

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
PROMETNA SMER

Kandidat:

**IGOR STAVREVIĆ**

**KAPACITETNA ANALIZA UKREPOV ZA POVEČANJE  
VARNOSTI KOLESARSKEGA PROMETA**

Diplomska naloga št.: 3203/PS

**CAPACITY ANALYSIS OF ACTIONS TO INCREASE  
SAFETY OF BICYCLE TRAFFIC**

Graduation thesis No.: 3203/PS

**Mentor:**  
doc. dr. Tomaž Maher

**Somentor:**  
mag. Andrej Cvar

**Predsednik komisije:**  
izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 2012

## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **IGOR STAVREVIĆ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

**>> KAPACITETNA ANALIZA UKREPOV ZA POVEČANJE VARNOSTI KOLESARSKEGA PROMETA<<.**

Izjavljam, da je elektronska različica povsem enaka tiskani različici.

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

Ljubljana, februar 2012

---



## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

- UDK:** 625.711.4:006.015.8(043.2)
- Avtor:** Igor Stavrević
- Mentor:** doc. dr. Tomaž Maher, univ. dipl. inž. grad.
- Somentor:** mag. Andrej Cvar, univ. dipl. inž. grad.
- Naslov:** Kapacitetna analiza ukrepov za povečanje varnosti kolesarskega prometa
- Obseg in oprema:** 135 str., 30 pregl., 53 sl., 36 graf., 1 en., 5 pril.
- Ključne besede:** kolesarji, varnost, kapaciteta

### **Izvleček:**

Diplomska naloga govori o najnovejših načinih vodenja kolesarskega prometa v urbanih okoljih. Vsebuje primerjavo štirih tujih predpisov na področju načrtovanja kolesarskih površin v mestih. To so nizozemski, nemški, kanadski ter ameriški predpisi. Primerjava je izvedena na podlagi različnih situacij, ki se lahko pojavijo pri projektiranju kolesarju prijazne infrastrukture. Tako so primerjane situacije, kot so prehod čez stransko cesto, levo in desno zavijanje, signalizacija, posebna nivojska in izvennivojska križanja, krožna križišča ter ukrepi za zmanjševanje čakalnih časov kolesarjev v križiščih. Tuji predpisi so primerjani tudi z novimi slovenskimi predpisi. Podane so tehnične rešitve, ki bi se lahko uporabljale v Republiki Sloveniji.

Naloga vsebuje tudi kapacitetno analizo rekonstruiranega križišča Poljanska – Roška, ki je narejeno po modernih principih vodenja kolesarjev v križiščih. Primerjane so tri variante križišča. Videli smo, kako takšni ukrepi vplivajo na zamude motornih vozil, kapaciteto in stopnjo zasičenosti križišča, povprečne dolžine kolon v križišču, maksimalne dolžine kolon v križišču, število ustavljanj v križišču ter na nastale emisije plinov CO in NO<sub>x</sub>. Prikazano je, kako kolesarske obremenitve vplivajo na parametre. Tako so parametri primerjani glede na različne kolesarske obremenitve. Na podlagi analiziranih parametrov so podani ukrepi za izboljšanje v križišču. Veliko je govora o tem, ali so novi načini vodenja dobri in varni za kolesarje. Temeljijo predvsem na direktnosti kolesarskih poti in na ohranjanju hitrosti vožnje kolesarjev skozi križišče. Zato je na koncu narejena varnostna analiza in primerjava med različnimi načini vodenja kolesarjev v križiščih.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION****UDC:** 625.711.4:006.015.8(043.2)**Author:** Igor Stavrević**Supervisor:** doc. dr. Tomaž Maher, univ. dipl. inž. grad.**Co – supervisor:** mag. Andrej Cvar, univ. dipl. inž. grad.**Title:** Capacity Analysis of Actions to Increase Safety of Bicycle Traffic**Notes:** 135 p., 30 tab., 53 fig., 36 graph., 1 eq., 5 ann.**Key words:** cyclists, safety, capacity**Abstract:**

The thesis speaks about modern editing methods of bicycle traffic in urban areas. It contains comparison of four foreign design manuals for planning and editing cyclist areas in cities. Those are Dutch, German, Canadian and design manual of the United States of America. The comparison is done upon different situations, which could appear in process of editing cyclist friendly infrastructure. Therefore the comparison is done upon situations like crossing of the side road, turning left and right, signalization, special level intersections, tunnels and bridges for cyclists, roundabouts and actions for reducing waiting times for cyclists. The foreign design manuals are also compared with Slovenian design manual. Technical solutions, which could be used in Slovenia are also given in thesis.

The thesis also contains capacity analysis of reconstructed intersection Poljanska – Roška, which is designed with modern editing methods for cycle traffic. Three different cases are compared. We saw, how those kinds of actions make influence on delays of motorized traffic, capacity and degree of saturation of intersection, average queue length, maximum queue length, average number of stops and emission of CO and NO<sub>x</sub>. It is shown how cyclist loads could make influence on those parameters. Therefore the parameters are compared according to different cyclist loads. The actions for improvement of intersection are also given. There is lot of questioning, if the new editing methods are good and safe for cyclists. They are based on directness and maintain of speed during drive through intersections. Because of that, there is safety analysis made in the end of thesis.

## **ZAHVALA**

Rad bi se zahvalil ljudem, ki so mi pomagali pri nastajanju diplomske naloge. To so mentor doc. dr. T. Maher ter somentor mag. A. Cvar. Za pomoč bi se zahvalil tudi dr. P. Liparju in J. Dolencu.

Predvsem bi se rad zahvalil moji družini, mami, očetu in bratu na izkazani podpori skozi vsa leta študija.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1	Opis problema .....	1
1.2	Namen in cilj diplomske naloge .....	3
1.3	Podatki.....	4
1.3.1	Pregled podatkov o prometnih obremenitvah .....	4
1.3.2	Pregled signalnih programov .....	4
1.3.3	Pregled variant prometnih ureditev .....	5
1.4	Opis metode dela pri izdelavi naloge .....	5
<b>2</b>	<b>POMEN IZRAZOV .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PRIMERI TUJIH PREDPISOV.....</b>	<b>10</b>
3.1	Predstavitev predpisov.....	11
3.1.1	Nemčija.....	11
3.1.2	Nizozemska.....	12
3.1.3	Kanada .....	13
3.1.4	Združene države Amerike.....	14
3.1.5	Slovenija.....	14
3.2	Parametri.....	15
3.2.1	Prehodi čez stranske ceste.....	15
3.2.2	Levo zavijanje kolesarjev v križiščih.....	23
3.2.3	Desno zavijanje kolesarjev v križiščih.....	29
3.2.4	Vodenje kolesarjev v krožnih križiščih.....	31
3.2.5	Ukrepi za zmanjševanje čakalnih časov kolesarjev v križiščih.....	37
3.2.6	Posebna nivojska in izvennivojska križanja.....	40
3.2.7	Signalizacija.....	42
3.3	Predlogi tehničnih rešitev za uporabo v Republiki Sloveniji .....	55
3.3.1	Predlagane tehnične rešitve za vodenje kolesarjev preko krakov stranskih cest .....	55

---

3.3.2	Predlagane tehnične rešitve za levo zavijanje kolesarjev v križiščih.....	56
3.3.3	Predlagane tehnične rešitve za desno zavijanje kolesarjev v križiščih .....	59
3.3.4	Predlagane tehnične rešitve za vodenje kolesarjev v krožnih križiščih .....	61
3.3.5	Predlagani posebni ukrepi za zmanjševanje čakalnih časov kolesarjev v križiščih.....	61
3.3.6	Predlagane tehnične rešitve v primeru izvennivojskih in posebnih nivojskih križanjih .....	62
3.3.7	Predlogi za izboljšanje signalizacije .....	62
<b>4</b>	<b>PRIMERJALNA ANALIZA VARIANT REKONSTRUKCIJE KRIŽIŠČA POLJANSKA – ROŠKA .....</b>	<b>66</b>
4.1	Obstoječi prometni režim .....	66
4.2	Opis variant in metodologije dela .....	68
4.3	Opis primerjanih parametrov za vse tri variante .....	72
4.4	Prometna analiza križišča po smereh .....	73
4.5	Prometna analiza variant za celotno križišče .....	90
4.5.1	Kapaciteta križišč.....	90
4.5.2	Zamude v križišču.....	94
4.5.3	Emisije CO in NO <sub>x</sub> .....	97
4.5.4	Maksimalna dolžina kolone .....	100
4.5.5	Povprečna dolžina kolone .....	102
4.5.6	Povprečno število ustavljanj .....	104
4.6	Predlogi ukrepov za izboljšanje .....	105
<b>5</b>	<b>VARNOSTNA ANALIZA KRIŽIŠČA .....</b>	<b>117</b>
5.1	Opis metodologije dela in primerjanih parametrov .....	118
5.2	Vpliv predfaze na varnost kolesarskega prometa.....	119
5.3	Vpliv dolžine vmesnih časov na varnost kolesarjev v križišču .....	122
5.4	Vpliv zavijalnih hitrosti na varnost .....	124
5.5	Vpliv dolžine prehoda na varnost.....	126
5.6	Povzetek .....	128
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>129</b>
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>132</b>



**SEZNAM PRILOG .....** 135

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava rešitev prehoda čez krak stranske ceste pri indirektnem vodenju kolesarjev za nesemaforizirano križišče.	19
Preglednica 2: Primerjava rešitev prehoda čez krak stranske ceste pri direktnem vodenju kolesarjev za nesemaforizirana križišča.	20
Preglednica 3: Primerjava rešitev za prehode čez semaforizirana križišča.	21
Preglednica 4: Primerjava tehničnih rešitev vodenja kolesarjev v križiščih pri levem zavijanju.	25
Preglednica 5: Primeri tehničnih rešitev desnega zavijanja kolesarjev v križiščih.	29
Preglednica 6: Primeri tehničnih rešitev za vodenje kolesarjev v krožnih križiščih.	33
Preglednica 7: Zmanjševanje čakalnih časov za kolesarje z uporabo krmilnih programov.	37
Preglednica 8: Pregled variant posebnih nivojskih in izvennivojskih križanj.	41
Preglednica 9: Pregled horizontalne signalizacije.	46
Preglednica 10: Pregled vertikalne signalizacije.	49
Preglednica 11: Pregled različnih možnosti postavitve svetlobno varnostnih naprav.	53
Preglednica 12: Določitev nivoja uslug za semaforizirana križišča.	74
Preglednica 13: Izračunani parametri celotnega križišča za jutranjo konico prve predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.	75
Preglednica 14: Pregled jutranje konice prve predlagane variante po smereh.	76
Preglednica 15: Izračunani parametri celotnega križišča za popoldansko konico prve predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.	77
Preglednica 16: Pregled popoldanske konice prve predlagane variante po smereh.	78
Preglednica 17: Izračunani parametri celotnega križišča za jutranjo konico druge predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.	79
Preglednica 18: Pregled jutranje konice druge predlagane variante po smereh.	80

---

Preglednica 19: Izračunani parametri celotnega križišča za popoldansko konico druge predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.	82
Preglednica 20: Pregled popoldanske konice druge variante po smereh.	83
Preglednica 21: Izračunani parametri celotnega križišča za jutranjo konico tretje predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.	84
Preglednica 22: Pregled jutranje konice tretje variante po smereh.	85
Preglednica 23: Izračunani parametri celotnega križišča za popoldansko konico tretje predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.	86
Preglednica 24: Pregled popoldanske konice tretje variante po smereh.	87
Preglednica 25: Nivo uslug treh variant križišča pri jutranji konici	95
Preglednica 26: Nivo uslug treh variant križišča pri popoldanski konici.	96
Preglednica 27: Izračunani parametri celotnega križišča za jutranjo konico izboljšane, tretje variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.	106
Preglednica 28: Pregled jutranje konice tretje, izboljšane variante po smereh.	109
Preglednica 29: Izračunani parametri celotnega križišča za popoldansko konico izboljšane, tretje variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.	111
Preglednica 30: Pregled popoldanske konice tretje, izboljšane variante po smereh.	113

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Procent izbire transportnih sredstev glede na namene potovanj	13
Grafikon 2: Povprečne zamude za smer B – A	89
Grafikon 3: Povprečne zamude za smer B – D	89
Grafikon 4: Primerjava kapacitete variant za jutranjo konico	90
Grafikon 5: Primerjava kapacitete variant za popoldansko konico	91
Grafikon 6: Primerjava stopnje zasičenosti pri jutranji in popoldanski konici prve variante	92
Grafikon 7: Primerjava stopnje zasičenosti pri jutranji in popoldanski konici druge variante	92
Grafikon 8: Primerjava stopnje zasičenosti pri jutranji in popoldanski konici tretje variante	93
Grafikon 9: Primerjava povprečnih zamud pri jutranji konici treh variant križišča	94
Grafikon 10: Primerjava povprečnih zamud pri popoldanski konici treh variant križišča	95
Grafikon 11: Onesnaževanje zraka z emisijami CO za jutranjo konico	97
Grafikon 12: Onesnaževanje zraka z emisijami CO za popoldansko konico	98
Grafikon 13: Onesnaževanje zraka z emisijami NO <sub>x</sub> za jutranjo konico	99
Grafikon 14: Onesnaževanje zraka z emisijami NO <sub>x</sub> za popoldansko konico	99
Grafikon 15: Onesnaževanje zraka z emisijami NO <sub>x</sub> za obdobje dveh let	100
Grafikon 16: Maksimalna dolžina kolone za jutranjo konico	101
Grafikon 17: Maksimalna dolžina kolone za popoldansko konico	101
Grafikon 18: Povprečne dolžine kolone za jutranjo konico	102
Grafikon 19: Povprečne dolžine kolone za popoldansko konico	103
Grafikon 20: Povprečno število ustavljanj pri jutranji konici	104
Grafikon 21: Povprečno število ustavljanj pri popoldanski konici	104
Grafikon 22: Primerjava kapacitet za jutranjo konico tretje in tretje izboljšane variante križišča	107

---

Grafikon 23: Primerjava različnih parametrov za jutranjo konico tretje in tretje, izboljšane variante križišča	108
Grafikon 24: Primerjava med kapacitetami stare in nove variante za smeri B –A in B – D, pri jutranji konici	110
Grafikon 25: Primerjava osnovnih parametrov nove in stare variante za smer B – A, pri jutranji konici	110
Grafikon 26: Primerjava osnovnih parametrov nove in stare variante za smer B – D, pri jutranji konici	111
Grafikon 27: Primerjava kapacitet za popoldansko konico tretje in tretje izboljšane variante križišča	112
Grafikon 28: Primerjava različnih parametrov za popoldansko konico tretje in tretje, izboljšane variante križišča	112
Grafikon 29: Primerjava med kapacitetami stare in nove variante za smeri B –A in B – D, pri popoldanski konici	114
Grafikon 30: Primerjava osnovnih parametrov nove in stare variante za smer B – A, pri popoldanski konici	115
Grafikon 31: Primerjava osnovnih parametrov nove in stare variante za smer B – D, pri popoldanski konici	115
Grafikon 32: Število kolesarjev, ki jih prepeljemo čez križišče preden se ustvari konflikt pri krmilnem programu za jutranjo konico (ciklus 90s)	120
Grafikon 33: Število kolesarjev, ki jih prepeljemo čez križišče preden se ustvari konflikt pri krmilnem programu za popoldansko konico (ciklus 85s)	120
Grafikon 34: Število kolesarjev, ki prevozijo križišče preden se ustvari konflikt, v odvisnosti od dolžine ciklusa	121
Grafikon 35: Odstotek varnosti križišča v odvisnosti od dolžine ciklusa	122
Grafikon 36: Povprečne hitrosti vozil pri zavijanju	125

## KAZALO SLIK

Slika 1: Kolesarji v Amsterdamu	12
Slika 2: Direktno vodenje kolesarjev – nesemaforizirano križišče	16
Slika 3: Direktno vodenje kolesarjev – semaforizirano križišče	16
Slika 4: Indirektni prehod čez krak stranske ceste – semaforizirano križišče	17
Slika 5: Direktni način vodenja preko otokov	17
Slika 6: Indirektni način vodenja preko otokov.	18
Slika 7: Premaknjena stop črta	18
Slika 8: Premaknjena stop površina	19
Slika 9: Direktno vodenje kolesarjev v križišču	24
Slika 10: Indirektno vodenje kolesarjev v križišču	24
Slika 11: Vzporedno in samostojno vodenje kolesarskega promta v krožiščih	32
Slika 12: Prehod čez progo – slovenski standardi	40
Slika 13: Primer horizontalnih označb v Združenih državah Amerike	43
Slika 14: Predlog uporabe nove talne označbe – Slovenija	44
Slika 15: Predlagani znak, ki opozarja voznike na prisotnost kolesarjev na cesti – Slovenija	44
Slika 16: Primer vertikalne signalizacije na Nizozemskem (znaki za obvestila).	45
Slika 17: Horizontalne označbe kolesarskih površin v Ljubljani.	45
Slika 18: Možnosti postavitve semaforskih glav za kolesarje (levo - skupaj z pešci in desno - samostojno) – Ljubljana (Plava laguna).	52
Slika 19: Izvedba zavijanja z vmesnim otokom – Nemčija	55
Slika 20: Možen način direktnega vodenja levih zavijalcev z vmesnim otokom – Nemčija	56
Slika 21: Možen način vodenja levih zavijalcev - pas tik ob pasu za leve zavijalce motornih vozil – Nemčija	57
Slika 22: Direktno levo zavijanje za semaforizirana križišča – Nemčija	57

Slika 23: Podaljšana kolesarska steza pred prometni pas – Nizozemska	58
Slika 24: Primeri izvedbe zavijalnih žepov – Nizozemska	58
Slika 25: Levo zavijanje ob uporabi detektorjev – Nemčija	59
Slika 26: poseben pas za desno zavijanje – Nizozemska	60
Slika 27: Razvrščanje kolesarjev v posebne pasove – Nizozemska	60
Slika 28: Različni piktogrami – Nizozemska (1 – Kolesar na cesti; 2 – mesto, kjer se ločita kolesarski in motorni promet, 3 – prenehanje motornega prometa; 4 – oznaka poti; 5 – parkirišče za kolesarje; 6 – območje parkirišča za kolesarje; 7 – postajališče; 8 – oznaka za trajekt; 9 – informacijska točka; 10 – pisarna za turistične informacije; 11 – območje za rekreacijo)	63
Slika 29: Talne označbe – Kanada	63
Slika 30: Različni prometni znaki, ki izboljšajo udobje kolesarja pri vožnji – Nizozemska	64
Slika 31: Semafor z odštevalnikom časa – Nizozemska	65
Slika 32: Znaki, ki se postavljajo na križišču opremljenim z detektorji – ZDA	65
Slika 33: Prvotni prometni režim križišča	67
Slika 34: Zavijalni žep na vozišču, ki omogoča levo zavijanje proti kraku B	68
Slika 35: Zavijalni žep na pločniku, ki omogoča levo zavijanje proti kraku D	69
Slika 36: Kolesarski prehod čez krak A	69
Slika 37: Tretja primerjana varianta	70
Slika 38: Druga primerjana varianta	71
Slika 39: Prva primerjana varianta	72
Slika 40: Zastoji iz smeri B za jutranjo konico prve variante	77
Slika 41: Zastoji iz smeri B za popoldansko konico prve variante	79
Slika 42: Zastoji iz smeri B za jutranjo konico druge variante	81
Slika 43: Zastoji iz smeri B za popoldansko konico druge variante	84
Slika 44: Zastoji iz smeri B za jutranjo konico tretje variante	86
Slika 45: Stanje pri popoldanski konici tretje variante	88
Slika 47: Zavijanje z “by – pass – om“	117
Slika 48: Zavijanje brez “by – pass – a“	118

Slika 49: Izračun vmesnih časov	123
Slika 50: Vmesni časi – premaknjena stop črta	124
Slika 51: Merjeno območje na križišču Bavarski dvor	125
Slika 52: Prehod za križišče z “by – pass – om “	126
Slika 53: Prehod za križišče brez “by – pass – a“	127





## **1 UVOD**

Kolesarjenje postaja, za vse več ljudi, del vsakdanjega življenja. Kolesarjenje ne pomeni več samo fizične aktivnosti, ampak tudi ekološko ozaveščenost, saj kolesarjenje znatno zmanjšuje hrup in onesnaževanje, ki ju povzroča motorni promet. Fizična aktivnost vpliva na zdravje ljudi, ki poveča tudi produktivnost. Današnji način življenja zahteva povečano uporabo transportnih sredstev. Ravno zato, vsa velika evropska in svetovna mesta, spodbujajo ljudi k kolesarjenju. Splošno znano je, da je kolesarjenje zelo popularno na Nizozemskem in Danskem, ki imajo najboljše razmere za takšno vrsto prometa. Po drugi strani povečanje števila kolesarjev na cestah zahteva tudi drugačne prometne ureditve, ki bi izboljšale udobje in varnost kolesarjev na cesti. Zato se veliko projektantov in planerjev ukvarja s tem problemom.

Ljubljana, v primerjavi z ostalimi velikimi evropskimi mesti, ne zamuja pri razvoju kolesarskega prometa. Tudi v Ljubljani je veliko ljudi, ki se odločajo za takšen način transporta. Zelo aktualen je sistem BicikeLJ, ki spodbuja prebivalce Ljubljane k kolesarskem prometu. Sistem je enostaven za uporabo in ima v tem trenutku več kot 25.000 uporabnikov.

### **1.1 Opis problema**

Vsak novozgrajeni prometni objekt, ki se vmesti v že obstoječe cestno omrežje zahteva tudi rekonstrukcijo samega cestnega omrežja. V povezavi z velikostjo in funkcijo novozgrajenega objekta se spremeni tudi celoten prometni režim na vplivnem območju objekta. Upravičenost nove prometne povezave se pred izgradnjo preveri z različnimi prometnimi študijami. Prometne študije se delajo za različne namene, kot so: študije cestnega prometa, študije javnega prometa, študije blagovnega prometa, študije kolesarskega in peš prometa ter kapacitetne analize križišč in odsekov. Zanesljiva prometna študija je osnova za prometno planiranje. Iz tega se lahko napovejo prometne obremenitve in varnost. Prva sodobna prometna študija v Sloveniji je bila izdelana leta 1965 na Ljubljanskem urbanističnem zavodu.

Napovedi prometa oziroma novih prometnih obremenitev na območju obdelave se izvedejo z simulacijami. V odvisnosti od velikosti območja obdelave poznamo makroskopske, mezoskopske in mikroskopske modele. Za največje območje obdelave, kot so države ali regije, uporabljamo makroskopski model. Ta je štiri – stopenjski in je sestavljen iz sledečih stopenj: generacija potovanj, distribucija potovanj, izbira prometnega sredstva in obremenjevanje. Vključujejo se lahko vse vrste osebnega in tovornega prometa. Rezultat makroskopske simulacije je napoved prometnih tokov vozil oziroma oseb na prometnem omrežju ter njihova hitrost in zgoščenost na dnevni ali urni ravni.

