C
49H	919	70P
919		66S
		69S

Vir : Lasten vir.

Ko smo zbrali vse registrske tablice vozil po krakih, jih je bilo potrebno obdelati oziroma ročno vnesti v tabele in poiskati njihove pare. Skupno število registrskih tablic je preseгло število 10.000. Za določitev parov smo uporabili Microsoftov program Access.

Najprej smo za vsak krak, glede na to, ali gre za vhod ali izhod iz večpasovnega krožnega križišča ustvarili posamezne tabele, nato smo s pomočjo programskega jezika VisualBasic združili vse tabele v eno, ki smo jo poimenovali "Uvoz"

```
Public Sub CopyTable()  
Dim db As Database  
Dim rs As Recordset, rsUvoz As Recordset, rsTemp As Recordset  
Dim j As Integer  
Dim strTemp As String, strtmp As String  
  
Set db = CodeDb  
Set rsUvoz = db.OpenRecordset("Uvoz", dbOpenDynaset)  
Set rs = db.OpenRecordset("Table1", dbOpenDynaset)  
Set rsTemp = db.OpenRecordset("TABLICE_OBDOBJA", dbOpenDynaset)  
If Not rs.EOF Then  
    For j = 2 To 254  
        rs.MoveFirst  
        While Not (rs.EOF)  
            If Not (rs.Fields(j) = "") Then  
                rsUvoz.AddNew  
                rsUvoz![PREREZ] = "E"  
                rsUvoz![SMER] = 2  
                rsUvoz![TABLICA] = rs.Fields(j).Value  
                If j Mod 4 = 2 Then  
                    rsUvoz![VOZILO_TIP] = "OA"  
                End If  
                If j Mod 4 = 3 Then  
                    rsUvoz![VOZILO_TIP] = "BU"  
                End If  
                If j Mod 4 = 0 Then  
                    rsUvoz![VOZILO_TIP] = "LT"  
                End If  
                If j Mod 4 = 1 Then  
                    rsUvoz![VOZILO_TIP] = "TT"  
                End If  
  
                strtmp = rs.Fields(j).Name  
                strTemp = Right(strtmp, Len(strtmp) - Len(Left(strtmp, InStr(1, strtmp, "_"))))  
                rsTemp.FindFirst ("obdobje =" & strTemp)  
  
                rsUvoz![obdobje] = strTemp  
                rsUvoz![ura] = rsTemp![ura]  
                rsUvoz.Update  
            End If  
            rs.MoveNext  
        Wend  
    Next j  
End If  
MsgBox "Done!"  
End Sub
```

Slika 63 : Programski jezik VB.

Vir : Lasten vir

Preglednica 1 : Skupna tabela vseh registrskih tablic

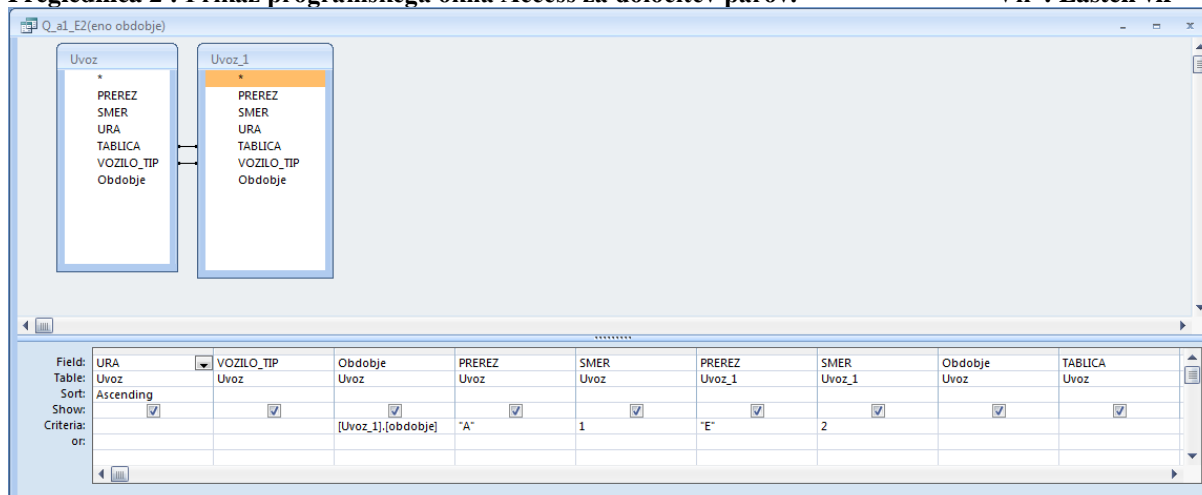
Vir : Lasten vir

PREREZ	SMER	URA	TABLICA	VOZILO_TIP	Obdobje
E	2	15:15:00	04K	OA	1
E	2	15:15:00	06U	OA	1
E	2	15:15:00	08E	OA	1
E	2	15:15:00	0DT	OA	1
E	2	15:15:00	0JT	OA	1
E	2	15:15:00	10R	OA	1
E	2	15:15:00	114	OA	1
E	2	15:15:00	11I	OA	1
E	2	15:15:00	14X	OA	1
E	2	15:15:00	14Z	OA	1
E	2	15:15:00	16V	OA	1
E	2	15:15:00	1ML	OA	1
E	2	15:15:00	1TN	OA	1
E	2	15:15:00	1UE	OA	1
E	2	15:15:00	20L	OA	1
E	2	15:15:00	215	OA	1
E	2	15:15:00	25U	OA	1
E	2	15:15:00	260	OA	1
E	2	15:15:00	29K	OA	1
E	2	15:15:00	2CP	OA	1
E	2	15:15:00	2EZ	OA	1
E	2	15:15:00	2FG	OA	1
E	2	15:15:00	2MG	OA	1
E	2	15:15:00	2TU	OA	1
E	2	15:15:00	32R	OA	1
E	2	15:15:00	369	OA	1
E	2	15:15:00	391	BU	1
E	2	15:15:00	418	OA	1
E	2	15:15:00	41U	OA	1
E	2	15:15:00	43S	OA	1
E	2	15:15:00	4AA	OA	1
E	2	15:15:00	4AG	OA	1
E	2	15:15:00	4EB	OA	1
E	2	15:15:00	4RY	OA	1
E	2	15:15:00	4TU	OA	1
E	2	15:15:00	50U	OA	1
E	2	15:15:00	51K	OA	1

Ko smo zbrali vse podatke v skupno tabelo "Uvoz", smo v programu Access ustvarili tako imenovane "querije" (povezave), ki so nam v vsakem 15 minutnem obdobju poiskali ustrezne pare registrskih števil. To pomeni, da je program za vsake tri znake registrske številke na vstopu v večpasovno krožno križišče poiskal ustrezen par na izhodu iz večpasovnega krožnega križišča.

Preglednica 2 : Prikaz programskega okna Access za določitev parov.

Vir : Lasten vir



S tem smo dobili podatek, kje je npr. vozilo 07T vstopilo (B1) v večpasovno krožno križišče in še pomembneje, kje ga je to vozilo zapustilo (C2).

Preglednica 3 : Končna oblika tabele parov .

Vir : Lasten vir

URA	VOZILO_TIP	Expr1002	Uvoz.PRERE	Uvoz.SMERE	Uvoz_1.PREI	Uvoz_1.SMERE	Obdobje	TABLICA
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 85C
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 3KA
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 114
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 114
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 09C
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 536
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 55X
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 28F
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 7NV
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 06F
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 1UN
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 00R
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 412
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 0CJ
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 85C
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 03L
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 1RC
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 53P
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 94T
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 07T
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 9TL
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 50J
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 52F
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 37X
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 07J
15:15:00	TT		1 B		1 C		2	1 27P
15:15:00	TT		1 B		1 C		2	1 8CZ
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 441
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 300
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 55X
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 57X
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 61R
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 3EJ
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 883
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 2FG
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 3AE
15:15:00	OA		1 B		1 C		2	1 57X

Pri obdelavi podatkov smo opazili, da se lahko pojavijo napake, ki pa so posledica napak pri štetju. Pri štetju namreč nikoli ne moremo zagotoviti absolutne točnosti. Če štetje ni izvedeno brezhibno, se tudi v rezultatih pojavijo napake, ki pa so največ dvakrat tolikšne kot so napake v podatkih. Ker je napaka relativno majhna in ker so podatki štetja že zaradi

stohastične narave prometnega toka le približna informacija o stanju v križišču, smatramo, da je natančnost za nadaljne analize zadostna. Če bi hoteli, da so rezultati štetja absolutno natančni, bi morali opraviti vsaj tedensko ali celo dvotedensko štetje, iz katerega bi dobili povprečno prometno obremenitev krožišča.