Model, ki je po natančnosti med makroskopskim in mikroskopskim, je mezoskopski model. Uporablja se navadno na urbanih območjih. Ne vključujejo modeliranja povpraševanja, temveč samo obremenjevanje, ki je ponavadi simulacijsko – dinamično in obravnava vsako skupino ali enoto individualno. Podrobneje opisuje cestno mrežo in vključuje lastnosti križišč, priključkov in odcepov (geometrija, semaforški cikli). Rezultati tega modela so podrobne poti in hitrosti vozil na omrežju, zamude in vrste v križiščih ter njihova dinamika.

Model, ki omogoča najnatančnejše in najpodrobnejše analize prometa je mikroskopski model. Tudi ta model vključuje samo stopnjo obremenjevanja, ki je ponavadi simulacijsko – dinamična in obravnava vsako skupino ali enoto individualno. Poleg klasičnega modeliranja vozil, se lahko uporablja tudi za simulacijo pešcev (gibanje pešcev na peš conah in prehodih, vozliščih in postajah javnega potniškega prometa, stadionih, trgovskih centrih, raznih prireditvah in pri simulacijah izrednih dogodkov (evakuacija)). Fizične lastnosti prometnega omrežja so natančno določene, zaradi česar je mogoče vključiti vse elemente prometa. Rezultat je vizualna simulacija prometa, ki vsebuje množico podatkov o učinkovitosti omrežja, kot so hitrosti in potovalni časi, zamude, vrste in število ustavljanj v križiščih ter njihova dinamika.

V Ljubljani trenutno poteka gradnja mostu, ki bo povezal Njogoševo in Roško cesto. Most je poimenovan po arhitektu Maxu Fabianiju, ker sestavlja zadnji del "ringa", ki ga je ta ljubljanski arhitekt predlagal kot rešitev urbanističnega problema v Ljubljani leta 1895, takoj po velikonočnem potresu. Most bo sestavljen iz dveh etaž. Na zgornji etaži bo potekal samo motorni promet, spodnja etaža bo samo za pešce in kolesarje.

Zaradi izgradnje mostu, se bosta rekonstruirali križišči Njogoševa – Zaloška in Roška – Poljanska. Na širšem območju Rozmanove, Ilirske in Hrvatskega trga se bo spremenil tudi celoten prometni režim. Pri rekonstrukciji križišč se projektanti ukvarjajo tudi z načinom vodenja kolesarjev. Najbolj moderen način vodenja kolesarjev, je vodenje kolesarjev naravnost skozi križišče. Takšna ureditev lahko povzroči dodatne zamude motornih vozil v križišču. Ena izmed nalog diplomske naloge je bila preveriti kako različne vrste prometnih ureditev križišča vplivajo na zamude. Omenjeno ureditev smo preverili tudi iz stališča varnosti kolesarjev. Takšna ureditev lahko povzroči spremembo stanja varnosti v križišču.

## **1.2 Namen in cilj diplomske naloge**

V diplomski nalogi smo se ukvarjali z načinom vodenja kolesarjev skozi križišče. Poiskali smo tuje predpise (tehnične specifikacije) za vodenje kolesarjev v križiščih in našli primere takšne prakse v tujini. Tuje predpise smo med seboj primerjali in na podlagi tega predlagali najbolj optimalne tehnične rešitve, ki bi se lahko uporabljale v Republiki Sloveniji.

Druga naloga, pri diplomski nalogi, je bila analiza rekonstruiranega križišča Poljanska – Roška iz stališča zamud motornih vozil in prometne varnosti. Na podlagi napovedanih prometnih obremenitev smo izdelali mikrosimulacijo celotnega območja od Hrvatskega trga do križišča Poljanska – Roška. Na podlagi rezultatov mikrosimulacij smo naredili kapacitetno analizo križišča Poljanska – Roška. Mikrosimulacije smo izdelali glede na različne predloge rekonstrukcije. Pri analizi smo se osredotočili na kolesarski promet. Primerjali smo variante, ko gre kolesarska steza naravnost skozi križišče in ko je zavijanje za vozila bolj ostro, kot je to običajno. Preverili smo, kaj takšna kolesarska ureditev pomeni za zamude v križišču. Glede na to smo predlagali najboljšo prometno rešitev iz stališča zamud motornih vozil.

Zadnja naloga je bila narediti varnostno analizo vodenja kolesarjev v križiščih. Variante vodenja kolesarjev v križiščih smo primerjali iz stališča prometne varnosti.

### **1.3 Podatki**

Podatke, ki smo jih uporabljali pri izdelavi mikrosimulacije smo pridobili v podjetju City Studio d.o.o. Dobili smo podatke o prometnih obremenitvah obravnavanih križišč za jutranjo in popoldansko konico, signalne programe obravnavanih križišč ter tri variante prometnih ureditev obravnavanega območja.

#### **1.3.1 Pregled podatkov o prometnih obremenitvah**

Podatke o prometnih obremenitvah za obe križišči smo pridobili iz makroskopskega simulacijskega modela, ki ga je izvedlo podjetje PNZ d.o.o. Prometne obremenitve so bile podane za popoldansko in jutranjo konico.

Obremenitve so bile podane za vsako smer posebej. Natančno je bilo ponazorjeno koliko vozil izvozi iz posamezne smeri in v katero smer uvaža.

Javni potniški promet smo razbrali iz vozniških redov. Glede na to, da avtobusne proge, ki bodo potekale čez most, v tem trenutku, še niso poznane, smo te proge logično predpostavili.

#### **1.3.2 Pregled signalnih programov**

Podatke o signalnih programih smo dobili samo za križišče Poljanska – Roška. Imeli smo tri različne programe, za jutranje, dnevne in popoldanske pogoje. Za križišče na drugi strani mostu, Njogoševa – Zaloška, signalni program v času izdelave diplomske naloge še ni bil narejen.

Signalni program vsebuje podatke o dolžini cikla in zamiku, ki sta bila različna v vseh treh primerih. Podatki za posamezen signalni program so bili razdeljeni glede na svetlobne dajalce. Posebej so bile podani signalni dajalci za motorni, kolesarski in peš promet. Iz teh podatkov smo lahko prebrali število faz ter dolžino trajanja posamezne faze. Faze morajo biti razporejene tako, da bo v križišču, glede na obremenitev, prihajalo do čim manjših zamud motornih vozil.

Signalni program je izdelalo podjetje City Studio d.o.o.

### **1.3.3 Pregled variant prometnih ureditev**

Za križišče, ki smo ga obravnavali v diplomski nalogi, je bilo predlaganih več variant prometnih ureditev. Za našo analizo smo uporabili tri variante, prvo predlagano, vmesno in končno varianto. Prva varianta je bila narejena v letu 2009, ko se je začela gradnja mostu in rekonstrukcija križišč. Ta se je bistveno razlikovala od zadnje variante iz leta 2011. Vmesna varianta je zelo podobna zadnji varianti iz leta 2011. Vse variante je načrtovalo podjetje City Studio d.o.o.

Razlika je bila predvsem v načinu vodenja kolesarjev, ki pri prvi varianti niso šli naravnost skozi križišče. Razlika je bila tudi pri zavijanju vozil, saj način vodenja kolesarjev naravnost skozi križišče zahteva bolj ostro zavijanje in s tem tudi manjše hitrosti pri zavijanju. To je predvsem pomembno iz vidika varnosti kolesarjev, saj bolj oster ovinek prisili voznike motornih vozil v manjšo hitrost in tako na boljši pregled nad dogajanjem v križišču.

### **1.4 Opis metode dela pri izdelavi naloge**

Diplomska naloga je bila izdelana s pomočjo strokovne in znanstvene literature. Raziskave in analize smo opravljali z različnimi računalniškimi programi. V diplomski nalogi so bile uporabljene metode simuliranja in modeliranja ter analize in sinteze podatkov.

Mikrosimulacijo smo izdelali z računalniškim programom PTV Vissim 5.3.0.. Iz programa PTV Vissim 5.3.0. je možno privzeti različna poročila o mikrosimulaciji. Tako smo se osredotočili samo na tista poročila, ki smo jih uporabljali pri nadaljnji analizi, zahtevani v diplomski nalogi. Tako smo, na primer, obdelali poročila, ki se nanašajo na nastale zamude vozil v križiščih, povprečne in maksimalne dolžine kolone v križiščih, kapaciteto ter stopnjo zasičenosti križišč.

Podatke iz poročil, ki smo jih pridobili z mikrosimulacijo s programom PTV Vissim 5.30., smo obdelali s programoma Microsoft Office Excel in Microsoft Office Access. Omenjena programa smo uporabljali za izdelovanje preglednic in grafikonov, ki so služili za boljšo ponazoritev rezultatov mikrosimulacije.

## 2 POMEN IZRAZOV

Definicije in razlage strokovnih izrazov, ki so bile iz povzete iz skripte Teorija prometnega toka (Doc. Dr. Tomaž Maher, 2007):

“Prometni tok je število vozil, ki prevozi določeni opazovani presek ceste v enoti časa v eni smeri (enosmerne ceste) ali v obeh smereh (dvosmerne ceste).”

“Gostota prometnega toka je število vozil na enoto dolžine prometnice, glede na vozni pas, smer pri enosmernih cestah ali pa glede na obe smeri pri dvosmerni cesti.”

“Potovalni čas predstavlja srednjo vrednost potovalnega časa vseh vozil opazovanega prometnega toka preko določenega odseka ceste”

“Časovni razmak med vozili predstavlja čas med prehodi sprednjega roba dveh zaporednih vozil preko namišljenega preseka na opazovanem odseku ceste.”

“Razmak med vozili pri sledenju predstavlja razdaljo med prednjimi robovi zaporedno vozečih vozil v prometnem toku.”

“Občasno prekinjeni prometni tokovi so tokovi, kjer poleg medsebojne odvisnosti med vozili na gibanje vplivajo tudi zahteve po uporabi istih prometnih površin za vozila iz različnih smeri, ki se med seboj sekajo.”

“Nehomogen ali mešan prometni tok, je realen prometni tok, ki je sestavljen iz dveh ali več različni kategorij vozil.”

“Pogojno homogen prometni tok, je teoretična aproksimacija, kjer se nehomogen prometni tok pretvori v homogenega. Izraža se ve enotah osebnih vozil (e.o.v.).”

“Enota osebnih vozil (eov) je količina s katero se izrazi pogojno homogen prometni tok. Sprememba v eov se naredi z upoštevanjem različnih faktorjev ekvivalentnosti ( $E_i$ ), ki je odvisen od vrste vozila, dolžine vozila, vozno – dinamičnih karakteristik vozila, karakteristike ceste in praktičnega problema, ki se rešuje.”

“Deterministični matematični modeli, ki se uporabljajo za opisovanje zakonitosti gibanja vozil v prometnih tokovih na cestah so lahko :

- Mikroskopski
- Makroskopski.”

“Mikroskopski modeli obravnavajo zakonitosti gibanja posameznih vozil.”

“Makroskopski modeli obravnavajo prometni tok, kot celoto, oziroma dele večje celote.”

“Simulacija je eksperimentalna predstava realnega sistema z umetnim modelom.”

“Modeliranje predstavlja postopek načrtovanja modela.”

“Semaforizirano križišče predstavlja najbolj značilen sistem urejanja, krmiljenja in prekinitve prometnega toka. Semaforji ciklusno (periodično) ustavljajo promet v posamezni smeri ali skupini smeri vožnje.”

“Signalna naprave oziroma semaforji imajo tri osnovne načine krmiljenja oziroma reguliranja prometnega toka:

- Prometno neodvisno krmiljenje, kjer je dolžina ciklusa, faz in intervalov predhodno določena;
- Delno prometno odvisno krmiljenje, kjer zeleni signal na glavni cesti deluje toliko časa, dokler detektor na stranski cesti ne zazna čakajočih vozil;
- Prometno odvisno krmiljenje, kjer vse faze kontrolira detektor, določena sta le najkrajši in najdaljši dopustni čas vsake faze. Uporablja se za koordinacijo prometnih tokov skozi serijo križišč.”

“Značilnost cestišča oziroma geometrija cestišča je običajno predstavljena ter zajema vse pomembne informacije o številu in širini posameznih voznih pasov, naklonu cestišča in razmerah za parkiranje.”



“Pri opisu delovanja semaforiziranega križišča se uporabljajo naslednji termini:

- Ciklus (C) – predstavlja čas, ki preteče od ene kombinacije signalnih znakov do ponovnega začetka iste kombinacije;
- Faza – predstavlja čas trajanja prostega časa za posamezne ali skupine voznih pasov vozilo oziroma prečkanja pešcev;
- Interval – predstavlja čas trajanja posameznih svetlobnih znakov;
- Vmesni čas – predstavlja intervala “rumeno” in “vse rdeče”, ki se pojavljata med fazami, da bi se omogočilo izpraznjene križišča in onemogočale navzkrižne vožnje;
- Zeleni čas – čas, ko je na voljo zelena luč za posamezno fazo;
- Izgubljeni čas – Predstavlja čas, ko se križišče efektivno ne uporablja za nobeno skupino voznih pasov,
- Efektivni čas – predstavlja čas v posamezni fazi, ko lahko prometni tok skupine voznih pasov prečka križišče oziroma zajema “zeleni čas” in “rumeno luč vmesnega časa” minus “izgubljeni čas” za posamezno fazo;
- Delež zelene luči – razmerje med efektivnim zelenim časom in dolžino ciklusa za določeno fazo
- Efektivni rdeči čas – predstavlja čas, v katerem ni dovoljeno efektivno prečkanje skupine voznih pasov za določeno fazo, oziroma predstavlja dolžino ciklusa minus efektivni zeleni čas za določeno fazo;
- Konični čas – običajno petnajst – minutno obdobje največjih prometnih tokov;
- Faktor končne ure (PHF) – razmerje med urnim pretokom in pretokom v koničnem času.”

“Zamude v križišču predstavljajo povprečno zamudo vseh vozil, ki prispejo v obdobju analiziranja križišča, vključno z zamudami, ki se ob prenasajenih razmerah razpotegejo preko analiziranega obdobja.”

“Dolžina kolone predstavlja število vozil, ki čakajo v koloni v odvisnosti od načina prihoda vozil in števila vozil, ki v času zelene faze ne prečkajo križišča.”

“Nivo uslug posameznega križišča je zasnovan na osnovi zamud zaradi krmiljenja oziroma zaradi kontrole.”

Izrazi povzeti iz Zakona o varnosti cestnega prometa (Uradni list RS, št. 83/2004, z dne 29.7.2004):

“Prometni pas je označen ali neoznačen vzdolžni del smernega vozišča, ki je dovolj širok za neovirano vožnjo dvoslednih vozil v eni vrsti.”

“Kolesarski pas je vzdolžni del ceste, namenjen prometu koles in koles s pomožnim motorjem, ki je zaznamovan z vzdolžno črto na vozišču ali pločniku.”

“Pas za pešce je označen vzdolžni del vozišča, ki je namenjen hoji pešcev.”

“Pločnik je del ceste, ki je ločen od vozišča in je namenjen in urejen za promet pešcev, lahko pa tudi za mešani promet pešcev in kolesarjev.”

“Prehod za pešce je del vozišča, ki je namenjen prehajanju pešcev čez cesto in je označen s predpisano prometno signalizacijo.”

“Križišče je prometna površina, ki nastane s križanjem ali združitvijo dveh ali več cest v isti ravnini. Za križišče šteje tudi priključek na javno cesto, razen priključka nekategorizirane ceste iz tretjega odstavka 9. člena Zakona o varnosti cestnega prometa, priključka dovozne poti do objekta ali zemljišča in priključka kolovozne poti brez zgrajenega in utrjenega vozišča. Cesta v tem smislu vključuje poleg vozišča tudi pločnik, kolesarsko stezo in druge dele cestišča.”

“Motorno vozilo je vozilo, namenjeno vožnji po cesti z močjo lastnega motorja, razen tirmih vozil in koles s pomožnim motorjem.”

“Osebni avtomobil je motorno vozilo, namenjeno prevozu oseb, ki ima poleg sedeža za voznika še največ osem sedežev.”

“Tovorno vozilo je motorno vozilo, namenjeno prevozu tovora.”

“Avtobus je motorno vozilo, namenjeno prevozu oseb, ki ima poleg sedeža za voznika več kot osem sedežev.”

“Zgibni avtobus je avtobus, sestavljen iz dveh ali več togih delov, ki so med seboj povezani s pregibnim delom, ki omogoča prehajanje oseb iz enega v drugi del.”

“Udeleženec cestnega prometa je oseba, ki je na kakršenkoli način udeležena v cestnem prometu.”

“Voznik je oseba, ki na cesti vozi vozilo.”

“Pešec je oseba, udeležena v cestnem prometu, ki hodi po cesti, pri tem pa lahko vleče ali potiska vozilo, ali se premika z invalidskim vozičkom s hitrostjo pešca ali tak voziček potiska, in oseba, ki uporablja za gibanje drugo prevozno sredstvo, ki po tem zakonu ni vozilo.”

“Reakcijska pot je pot, ki jo vozilo prevozi od trenutka, ko voznik zazna oviro pred vozilom, do trenutka, ko prične zavirati ali kako drugače ustrezno ukrepa.”

“Prometna ureditev je način potekanja in vodenja prometa, ki ga za cesto ali njen del oziroma za naselje ali njegov del določi upravljavec ceste in ga označi s predpisano prometno signalizacijo. Prometna ureditev obsega:

- določitev prednostnih smeri in sistem ter način vodenja prometa;
- omejitve uporabe ceste ali njenega dela glede na vrsto prometa;
- omejitve hitrosti in določitev ter izvedba ukrepov za umirjanje prometa;
- ureditev mirujočega prometa;
- določitev območij umirjenega prometa, območij omejene hitrosti in območij za pešce;
- določitev drugih prepovedi, obveznosti ali omejitev udeležencem cestnega prometa.”

### **3 PRIMERI TUJIH PREDPISOV**

V diplomski nalogi smo govorili o načinu vodenja kolesarskega prometa skozi rekonstruirani križišči Njogoševa – Zaloška ter Poljanska – Roška. Zanimale so nas predvsem razlike v zamudah motornega prometa in varnosti glede na dva načina vodenja kolesarjev. Prvi način je indirektni. V tem primeru se kolesar ne zapelje naravnost skozi križišče, za razliko od drugega načina, kjer imajo kolesarji svoj posebni pas, ki jih pelje naravnost skozi križišče skupaj z ostalim motornim prometom.

Drugi način vodenja je bolj moderen način, ki so ga začele uveljavljati države z bolj razvitimi kolesarskimi ureditvami. V Sloveniji je to nekaj novega. Zato smo se odločili, da bomo preverili kakšne izkušnje imajo v tujini in kakšni so njihovi veljavni predpisi za načrtovanje kolesarskega prometa. Prikazali in opisali smo primere iz tujih držav, ki so na tem področju bolj razvite. Njihove veljavne predpise smo primerjali med seboj in hkrati tudi z predpisi v Republiki Sloveniji.

Primerjavo smo naredili na podlagi glavnih tehničnih elementov za projektiranje kolesarju prijazne infrastrukture. Izbrali smo tiste države, kjer je kolesarska infrastruktura najbolj razvita in kjer imajo najboljše standarde za projektiranje le te.

### **3.1 Predstavitev predpisov**

V diplomski nalogi smo primerjali predpise štirih držav, ki so na področju kolesarskega prometa zelo razvite. Vzeli smo primere dveh evropskih držav (Nizozemska in Nemčija) ter obeh severnoameriških držav (Združene države Amerike in Kanada). Naredili smo primerjavo med različnimi projektnimi rešitvami, ki jih najdemo v priročnikih za projektiranje.

Preverili in primerjali smo tudi priročnik iz Republike Slovenije. Po končanem pregledu tehničnih rešitev, smo predlagali tiste, ki so po našem mnenju, uporabni za slovenske razmere.

#### **3.1.1 Nemčija**

Stari nemški predpisi ERA95 so bili prenovljeni in na novo izdani v letu 2010. Tako je nastala ERA2010 (nem. Empfehlungen für Radverkersanlagen), eden izmed najboljših predpisov na področju projektiranja kolesarskih poti.

Predpisi zelo natančno opredeljujejo cilje in funkcije kolesarske infrastrukture. Vsebujejo 12 poglavij, ki projektanta uspešno vodijo do izdelave kolesarju prijazne infrastrukture.

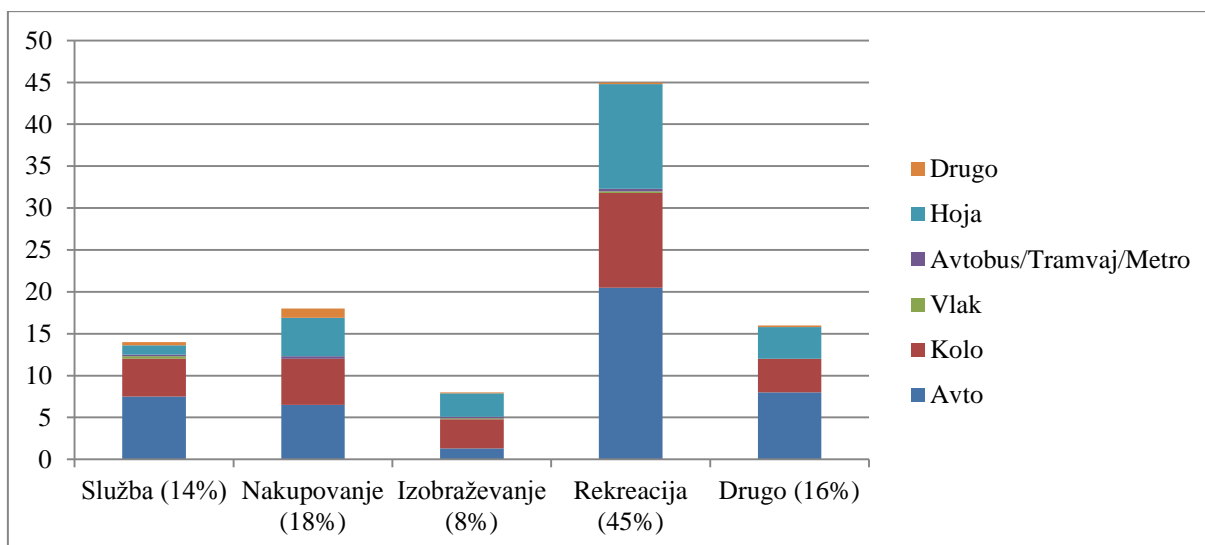
### 3.1.2 Nizozemska

Nizozemska je država, ki ima eno izmed najdaljših tradicij kolesarjenja. Kolesarjenje na Nizozemskem se je začelo že v drugi polovici devetnajstega stoletja in se je razvilo celo prej kot motorni promet. Leta 1930 je bilo v tej državi okoli 2,5 milijonov kolesarjev in zgolj 67000 osebnih vozil. Nato se je začel množičen razvoj avtomobilske industrije, ki je počasi izrinila kolesarje. Kolesarski promet se v tej državi vrača in danes kolo predstavlja drugo najpomembnejše prevozno sredstvo, takoj za osebnim avtomobilom. V povprečju se okoli 25% Nizozemcev odloča za kolesarski transport iz različnih razlogov.



Slika 1: Kolesarji v Amsterdamu

Na spodnjem grafikonu smo prikazali, v procentih, kakšna je porazdelitev izbire transportnih sredstev glede na namen potovanja. Tukaj smo lahko videli, da kolesarjenje na Nizozemskem predstavlja ogromen delež potovanj. Ravno zaradi tega je pomembno, da ima Nizozemska zelo dobre predpise na področju projektiranja in planiranja kolesarju prijazne infrastrukture.



Grafikon 1: Procent izbire transportnih sredstev glede na namene potovanj

Nizozemski Priročnik za oblikovanje kolesarskega prometa (angl. Design Manual for Bicycle Traffic) je, leta 2006, izdalo podjetje C.R.O.W. Velja za enega izmed najbolj naprednih na tem področju po celem Svetu. Vsebuje devet poglavij, ki vodijo do uspešnega oblikovanja kolesarjem prijazne infrastrukture.

Za nas je bilo najbolj pomembno šesto poglavje. To poglavje govori o križiščih. V njem so vsebovane različne tehnične rešitve, ki smo jih v nadaljevanju primerjali z drugimi tehničnimi rešitvami različnih predpisov.

### 3.1.3 Kanada

Kanada uporablja Priročnik za planiranje in projektiranje za kolesarje in pešce (angl. Planning and Design for Pedestrian and Cyclist), ki ga je izdelal družba Vélo Québec. Izdan je bil v letu 2010. Priročnik, poleg predstavitve tehničnih elementov za projektiranje, tudi spodbuja ljudi k kolesarjenju in hoji.

V priročniku je namreč ponazorjeno, koliko časa ljudje porabijo v prometu v odvisnosti od prevoznega sredstva in koliko s tem onesnažujejo okolje. Poudarek je tudi na fizični aktivnosti in zdravju ter finančni racionalnosti izbire prevoznega sredstva. V Kanadi je med leti 1992 in 2005 število uporabnikov motornega prometa zraslo za 16%, število uporabnikov javnega prometa pa za 13%. Zato v Kanadi menijo, da je kolesarski in peš transport še eden izmed načinov za uspešno varčevanje denarja.

Sam priročnik je sestavljen iz devetih poglavij v katerih je predpisana pot do kolesarju prijazne infrastrukture. Za našo nalogo je najbolj zanimivo peto poglavje, kjer so tehnični rešitve za kolesarski promet v mestih.

Poleg tega se v Kanadskih prepisih ukvarjajo s površinami za pešce in kolesarje izven mest ter tudi s signalizacijo, planiranjem, gradnjo in vzdrževanjem kolesarskih in peš poti.

#### **3.1.4 Združene države Amerike**

Najnovejši priročnik na področju projektiranja kolesarskih prometnih povezav prihaja iz ZDA. Izdelali so ga člani združenja NACTO (angl. National Association of City Transportation Officials – Nacionalno združenje mestnih transportnih uradnikov). Priročnik so izdali aprila 2011 in se imenuje Priročnik za projektiranje urbanih kolesarskih poti (angl. Urban Bikeway Design Guide). Vsebuje pet poglavij, ki se ukvarjajo s potjo do kolesarju prijazne infrastrukture.

Priročnik je nastal na podlagi izkušenj iz najbolj kolesarsko urejenih mest na svetu. Priročnik vsebuje nekatere tehnične rešitve, ki jih v prejšnjih priročnikih nismo našli.

#### **3.1.5 Slovenija**

V Republiki Sloveniji, trenutno, ne obstaja nobena moderna publikacija za projektiranje kolesarju prijazne infrastrukture. Za enkrat je, še v procesu izdelave, novelacija Navodil za projektiranje kolesarskih površin. Publikacija še ni izdana. Njena zadnja sprememba je bila januarja leta 2012.

Publikacija se izdeluje na Prometnotehniškem inštitutu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Gre za modernizirana Navodila za projektiranje kolesarskih površin iz leta 2000, ki ga je ravno tako izdelal Prometnotehniški inštitut.

Pri našem delu, v diplomski nalogi, bomo tudi vključili omenjena navodila in jih primerjali z našimi predlogi, ki jih bomo podali glede na primerjavo tujih standardov.

## **3.2 Parametri**

Ena izmed nalog diplomske naloge je bila iskanje in primerjava tujih tehničnih predpisov na področju ureditve urbanih kolesarskih površin. Primerjavo smo izvedli na podlagi različnih tehničnih rešitev problemov, ki jih imamo pri projektiranju kolesarskih površin. Na koncu smo, izmed vseh primerjanih parametrov, predlagali tiste, ki so po našem mnenju najboljši za uspešno rabo v Republiki Sloveniji.

Primerjali smo naslednje skupine parametrov:

- prehodi čez stranske ceste;
- levo zavijanje kolesarjev v križiščih;
- desno zavijanje kolesarjev v križiščih;
- vodenje kolesarjev v krožnih križiščih;
- ukrepe za zmanjševanje čakalnih časov kolesarjev v križiščih;
- posebna nivojska in izvennivojska križanja ;
- signalizacija.

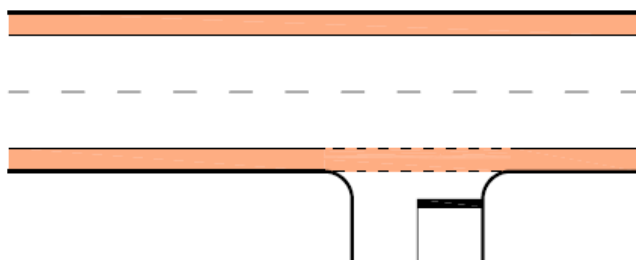
Vsako izmed skupin smo razdelili na podskupine.

### **3.2.1 Prehodi čez stranske ceste**

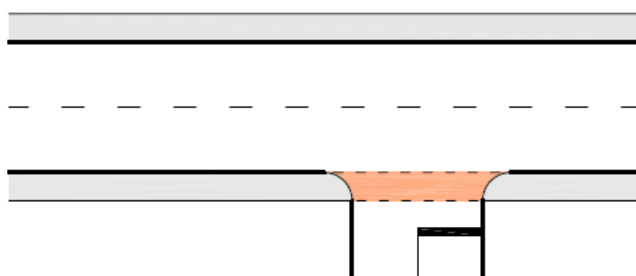
Pri prehodih kolesarske steze čez krak stranske steze ločimo indirektno in direktno prehode. Razlikujemo tudi prehode čez semaforizirana in nesemaforizirana križišča. Indirektni prehodi so, iz stališča kolesarjev manj ugodni za razliko od direktnih prehodov. V nadaljevanju tega poglavja smo naredili primerjavo med direktnimi in indirektnimi prehodi.



Pred tem pa smo pogledali, kako bodo bodoči slovenski predpisi obravnavali takšne vrste prehodov. Ugotovili smo, da bodo tudi slovenski predpisi obravnavali direktne in indirektne prehode čez krak stranske ceste. Primere lahko vidimo na naslednjih slikah.



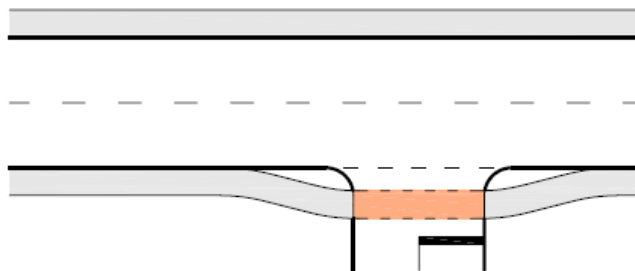
Slika 2: Direktno vodenje kolesarjev – nesemaforizirano križišče



Slika 3: Direktno vodenje kolesarjev – semaforizirano križišče

Pri direktnem vodenju poteka kolesarski promet po kolesarskem pasu. Ta se nahaja tik ob prometnem. Iz stališča varnosti kolesarjev, je takšno vodenje boljše kot indirektno. Kolesar je v tem primeru ves čas ob vozišču in je vozniku motornega vozila bolj viden. To povečuje njegovo varnost.

Na sliki 4 vidimo, kako je v slovenskih standardih obravnavan primer indirektnega vodenja kolesarjev čez krak križišča neprednostne ceste.

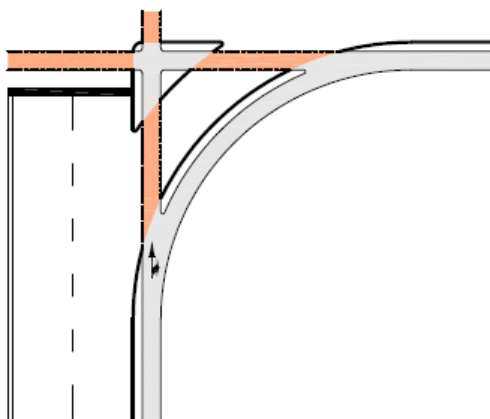


Slika 4. Indirektni prehod čez krak stranske ceste – semaforizirano križišče

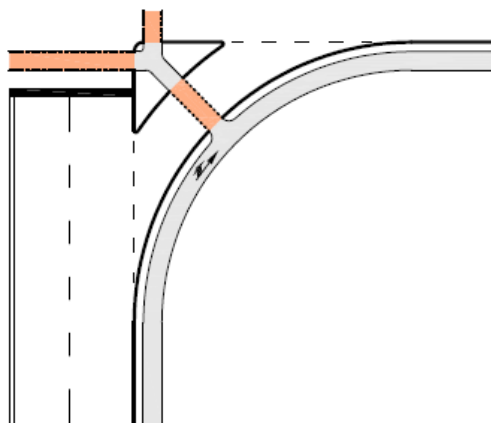
Kot smo lahko videli, je steza zamaknjena. S tem smo pridobili prostor za čakajoče pešce v križišču. Ena izmed neugodnih plati takšne ureditve je, da kolesar z odmikom od vozišča povzroči to, da je manj viden za motorni promet, kar ogroža njegovo varnost.

Bodoči slovenski standardi, za razliko od tujih, obravnavajo tudi vodenje kolesarjev preko otokov v križiščih. Tuji standardi takšnih primerov ne obravnavajo. Tudi tukaj smo ugotovili, da imamo indirektni in direkten način vodenja. Obravnavani način smo prikazali na naslednjih dveh slikah.

Prednost direktnega vodenja je ta, da je kolesar vozniku motornega prometa bolj opazen. Hkrati je ta rešitev bolj prijazna do kolesarjev, saj kolesar zaradi svoje poti ne rabi zmanjševati hitrosti.



Slika 5: Direktni način vodenja preko otokov

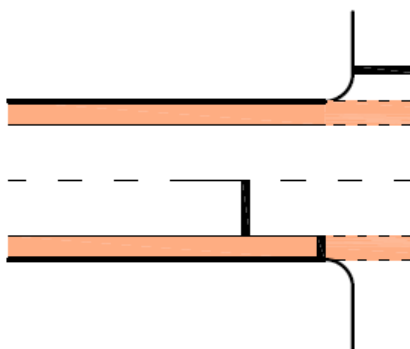


Slika 6: Indirektni način vodenja preko otokov.

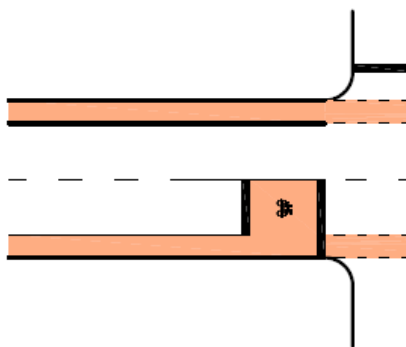
Predvsem za drugi način vodenja, smo iz standardov razbrali, da je slabši za kolesarje. To je zaradi izgube direktnosti linije vožnje in posledično zaradi izgube hitrosti kolesarjev.

Pri cestnih prehodih slovenski standardi obravnavajo tudi meso ustavitve kolesarjev v križiščih. Iz Novelacije Navodil za projektiranje kolesarskih površin, smo videli da ta standard obravnava dva takšna primera.

Prvi primer je premaknjena stop črta, drugi pa premaknjena stop površina. Takšne rešitev so standardi predlagali v primeru levega zavijanja kolesarjev.



Slika 7: Premaknjena stop črta



Slika 8: Premaknjena stop površina

### Indirektni prehod čez krak stranske ceste za nesemaforizirano križišče

Preglednica 1: Primerjava rešitev prehoda čez krak stranske ceste pri indirektnem vodenju kolesarjev za nesemaforizirano križišče.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Nemčija	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.
Nizozemska		<p>Izboljšana vidljivost kolesarjev. Nakazuje pravo smer vožnje. Slabost je levo zavijanje kolesarjev. Brez svetlobne signalizacije so kolesarji zelo ranljivi v konfliktnih.</p>
Kanada		<p>Za motorna vozila pride do novih dveh konfliktnih točk (motorno vozilo – kolesar in motorno vozilo - pešec); Zaradi visokih hitrosti prihaja do nesreč; Kolesarji se morajo ozirati nazaj, ko prihajajo do križišča.</p>
ZDA	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.

Iz stališča kolesarjev, je takšna vrsta prehoda nezaželena. Zato tudi najnovejši nemški in ameriški standardi takšnih primerov ne obravnavajo več.

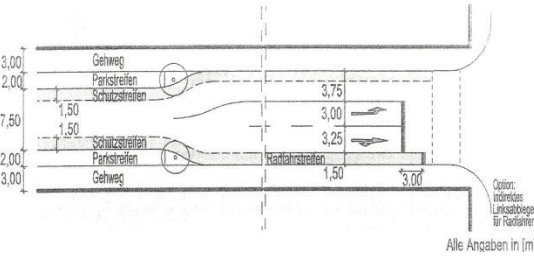
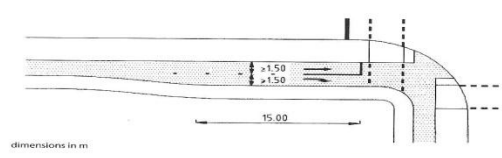
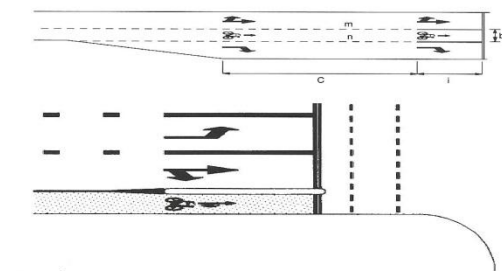
### Direktni prehod čez stransko cesto za nesemaforizirano križišče

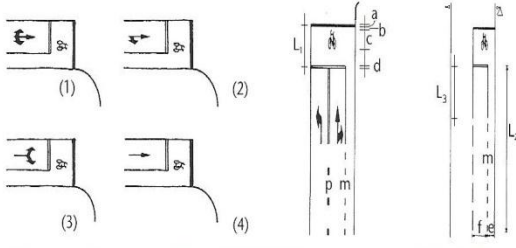

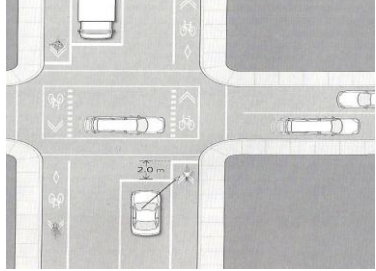
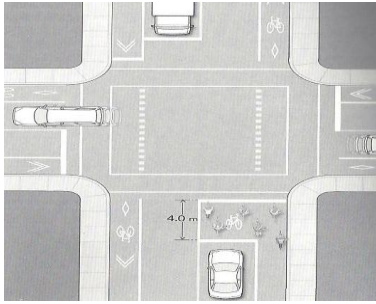
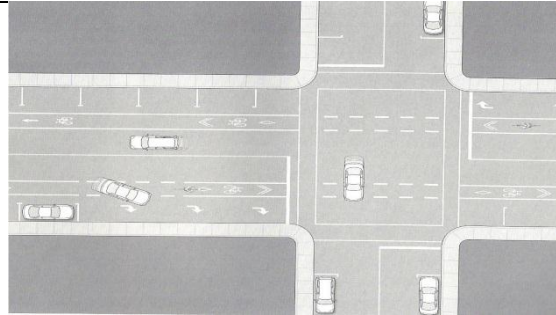
Preglednica 2: Primerjava rešitev prehoda čez krak stranske ceste pri direktnem vodenju kolesarjev za nesemaforizirana križišča.

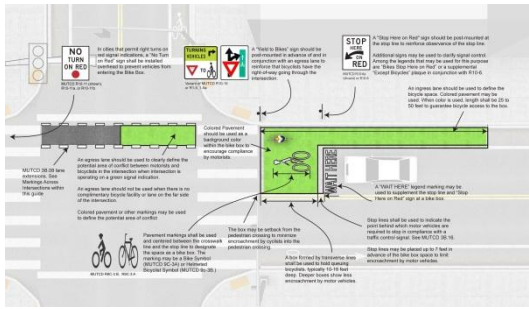
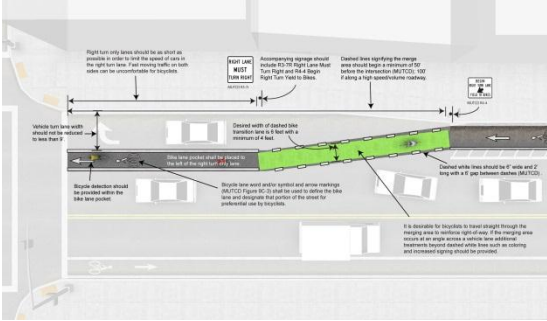
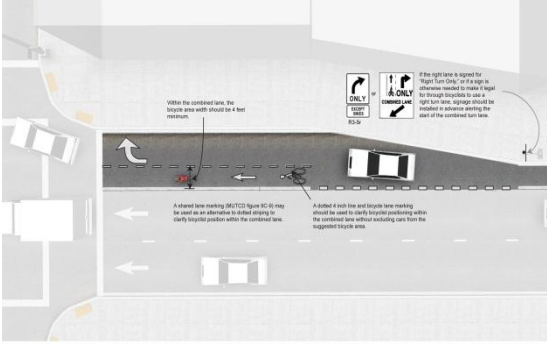
DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Nemčija		<p>Prehod čez stransko cesto se lahko izvede tudi brez svetlobnih varnostnih signalnih naprav. Uporabi se lahko vmesni otok.</p>
Nizozemska		<p>Izboljša se vidljivost kolesarja. Nakazuje pravo smer vožnje. Kolesar je jasno viden. Optimalna direktnost kolesarja. Prehod je nedvoumen in prepoznaven.</p>
Kanada		<p>Vozniki so z različnimi talnimi označbami opozorjeni na prisotnost kolesarjev in zato so pri zavijanju bolj previdni.</p>
ZDA	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.

### Prehodi čez stransko cesto za semaforizirana križišča

Preglednica 3: Primerjava rešitev za prehode čez semaforizirana križišča.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Nemčija		<p>Kolesar pri takšni ureditvi, kjer je kolesarski pas zaključen za prometnim pasom, mora biti zmeraj v vidnem polju voznika. To zmanjšuje možnost nesreč, zaradi boljše preglednosti.</p>
Nizozemska		<p>STOP črta za kolesarje je pred STOP črto za motorni promet. Ob enem, imajo kolesarji pravico do prostega desnega zavijanja. S takšno ureditvijo lahko tudi zmanjšamo čakalne čase.</p>
Nizozemska		<p>Kolesarji steza poteka po desni strani ali pa gre naravnost skozi križišče, seče pa jo lahko vozni pas za desne zavijalce. Takšne rešitve se uporabljajo samo na semaforiziranih križiščih.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Kolesarska steza, ki je podaljšana pred motorni promet. Kolesarji imajo v tem primeru prednost vožnje naravnost in lahko tudi prosto zavijejo desno ob rdeči luči na semaforju.</p>
		<p>Pri takšnem primeru imamo otok, ki je postavljen iz varnostnih razlogov. Na otoku imamo lahko čakajoče pešce. Otok preprečuje tudi, da bi zavijajoče vozila zapeljala na kolesarsko površino. Pri takšni ureditvi imamo lahko posebno fazo za desne zavijalce.</p>
Kanada		<p>Kolesarska steza je postavljena pred vozni pas za motorna vozila z namenom opozarjanja voznikov na kolesarje. Kolesar je v tem primeru bolj viden vozniku.</p>
		<p>Podaljšana kolesarska steza (angl. bike box) služi kolesarjem za boljši izkoristek pri vožnji naravnost ali izkoristek predfaze za levo zavijanje. Podaljšana kolesarska steza zmanjšuje število konfliktnih točk med kolesarjem in vozilom.</p>
		<p>Uvedba dodatnega pasu za desno zavijanje vozil lahko poveča prometni pretok. To je lahko slabo za kolesarje, ki prihajajo v konflikt z desno zavijajočimi vozili.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Podaljšana kolesarska steza se uporablja v državah, kjer je prepovedano desno zavijanje ob rdeči luči, da motorna vozila ne bi prihajala v cono za kolesarje. Cona je lahko obarvana, da bi bila voznikom motornih vozil bolj opazna. Takšna križišča se opremijo tudi z ustrežno signalizacijo (talno in svetlobno).</p>
ZDA		<p>Kolesarska steza, ki gre skozi križišča mora biti postavljena na levi strani voznega pasu za desno zavijanje motornih vozil. Uporabljala naj bi se samo tam, kjer imamo en pas za desne zavijalce.</p>
		<p>Kombiniran pas za motorna vozila in kolesarja služi za desno zavijanje motornih vozil. Kolesarji lahko peljejo tudi ravno. Takšen pas mora biti tudi ustrežno označen.</p>

### 3.2.2 Levo zavijanje kolesarjev v križiščih

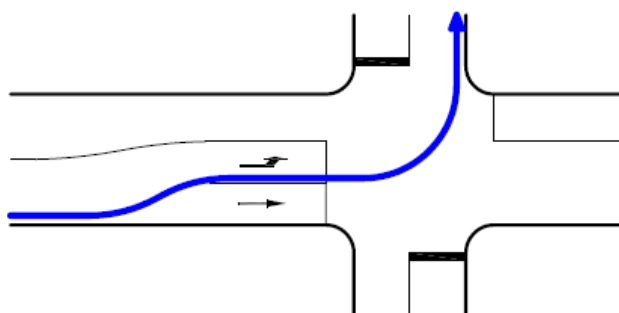
V tem poglavju smo predstavili načine levega zavijanja kolesarjev, kot ga obravnavajo priročniki. Vse načine smo opisali in določene prelagali za uporabo v Sloveniji.