Ko smo poiskali vse pare, smo prometne obremenitve združili v obliki izvorno-ciljne matrike:

 Matrika potovanj **osebnih vozil**

		A2	B2	C2	D2	E2
[OA] =	A1	23	33	116	82	9
	B1	39	47	339	414	34
	C1	223	390	127	168	260
	D1	203	467	292	52	81
	E1	29	52	393	82	19

Vir : Lasten vir

 Matrika potovanj **avtobusov**

		A2	B2	C2	D2	E2
[BU] =	A1	0	0	0	0	0
	B1	0	0	0	20	6
	C1	0	0	0	5	0
	D1	0	17	4	2	0
	E1	0	9	0	0	0

Vir : Lasten vir

✚ Matrika potovanj **tovornih vozil**

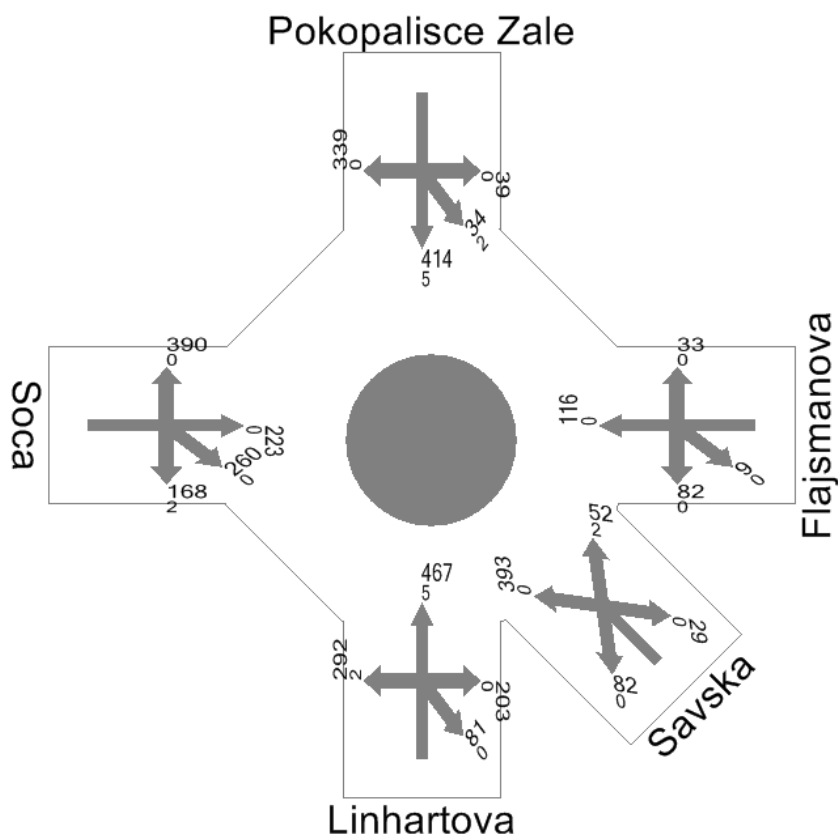
	A2	B2	C2	D2	E2
A1	0	0	1	0	0
B1	0	0	2	1	0
C1	0	0	0	0	1
D1	2	0	0	0	0
E1	0	0	0	0	0

Vir : Lasten vir

Kjer črke A, B, C, D in E predstavljajo krake, medtem ko številka 1 ponazarja vstop vozila v večpasovno krožno križišče, številka 2 pa izstop iz njega.

9.3 Simulacija večpasovnega krožnega križišča Žale

Za lažjo uporabo podatkov pri simulaciji lahko prometno obremenitev grafično in bolj pregledno prikažemo še kot obremenitev vsakega kraka posebej.



Slika 64 : Prometna obremenitev večpasovnega krožnega križišča Žale (aaSidra 3.1).
Vir : Lasten vir

S tako pripravljenimi podatki smo lahko pričeli z analizo obstoječega stanja ter s simulacijo izboljšanega stanja. Pri tem smo uporabili najnovejše orodje podjetja Trafficware : Synchro studio 7.0.



Slika 65 : Priročnik Synchro Studio 7.0.

Vir : Trafficware

Synchro studio 7.0 predstavlja izpopolnjeno orodje, ki uporabniku omogoča modelirati, optimizirati in simulirati različna cestna omrežja.

Sestavljeno je iz naslednjih programov:

✚ Synchro 7.0:

- uporablja makroskopsko analizo,
- gre za program v katerem izbiramo tip križišča, število pasov v križišču in smer vožnje glede na prometno obremenitev.

Gre torej za program, s katerim vnašamo podatke in jih optimiziramo.

✚ Simtraffic 7.0 :

- uporablja mikroskopsko analizo,
- simulacijski program,s katerim lahko preverimo obstoječe in izboljšano stanje v določenem križišču ali mreži križišč,

✚ 3D model :

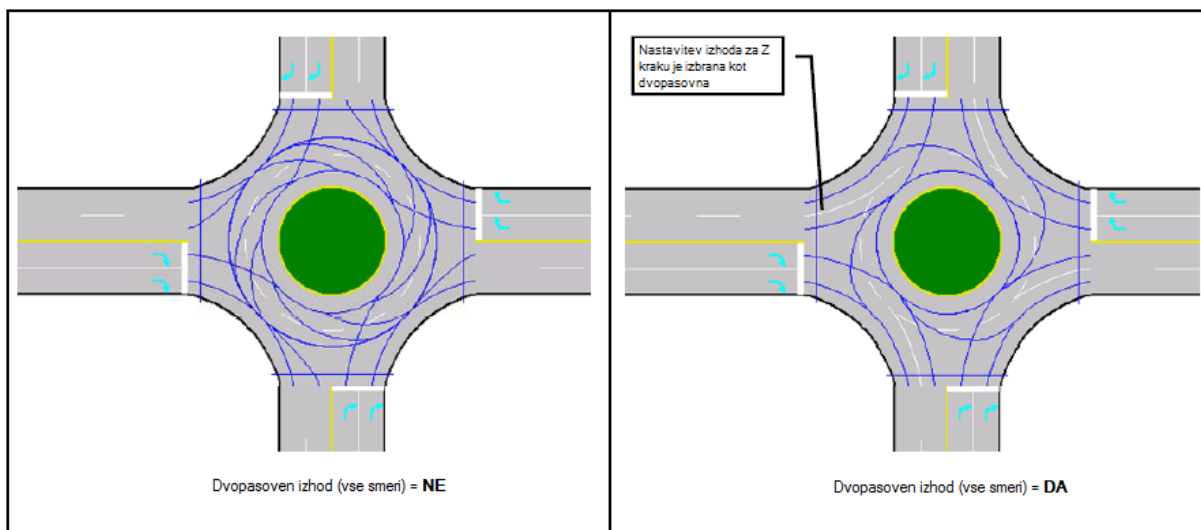
- dodatek k simulaciji, ki omogoča prostorski pogled na določeno križišče ali mrežo križišč.

Za določitev kapacitete v določenem križišču ali mreži križišč Synchro 7.0 uporablja metodo »Intersection Capacity Utilization« (ICU) 2003. Metoda temelji na primerjavi običajne obremenitve v križišču z maksimalno obremenitvijo oziroma kapaciteto, ki jo križišče še lahko prenese. Prav tako Synchro 7.0 uporablja nekatere metode iz »2000 Highway Capacity Manual« - a, predvsem ga lahko uporabljamo za urejanje mestnih cest in njihovih omrežij, signaliziranih in nesignaliziranih križišč ter večjih krožnih križišč.

Synchro 7.0 predstavlja tudi enostavno orodje za hitro določitev kapacitete, predvsem skupnih zamud in dolžino kolon v posameznem križišču ali mreži križišč.

9.3.1 Primerjava Synchro 6.0 in Synchro 7.0

Možnost simuliranja in optimiziranja večpasovnih krožnih križišč je prvič omogočal program Synchro 6.0 oziroma Simtraffic 6.0. Glede na enostavno vnašanje podatkov in preprosto grafiko so se pri simulaciji pojavljale določene omejitve, predvsem pri poteku prometnih tokov v samem krožnem križišču. Največji problem so predstavljali dvopasovni izhodi.



Slika 66 : Prikaz prometnih tokov v dvopasovnem krožnem vozišču.