Poznamo dva načina vodenja kolesarjev pri levem zavijanju. To sta direktni in indirektni način. Direktni način je bolj prijazen kolesarjem, saj v tem primeru kolesar prevozi krajšo pot pri zavijanju.



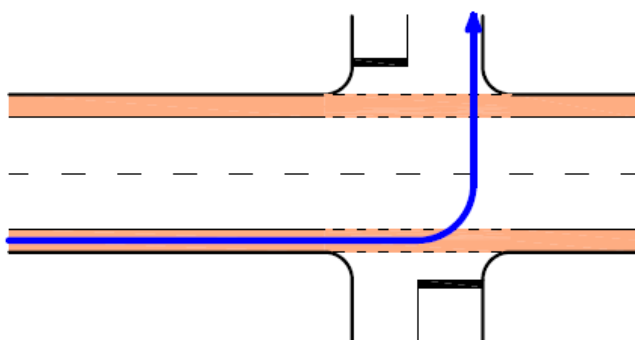
Takšno vrsto zavijanja imamo lahko v primerih manj obremenjenih križišč ( $PLDP^1 < 1000$  voz/dan), kjer se kolesar lahko vključi v prometni pas.

Naslednji dve sliki kažeta, kako se bodo v slovenskih predpisih obravnavali levi zavijalci v križiščih.



Slika 9: Direktno vodenje kolesarjev v križišču

V glavnem imamo v mestih drugo vrsto vodenja kolesarjev. To je indirektno vodenje. V tem primeru se kolesar težko varno vključi v prometni pas, ker je ta preveč obremenjen. Takšna vrsta zavijanja je za kolesarje manj prijazna, saj kolesar prevozi daljšo pot v križišču. Poleg tega pa se znatno tudi povečajo čakalni časi kolesarjev v križiščih.



Slika 10: Indirektno vodenje kolesarjev v križišču

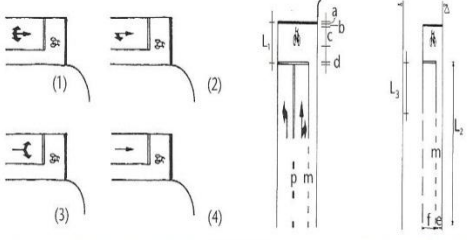
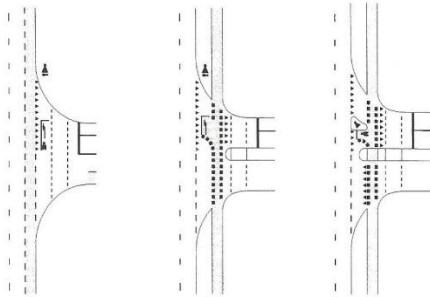
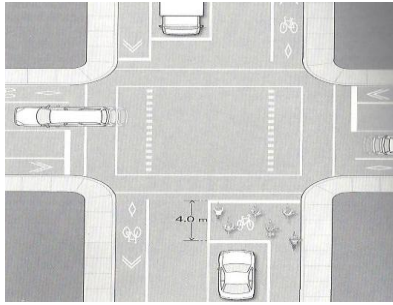
<sup>1</sup>PLDP – Povprečni letni dnevni promet

Zaradi vseh teh stvari, poskušajo projektanti, z različnimi tehničnimi rešitvami, izboljšati vodenje kolesarjev v križiščih. V preglednici 4 smo prikazali, kakšne so te tehnične rešitve v tujih priročnikih in na podlagi primerjav predlagali rešitve, ki jih lahko uporabimo v Sloveniji.

Preglednica 4: Primerjava tehničnih rešitev vodenja kolesarjev v križiščih pri levem zavijanju.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Nemčija		<p>Na slikah so prikazane možnosti vodenja levih zavijalcev v nesemaforiziranih križiščih. Prvi dve sliki kažeta možnosti direktnega vodenja, tretja pa možnost indirektnega. Na prvi sliki vidimo, da se lahko izvede širok pas za kolesarje z vmesni otokom, ki povzroči zmanjšanje hitrosti motornih vozil in s tem omogoči, da je kolesar bolj viden.</p> <p>Na drugi sliki je primer brez vmesnega otoka, kolesarski pas pa je končan za pasom za motorni promet. S tem ukrepom je kolesar bolj viden in varen.</p> <p>Na tretji sliki imamo primer indirektnega vodenja levih zavijalcev. Zavijanje se izvede z manjšim žepom za levo zavijanje.</p>
		<p>Na naslednjih štirih slikah so prikazani primeri iz nemških standardov za vodenje levih zavijalcev v semaforiziranih križiščih. Na prvi sliki je prikazan primer direktnega vodenja. Takšen</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>primer je značilen za križišča, ki so manj obremenjena. Kolesarji, če hoče zaviti na levo, mora prevoziti dva semaforja. Prvi pri razvrščanju, ki se izvede na desnem kolesarskem pasu in drugi pri samem levem zavijanju. Iz varnostnih razlogov, je kolesarski pas postavljen pred prometnega.</p> <p>Druga slika prikazuje primer levega zavijanja z kratkim žepom za leve zavijalce. To je primer indirektnega vodenja.</p> <p>Tretja slika prikazuje še en primer direktnega vodenja. Tukaj kolesarji prevozijo samo en semafor. Tako, kot v prvem primeru, je kolesarski pas postavljen red prometnega.</p> <p>Četrta slika prikazuje klasičen primer indirektnega vodenja. Kolesarski pas se umakne od prometnega in kolesar opravi levo zavijanje ob zeleni luči na semaforju. Nakazana je možnost uporabe detektorjev pri zavijanju.</p>
Nizozemska		<p>Kombinirani pasovi za zavijanje levo pri semaforiziranih križiščih. Pomembna je vidljivost kolesarja. Izboljša se pretok kolesarskega prometa. Neugodno za otroke in starejše ljudi. Prepletanje motornih vozil in kolesarjev je lahko nevarno.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Podaljšana kolesarska steza pred motorni promet je zelo ugodna za levo zavijanje kolesarjev. Takšne ureditve imamo predvsem v naseljih, kjer je veliko levih zavijalcev. Za podaljšano kolesarsko stezo imamo lahko maksimalno dva prometna pasova. To je primer direktnega zavijanja kolesarjev.</p>
		<p>Posebni žepi za levo zavijanje. Uporabljamo na križiščih, ki so semaforizirana. Kolesar je postavljen na nelogičnem mestu v križišču. Je subjektivno nezavarovan. Brez fizičnega zatočišča je kolesar v nevarnosti pri odpovedi krmilnika križišča.</p>
<p>Kanada</p>		<p>Priročnik se ukvarja samo z podaljšano kolesarsko stezo, ki omogoča kolesarjem prednost pred motornimi vozili pri levem zavijanju. Detajlov tehničnih rešitev za leve zavijalce v priročniku ni. Govori zgolj o načinih levega zavijanja (direktno in indirektno).</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
ZDA	<p>The diagrams illustrate three different pavement marking configurations for left-turning bicycles at a signalized intersection. Each diagram includes a 'NO TURN ON RED' sign and a 'Bicycle Turn Lane' marking. The text annotations describe the placement of the queue line (to be placed in a protected area, typically within an on-street parking lane or between the bicycle lane and the pedestrian crossing), the use of colored pavement inside the queue area, and the importance of markings at the intersection to define bicycle parking through the intersection.</p>	<p>Dvofazni žepi za levo zavijanje. Na slikah so prikazane možnosti izvedbe takšnih žepov. Ti izboljšajo sposobnost kolesarjev, da na varen in ugoden način opravijo zavijanje. Zagotavljajo formalni prostor za dvofazno zavijanje. Zmanjšajo število konfliktnih točk med motornimi vozili in kolesarji pri levem zavijanju. Preprečujejo konflikte, ki nastanejo pri zavijanju kolesarja v drugi kolesarski pas ali prehod za pešce. Postavljajo se tam, kjer je veliko število levih zavijalcev. Ležati morajo tako, da omogočajo največjo vidnost kolesarja v križišču. Za izboljšano varnost, so križišča, ki imajo dvofazne žepi za levo zavijanje, opremljena še z znaki, ki opozarjajo na prepoved zavijanja ob rdeči luči na semaforju. Še en varnostni ukrep je obarvanje takšnih žepov v drugačne barve.</p>

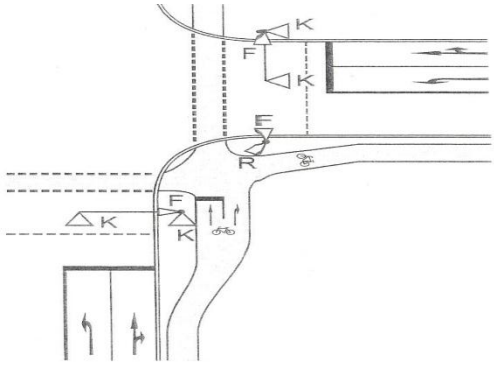
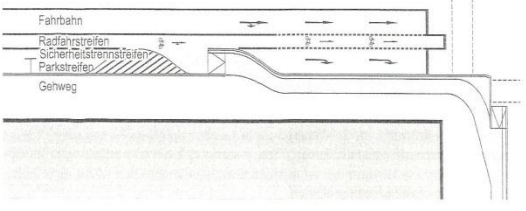
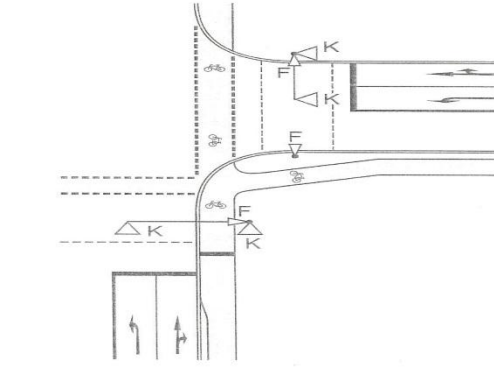
V preglednici smo primerjali različne možnosti vodenja levih zavijalcev. Na podlagi te tabele smo, v enem izmed naslednjih poglavji, predlagali možnosti za uporabo primerjanih tehničnih rešitev v Sloveniji.

### 3.2.3 Desno zavijanje kolesarjev v križiščih

Poglavje o desnem zavijanju kolesarjev prikazuje možnosti desnega zavijanja. Pogledali smo, kaj tuji standardi pravijo o takšnih možnostih. Imamo predvsem dve možnosti pri rdeči luči na semaforju. To sta prosto zavijanje pri rdeči in ustavljanje pri rdeči. Cilji takšnih ureditev so predvsem zmanjšanje čakalnih časov za kolesarje in povečanje pretoka kolesarskega prometa.

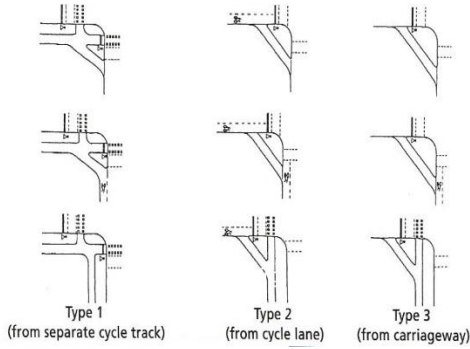
V naslednji preglednici smo naredili pregled tehničnih rešitev, ki se uporabljajo v tujih predpisih.

Preglednica 5: Primeri tehničnih rešitev desnega zavijanja kolesarjev v križiščih.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Na sliki je prikazan primer, ko kolesar lahko prosto zavije na desno ob rdeči luči. Signalizacija je postavljena ločeno za motorni promet in za kolesarje, ki peljejo skozi križišče. S takšnim ukrepom se zmanjšajo čakalni časi in poveča se pretok kolesarskega prometa.</p>
Nemčija		<p>Primer, ko se kolesarski pas razdeli na dva pasova. Na desno se odcepi pas za desne zavijalce. Ti lahko prosto zavijajo desno ob rdeči luči.</p>
		<p>Na naslednjih slikah so prikazane različne možnosti signalizacije za vodenje kolesarjev v križišču. V vseh treh primerih se morajo desni zavijalci ustaviti na semaforju in počakati na zeleno luč.</p> <p>Na prvi sliki je prikazan primer, kjer ni prehoda za pešce. Signalizacija za</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>kolesarje je postavljena skupaj s signalizacijo za motorni promet.</p> <p>V drugem primeru imamo prehod za pešce v križišču. Signalizacija za kolesarje je postavljena samostojno.</p> <p>Tretji primer je drugačen od prvih dveh. Kolesarski pas se loči od prometnega. Signalizacija za kolesarje je postavljena skupaj s signalizacijo za pešce.</p>
Nizozemska	<p>dimensions in m</p>	<p>Zavijanje desno na semaforiziranem križišču, ko imamo posebne pasove za zavijalce. Takšna ureditev je primerna za naseljena območja. Tukaj lahko imamo prosto zavijanje ob rdeči. Prosto zavijanje pri rdeči ponuja optimalno direktnost poti.</p> <p>Pozorni moramo biti na konflikte motornih vozil in kolesarjev. Izboljšati moramo vidljivost kolesarja.</p> <p>Žep za kolesarski promet, omogoča prosto desno zavijanje pri rdeči. Takšno ureditev imamo pri semaforiziranih križiščih. Zmanjšajo se čakalni časi kolesarjev.</p>



DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
	 <p style="text-align: center;">Type 1 (from separate cycle track)      Type 2 (from cycle lane)      Type 3 (from carriageway)</p>	<p>Različne možnosti prostega zavijanja desno, pri rdeči luči na semaforju. Lahko v naseljenih ali nenaseljenih območjih.</p> <p>Značilen je dober pretok za kolesarje (ni čakalnih časov). Manj kolesarjev spregleda rdečo luč. Pri takšnih ureditvah je raba prostora večja. Je neugodno za pešce.</p>
Kanada	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.
ZDA	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.

V zgornji preglednici smo obravnavali tehnične rešitve za desno zavijanje v križiščih. Na podlagi tega smo, v nadaljevanju, predlagali tiste rešitve, ki so po našem mnenju najbolj primerne za praktično uporabo v Sloveniji.

### 3.2.4 Vodenje kolesarjev v krožnih križiščih

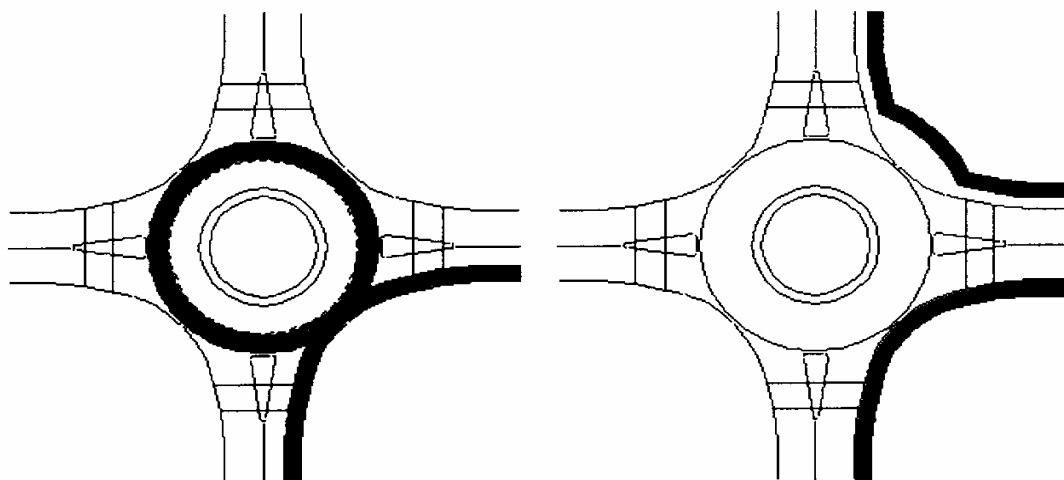
Krožna križišča so, v Sloveniji in tujini, postala zelo popularna. Gradijo se z namenom izboljšanja prometne varnosti, zmanjšanja čakalnih časov in zamud v križiščih. Zato je projektiranje kolesarskih površin v krožnih križiščih postalo, v zadnjem času, zelo pogosto.

Prometna varnost pešcev in kolesarjev je odvisna predvsem od pravilne izvedbe vertikalne in horizontalne signalizacije in ločilnih otokov ter uporabljenega načina vodenja kolesarskega prometa v krožnih križiščih.

Poznamo dva načina vodenja kolesarjev v krožnih križiščih:

- vzporedno vodenje kolesarskega prometa;
- samostojno vodenje kolesarskega prometa.





Slika 11: Vzoredno in samostojno vodenje kolesarskega promta v krožiščih

Samostojno vodenje kolesarskega prometa v krožiščih je bolj varna, saj kolesarji niso stalno v neposrednem konfliktu z motornim prometom. Takšno vodenje se izvaja predvsem v večjih in bolj obremenjenih krožnih križiščih.

Vzoredno vodenje je manj varno, ker so kolesarji vseskozi v konfliktu z motornim prometom. Takšen način vodenja je primeren v manjših krožnih križiščih in križiščih z manjšimi prometnimi obremenitvami.

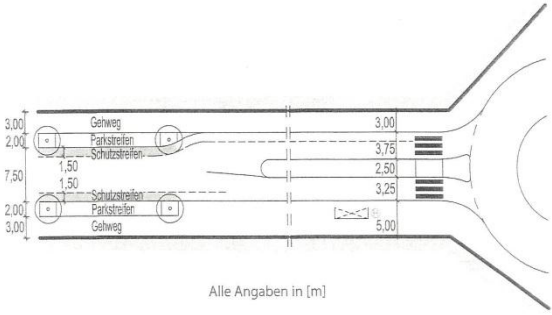
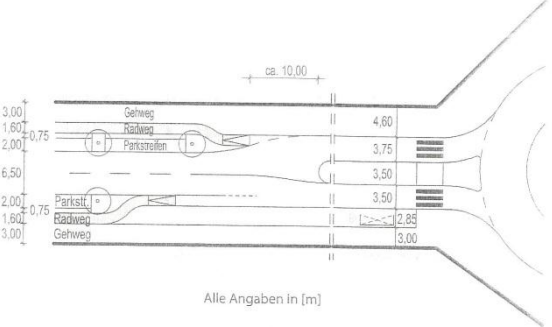
Vodenje kolesarjev v izvenurbanih krožnih križiščih je ponavadi samostojno, zaradi prometne varnosti. Vzoredno vodenje v izvenurbanih krožnih križiščih imamo takrat, ko je hitrost zmanjšana na 40 km/h.

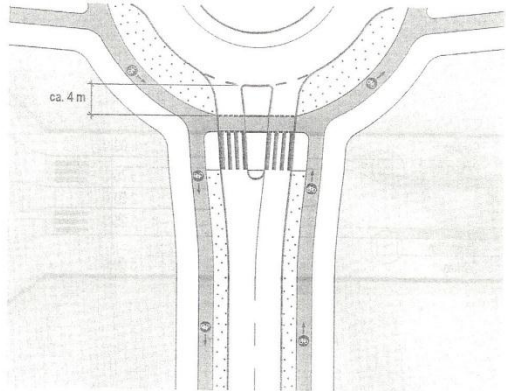
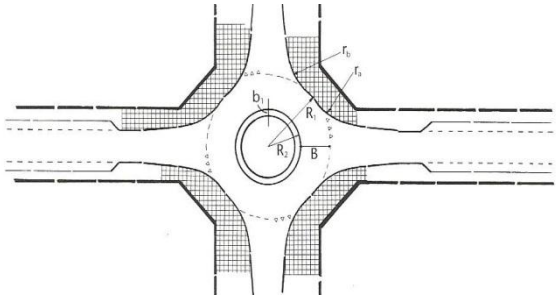
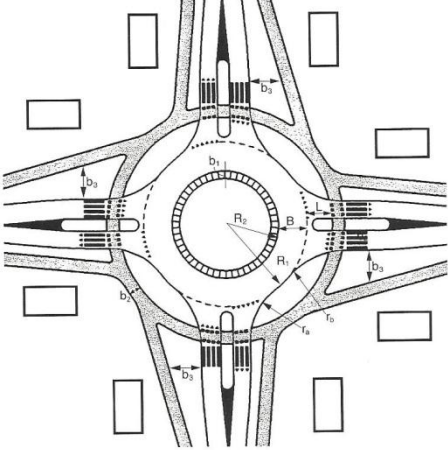
Po slovenskih tehničnih specifikacijah (TSC 03.341:2002) razdelimo krožna križišča, glede na velikost in lokacijo, v naslednje skupine:

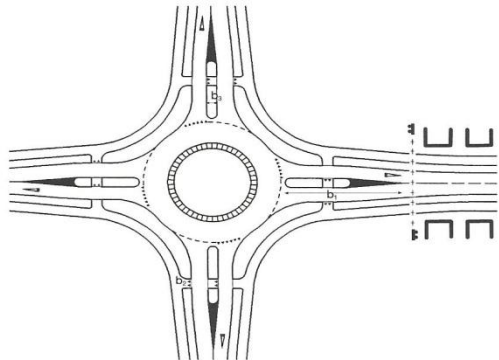
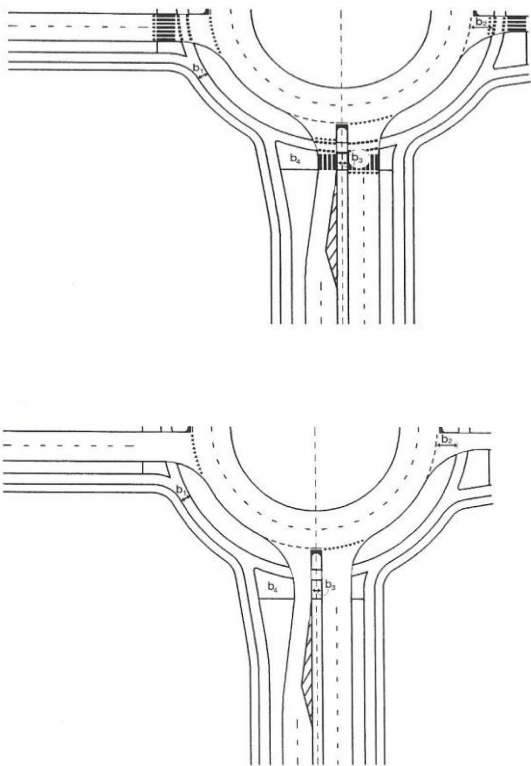
- mini urbano;
- majhno urbano;
- srednje veliko urbano;
- srednje veliko (enopasovno) izvenurbano;
- srednje veliko (dvopasovno) izvenurbano;
- veliko izvenurbano.

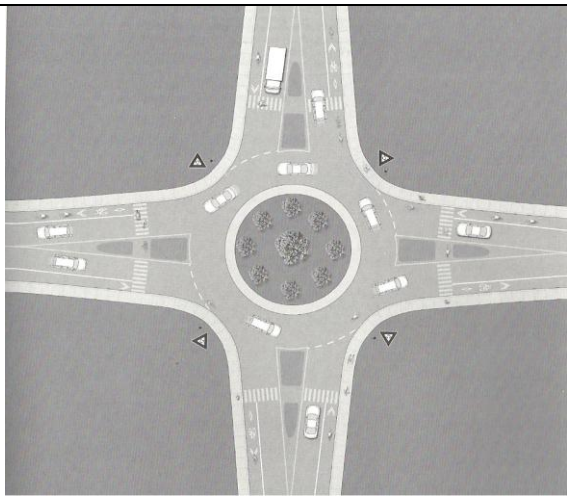
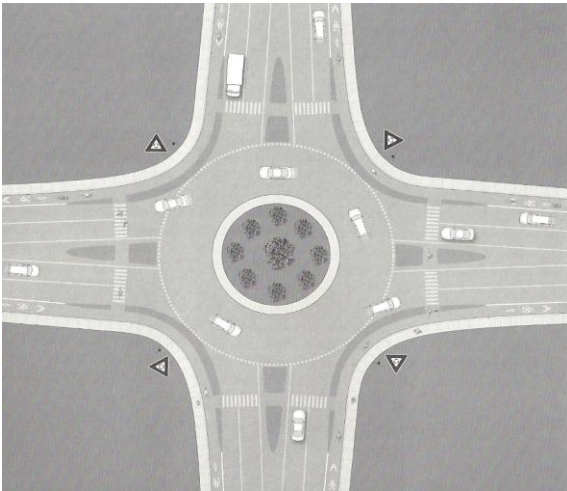
V poglavju o krožnih križiščih smo pogledali, kako se vodenje kolesarjev v krožnih križiščih obravnava v tujih predpisih. V naslednji tabeli smo napravili pregled vseh tehničnih rešitev iz tujih predpisov za takšen način vodenja prometa.

Preglednica 6: Primeri tehničnih rešitev za vodenje kolesarjev v krožnih križiščih.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Nemčija		<p>Pri manjših krožnih križiščih vodimo kolesarje vzporedno. Na sliki imamo primer, ko se kolesarski pas zaključi tik pred uvozom v križišče. Poskrbeti moramo, da je na tem mestu prometni pas zadosti širok.</p> <p>Takšen način je primeren, ko ima krožno križišče samo en pas. V primeru, da ima križišče dva pasova, je lahko vožnja kolesa skupaj z motornim prometom nevarna.</p>
		<p>Primer, ko se kolesarski pas združi s pasom za motorna vozila pred uvozom v krožno križišče. Takšne ureditve imamo pri manjših krožnih križiščih.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Primer ureditve za večja krožna križišča. Kolesarji so vodeni samostojno. Nimajo neposrednega stika z motornim prometom v samem krožnem križišču. Konfliktne točke so le na prehodih čez krake krožišča. S talno signalizacijo se nakaže prava pot kolesarjev.</p>
Nizozemska		<p>Krožno križišče za mešani promet. To je primer vzporednega vodenja kolesarskega prometa. Za takšno vrsto krožišča je značilna varna in hitra izmenjava prometnega toka. Paziti moramo, da so kolesarji ves čas v vidnem območju motornih vozil. Zmanjšati moramo hitrosti motornih vozil. S temi ukrepi se izboljša pretok kolesarjev. Nevarnost se poveča če kolesarje zapre motorni promet in če kolesarji sekajo krivine. Lahko povzročijo zamude javnega prevoza.</p>
		<p>Enopasovno krožno križišče z ločenim kolesarskim pasom. Na slikah imamo dve tehnični rešitvi. Obe sta primera za samostojno vodenje kolesarjev v krožiščih. Prva tehnična rešitev ponazarja vzporedno vodenje, ko ima, pri konfliktih z motornimi vozili, kolesar prednost. Za ta primer je značilna varna in hitra izmenjava prometnega toka. Je relativno varna rešitev, saj ima manj konfliktnih</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>točk, kot pa klasično križišče. Izboljšana je vidljivost v križišču. Boljši je pretok kolesarskega prometa. Zmanjšajo se hitrosti.</p> <p>Za drugi primer tehnične rešitve, je značilno, da kolesarji nimajo prednosti pred motornim prometom. Poveča se pozornost voznikov. Efektivno se zmanjša hitrost vozil. Poveča se varnost, manj prometnih nesreč. Takšna rešitev je slabša za kolesarski tok.</p>
		<p>V dveh naslednjih primerih tehničnih rešitev, imamo krožišče z dvema prometnima pasovoma. V prvem primeru imajo kolesarji prednost pred motornimi vozili, v drugem pa prednosti nimajo. V obeh primerih gre za samostojno vodenje kolesarskega prometa.</p> <p>V prvem primeru je kolesarski pretok zelo dober. Značilna je velika kapaciteta križišča. Izboljša se vidljivost. Krožišče je relativno varno. Nevarnost je, da so kolesarji skriti in jih voznik ne opazi.</p> <p>Za drugi primer velja, da je kolesarski pretok slabši. Kapaciteta je velika. Kolesarji niso zaprti od strani motornega prometa. Nevarnost je, da so kolesarji skriti in jih voznik ne opazi.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Kanada		<p>V majhnih krožnih križiščih kolesarji delijo pas z motornim prometom. To je primer vzporednega vodenja. Na uvozu v krožišče, se pasovi za kolesarje ukinejo in se združijo z pasovi za motorni promet. Ti pasovi se morajo razširiti, da ne bi kolesarjev potisnili na rob pri vходу v krožišče.</p>
		<p>V velikih krožnih križiščih sta varnost in udobje kolesarjev ovirana zaradi visokih hitrosti in pomanjkanja vidljivosti. To je predvsem takrat, ko imamo opravka z dvopasovnimi krožišči. Zato v takih primerih kolesarje peljemo samostojno ob krožnem križišču. Pri uvozu v krožišče morajo kolesarski pasovi biti ustrezno označeni, z namenom pravilnega usmerjanja kolesarskega toka. Pri prehodih pa je pametno narediti vmesni otok.</p>
ZDA	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.

Na podlagi prikazanih tehničnih rešitev, v zgornji tabeli, smo se, v nadaljevanju, opredelili za tiste rešitve, ki jih lahko uporabljamo v Sloveniji.

### 3.2.5 Ukrepi za zmanjševanje čakalnih časov kolesarjev v križiščih

V tem poglavju smo pogledali, kakšne so možnosti za zmanjševanje čakalnih časov kolesarjev v križiščih z uporabo krmilnih programov. Podrobneje smo si pogledali, kakšne predloge za to vsebujejo tuji predpisi.

Preglednica 7: Zmanjševanje čakalnih časov za kolesarje z uporabo krmilnih programov.

DRŽAVA	VARIANTA	KRATEK OPIS
Nemčija	Signalizacija postavljena skupaj z signalizacijo za motorna vozila.	Takšno ureditev imamo, ko poteka kolesarski pas ob vozišču. S tem se povečajo čakalni časi za kolesa.
	Signalizacija za kolesarje postavljena ločeno od signalizacije za motorna vozila.	Takšna ureditev je smiselna, ker na ta način kolesarji dobijo lastno fazo s katero lahko zmanjšajo čakalne čase in se izognejo konfliktov. Čakalni časi se lahko zmanjšajo, če dvakrat zmanjšamo vmesne čase v ciklu. Izognemo se konfliktom. Ravno vozeči kolesarji, se lahko izognejo močnim zavijalcem.
	Signalizacija za kolesarje postavljena skupaj z signalizacijo za pešce.	V takšnem primeru lahko zmanjšamo čakalne čase tako, da dovolimo kolesarjem prosto zavijanje desno ob rdeči luči.
	Možnosti za optimizacijo signalnih programov.	Z namenom zmanjšanj čakalnih časov, lahko optimiziramo krmilni program na naslednje načine: <ul style="list-style-type: none"><li>- Dvojni vmesni čas;</li><li>- Zelena faza za vse smeri hkrati;</li><li>- Koordinacija vmesnih časov.</li></ul>

DRŽAVA	VARIANTA	KRATEK OPIS
Nizozemska	Zmanjšanje čakalnih časov za kolesarje z uporabo kratkih časov za kolesarje.	<p>Takšne primere imamo lahko v naseljenih in nenaseljenih območjih. Lahko uporabljamo z kombiniranim prometom in z različnimi tipi kontrolnih programov.</p> <p>Maksimalen cikel je 90s. Kratki časi za kolesarje vodijo k kratkih čakalnih časov in do hitrega pretoka motornih vozil in kolesarjev. Lahko se zgodi, da se vozilo dvakrat ustavi na semaforju.</p>
	Zmanjšanje čakalnih časov za kolesarje s sočasn timer podaljšanjem zelene faze za kolesarje, skupaj z ostalim motornim prometom.	<p>Sočasno podaljšanje zelene faze z nekonfliktnimi smermi motornih vozil ponudi kolesarjem več zelenega časa in s tem manj čakalnih časov.</p> <p>Takšne ureditve imamo v naseljenih in nenaseljenih območjih z ločenimi kolesarskimi pasovi.</p> <p>Problem nastane v nasprotnih smereh, kjer je večja možnost za kolesarje, da pridejo na rdečo.</p>
	Zmanjševanje čakalnih časov za kolesarje z ugodnim faznim zaporedjem za leve zavijalce.	<p>Takšne ureditve imamo lahko v naseljenih in nenaseljenih območjih, kjer imamo relativno povečano število kolesarjev, ki zavijajo levo. Moramo imeti ločene zavijalne pasove.</p> <p>Kolesar zavije levo brez ustavljanja.</p>
	Zmanjšanje čakalnih časov za kolesarje z uporabo dvosmernih prehodov za kolesarje.	<p>Takšno ureditev imamo lahko v naseljenih in nenaseljenih območjih, kjer imamo relativno veliko število kolesarjev, ki zavijajo levo. Imamo, dvosmerne, ločene prehode, ki ne omogočajo konfliktov.</p> <p>Ta ukrep zmanjša čakalne čase za leve zavijalce, kolesarski prehod je širok.</p>
	Zmanjšanje čakalnih časov za kolesarje z zelenim valom za kolesarski promet.	<p>Tam, kjer imamo semaforizirana križišča na kratkih razdaljah.</p> <p>Značilen je hiter pretok kolesarskega prometa. Premikanje je možno brez ustavljanja.</p>

DRŽAVA	VARIANTA	KRATEK OPIS
	Zmanjšanje čakalnih časov za kolesarje z uporabo zelene luči za vse smeri hkrati.	<p>Takšno ureditev imamo lahko v naseljenih območjih. Kolesarski pasovi so postavljeni tik ob vozišču. Križišče je bolj organizirano in kompaktno. Imamo dvo ali trifazno krmiljenje za motorni promet. Takšna ureditev je tam, kjer imamo relativno veliko kolesarjev, ki zavijajo levo (&gt;10%).</p> <p>Zmanjša se število konfliktov z motornim prometom. Je bolj varno za kolesarje. Kolesarjem se lahko zelena začne bolj zgodaj.</p> <p>Poveča se število konfliktnih točk med kolesarji in čakalni časi za motorni promet. Težavno je umeščanje pešcev v zeleno fazo za kolesarje.</p>
	Predfaza za kolesarje.	<p>Zelena faza za kolesarje se začne prej, kot za motorni promet, v isti smeri. S tem se lahko izboljša vidljivost kolesarja.</p> <p>Lahko je v naseljenih ali nenaseljenih območjih, kjer veliko število motornih vozil zavija desno v križišču. Na mestih, kjer želimo zmanjšati število konfliktov.</p> <p>Predfaza za kolesarje je lahko na škodo zelenega časa za motorna vozila. Ni koristna za kolesarje, ki ne speljejo takoj, ko se začne zelena faza.</p>
	Zmanjšanje čakalnih časov za kolesarje z uporabo diagonalnega prehoda.	<p>Imamo samo v naseljenih območjih, kjer je veliko kolesarjev, ki zavijajo levo. Križišče ne sme imeti kombiniranih pasov. Moramo zagotoviti dovolj prostora v križišču. Ob glavnem vozišču mora biti dovolj prostora za dva kolesarska žepa.</p> <p>S takšnim ukrepom se zmanjšajo čakalni časi za kolesarje, ki zavijajo levo (maksimalno eno ustavljanje pri zavijanju). Za kolesarje je v določenih primerih to lahko nevarno.</p> <p>Za motorni promet, pomeni takšna ureditev, daljše vmesne čase.</p>
Kanada	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.
ZDA	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.

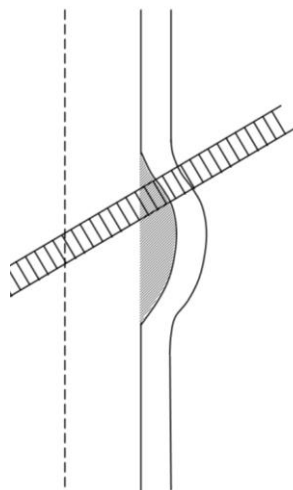


### 3.2.6 Posebna nivojska in izvennivojska križanja

V tem poglavju smo govorili o posebnih nivojskih križanjih, kot so na primer križanja z železniško progo. Pri takšnih križanjih moramo predvsem biti pozorni na najbolj ranljive udeležence v prometu. To so kolesarji in pešci.

Poleg teh križanj smo obravnavali še izvennivojska križanja. Pogledali smo, katere so variante izvennivojskih križanj in kakšni pogoji morajo biti izpolnjeni, da se odločimo za tako vrsto križanj.

Tudi novi slovenski predpisi obravnavajo posebna nivojska in izvennivojska križanja. Prvo smo si pogledali nivojska. To je bil prehod čez progo.

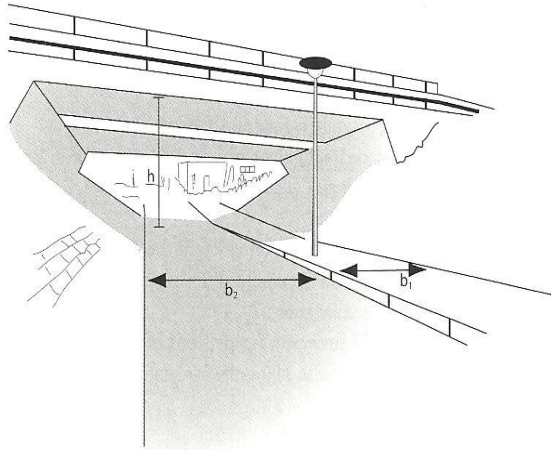
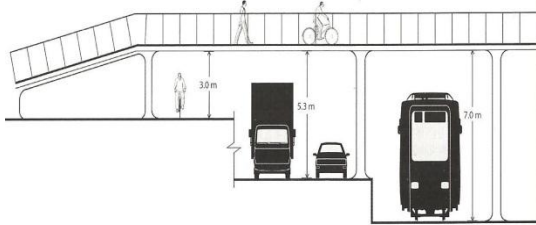


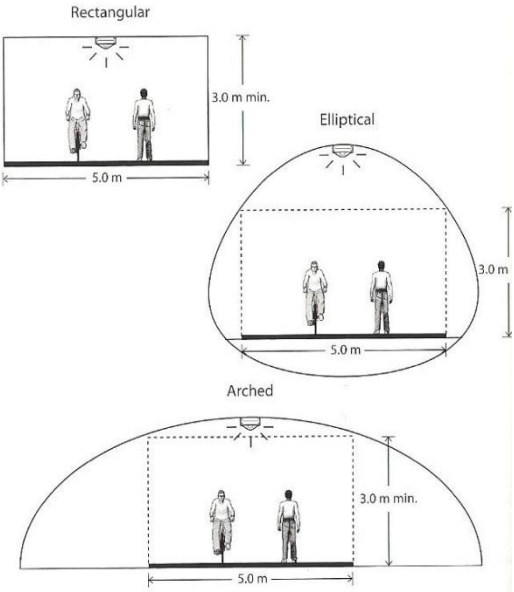
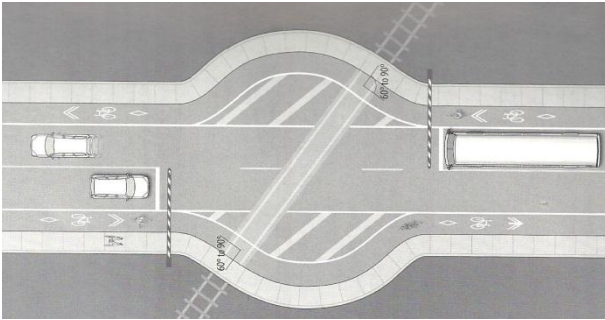
Slika 12: Prehod čez progo – slovenski standardi

Predpisi govorijo, da je prehod čez progo treba izvesti tako, da je kot križanja  $90^\circ$ , kar se lahko doseže z delno deviacijo kolesarske površine.

V tujih predpisih smo poiskali rešitve za primere nivojskih in izvennivojskih križanj ter jih ponazorili v naslednji preglednici.

Preglednica 8: Pregled variant posebnih nivojskih in izvennivojskih križanj.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Nemčija	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.
Nizozemska		<p>Kolesarski predor predstavlja križanje motornih vozil in kolesarjev, brez konfliktov. Možen je dostop iz večih smeri. Vidljivost v tunelu je neovirana. Boljša je osvetljenost. Krajše strmine, kot pri mostovih za kolesarje. Ko je cestišče dvignjeno, nimamo problemov s podzemno vodo.</p> <p>Tuneli so bolj socialno nesigurni. Večja je nagnjenost ljudi k vandalizmu.</p>
Kanada		<p>Mostovi in nadvozi za kolesarje in pešce so lahko samostojni objekti, ali pa so del večjega objekta, kot so mostovi ali viadukti.</p> <p>Njihova prednost je naravna osvetljenost in boljše ugodje za uporabnika. Z takšnim ukrepom se pri prehodih izognemo konfliktom ter zmanjšamo čakalne čase za pešce in kolesarje.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Kot je razvidno iz slike, imamo lahko tri različne vrste predorov. To so krožni, pravokotni in eliptični. Ponavadi se predori nahajajo pod glavnimi cestami ali železnico, kjer bi bila nivojska križanja lahko nevarna. V predoru ne smejo biti nikakršni objekt, ki bi ovirali varno vožnjo kolesarja. Na uvozih lahko uporabimo znake za prepoved vožnje motornih vozil. Z označbami na vozišču lahko ločimo kolesarje in pešce.</p>
		<p>Pri prehodih čez progo je poudarek predvsem na varnosti prehoda. Nevarnost lahko povzroči vlak, ki ima zaustavno razdaljo tudi do nekaj sto metrov in spolzka podlaga. Zato mora biti vsak takšen prehod ustrezno označen s prometnimi znaki. Prehod se zavaruje tudi z fizičnimi ovirami (rampe).</p>
ZDA	-	Standardi ne obravnavajo takšnega primera.

### 3.2.7 Signalizacija

Imamo dve vrsti signalizacije za kolesarski promet. To sta horizontalna in vertikalna signalizacija. Pod pojmom horizontalne signalizacije razumemo predvsem talne oznake oziroma oznake na vozišču. Med njih sodijo vzdolžne, prečne in druge označbe. Vzdolžni označbi sta ločilna in robna črta, prečne pa so črte za ustavljanje, prehodi za kolesarje in poševne črte. V druge označbe uvrščamo zavijalne puščice, oznake, ki nakazujejo, da gre za kolesarski pas (npr. piktogram kolesa) in opozorilne trikotnike.



Slika 13: Primer horizontalnih označb v Združenih državah Amerike

Po pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah, med vertikalno komunikacijo sodijo:

- znaki za nevarnost;
- znaki za izrecne odredbe;
- znaki za obvestila;
- dopolnilne table;
- turistična in druga opozorilna signalizacija.

Iz novih slovenskih standardi smo videli, da predlagajo dva nova znaka za uporabo v praksi. Pri prvem gre za talno označbo, ki je zelo podobna tistim, ki se že uporabljajo v tujini.



Slika 14: Predlog uporabe nove talne označbe – Slovenija

Drugi predlagani znak je neprometni znak, ki opozarja voznike na prisotnost kolesarjev na cesti.



Slika 15: Predlagani znak, ki opozarja voznike na prisotnost kolesarjev na cesti – Slovenija



Slika 16: Primer vertikalne signalizacije na Nizozemskem (znaki za obvestila).

Poleg obeh omenjenih vrst signalizacij se, predvsem v urbanih območjih, uporablja tudi svetlobna signalizacija za kolesarje. Ta je v mestih zelo pomembna za vodenje kolesarskega prometa. Zato smo, v tem poglavju, posvetili največ prostora takšni vrsti signalizacije. V poglavju 3.2.5 smo govorili o možnih načinih zmanjšanja čakalnih časov za kolesarje, glede na uporabo svetlobnih signalnih naprav. Sedaj smo pogledali še, kakšne vrste svetlobnih signalnih naprav uporabljajo tuje države za vodenje kolesarskega prometa. Na podlagi takšnega pregleda, smo predlagali še različne možnosti za uporabo v Sloveniji.

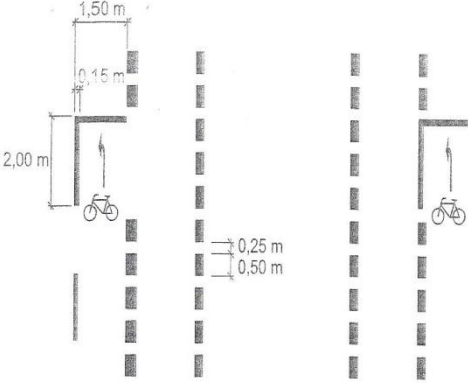
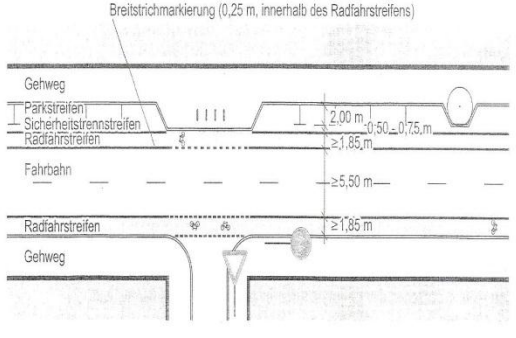
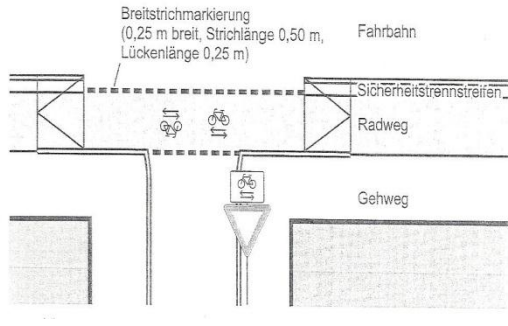
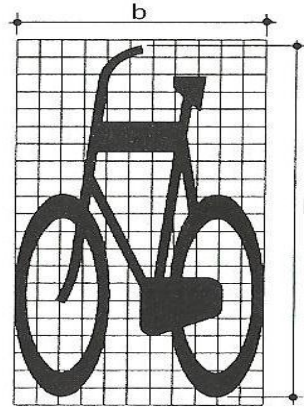
Najprej smo si pogledali primere tehničnih rešitev horizontalne signalizacije v tujih državah. V naslednji preglednici je narejen pregled najbolj pogostih horizontalnih oznak.