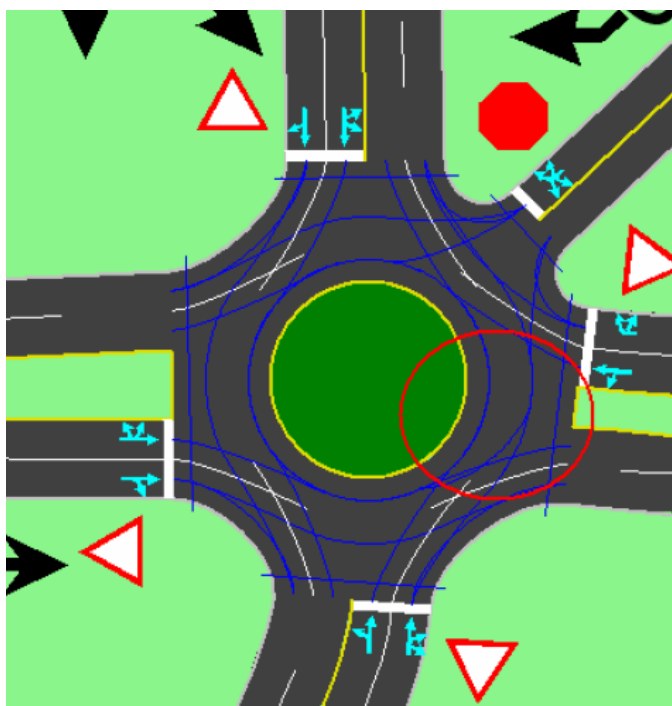
Vir : Synchro Studio,
Multilane Roundabout
Supplement

Če ni bila izbrana možnost dvopasovnega izhoda, je program Simtraffic 6.0 dopuščal menjavo pasu znotraj večpasovnega krožnega križišča. V primeru večpasovnega krožnega vozišča to pomeni, da se je moral avto pred željenim izhodom premakniti iz notranjega pasu na zunanje. Če pa je bila izbrana možnost dvopasovnega izhoda, pa program dopušča zapuščanje večpasovnega krožnega vozišča tudi z notranjega pasu pri pogoju, da za vožnjo naravnost in levo uporabljamo le notranji pas, medtem ko za zavijanje desno le zunanje. Simuliranje večpasovnega krožnega križišča s Synchro 6.0, v katerem se sekata dve zelo prometni smeri, tako ni bil zadovoljivo. Prav tako je do težav prihajalo pri menjavanju pasov v večpasovnem krožnem vozišču. Synchro 6.0 je omogočal le

zadovoljivo simuliranje krožnih križišč z notranjim radijem, večjim od 45 metrov (vir: Synchro Studio 7.0, Multilane Roundabout Supplement). Pri tako velikih radijih pa je v večpasovnem krožnem križišču dovolj prostora za nemoteno menjavo pasov.

Dobra stran programa Synchro 6.0 je ta, da je že omogočal simuliranje krožnega križišča s petimi oziroma z večimi kraki.

Program Simtraffic 7.0 je glede na svoje predhodnike (Simtraffic 6.0) posodobljen. Z novejšim pristopom je z njim možno boljše modeliranje dvopasovnega in tropasovnega krožnega križišča pri katerem se sekata dve glavni smeri prometnih tokov. Pozitivne lastnosti in razlike s Synchro 6.0 se pokažejo pri simuliranju take oblike večpasovnega krožnega križišča, ki ima vse krake dvopasovne oziroma tropasovne. Za nemoten potek prometnega toka morajo biti pazljivi le tisti vozniki, ki vstopajo v večpasovno krožno križišče in nadaljujejo vožnjo mimo večpasovnega izhoda. Glavna razlika v primerjavi s predhodnikom se pri Synchro 7.0 pojavi, ko vozilo enkrat vstopi v večpasovno krožno vozišče. Takrat menjavanje pasov ni več mogoče, razen ko po dvopasovnem izhodu sledi enopasoven izhod.



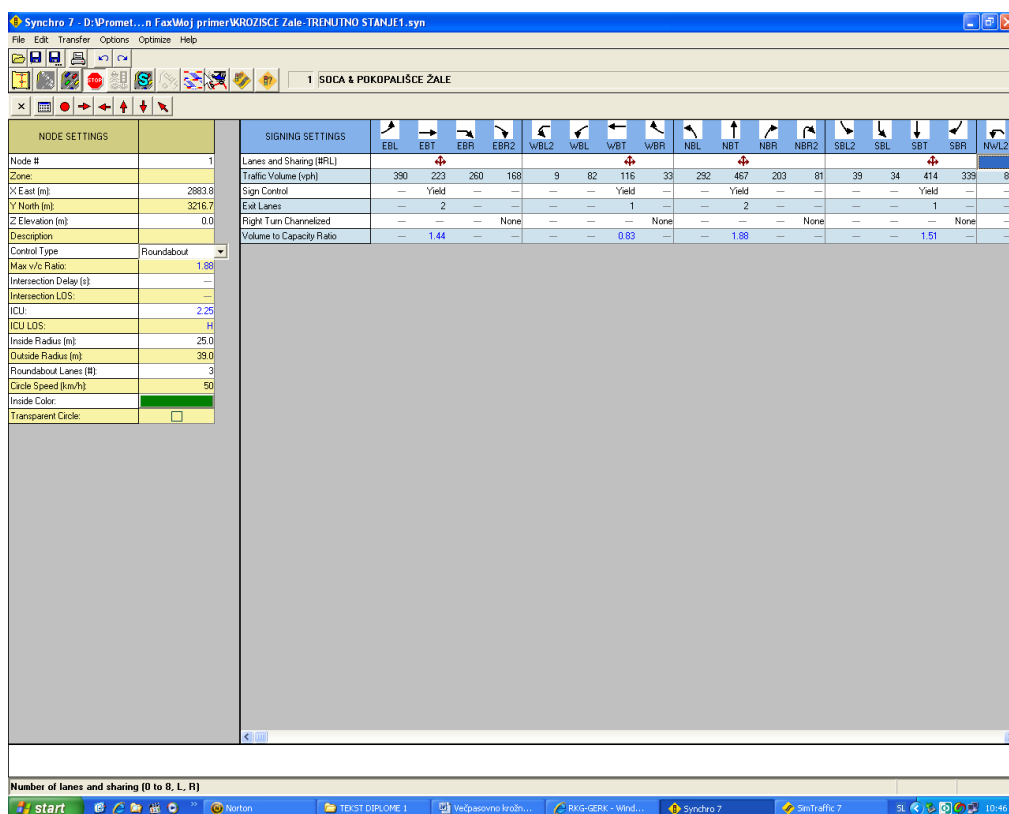
**Slika 67 : Prikaz menjave pasov v primeru, da dvopasovnemu izhodu sledi enopasoven.
Vir : Synchro Studio 7.0, Multilane Roundabout Supplement**

Tako smo za petkrako večpasovno krožno križišče Žale za vnos podatkov in izbiro tehničnih lastnosti uporabili program Synchro plus 7.0, za simulacijo pa program Simtraffic 7.0.

9.3.2 Petkrako večpasovno krožno križišče Žale

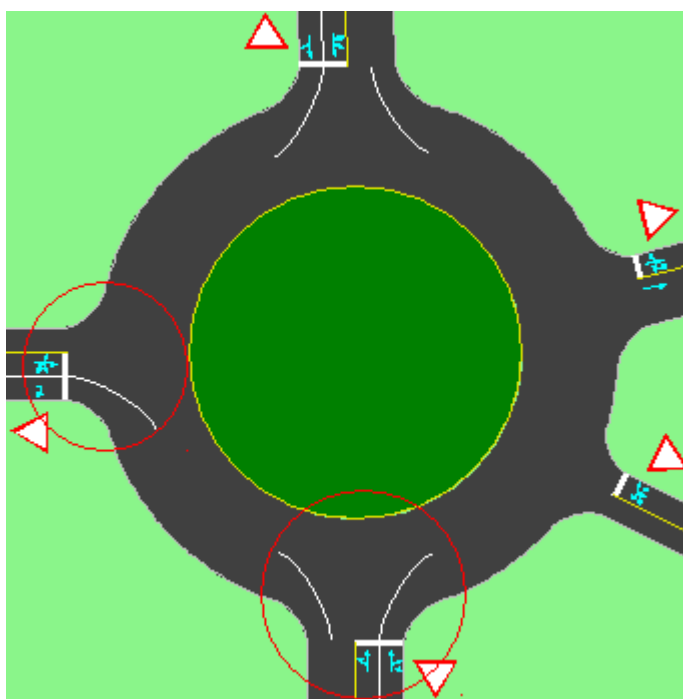
Na prvi pogled je vnos podatkov in uporaba programa Synchro 7.0 za simuliranje večpasovnega krožnega križišča zelo enostavna, hkrati pa zelo toga. Kasneje se je izkazalo, da program kljub tej togosti marsikaj omogoča.

Na začetku je najprej potrebno določiti tip križišča, njegovo geometrijo ter geometrijo krakov. Potrebno je povedati, da Synchro 7.0, kot tudi njegov predhodnik Synchro 6.0, pri modeliranju krožnega križišča omogoča uporabniku le simuliranje osnovnih oblik večpasovnih krožnih križišč. Uporabnik lahko določi le število pasov v krožnem vozišču, število pasov na krakih, notranji in zunanji radij ter obremenitev glede na smer potovanja.



Slika 68 : Prikaz glavnega orodnega okna za večpasovno krožno križišče v programu Synchro 7.0.
 Vir: Lasten vir

Ko smo določili tip križišča in njegovo geometrijo, poimenujemo krake in za vsakega posebej določimo razporeditev vstopnih in izstopnih pasov. Če za prometni pas izberemo puščico za vožnjo naravnost, Synchro 7.0 predpostavi, da gre za deljeni pas in je z njega mogoče zavijanje tako desno kot levo. Če pa izberemo pas za izključno leve oziroma desne zavijalce, z njega ni mogoča vožnja naravnost. Pri dvopasovnih vseh in izhodih pa je situacija malce drugačna. To pomeni, da če na kraku izberemo dvopasovni vhod in na njegovi nasprotni strani dvopasovni izhod, potem lahko vozilo z obeh pasov vozi naravnost, drugače pa je vožnja naravnost mogoča le z levega pasu.