Slika 17: Horizontalne označbe kolesarskih površin v Ljubljani.



Preglednica 9: Pregled horizontalne signalizacije.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Označevanje žepov za levo zavijanje kolesarjev. Uporabljajo zavijalne puščice in piktograme, ki kažejo na smer in vrsto prometa, ki se izvaja. Da gre za križanje podarimo tudi z prekinjeno robno črto kolesarskega pasu.</p>
Nemčija		<p>Označevanje kolesarskih površin, ko imamo kolesarske pasove na obeh straneh vozišča. Pri križanju s stransko cesto prekinemo neprekinjeno robno črto in uporabimo prekinjeno. Na križanjih uporabimo tudi piktogram kolesa.</p>
		<p>Če imamo dvosmerni kolesarski pas samo na eni strani vozišča, uporabimo piktogram in oznako za dvosmerni promet na vozišču. Križanje podarimo tudi z prekinjeno robno črto.</p>
Nizozemska		<p>Na prvi sliki je prikazan primer piktograma, ki poudarja, da gre za kolesarski pas. Takšen piktogram damo lahko tudi na podaljšan kolesarski pas. Na drugi sliki so prikazani različni primeri piktogramov, ki se uporabljajo na kolesarskih površinah.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Označevanje kolesarskih prehodov na križiščih, kjer imajo kolesarji prednost vožnje. Lahko kombiniramo z dvignjenim preходом, ukrepi za umirjanje prometa, skrajšano dolžino prehoda in semaforji.</p> <p>Imamo lahko trikotne ali pravokotne označbe na vozišču.</p>
Kanada		<p>Način označevanja kolesarskih pasov v Kanadi. Uporabljajo se piktogrami za poudarek, da gre za kolesarski pas in da imajo kolesarji na tem mestu prednost pred ostalimi vozili. Pomembna je neprekinjenost sporočanja uporabnikom.</p>
ZDA		<p>Pobarvane kolesarske površine poudarijo multi – modalno naravo koridorja. Poveča se vidljivost kolesarja. Zmanjša se nepravilno parkiranje motornih vozil na kolesarskih površinah. Dobra za uporabo v konfliktnih območjih, saj povzroči, da vozniki motornih vozil postanejo bolj pozorni na kolesarje. Izboljša se udobje kolesarjev pri vožnji skozi križišče.</p>


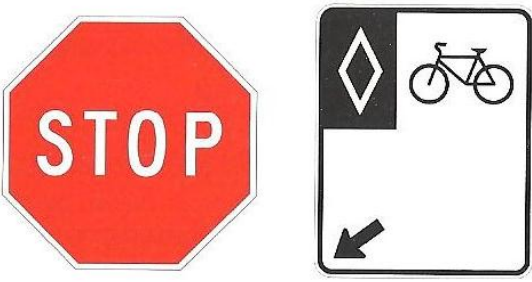



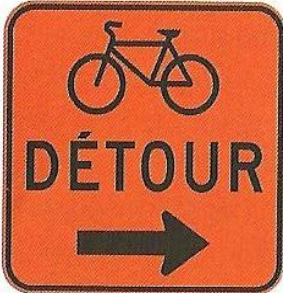

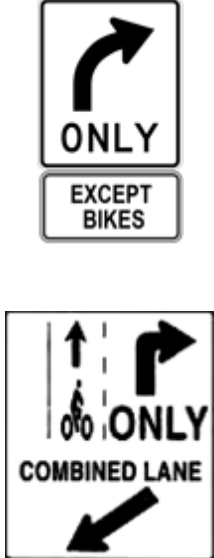

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Uporabljamo jih pri kolesarskih pasovih in kolesarskih stezah, predvsem pri konfliktnih območjih, ko na primer vozilo zavija desno čez kolesarsko površino. Koristne so tudi pri prehodih kolesarjev, zlasti čez večja križišča. Uporabljajo se tudi tam, kjer se prepleta kolesarski in motorni promet, predvsem takrat, ko je motorni promet zastopan v visokem številu in morajo vozniki motornih vozil biti bolj pozorni na kolesarje.</p> <p>Imamo lahko kombinacije s piktogrami ter smernimi puščicami.</p>
		<p>Primer označbe za pasove, ki jih kombinirano uporabljajo motorna vozila in kolesarji. Za kolesarje se uporabljajo piktogrami na vozišču.</p>

V naslednji preglednici smo pogledali primere vertikalne signalizacije iz tujih držav. Najbolj nas je zanimala vertikalna signalizacija, ki je uporabljamo za kolesarski promet.

Preglednica 10: Pregled vertikalne signalizacije.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Nemčija		<p>Primeri iz nemških predpisov, kjer imamo križišče opremljeno z vertikalno signalizacijo. Ta je enaka, kot ureditev v Republiki Sloveniji.</p>
Nizozemska		<p>Primer nizozemskih znakov za izrecne odredbe. Uporabljajo se samo na kolesarskih pasovih in progah.</p> <p>Znaki, ki jih uporabljamo na križiščih, kjer so prisotni kolesarji. Z njimi izboljšamo pozornost na kolesarje. S tem se izboljša varnost na križišču</p>
		<p>Različne vrste smerokazov, ki izboljšajo sposobnost kolesarja, da se boljše znajde v prostoru.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
	 <p>type 1      type 2      type 3      type 4      type 5      type 6</p>	<p>Drugi znaki, ki služijo kot alternativa standardni vertikalni signalizaciji. Z njimi se lahko izboljša udobje in varnost kolesarja.</p>
Kanada		<p>Smerokazi in znaki za informiranje indicirajo trenutni položaj, možne destinacij, ki so dostopne z različnimi prevoznimi sredstvi in turistične atrakcije.</p> <p>Takšni znaki so lahko različnih oblik, od pravokotnih do trikotnih.</p>
		<p>Regulacijski znaki. Morajo biti postavljeni samostojno. Pretirana uporaba takšnih znakov lahko povzroči spregledanje le tega.</p> <p>Na sliki imamo primera za znak stop in znak, ki nakazuje na nasprotno smer vožnje kolesarjev.</p>
		<p>Opozorilni znaki se uporabljajo z namenom označitve nevarnosti na cesti, ki jo lahko spregledamo. Tako, s takšnimi znaki, lahko opozorimo na nevarnost kolesarjev ali približevanja šoli. Znaki so, zaradi boljše vidljivosti, ponavadi rumene barve in romboidne oblike.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
		<p>Znaki za delo na cesti, opozarjajo na nevarnost približevanje odseku, ki je v rekonstrukciji. Z namenom poudarka nevarnosti so ti znaki oranžne barve.</p> <p>Opozarjajo tudi na preusmeritev kolesarskega prometa po alternativni poti.</p>
ZDA		<p>Aktivni opozorilni signal, ki se uporablja na nesemaforiziranih križiščih. Lahko se aktivira ročno ali s pomočjo detekcijskih naprav. Njegova naloga je izboljšati pozornost motornih vozil na prihajajoče kolesarje in pešce.</p>
		<p>Znaki, ki obveščajo voznike na možni konflikt med kolesarjem in motornim vozilom. Oba primera sta za slučaj za prosto desno zavijanje. Drugi primer opozarja na kombinirani pas za motorna vozila in kolesarje.</p>
		<p>Opozorilni znaki, opozarjajo voznike na možni konflikt z kolesarji. Vozniki morajo biti bolj pozorni na kolesarje.</p>

Na koncu poglavja o signalizaciji kolesarske infrastrukture, smo naredili še pregled, najbolj značilne vrste signalizacije v mestih. To je svetlobna signalizacija. Skoraj vsako križišče v naseljenih območjih je opremljeno s svetlobno varnostnimi napravami. V poglavju 3.2.5 smo govorili o možnih ukrepih za zmanjševanje čakalnih časov z uporabo svetlobno varnostnih naprav. Sedaj smo naredili pregled različnih možnosti izvedbe, teh naprav, na samih križiščih. Pogledali smo, na kakšen način v tujini opremljajo križišča s svetlobno varnostnimi napravami in kakšen je namen takšnih rešitev.

Semaforji se ponavadi postavljajo na križiščih, kjer so obremenitve velike (med 10.000 in 30.000 ev/dan). So manj varna rešitev, kot postavitve krožnih križišč. Zaradi dominantnosti motornega prometa v križiščih, se projektanti posvečajo urejanju semaforiziranih križišč, tako da je čim boljši izkoristek za motorna vozila. To pomeni, da je čas, ki je namenjen počasnemu prometu, pogosto omejen z uporabo semaforjev. S tem lahko pride do daljših čakalnih časov za počasen promet, kar pomeni manjše udobje za kolesarje in pešce. Da bi se izognili temu, pri postavitvi svetlobno varnostnih naprav, se morajo upoštevati določeni kriteriji. Ti so: kriterij lokacije semaforja, kriterij toka kapacitete in kriterij maksimalnih in povprečnih čakalnih časov ter kriterij možnosti ustavljanja.

V naslednji tabeli smo naredili pregled tujih tehničnih rešitev postavljanja semaforjev z namenom doseganja kolesarju prijazne infrastrukture.





Slika 18: Možnosti postavitve semaforskih glav za kolesarje (levo - skupaj z pešci in desno - samostojno) – Ljubljana (Plava laguna).



Preglednica 11: Pregled različnih možnosti postavitve svetlobno varnostnih naprav.

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
Nemčija	-	Standardi opisujejo različne možnosti postavitve svetlobne signalizacije. O teh možnostih in o njihovi učinkovitosti smo govorili že v poglavju 3.2.5.
Nizozemska		<p>Semaforška glava postavljena skupaj z odštevalnikom časa. Izboljša lahkoto uporabe za kolesarje. Biti moramo pozorni na to, da dojemanje čakalnih časov vodi k subjektivnem zmanjševanju.</p> <p>Kolesarji so manj nagnjeni k neupoštevanju rdeče luči. Ni negativnih posledic na ostali promet.</p> <p>Za takšen sistem so večji stroški vgradnje.</p> <p>Lahko kombiniramo z detektorji.</p>
		<p>Ogledalo pod semaforjem. Izboljša se vidljivost (s tem tudi varnost) kolesarjev na semaforiziranih križiščih. V ogledalu je jasno vidno kaj se dogaja pred vozilom (predvsem pri večjih vozilih, kot so tovornjaki ali avtobusi). Ogledalo zmanjša število mrtvih kotov.</p>
Kanada		<p>Semaforji se uporabljajo na križiščih, kjer je veliko prometa, z namenom določanja prednosti posameznih smeri. Uporaba signalnih naprav za kolesarje naj bi bila omejena na: križišča na izvenmestnih kolesarskih poteh in cestah ter na mestnih križiščih, kjer se kolesarski pasovi križajo z drugimi cestami in imajo različno fazo, kot vozila, ki se gibajo v isti smeri.</p> <p>Faza za kolesarje, ki je drugačna, kot faza za vozila, lahko povzroči dodatne zamude v križišču, saj imajo kolesarji prednost pred motornim prometom. Za izboljšanje pretoka lahko uporabimo tudi detektorje.</p>

DRŽAVA	SLIKA	KRATEK OPIS
ZDA		<p>Običajne semaforne glave za kolesarje. Z njimi dosežemo ločitev kolesarskega gibanja od konfliktnega motornega prometa ali pešcev. Proizvedemo prednost kolesarskega prometa v križišču. Zaščitimo kolesarje pred konflikti v križišču z velikim konfliktnim območjem. Kolesarjem predstavimo informacije uporabne za vožnjo. Poenostavimo vožnjo.</p> <p>Postavljene morajo biti na mestih, kjer so jasno vidne kolesarjem. Lahko jih poudarimo z dodatnimi prometnimi znaki, ki nakazujejo na približevanje semaforju. Lahko jih kombiniramo z odštevalnikom časa do zelene luči na semaforju.</p>
		<p>Signalna detekcija v križišču izboljša efikastnost in zmanjša čakanje kolesarjev v križišču. Izboljšajo tudi udobje in varnost kolesarjev in pomaga uveljaviti kolesarjenje, kot legitimen način transporta. Zmanjša število prevoženih rdečih luči kolesarjev brez povzročitve prekomernih zamud za motorni promet.</p> <p>Najdemo jo v križiščih brez posebnih kolesarskih pasov, kjer je potrebna aktivacija. V križiščih za kolesarskimi signalnimi glavami, kjer imamo posebne aktivne faze za kolesarje. V križiščih, kjer imamo posebne pasove za levo zavijanje kolesarjev.</p>

### 3.3 Predlogi tehničnih rešitev za uporabo v Republiki Sloveniji

V poglavju 3.2 smo naredili pregled tehničnih rešitev za projektiranje kolesarju prijazne infrastrukture. Sedaj smo, izmed vseh pregledanih rešitev, predlagali tiste, ki so po našem mnenju primerni za uporabo v Republiki Sloveniji. Seveda, smo našo izbiro, tudi ustrezno utemeljili.

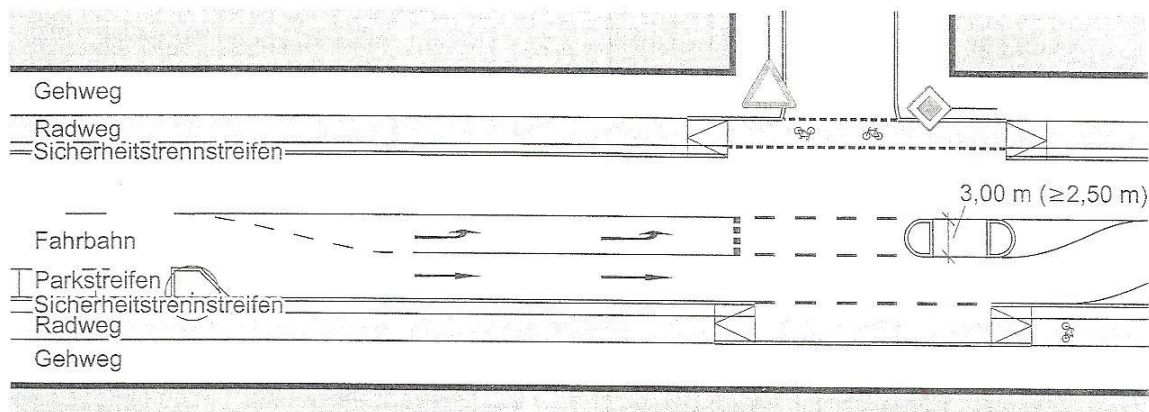
#### 3.3.1 Predlagane tehnične rešitve za vodenje kolesarjev preko krakov stranskih cest

Kot smo videli, v poglavju 3.2.1, imamo dva načina prehodov preko krakov stranskih cest v nesemaforiziranih križiščih. To sta:

- indirektni prehod in
- direktni prehod.

Skoraj vsi prehodi krakov stranskih cest v Sloveniji so indirektni. S tem načinom se zato nismo ukvarjali. Bolj so nas zanimali direktni prehodi čez stranske ceste. Teh je v Sloveniji manj. Direktni prehodi so bolj prijazni kolesarju, saj ne primorajo kolesarja, da bi spremenil smer in hitrost pri približevanju križišču. Vprašljiva je varnost takšnih prehodov, ker so kolesarji bolj izpostavljeni vplivom motornega prometa pri zavijanju.

Ta varnost se lahko izboljša na več načinov. Prvi način smo povzeli iz nemških predpisov (ERA2010), kjer se lahko zavijanje motornih vozil izvede s pomočjo vmesnega otoka, ki vozila upočasni. Na ta način imajo vozila boljši pregled nad dogajanjem v križišču in lahko kolesarja prej opazijo.



Slika 19: Izvedba zavijanja z vmesnim otokom – Nemčija

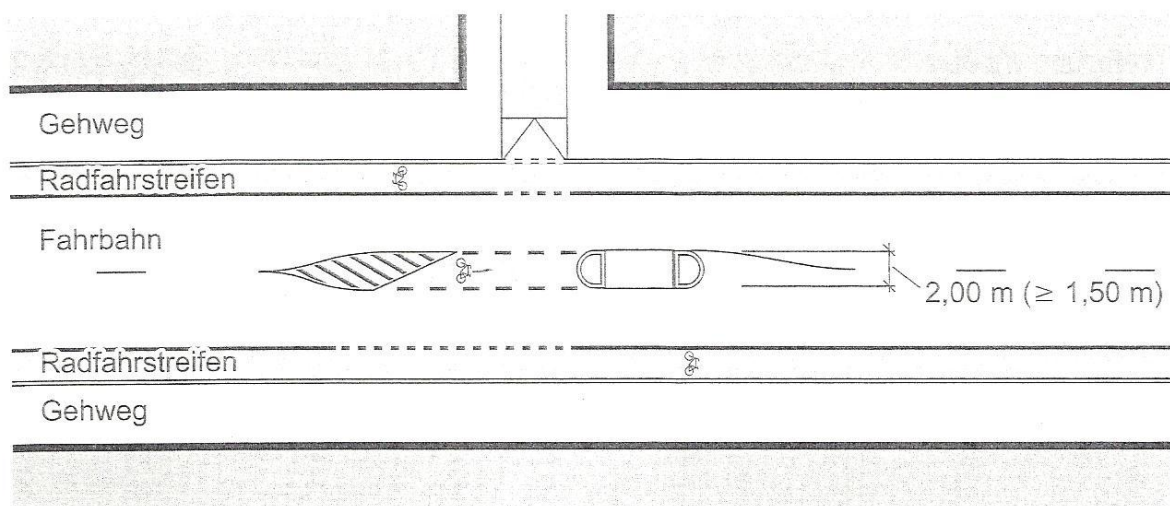


Za izboljšanje varnosti se lahko uporabijo tudi drugačne označbe in barve kolesarskih površin. Te se uporabljajo tudi pri prehodih v Republiki Sloveniji.

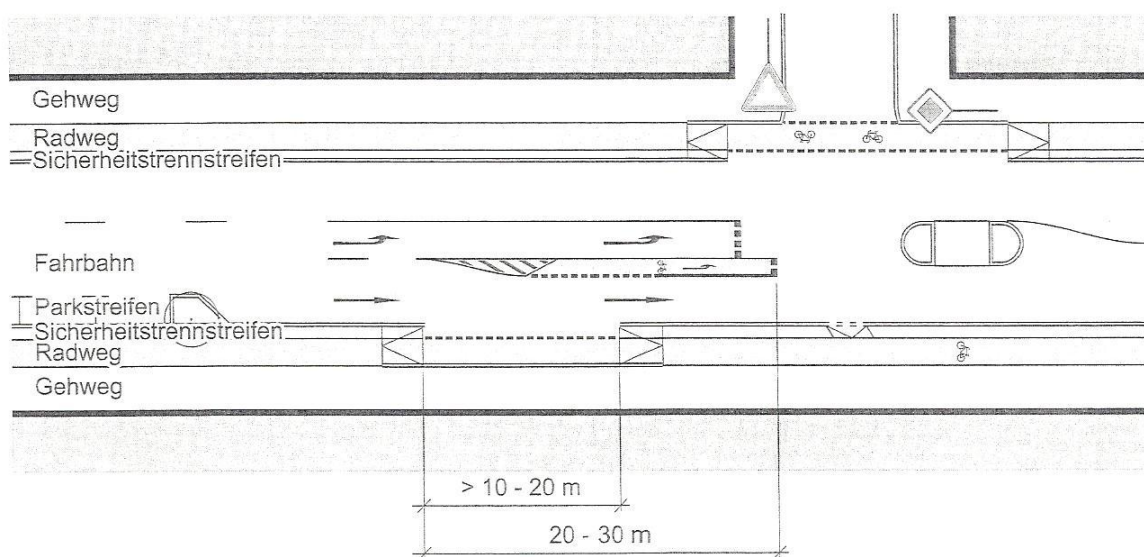
### 3.3.2 Predlagane tehnične rešitve za levo zavijanje kolesarjev v križiščih

O načinih levega zavijanja kolesarjev v križiščih smo govorili v poglavju 3.2.2. Tudi tukaj ločimo križišča na tista, ki omogočajo direktno in tista, ki omogočajo indirektno zavijanje. O pogojih za izbiro načina zavijanja smo govorili že v zgoraj omenjenem poglavju. Zato smo se tukaj osredotočili na predloge tehničnih rešitev, uporabnih za slovenske razmere.

Direktne rešitve imamo predvsem na izvenmestnih nesemaforiziranih križiščih. Lahko peljemo kolesarje skupaj z motornim prometom ali pa naredimo poseben pas za kolesarje pri zavijanju. Predvsem druga rešitev je tista, ki je v Sloveniji trenutno primanjkuje. S takšnimi rešitvami se večinoma ukvarjajo nemški in nizozemski predpisi. Mi smo predlagali dve tehnični rešitvi iz nemških standardov. Takšne rešitve se lahko uporabijo le na manj obremenjenih cestah, kjer so obremenitve manjše od 800 eov/h. Hitrost na teh območjih naj ne bi bila višja od 50 km/h.

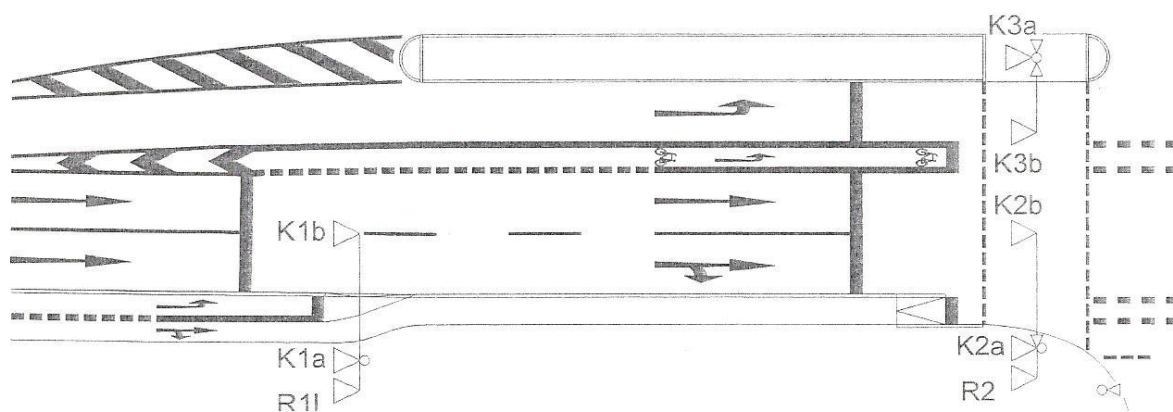


Slika 20: Možen način direktnega vodenja levih zavijalcev z vmesnim otokom – Nemčija



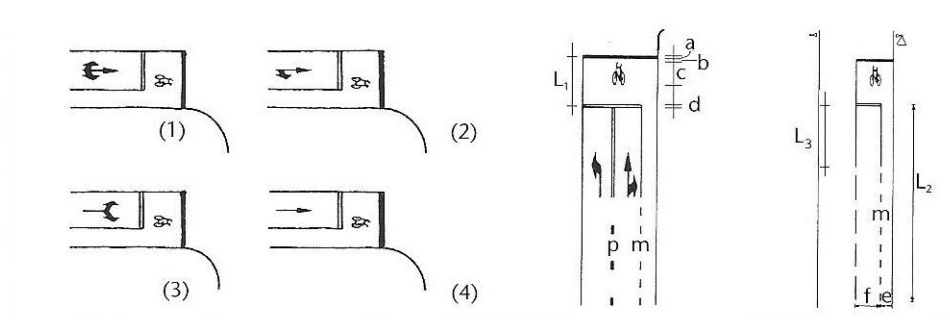
Slika 21: Možen način vodenja levih zavijalcev – pas tik ob pasu za leve zavijalce motornih vozil – Nemčija

Bolj poredko imamo lahko direktni način vodenje tudi v semaforiziranih križiščih. Te rešitve smo predlagali tudi iz nemških standardov. Gre predvsem za semaforizirana križišča, ki niso toliko prometno obremenjena, imajo pa veliko kolesarjev, ki zavijajo levo. V takšnih primerih je kolesarski pas podaljšan pred prometnega iz varnostnih razlogov. Kolesarji imajo lahko predsignalizirano fazo.