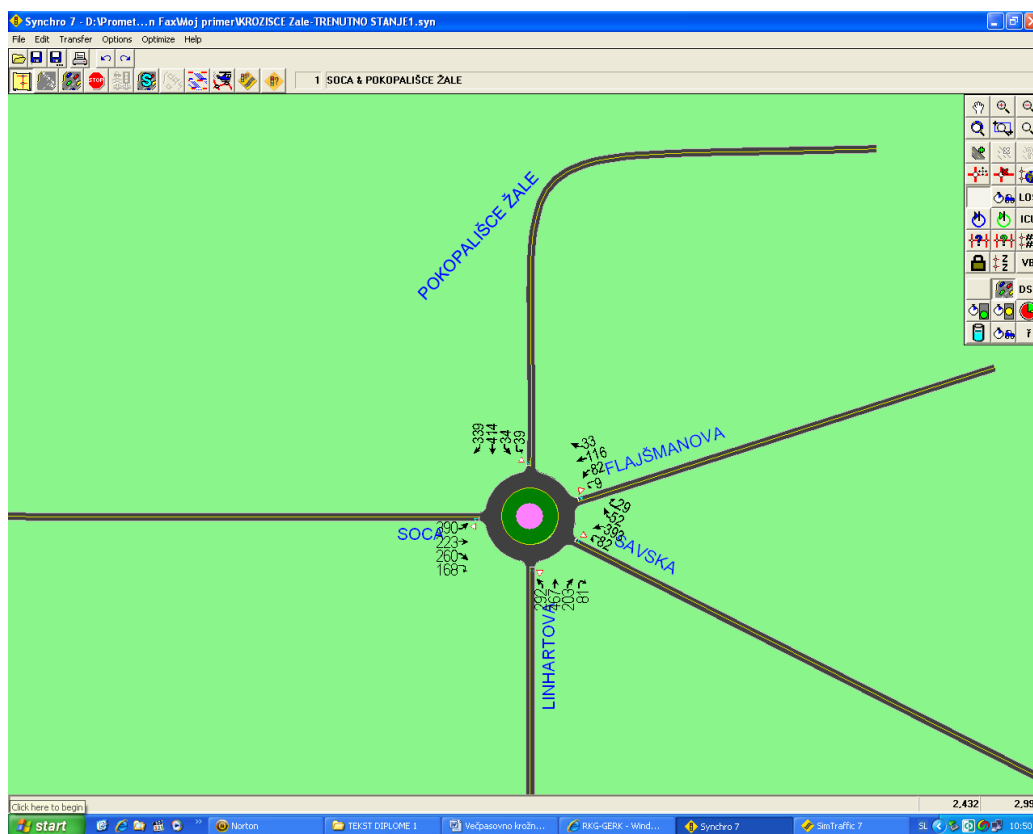
**Slika 69 : Prikaz razporeditve pasov v primeru enopasovnega in dvopasovnega izhoda.
Vir : Lasten vir**

Ravno zato smo morali pri simuliranju izboljšane stanja večpasovnega krožnega križišča Žale uporabiti dvopasovne izhode povsod tam, kjer smo na vseh (S in J) želeli, da vozila za vožnjo naravnost uporabljajo tudi desni pas.

Kakšen vpliv na prometni tok in s tem na zmanjšanje zastojev imajo talne označbe v obliki šrafur in puščic v obliki trnka, pa s programsko opremo Synchro studio 7.0 težko prikažemo.

9.3.2.1 Simulacija obstoječega stanja

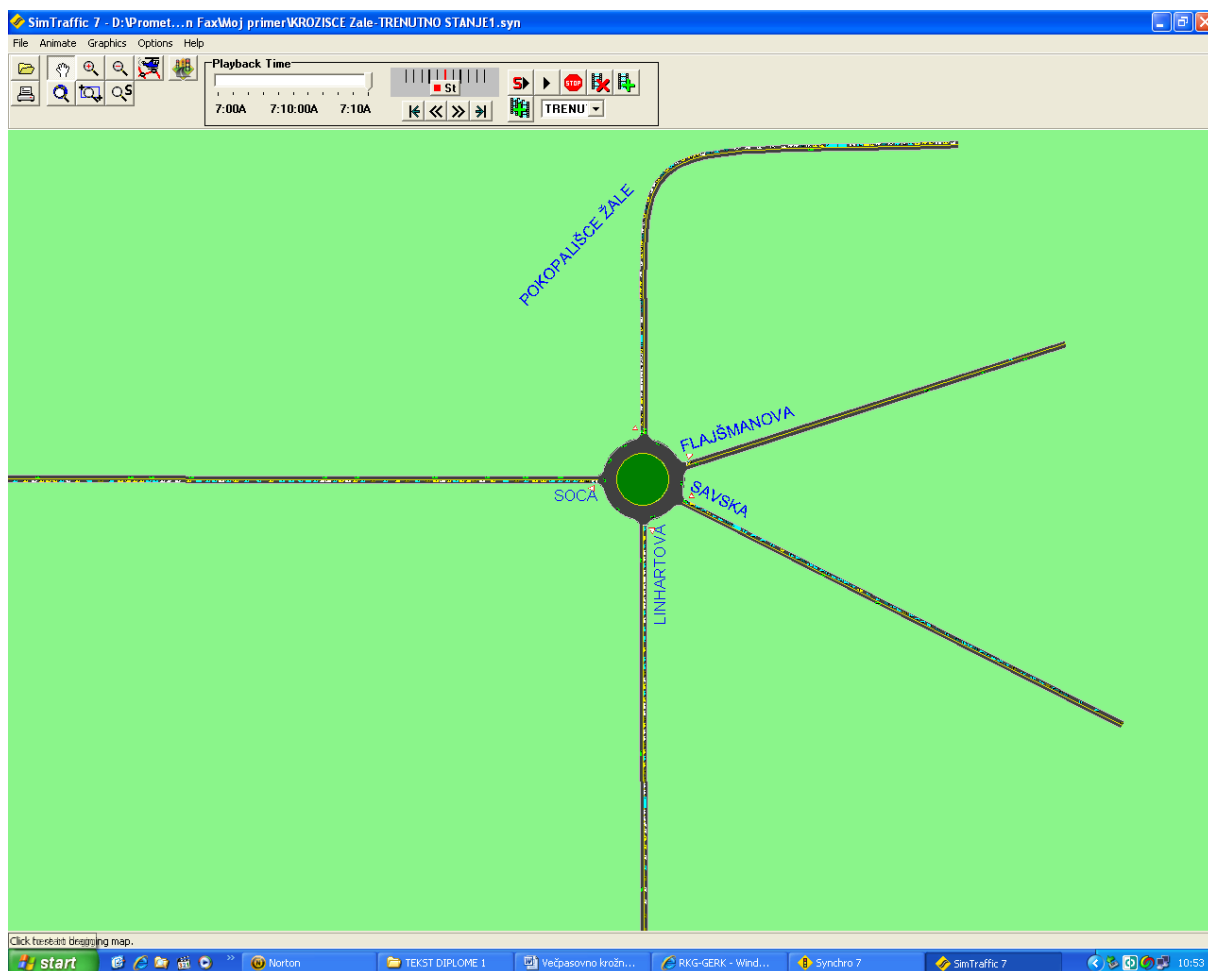
Najprej smo morali prikazati obstoječe stanje pet krakega večpasovnega krožnega križišča Žale v Ljubljani. S pomočjo programske opreme in že predhodno omenjenimi podatki o številu prometa, smo se lotili simuliranja obstoječega stanja.



Slika 70 : Geometrija in prometna obremenitev obstoječega stanja na večpasovnem krožnem križišču Žale.

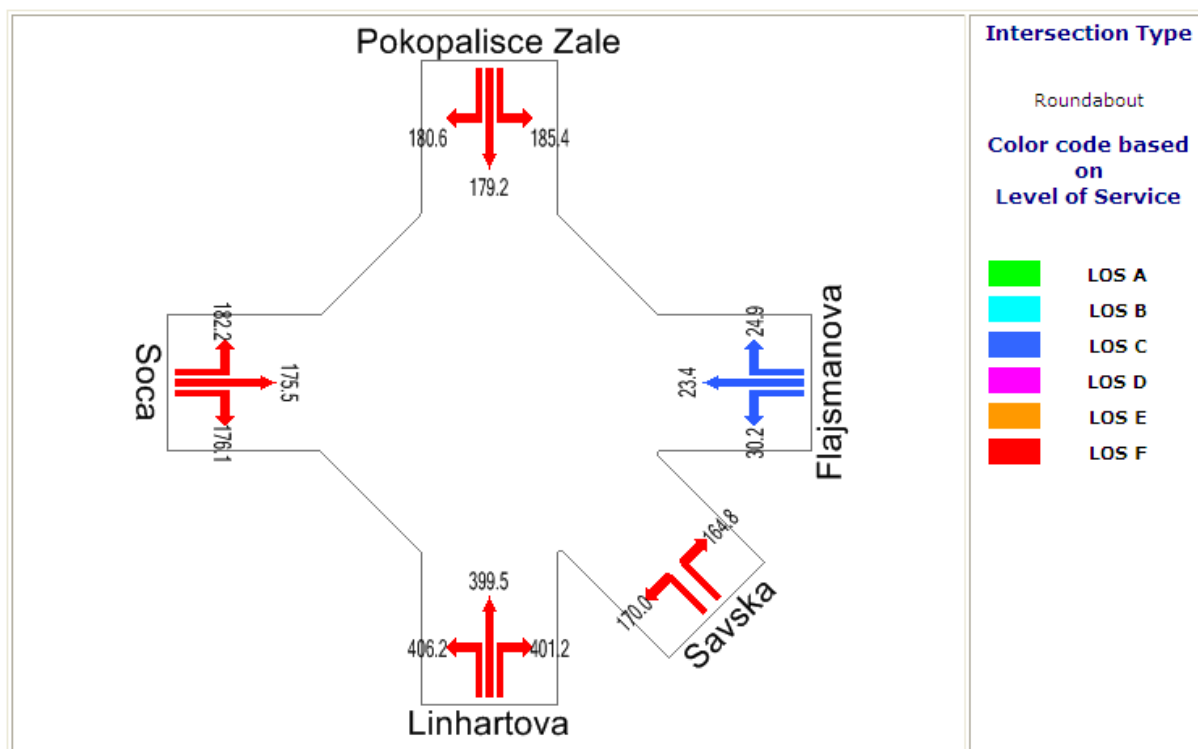
Vir : Lasten vir

Rezultati, ki smo jih dobili s pomočjo simulacije (SimTraffic 7.0) pričajo, da je stanje na večpasovnem krožnem križišču Žale, v dopoldanski in popoldanski konici, katastrofalno.



**Slika 71 : Obstoječe stanje v popoldanski konici na večpasovnem krožnem križišču Žale.
Vir : Lasten vir**

Iz simulacije je razvidno, da praktično na vseh krakih, razen na Flajšmanovi ulici, prihaja do večjih zastojev. Zaradi zmanjšanja kapacitete samega večpasovnega krožnega križišča so zamude na krožišču Žale ogromne. Tudi nivo uslug na vseh štirih priključkih je najslabši možen (F).



Slika 72 : Prikaz zamud(s) in nivoja uslug za obstoječe stanje na večpasovnem krožnem križišču Žale (aaSidra 3.1).

Vir : Lasten vir

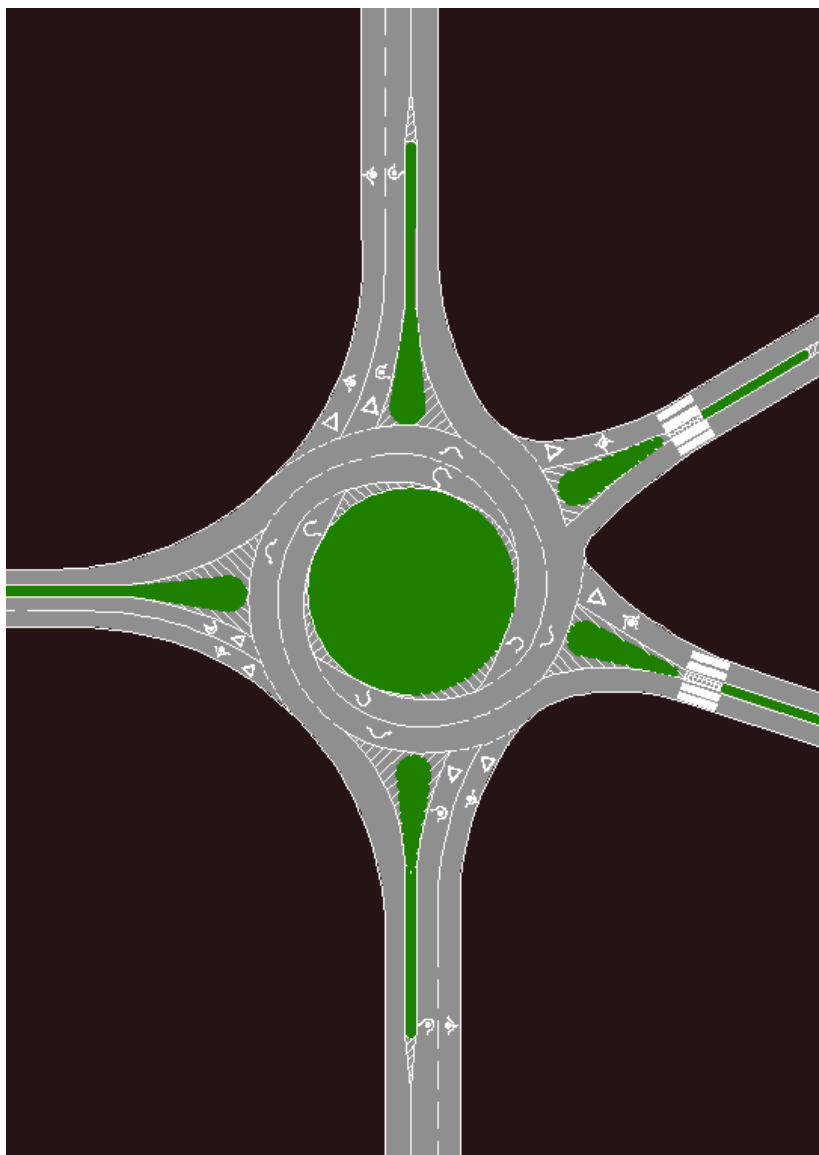
9.3.2.2 Simulacija izboljšane stanja

Tako smo zaradi zgornjih ugotovitev in obstoječega stanja na večpasovnem krožnem križišču Žale največ časa posvetili iskanju optimalne rešitve predvsem za tri najbolj obremenjene krake:

- Pokopališče Žale (S),
- Soča (Z),
- Linhartova (J).

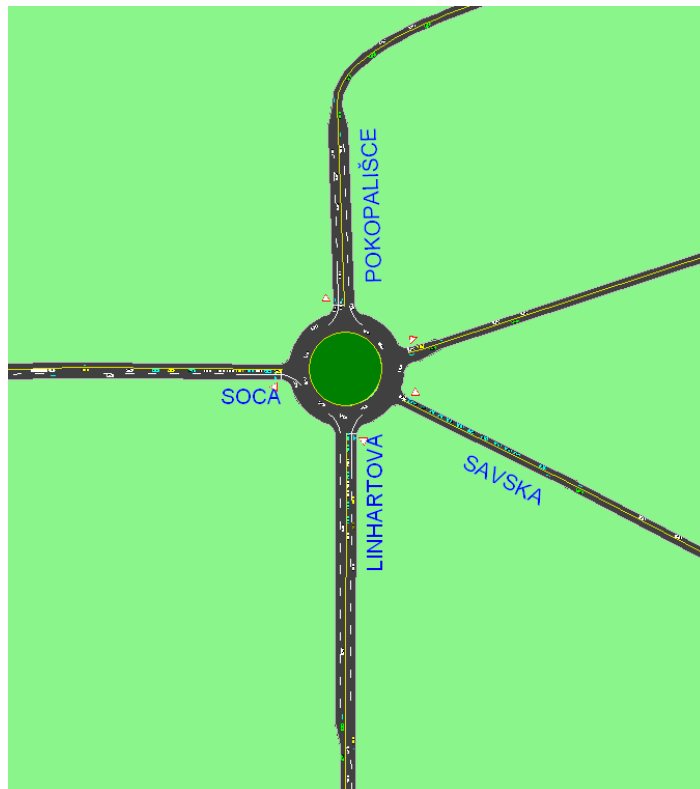
Izvedli smo naslednje ukrepe:

1. vsi trije vhodi naj bodo dvopasovni, medtem ko ostala dva ostaneta enopasovna,
2. izhoda na krak Linhartova in Pokopališče Žale naj bosta dvopasovna in se kasneje združita v en pas (zgolj zaradi simulacije). Ostali izhodi ostanejo enopasovni.
3. krožno vozišče se s tropasovnega zoži na dvopasovnega. Preostali prostor (prejšnji notranji pas) se uporabi za talne označbe v obliki šrafur in črt ter se tako ustvari »turbo« krožno križišče.