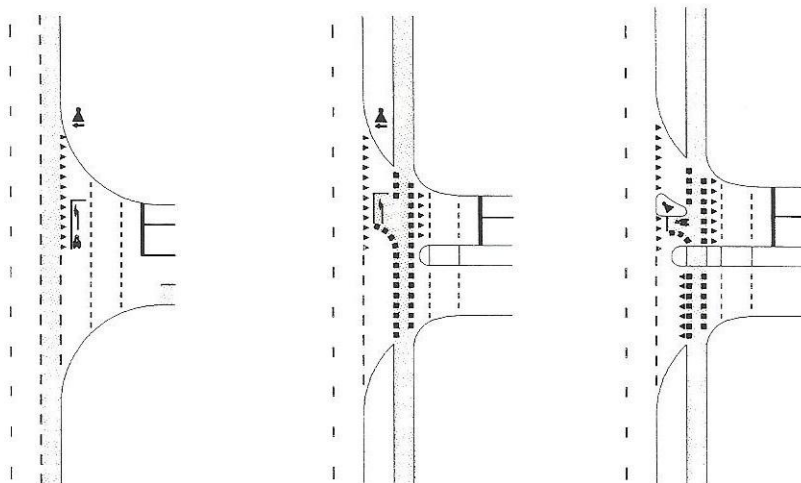
Slika 22: Direktno levo zavijanje za semaforizirana križišča – Nemčija

Poznamo še eden način, kjer kolesar lahko direktno zavije levo kljub semaforju. To je način, ko imamo podaljšano kolesarsko stezo pred prometni pas. Takšen način se v Sloveniji sicer že uporablja, vendar bi se lahko uporabljal večkrat. Ta primer smo predlagali iz nizozemskih standardov.



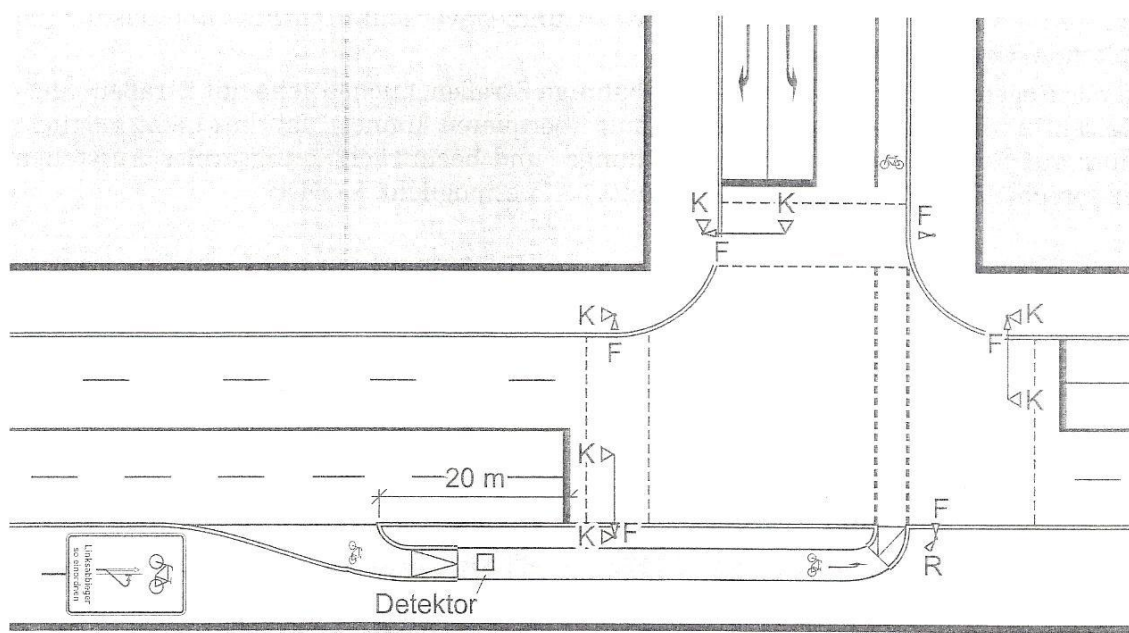
Slika 23: Podaljšana kolesarska steza pred prometni pas – Nizozemska

V mestih imamo največkrat indirektno levo zavijanje. Takšen način zavijanja imamo predvsem zaradi prevelikih prometnih obremenitev, ki kolesarju ne dovolijo varnega levega zavijanja. V tujih standardih se pojavijo nekatere tehnične rešitve, katerih v Sloveniji nismo našli. Gre predvsem za uporabo kolesarskih žepov (angl. Bike Box). O tej rešitvi smo govorili veliko več v naslednjem poglavju, kjer smo obdelali praktičen primer uporabe takšne vrste zavijanja. S to rešitvijo se ukvarjajo vsi standardi, ki smo jih v poglavju 3.2 obravnavali. Predlagali smo rešitve iz prepisov, ki veljajo na Nizozemskem in v Združenih državah Amerike. Vse možne rešitve so lahko vidne v preglednici 4.



Slika 24: Primeri izvedbe zavijalnih žepov – Nizozemska

Še eden izmed zanimivih načinov levega zavijanja, ki še ni v množični uporabi v Republiki Sloveniji, je zavijanje z uporabo detektorjev. Takšen način obravnavajo nemški standardi, ERA 2010.

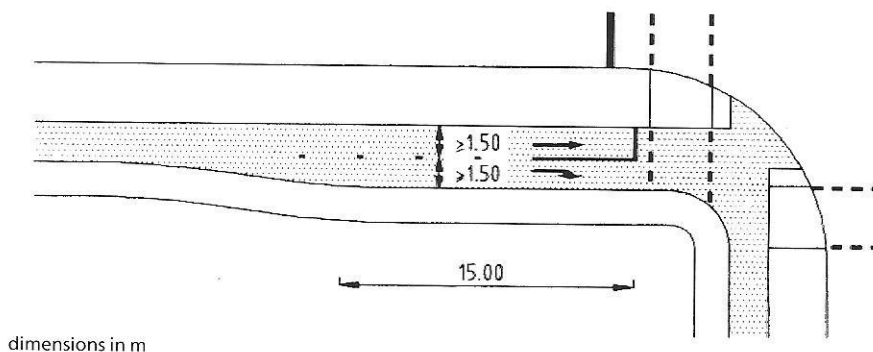


Slika 25: Levo zavijanje ob uporabi detektorjev – Nemčija

### 3.3.3 Predlagane tehnične rešitve za desno zavijanje kolesarjev v križiščih

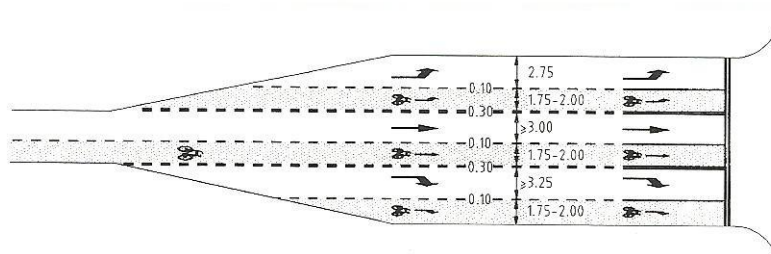
V preglednici 5 smo naredili pregled možnosti desnega zavijanja kolesarjev. Tukaj gre predvsem za takšne kolesarske ureditve, ki omogočajo prosto zavijanje desno ob rdeči luči na semaforju. Tudi v Sloveniji imamo takšne podobne rešitve.

Zanimiv, za uporabo v Sloveniji, je primer zavijanja iz nizozemskih predpisov, kjer imamo izveden poseben pas za desno zavijanje, podobno kot za motorna vozila. Za takšno rešitev rabimo zadosti prostora. Pametno jo je uporabiti tam, kjer imamo velike kolesarske obremenitve. Čakajoči kolesarji, ki peljejo naravnost, ne smejo ovirati kolesarjev, ki lahko prosto zavijejo desno.



Slika 26: poseben pas za desno zavijanje – Nizozemska

Možnost, ki se pojavi na nesemaforiziranih križiščih in je nimamo v Sloveniji, je takšna, da se kolesarji razvrstijo v poseben kolesarski pas že pred križiščem. Takšne ureditve so razmeroma nevarne in so primerne predvsem tam, kjer imamo majhne prometne obremenitve in zadosti prostora za izvedbo. V Sloveniji je takšna rešitev pogojno sprejemljiva. Pokazali smo nizozemski primer.



Slika 27: Razvrščanje kolesarjev v posebne pasove – Nizozemska

### **3.3.4 Predlagane tehnične rešitve za vodenje kolesarjev v krožnih križiščih**

O tehničnih rešitvah za vodenje kolesarjev v krožiščih smo govorili v poglavju 3.2.4. Slovenija na področju načrtovanja krožnih križišč ne zaostaja za evropskimi in svetovnimi državami. Večina rešitev za vodenje kolesarjev v krožiščih, ki jih obravnavajo tuji predpisi, se uporabljajo tudi v Republiki Sloveniji. Zato v tem poglavju nismo podali nobene posebne tehnične rešitve iz tujih standardov, ki bi bila nova v Sloveniji.

### **3.3.5 Predlagani posebni ukrepi za zmanjševanje čakalnih časov kolesarjev v križiščih**

S problemi zmanjšanja čakalnih časov kolesarjev v križiščih se ukvarjajo samo nizozemski in nemški standardi. V obeh standardih smo našli nekaj ukrepov, ki se v Sloveniji ne uporabljajo, in kateri bi se, po našem mnenju, lahko uveljavili tudi tukaj.

Eden izmed ukrepov, ki ga obravnavata oba standarda je zelena faza za vse smeri hkrati. Takšno ureditev imamo lahko v naseljenih območjih, kjer so večje kolesarske obremenitve. S takšnim ukrepom se poveča tudi varnost kolesarjev, saj konfliktnih točk med kolesarskim in motornim prometom ni več. Poveča se le število konfliktov med samimi kolesarji. Problem pri takšni vrsti ureditve krmilnega sistema je umeščanje pešcev v zeleno fazo za kolesarje.

Sami nizozemski predpisi obravnavajo še tri variante ukrepov, ki bi bile zanimive tudi za uporabo v Sloveniji. To so: zeleni val za kolesarje, predfaza za kolesarje in uporaba diagonalnih prehodov za kolesarje.

Z zelenim valom za kolesarje poskušamo doseči, da se kolesar ne ustavi na rdeči luči, pri vožnji skozi križišče. Takšen način optimizacije zelenih časov se lahko izvede tam, kjer imamo manjše razdalje med križišči. Posledica takšne ureditve je izboljšanje kolesarskega toka.

Predfaza za kolesarje je uporabna zaradi zmanjševanja števila konfliktov med motornimi vozili, ki zavijajo desno in naravnost vozečimi kolesarji. Takšno ureditev krmilnega sistema imamo lahko v naseljenih in nenaseljenih območjih, v križiščih, kjer je veliko število desnih zavijalcev. Izboljša se tudi vidnost kolesarja. Kolesar zaradi zgodnjega speljevanja postane bolj viden vozniku motornega vozila. Na takšen način se izboljša varnost kolesarja v križišču. Takšen ukrep ni uporaben za kolesarje, ki ne speljejo takoj po prižiganju zelene luči.

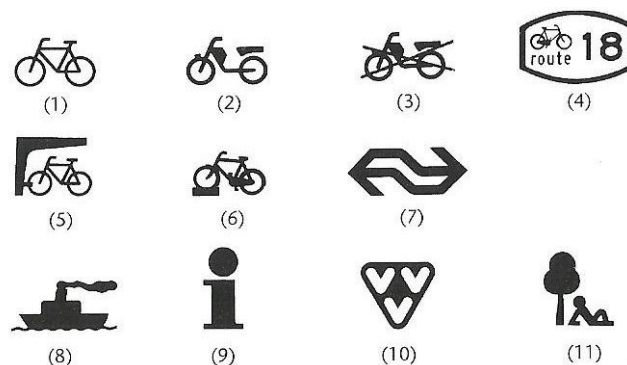
Zadnji ukrep, ki smo ga predlagali na temo zmanjševanja čakalnih časov kolesarjev v križiščih, je uporaba diagonalnih prehodov. Takšnih ureditev v Sloveniji trenutno ni. Značilne so tam, kjer je veliko kolesarjev, ki zavijajo levo. V nekaterih primerih, se s takšnim ukrepom lahko poveča nevarnost za kolesarje v križiščih. V križišču moramo zagotoviti dovolj prostora, ki bi omogočal nemoteno čakanje zavijajočih kolesarjev. To pomeni, da moramo imeti prostora, za vsaj dva zavijalna žepa. Po drugi strani, takšna ureditev poslabša razmere za motorni promet, saj pomeni daljše vmesne čase pri krmiljenju.

### **3.3.6 Predlagane tehnične rešitve v primeru izvennivojskih in posebnih nivojskih križanjih**

V tujih standardih, nismo našli nobenih takšnih tehničnih rešitev, ki jih novi slovenski standardi ne bi obravnavali. Zato tukaj nismo mogli predlagati nobenih novih tehničnih rešitev, ki bi bile uporabne v Sloveniji.

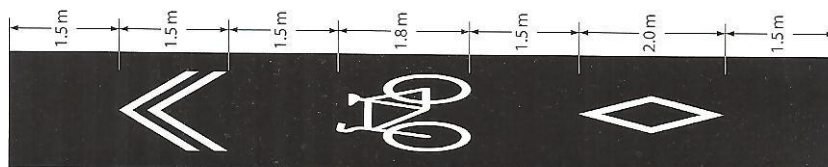
### **3.3.7 Predlogi za izboljšanje signalizacije**

Slovenija ima dobro urejene predpise na področju signalizacije. Ti predpisi so podobni predpisom, ki se uporabljajo v evropskih državah. Horizontalna signalizacija je podobna po celi Evropi. Edino, kar smo lahko predlagali je uporaba več različnih piktogramov, ki izboljšajo udobnost kolesarja pri vožnji, saj z njihovo pomočjo, voznik kolesa, dobi več uporabnih informacij za vožnjo. Predlagali smo uporabo piktogramov, ki jih uporabljajo Nizozemci.



Slika 28: Različni piktoگرامi – Nizozemska (1 – Kolesar na cesti; 2 – mesto, kjer se ločita kolesarski in motorni promet, 3 – prenehanje motornega prometa; 4 – oznaka poti; 5 – parkirišče za kolesarje; 6 – območje parkirišča za kolesarje; 7 – postajališče; 8 – oznaka za trajekt; 9 – informacijska točka; 10 – pisarna za turistične informacije; 11 – območje za rekreacijo)

Predlagali smo uporabo še enega tipa talnih označb, ki jih v Sloveniji nismo našli. To so talne označbe iz kanadskih predpisov. Tukaj je smer vožnje nakazana z dvojno puščično konico. Takšne primere talnih oznak poznajo tudi na Nizozemskem, v Nemčiji in Združenih državah Amerike.

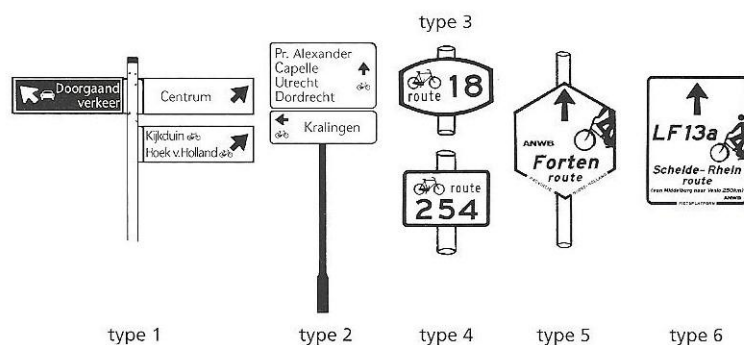


Slika 29: Talne označbe – Kanada

Vertikalna signalizacija, je tako kot horizontalna, bolj ali manj enaka po celi Evropi. Na tem področju, se lahko v Sloveniji izboljša opremljenost kolesarskih površin. Pri tem pa moramo biti pazljivi, saj preveliko število znakov lahko povzroči zmedo pri vožnji. V Sloveniji, predvsem primanjkuje prometnih znakov, ki bi kolesarje obveščali o smereh vožnje v mestih in o možnih turističnih ter drugih destinacijah. Takšno vrsto signalizacije smo predlagali iz nizozemski predpisov, ki imajo dobro urejeno vertikalno signalizacijo za kolesarje.



Poleg vertikalne signalizacije za kolesarje, se lahko malo bolje posvetimo tudi vertikalni signalizaciji za motorni promet, ki voznike obvešča o prisotnosti kolesarjev v prometu. Tudi na tem področju imajo Nizozemci najboljše rešitve, ki bi se lahko uspešno uveljavile tudi v Sloveniji.



Slika 30: Različni prometni znaki, ki izboljšajo udobje kolesarja pri vožnji – Nizozemska

Svetlobna signalizacija za kolesarje je v Sloveniji podobno urejena, kot drugod po svetu. Udobje kolesarja lahko izboljšamo z odštevalnikom časa do zelene luči na semaforju. Takšen primer lahko najdemo v nizozemskih predpisih. V Sloveniji takšnih ureditev ni. Sistem je tudi eden izmed ukrepov za redukcijo čakalnih časov kolesarjev v križiščih.



Slika 31: Semafor z odštevalnikom časa – Nizozemska

Zadnja rešitev, ki smo jo v tem poglavju predlagali, je uporaba detektorjev pri vožnji kolesarjev skozi križišče. Takšen sistem se lahko uspešno kombinira s prejšnjo predlagano rešitvijo (semafor z odštevalnikom časa). Uporaba detektorjev je predlagana v vseh standardih, ki smo jih pri diplomski nalogi obdelali. Sistem lahko povzroči manjše število ustavljanj kolesarjev v križišču. Zmanjša se število prevoženih rdečih luči. Izboljša se varnost kolesarjev.



Slika 32: Znaki, ki se postavljajo na križišču opremljenim z detektorji – ZDA

## 4 PRIMERJALNA ANALIZA VARIANT REKONSTRUKCIJE KRIŽIŠČA POLJANSKA – ROŠKA

Pri diplomski nalogi, smo naredili kapacitetno analizo variant rekonstrukcije križišča Poljanska – Roška. Križišče se rekonstruira zaradi izgradnje mostu, ki bo povezal Njogoševo in Roško cesto v Ljubljani. Most, ki bo zgrajen, bo spremenil celoten prometni režim območja. Povzročil bo spremembo oblike križišča Poljanska – Roška, ki bo tudi bolj prometno obremenjeno v prihodnosti.

Za omenjeno križišče, je bilo izdelanih več variant rekonstrukcije. Pri nalogi smo se odločili narediti primerjalno analizo treh, najbolj zanimivih variant. Variante smo v nadaljevanju bolj podrobno opisali. Njihove razlike narekuje predvsem, način vodenja kolesarjev skozi križišče. Pogledali smo, kakšen vpliv na križišče imajo različni načini vodenja kolesarskega prometa. Zanimale so nas predvsem zamude motornih vozil v križišču, ki nastanejo zaradi teh variant. Analizo smo izvedli na podlagi različnih parametrov, pridobljenih iz rezultatov mikrosimulacije.

### 4.1 Obstoječi prometni režim

Križišče je sestavljeno iz treh krakov. Krak B predstavlja Roško cesto. Ta je na tem območju tripasovna. Desno zavijanje iz Roške na Poljansko cesto je izvedeno z “by – pass – om“. Takoj po zavijanju, je na Poljanski cesti postavljeno avtobusno postajališče. Za leve zavijalce je, na tem kraku, rezerviran poseben pas.

Smer C predstavlja potek Poljanske ceste iz smeri Ambroževega trga. Poljanska cesta je tukaj dvopasovna. Pri samem zavijanju se odcepi zavijalni žep za desne zavijalce. Takoj po zavijanju, je na Roški cesti postavljeno avtobusno postajališče.

Krak A predstavlja potek Poljanske ceste iz nasprotne smeri, kot krak C. Ta je tudi dvopasovna, vendar se na območju križišča razširi. Tako smo za leve zavijalce imeli dva zavijalna žepa, saj je na tem območju veliko levih zavijalcev. Za naravnost vozeča vozila imamo en prometni pas.

Kolesarji so v križišču vodeni indirektno. To je za kolesarje manj ugodna varianta, kar se tiče udobnosti njihove vožnje.



Slika 33: Prvotni prometni režim križišča

Krak D je, v tem trenutku, še v fazi izgradnje. Potekal bo po mostu in povezoval bo Njogoševo in Roško cesto.

Na sliki 24 smo med drugim prikazali način vodenja kolesarjev v prvotnem križišču. Izrisali smo trajektorije po katerih vozijo kolesarji.

## 4.2 Opis variant in metodologije dela

Kot smo že nekajkrat omenili, smo pri diplomski nalogi naredili primerjavo treh variant ureditve prometnega režima na območju obravnavanega križišča. Primerjave smo se lotili s programskim orodjem PTV Vissim 5.3.0. Z omenjenim programom smo naredili mikrosimulacijo celotnega območja, na katerega bo vplival zgrajeni most. Tako smo naredili mikrosimulacijo za območje od obravnavanega križišča (Poljanska – Roška), do križišča Ilirske in Njegoševe ceste. Upoštevali smo napovedi prometnih obremenitev za to območje in načrtovane signalne programe, za vsa križišča, ki jih je mikrosimulacija obsegala. Ker je prometni tok stohastičen, smo naredili deset simulacij, za vsako varianto. Spreminjali smo semena, da bi dobili različne rezultate in tako se čim bolj približali realnosti.