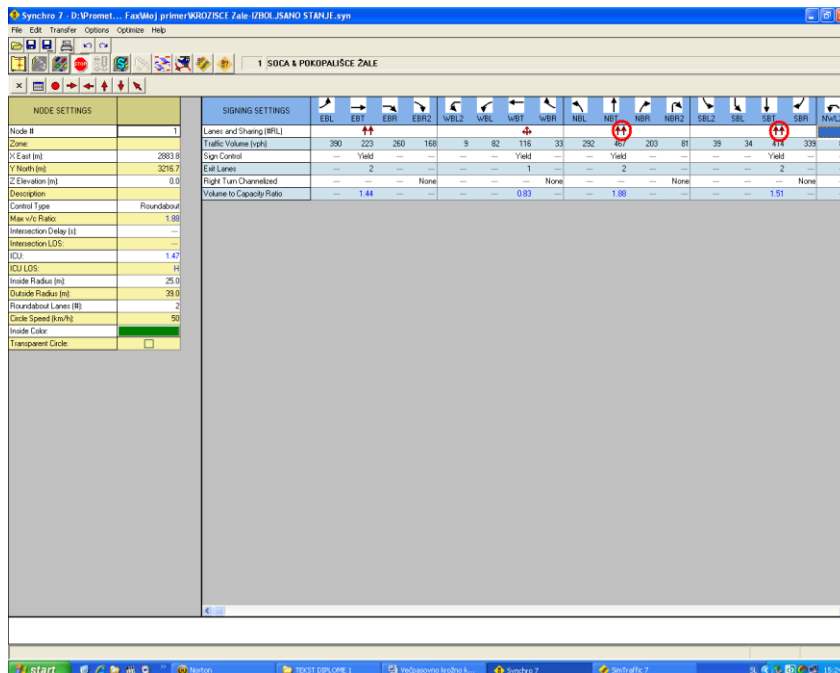
**Slika 73 : Geometrija izboljšanega stanja za večpasovno krožno križišče Žale.
Vir : Lasten vir**

S pomočjo programa Synchro 7.0 ni mogoče točno simulirati vseh ukrepov in preveriti njihove učinkovitosti. S tem programom tako naprimer ni mogoče določiti samostojnega pasu le za leve zavijalce. Zato smo poskušali pri simuliranju izboljšanega stanja najti najboljši približek za predlagano rešitev.



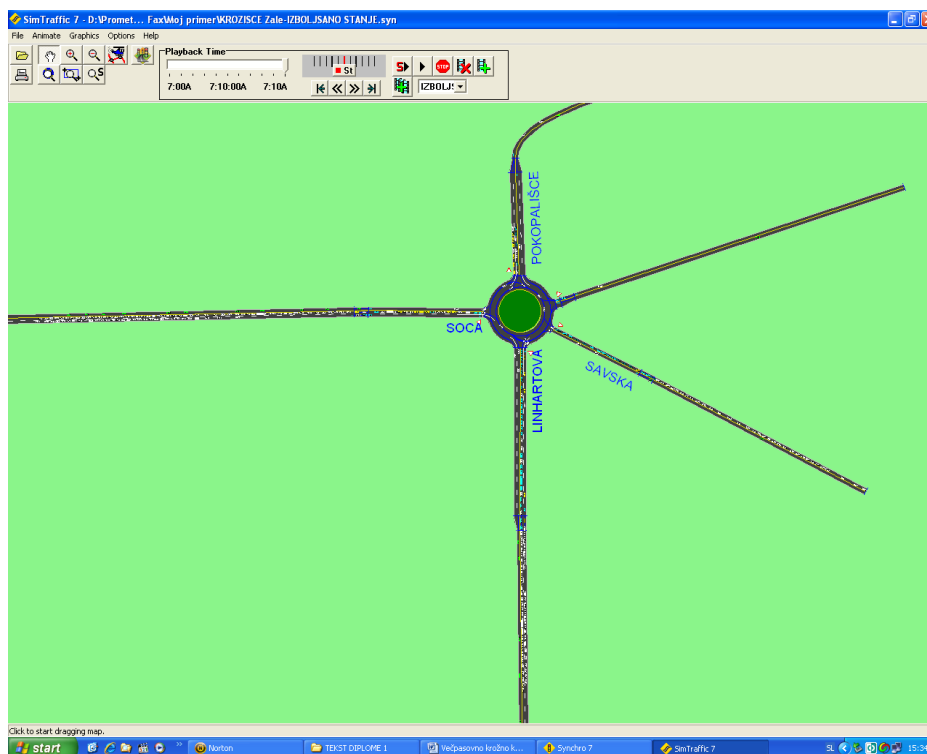
Slika 74 : Geometrija izboljšane stanja v simulacijskem programu SimTraffic 7.0.
 Vir : Lasten vir

Tu je potrebno še enkrat poudariti, da smo na Linhartovi in Pokopališki izbrali dvopasovna izhoda le zato, da smo v simulaciji omogočili vožnjo naravnost tudi z notranjega pasu.



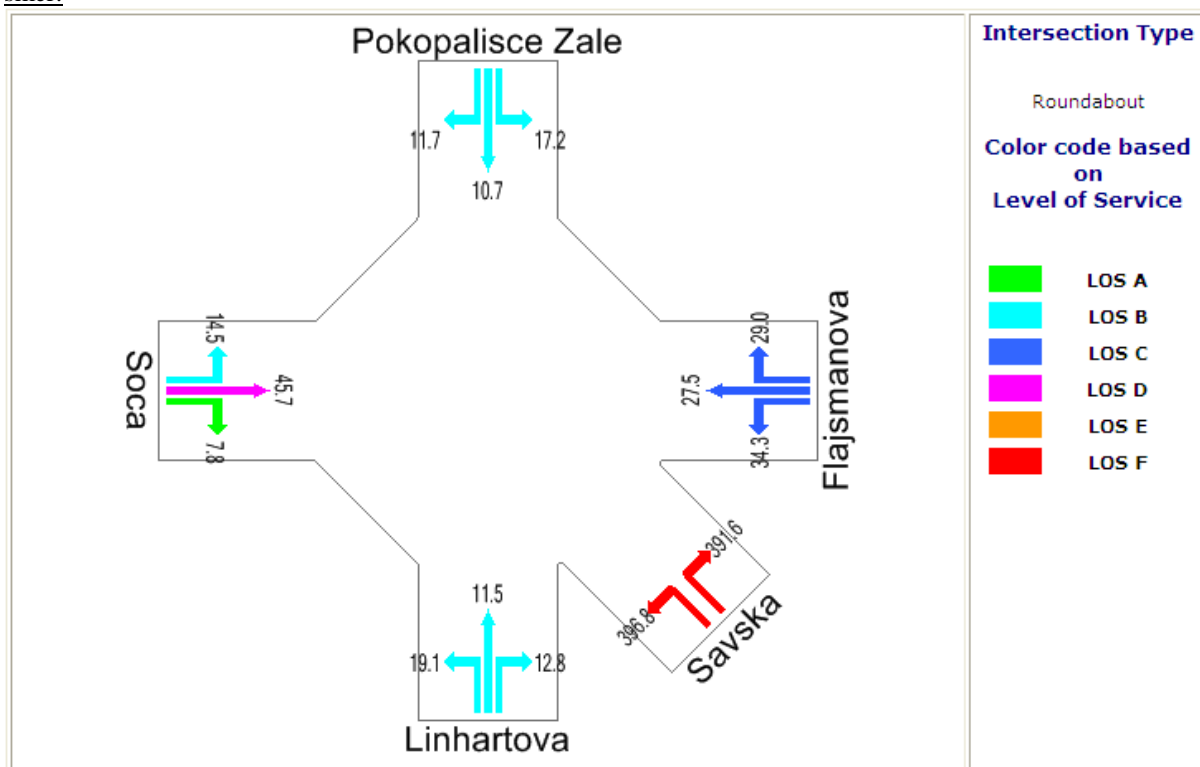
Slika 75 : Prikaz orodnega okna za izboljšano stanje večpasovnega krožnega križišča Žale.

S tako določeno geometrijo in znano prometno obremenitvijo, smo s simulacijo dobili presenetljive rezultate (slika 76).



**Slika 76 : Prikaz izboljšane stanja s pomočjo simulacije (SimTraffic 7.0).
Vir : Lasten vir**

Pozitivni učinki pri zmanjšanju zastojev, kolon in izboljšanju nivoja uslug so več kot zadovoljiv dokaz, da s tako obliko in ukrepi v večpasovnem petkrakem krožnem križišču Žale trenutno prometno situacijo na treh najprometnejših krakih izboljšamo za več kot tretjino.



Slika 77 : : Prikaz zamud(s) in nivoja uslug za izboljšano stanje na večpasovnem krožnem križišču. Žale (aaSidra 3.1) Vir : Lasten vir

9.3.2.3 Primerjava obstoječega in izboljšanega stanja

S pomočjo simulacijskega programa Symtraffic 7.0 in minimalnimi gradbenimi ukrepi smo trenutno stanje v večpasovnem krožnem križišču Žale bistveno izboljšali. Iz rezultatov je takoj razvidno, da se skupne zamude zmanjšajo skoraj za tretjino. Tudi nivo uslug, na treh najbolj obremenjenih krakih (Linhartova, Pokopališče Žale in Soča) se s sedanjih F izboljša na B.

SimTraffic Performance Report Baseline	
Total Network Performance	
Total Delay (hr)	36.3
Delay / Veh (s)	284.0
Total Stops	1224
Travel Dist (km)	515.7
Travel Time (hr)	47.1
Avg Speed (kph)	13
Fuel Used (l)	725.8
HC Emissions (g)	13
CO Emissions (g)	3895
NOx Emissions (g)	44
Vehicles Entered	552
Vehicles Exited	369
Hourly Exit Rate	2214
Input Volume	7412
% of Volume	30
Denied Entry Before	1
Denied Entry After	91

(a)

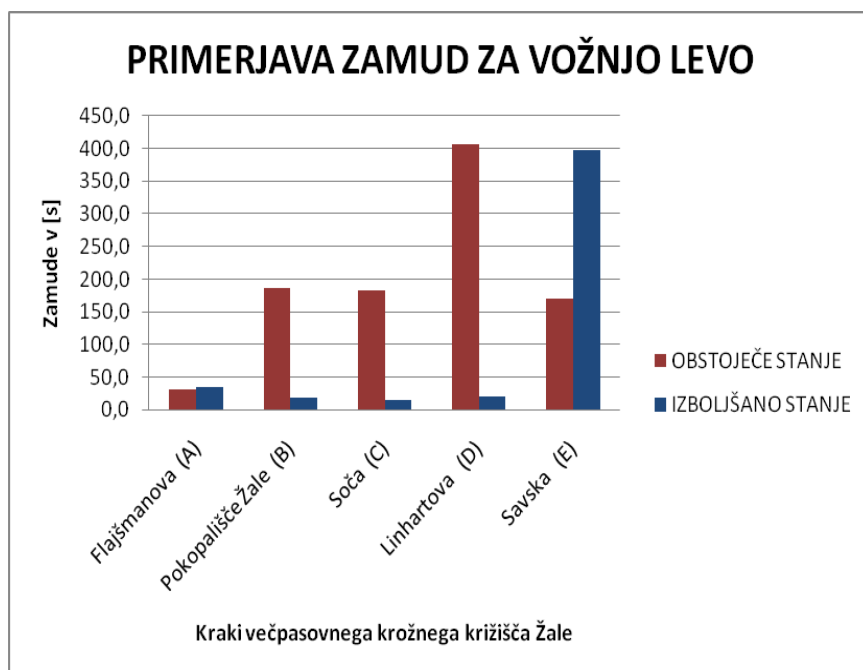
SimTraffic Performance Report Baseline	
Total Network Performance	
Total Delay (hr)	24.3
Delay / Veh (s)	155.8
Total Stops	1129
Travel Dist (km)	739.6
Travel Time (hr)	40.0
Avg Speed (kph)	19
Fuel Used (l)	818.8
HC Emissions (g)	22
CO Emissions (g)	6276
NOx Emissions (g)	70
Vehicles Entered	659
Vehicles Exited	463
Hourly Exit Rate	2778
Input Volume	14824
% of Volume	19
Denied Entry Before	0
Denied Entry After	0

(b)

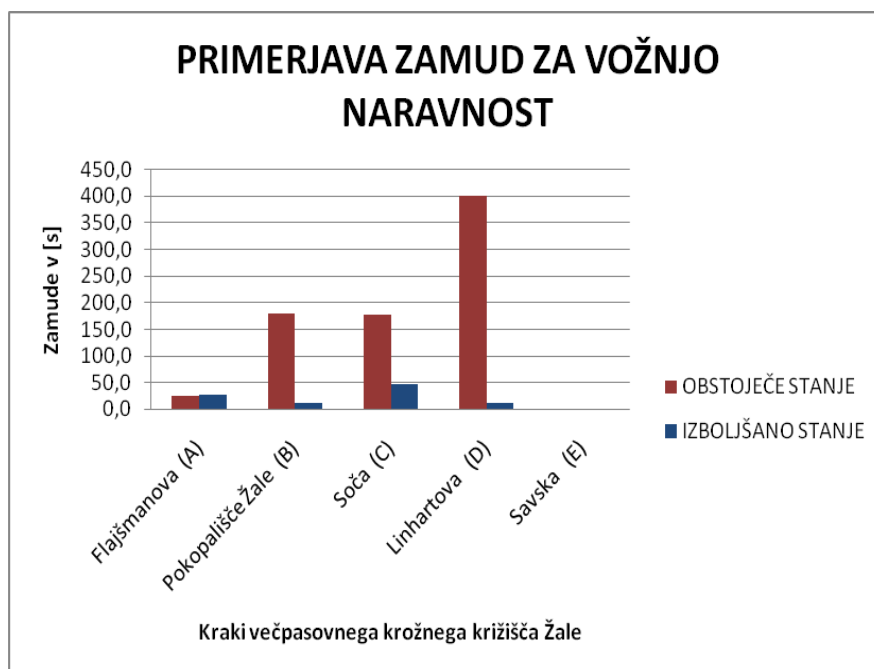
Slika 78 : Izpis poročila za celotno večpasovno krožno križišče Žale v programu SimTraffic 7.0 za obstoječe stanje (a) in izboljšano stanje (b)

Vir : Lasten vir

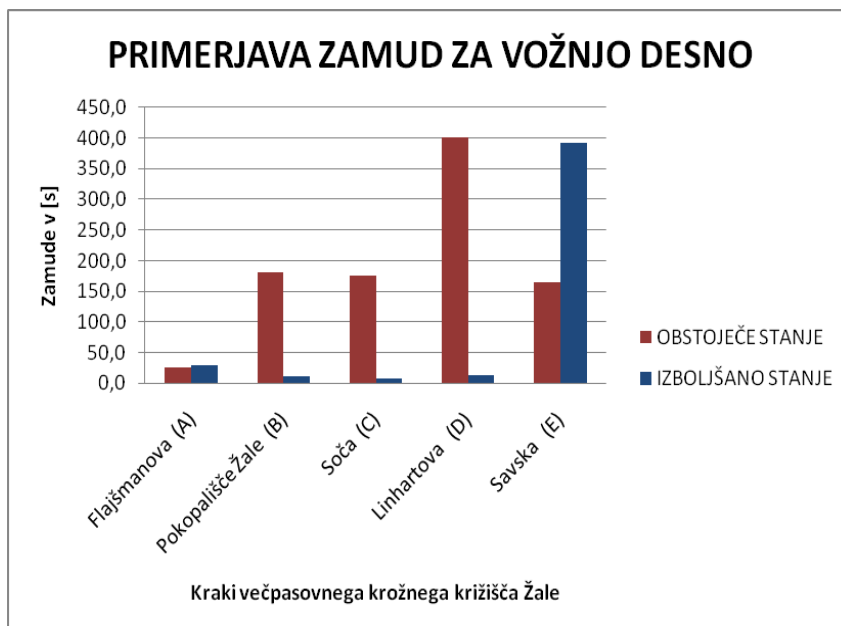
Za lažjo predstavitev končnih rezultatov smo posamezne zamude, za obstoječe in izboljšano stanje glede na smer vožnje, medsebojno primerjali in jih združili v tri grafe.



Grafikon 7 : Primerjava zamud za vožnjo na levo glede na posamezen krak.
Vir : Lasten vir



Grafikon 8 : Primerjava zamud za vožnjo naravnost glede na posamezen krak.
Vir : Lasten vir



Grafikon 9 : Primerjava zamud za vožnjo na desno glede na posamezen krak.
Vir : Lasten vir

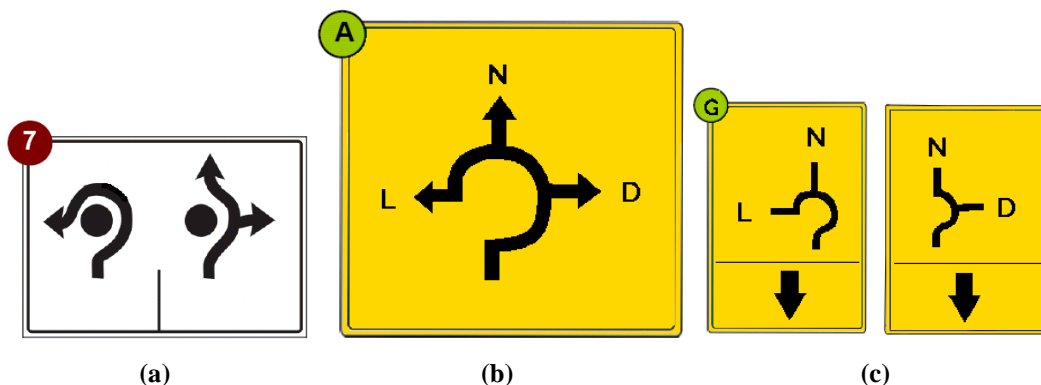
Iz vseh treh grafov lahko z gotovostjo trdimo, da se stanje na treh najprometnejših priključkih: Pokopališče Žale, Soča in Linhartova bistveno izboljša, medtem ko se stanje na priključku Flajšmanove skoraj ne spremeni. Pri tem pa je potrebno povedati, da se razmere na kraku s Savske poslabšajo, predvsem zaradi velikega števila levih zavijalcev, ki se zaradi gostega prometa v dvopasovnem krožnem vozišču niso sposobni dovolj hitro vključiti v krožeči tok.

10.0 ZAKLJUČEK

V okviru raziskovalnega dela diplomske naloge, smo s pomočjo simulacijskega programa Synchro Studio 7.0 obdelali prepustnost in zmogljivost petkrakega večpasovnega krožnega križišča Žale v Ljubljani. Trenutne razmere na večpasovnem petkrakem krožnem križišču Žale so v dopoldanski in popoldanski konici katastrofalne. Poleg velike prometne obremenitve na krakih in zaradi mreže semaforiziranih križišč na Šmartinski cesti, prihaja do večjih zastojev tudi v samem večpasovnem krožnem vozišču. Dogaja se namreč, da se zaradi semaforja na križišču Pokopališke ulice in Šmartinske ceste vozila kopičijo v dolgo kolono, ki sega po celotnem severnem kraku (pokopališče Žale) in zunanjem pasu večpasovnega krožnega križišča vse tja do vhoda kraka s Savske ulice. Takrat se namreč zgodi, da večpasovno krožno križišče Žale ne funkcioniira več in se tako kapaciteta enopasovnih vhodov, kot tudi pretočnost samega krožišča zelo zmanjša oziroma skoraj izniči.

Prav tako smo s pomočjo Synchro 7.0 simulirali eno izmed rešitev, ki bi sedanje stanje bistveno izboljšala. Glede na prostorske zmožnosti obstoječega večpasovnega krožnega križišča Žale je trenutno najprimernejša rešitev problema naslednja:

- Na krakih je nujna uporaba vertikalne signalizacije za izbiro pasu (7) in vertikalna signalizacija za izbiro smeri (A), priporočljiva pa je uporaba signalizacije nad pasovi (G).

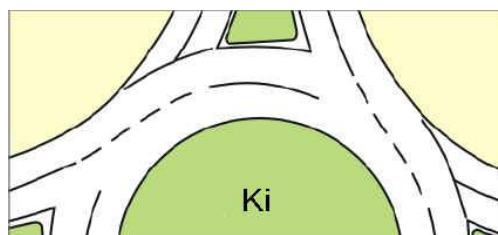


Slika 79 : Vertikalna signalizacija za izbiro pasu (a) in vertikalna signalizacija za izbiro smeri (b) ter vertikalna signalizacija nad pasovi (c).

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

- Vhodi v večpasovno krožno križišče Žale s smeri:
 - Linhartova (J),
 - Pokopališče Žale (S) in
 - Soča (V),naj bodo dvopasovni.
- Vhodi v večpasovno krožno križišče Žale s smeri:
 - Flajšmanova (Z) in
 - Savska (JZ),naj ostanejo enopasovni.
- Na vseh krakih izhodi ostanejo enopasovni. Možnost uvedbe dvopasovnih izhodov je le na tistih krakih (S,J in V), kjer je dovolj prostora za njihovo izvedbo.
- Zaradi slabega izkoriščanja notranjega pasu v tropasovnem krožnem vozišču, le-tega uporabimo za dodatne talne označbe v obliki šrafur in črt.
- Na dvopasovnih izhodih iz krožnega vozišča uporabimo prekinjeno oziroma črtkano črto kot podaljšek kraka. Ta pozitivno vpliva na lažje in hitrejše praznjenje večpasovnega krožnega križišča. Prav tako preprečuje voznikom nadaljevanje vožnje po zunanjem pasu mimo izhoda in s tem ne predstavlja nikakršne ovire za vključujoča vozila na predhodnem kraku (vhodu). Prekinjena oziroma črtkana črta kot podaljšek kraka na vhodu v krožno vozišče ni potrebna, saj ob pravilni izbiri geometrijskih elementov le-ti voznike usmerijo na ustrezen prometni pas.

Za slovenske razmere je najbolj primeren model črt KI, po svetu znan kot »Alberta« model.



Slika 80 : Izpopolnjen "Alberta" model črt.

Vir : Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts, Kinzel, Urban Street Symposium 2003.

- Tako na krakih kot tudi na dvopasovnem krožnem vozišču uporabimo puščice v obliki trnka.



Slika 81 : Talna označba v obliki trnka

Vir : **Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts**, Kinzel, Urban Street Symposium 2003

Po svetu (ZDA, Nizozemska,...) je učinkovitost take talne označbe na voznike zelo pozitivna in lahko izmerljiva, saj je takih krožnih križišč vedno več. V Sloveniji pa puščice v obliki trnka predstavljajo novost in bi jih bilo potrebno za potrditev njihove učinkovitosti vpeljati v nekaj večpasovnih krožnih križišč. Tako bi lahko z večjo gotovostjo trdili, da njihovi pozitivni učinki vplivajo tudi na slovenske voznike.

- Preko večpasovnih uvozov v krožnem križišču je potrebno prehajanje pešcev in kolesarjev urediti izven nivojsko, medtem ko na ostalih dveh krakih prehajanje pešcev in kolesarjev rešimo s klasičnim prehodom za pešce s takoimenovano »zebro«.

Z uvedbo pravilne vertikalne in horizontalne signalizacije lahko bistveno izboljšamo vodenje prometa v večpasovnem krožnem križišču. Toda kakršni koli posegi v večpasovno krožno križišče ne izboljšajo prometnih razmer, če celotna mreža okoliških semaforiziranih križišč ni tako načrtovana, da nima vpliva v smislu poslabšanja kapacitete večpasovnega krožnega križišča.

VIRI

- *Roundabouts : An informational Guide*. U.S.Department of Transportation, Federal Highway Administration, , Publication No.FHWA-RD-00-067
www.wsdot.wa.gov/publications/manuals/fulltext/M0000/RoundaboutsGuide.pdf
(2.9. 2007)
- Christopher S. Kinzel, P.E.: *Signing and pavement-Marking Strategies for Multi-lane Roundabouts*,
www.k-state.edu/roundabouts/news/Kinzel.pdf , (2.9. 2007)
- *Roundabout Markings*.Markings Technical Committee, Chapter 3H :
http://tcd.tamu.edu/documents/tcd-mtc/Chapter_3H.approved_in_General_Session.pdf, (2.9.2007)
- *Raziskava uvajanja učinkovitosti izboljšav na nivojskih križiščih cest (učinek uvedbe krožnih križišč v Republiki Sloveniji)*. november 2004. Ministrstvo za promet. Direkcija Republike Slovenije za promet: Razvojno raziskovalni projekt : Končno poročilo, november 2004
- Tomaž Tollazzi. 2006. *Krožno križišče* .Maribor, Fakulteta za gradbeništvo: druga dopolnjena izdaja
- *Highway Capacity Manual 2000* : Transportation Research Board – PART C.ROUNDABOUTS,
<https://people.sunyit.edu/~lhmi/ahb40/meetings/2005-07/Draft%20Ch%2017-C%20Procedure%202005-07-02.pdf> , (10.9.2007)
- TRB National Roundabout Conference 2005 ,
www.teachamerica.com/roundabouts/ra_conference.htm , (10.9.2007)
- Center for transportation research and Training,
www.k-state/roundabouts/news/roundaboutNews.htm , (10.9.2007)
- Lee A.Rodegerdts : *Applying Roundabouts in the USA*, AASHTO Subcommittee on design, june 2006
www.transportation.org/sites/design/docs/Rodegerdts, (12.9.2007)
- *Synchro 7.0 : Multi-lane%20Roundabouts%20Supplement*,
www.trafficware.com , (15.9.2007)
- *Modern Roundabouts : A guide for application*. Kentucky 2005. Community Transportation Innovation,

- www.ktc.uky.edu/Reports/Roundabout_Guide.pdf , (15.9.2007)
- Zakon o varnosti cestnega prometa; Uradni list RS 83/2004
 - Začasna navodila za krožna križišča. 2007. Direkcija Republike Slovenije za ceste, Ministrstvo za promet
www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf_datoteke/Zacasna_navodila_k_rozna_krizisca.pdf , (15.9.2007)
 - *Guidelines for marking multi-lane roundabouts.* 2005. Land Transport NZ
:www.landtransport.govt.nz/roads/multi-lane-roundabouts.html , (15.9.2007)
 - *Lane Use Signs and Pavement markings at Multi-lane Roundabouts.* 2005. Ministry of Transportation, Technical Bulletin
www.th.gov.bc.ca/publications/eng_publications/TE_Bulletins/TB-2005/TE-2005-05_Multi-lane_Roundabout_Lane_Use_and_Paint.pdf , (15.9.2007)
 - ITE Working Group on roundabout Accessibility Issues, Attachment 5 : Roundabout Summit,
<http://safety.fhwa.dot.gov/intersections/roundaboutsummit/rndabatt5.htm> , (7.2.2008)
 - Transportation planing ,
www.nh.gov/oep/resourcelibrary/referencelibrary/r/roundabouts/documents/apatpdnewsletterfall02.pdf , (7.2.2008)
 - *Roundabout.*,. Wikipedia the free encyclopedia :
http://eu.wikipedia.org/wiki/Roundabout_intersection , (7.2.2008)
 - Roundabout%20Design%20Standards%20CTAB%20Oct%204th.pdf
www.kajawest.de/2007/euro_islands/eu_isl_workshops/1_intial_pos.htm , (7.2.2008)
 - 233.3 *Roundabouts* .Engineering Policy Guide
http://epg.modot.mo.gov/index.php?title=233.3_Roundabouts , (15.9.2007)