Najprej smo se lotili zadnje variante. To je varianta, ki je že v praksi izvedena. Ta varianta je prilagojena udobnosti vožnje kolesarjev. Skozi križišče so kolesarji vodeni direktno. Kolesarji, ki zavijajo levo v križišču so vodeni indirektno. Za njih je predviden poseben zavijalni žep, ki s pomočjo svetlobne signalizacije omogoča levo zavijanje.



Slika 34: Zavijalni žep na vozišču, ki omogoča levo zavijanje proti kraku B



Slika 35: Zavijalni žep na pločniku, ki omogoča levo zavijanje proti kraku D

Križišče se v tej, in v vseh drugih variantah, spremeni iz trikrakega v štirikrako. Tako dobimo tudi krak D, ki prihaja iz smeri mostu. Iz stališča ureditve motornega prometa se križišče iz smeri A in C, skoraj da ne spremenijo v primerjavi z izhodiščem. Edina sprememba prihaja iz smeri C, kjer imamo sedaj kombiniran pas za desno zavijanje in vožnjo naravnost. Poseben zavijalni žep iz smeri C je dodan za leve zavijalce.



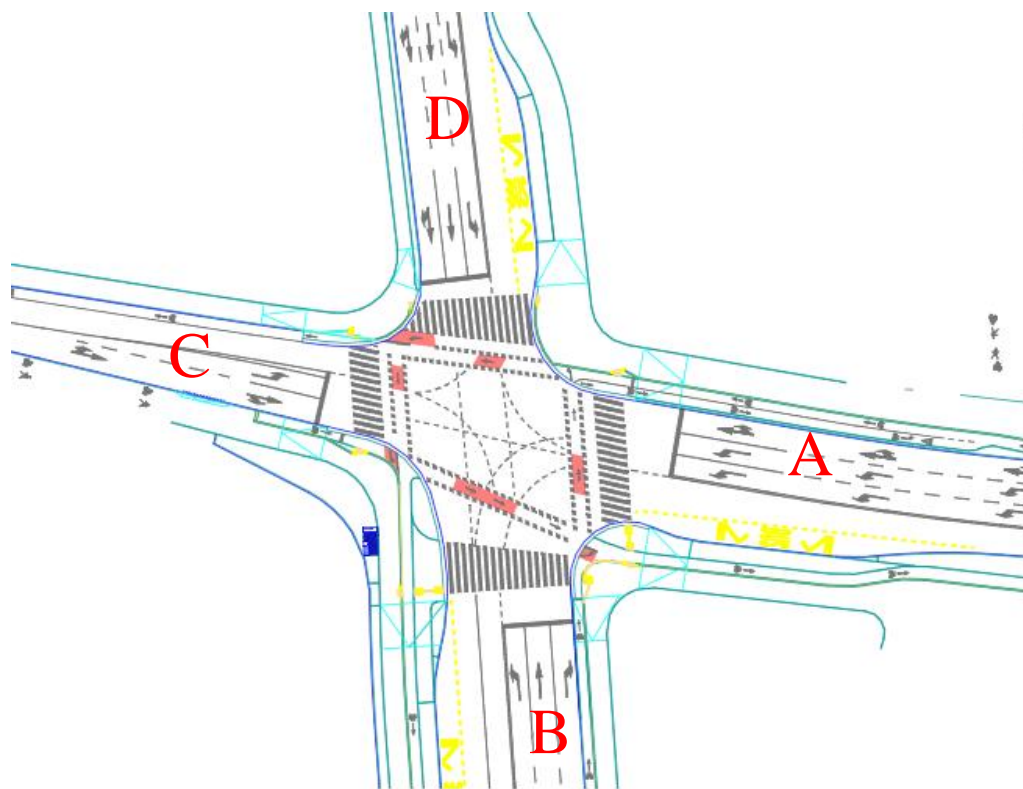
Slika 36: Kolesarski prehod čez krak A



Smer B je, v primerjavi z obstoječim stanjem, zelo različna. Iz te smeri nimamo več “by – pass – a“, za desno zavijanje. Sedaj imamo tri zavijalne pasove v križišču, za vsako smer posebej. Roška cesta, še zmeraj ostane tripasovna.

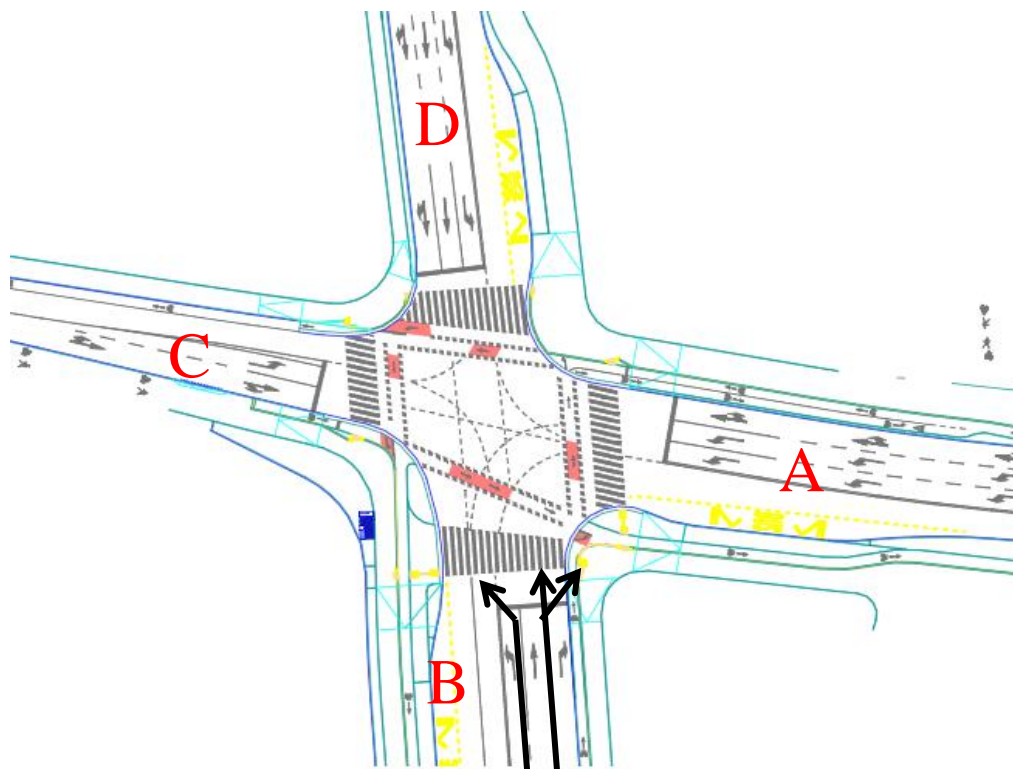
Novi krak je krak D. Kot smo, že prej povedali, prihaja ta iz smeri novozgrajenega mostu. Most bo imel štiri pasove. Na križišču imamo tri zavijalne pasove in sicer posebnega za levo zavijanje, posebnega za vožnjo naravnost ter kombiniranega za desno zavijanje in vožnjo naravnost.

Pozicije avtobusnih postajališč na Roški cesti in Poljanski cesti, ostaneta na isti poziciji, kot prej. Dodano je avtobusno postajališče na samem mostu.



Slika 37: Tretja primerjana varianta

Druga primerjana varianta, je bila zelo podobna tretji. Edina razlika med drugo in tretjo varianto, je bila pri kraku B. Tukaj smo imeli, namesto vsakega posebej, kombinirani prometni pas za desne zavijalce in naravnost vozeča vozila. Ostale ureditve so ostale enake. S tem je mišljeno predvsem na ureditve kolesarskih površin.



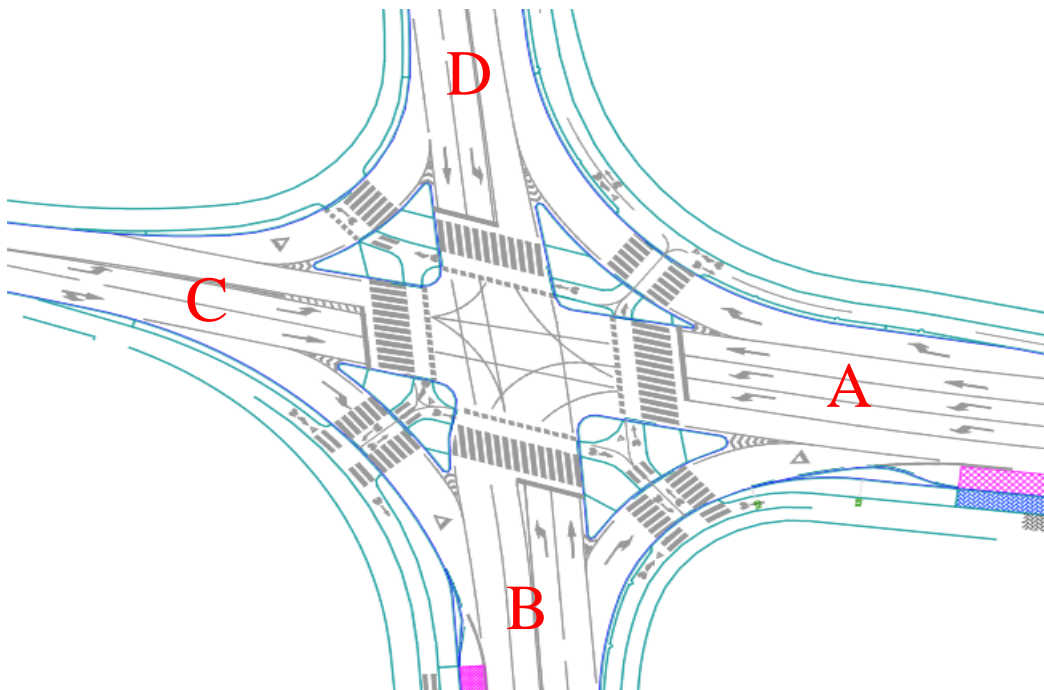
Slika 38: Druga primerjana varianta

Precej bolj kot druga se je od tretje razlikovala prva primerjana varianta. To je varianta rekonstrukcije obravnavanega križišča, ki je bila planirana v začetni fazi. Varianta je različna v pogledu vodenja kolesarskega in motornega prometa. Na vsakem izmed štirih krakov, smo imeli "by – pass". S tem je bilo doseženo neovirano desno zavijanje motornega prometa. Kombiniranih pasov ni bilo. Posebni zavijalni pasovi so bili predvideni za vse smeri.

Vodenje kolesarskega prometa pri vožnji skozi križišče in pri zavijanju na levo je bilo indirektno. Prednost pred rdečo lučjo so imeli kolesarji, ki so zavijali desno. To so lahko naredili prosto, brez ustavljanja. Po nekaterih tujih predpisih velja, da je takšen način vodenja kolesarjev manj udoben za njihovo vožnjo, saj kolesar ima indirektno pot do cilja. Poleg tega pa kolesar večkrat prečka pot motornih vozil. Kolesarji in pešci so se, pred prehodi glavnih smeri, ustavljali na vmesnih otokih.



Avtobusna postajališča so ostala na istih mestih, kot pri prvotni prometni ureditvi križišča.



Slika 39: Prva primerjana varianta

#### 4.3 Opis primerjanih parametrov za vse tri variante

Mikrosimulacijo smo iz vrednotili glede na parametre, ki opisujejo prometno stanje v križišču. Tako smo se odločili, da bomo primerjali naslednje parametre:

- kapaciteta križišča;
- zamude v križišču;
- emisije (CO, NO<sub>x</sub>);
- maksimalna dolžina kolone;
- povprečna dolžina kolone;
- število ustavljanj posameznega vozila.

Križišče smo obremenjevali z različnim številom kolesarjev (100, 200, 300, 400 in 500 kolesarjev/uro). Tako smo zgoraj našete parametre primerjali tudi glede na različne obremenitve obravnavanega križišča. Preverili smo, kakšna je občutljivost različnih variant križišča, glede na spreminjanje kolesarskih obremenitev. Glede na Predlog prometne politike Mestne občine Ljubljana smo ocenili, da bi realne kolesarske obremenitve znašale 200 kolesarjev/uro.

Na začetku smo izdelali prometno analizo križišča po smereh, kjer smo za vsako posamezno smer vožnje analizirali zgoraj omenjene parametre. Nato smo izdelali še primerjalno analizo variant križišča, kot celote.

#### **4.4 Prometna analiza križišča po smereh**

Križišče smo najprej analizirali glede na različne smeri vožnje. Ker smo križišče obremenjevali z različnim številom kolesarjev, smo se morali odločiti, katero obremenitev bomo uporabljali za to analizo. Pri odločitvi smo si pomagali s Predlogom prometne politike Mestne občine Ljubljana. Trenutno se v Ljubljani s kolesom vozi okoli 20% vseh prometnih udeležencev. Predlog, z različnimi ukrepi, načrtuje povišanje tega števila na 34% do leta 2020. V načrtu je tudi, da bodo dijaki in študenti uporabljali kolesarski promet 50% več kot zdaj. Ta podatek je za bil nas pomemben zaradi dejstva, da se križišče nahaja v neposredni bližini različnih srednjih in višjih šol ter dijaških in študentski domov. Na treh večjih ljubljanskih cestah (Dunajska cesta, Celovška cesta in Drenikova cesta), je planirana obremenitev do leta 2020, 2.800.000 kolesarjev letno. Preračunano na uro znašajo te obremenitve 107 kolesarjev na uro, za posamezno cesto.

Zaradi vseh, zgoraj naštetih faktorjev, smo sklenili da bo naše križišče podobno obremenjeno. Vedeli smo tudi, da so obremenitve višje v koničnih urah. Zato smo izbrali obremenitev 200 kolesarjev/uro.

Iz parametrov, naštetih v prejšnjem poglavju smo izračunali še nivo uslug in stopnjo zasičenosti vsake posamezne smeri. Nivo uslug se določi na podlagi zamud.

Preglednica 12: Določitev nivoja uslug za semaforizirana križišča.

<b>NIVO USLUG</b>	<b>POVPREČNE ZAMUDE V SEKUNDAH (d)</b>
A (sprejemljivo)	$d \leq 10$
B (sprejemljivo)	$10 < d \leq 20$
C (sprejemljivo)	$20 < d \leq 35$
D (sprejemljivo)	$35 < d \leq 55$
E (dopustno)	$55 < d \leq 80$
F (nedopustno)	$80 < d$

Stopnjo zasičenosti križišča smo izračunali iz kapacitete križišča. Kapaciteta je število vozil, ki prevozijo križišče v obravnavanem času. Ta je lahko manjša ali enaka prometnim obremenitvam oziroma volumnom. Stopnjo zasičenosti (X) smo izračunali po naslednji enačbi:

$$X = \frac{V}{C} \quad (1),$$

kjer V pomeni volumen, C pa kapaciteto križišča. Najboljši je primer, ko je volumen enak kapaciteti. Takrat je stopnja zasičenosti enaka 1.

Najprej smo se lotili jutranje konice za prvo predlagano varianto. To je variant, kjer so iz vseh štirih smeri, za desno zavijanje bili projektirani "by – pass –i ".

V naslednji tabeli so prikazani podatki za križišče kot celoto.

Preglednica 13: Izračunani parametri celotnega križišča za jutranjo konico prve predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.

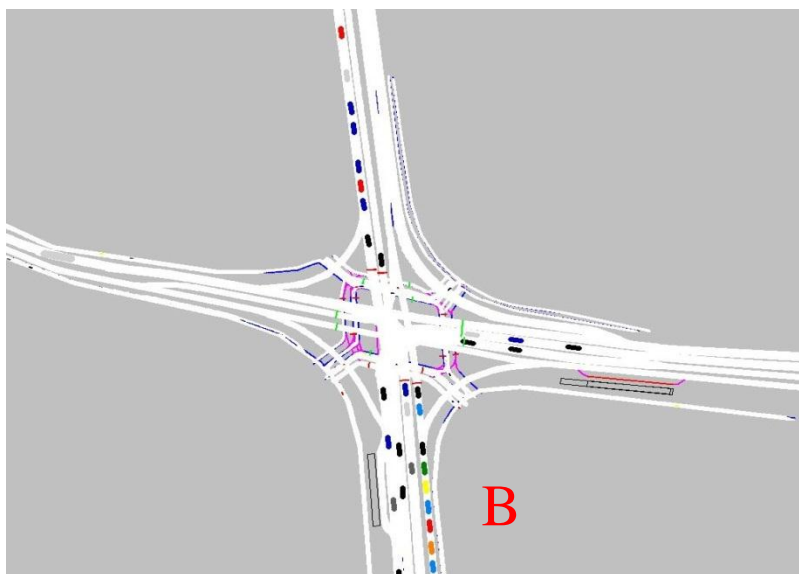
<b>PARAMETER</b>	<b>VREDNOST</b>
Volumen [število vozil]	2794,00
Kapaciteta [število vozil]	2537,00
Stopnja zasičenosti	1,10
Povprečna dolžina kolone [m]	15,73
Maksimalna dolžina kolone [m]	227,50
Zamude [s]	15,54
Nivo uslug	B
Emisije CO [kg]	4,60
Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	0,89
Povprečno število ustavljanj	0,43

Kot vidimo je tukaj nivo uslug sprejemljiv za celotno križišče. V nadaljevanju smo preverili, katere so problematične smeri tega križišča. Parametrov, kot so emisije CO in NO<sub>x</sub> v teh primerjavah ne bomo obravnavali. Te parametre smo obravnavali kasneje, ko smo primerjali celotno križišče.

Preglednica 14: Pregled jutranje konice prve predlagane variante po smereh.

Krak	Smer	Število vozil	Stopnja zasičenosti	Zamude [s]	Max. kolona [m]	Povp. kolona [m]	Število ustavljanj	Nivo uslug
A	B	544	1,01	14,21	93,90	7,20	0,62	B
	C	159	1,01	5,70	78,80	2,90	0,19	A
	D	338	1,01	2,83	13,30	0,01	0,08	A
A (SKUPAJ)		1041	1,01	7,58	93,90	3,37	0,30	A
B	A	110	1,20	34,70	31,50	0,01	0,70	C
	C	111	1,19	31,56	52,90	8,24	1,01	C
	D	607	1,20	49,60	227,50	142,27	0,94	D
B (SKUPAJ)		828	1,19	38,62	227,50	50,17	0,88	D
C	A	110	0,98	6,94	61,20	3,48	0,20	A
	B	22	0,59	0,86	12,10	0,00	0,02	A
	D	22	1,09	2,96	19,70	0,53	0,14	A
C (SKUPAJ)		154	0,94	3,59	61,20	1,34	0,12	A
D	A	32	1,75	11,26	33,30	1,59	0,48	B
	B	323	1,41	16,66	148,18	29,35	0,36	B
	C	160	0,61	13,25	221,10	1,70	0,28	B
D (SKUPAJ)		515	1,18	13,72	221,10	10,88	0,37	B

Glede na vse parametre je najbolj problematična smer B. To je smer iz smeri Roške ceste. Skupni nivo uslug kraka za vse smeri je D, kar je še sprejemljivo. Za ta krak smo v nadaljevanju poiskali rešitve, z namenom izboljšanja zamud motornih vozil v križišču, ki nastanejo zaradi njega.



Slika 40: Zastoji iz smeri B za jutranjo konico prve variante

Naprej smo pogledali, kako se obnaša isto križišče pri popoldanski konici. V naslednji preglednici so podani rezultati za celotno križišče.

Preglednica 15: Izračunani parametri celotnega križišča za popoldansko konico prve predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.

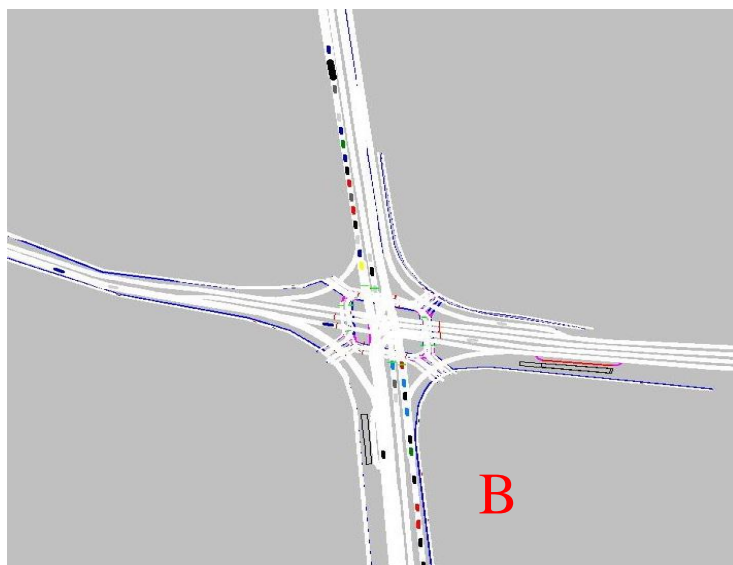
PARAMETER	VREDNOST
Volumen [število vozil]	3002,00
Kapaciteta [število vozil]	2638,00
Stopnja zasičenosti	1,14
Povprečna dolžina kolone [m]	19,57
Maksimalna dolžina kolone [m]	256,40
Zamude [s]	18,16
Nivo uslug	B
Emisije CO [kg]	4,92
Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	0,96
Povprečno število ustavljanj	0,53

Podobno, kot pri jutranji konici smo naredili preglednico, ki kaže prometno stanje po smereh. To je preglednica 16.

Preglednica 16: Pregled popoldanske konice prve predlagane variante po smereh.

Krak	Smer	Število vozil	Stopnja zasičenosti	Zamude [s]	Max. kolona [m]	Povp. kolona [m]	Število ustavljanj	Nivo uslug
A	B	354	1,02	12,07	57,70	4,23	0,59	B
	C	29	1,03	2,16	13,50	0,42	0,08	A
	D	274	0,98	2,18	0,00	0,00	0,08	A
<b>A (SKUPAJ)</b>		<b>657</b>	<b>1,01</b>	<b>5,47</b>	<b>57,70</b>	<b>1,55</b>	<b>0,25</b>	<b>A</b>
B	A	317	1,11	59,42	242,10	31,21	1,40	E
	C	26	1,19	13,45	19,62	1,50	0,46	B
	D	425	1,14	50,75	227,70	138,35	1,12	D
<b>B (SKUPAJ)</b>		<b>768</b>	<b>1,13</b>	<b>41,21</b>	<b>242,10</b>	<b>57,02</b>	<b>0,99</b>	<b>D</b>
C	A	390	1,00	14,84	106,12	21,34	0,40	B
	B	157	0,94	9,21	36,80	0,06	0,28	A
	D	75	1,07	9,67	31,30	2,17	0,39	A
<b>C (SKUPAJ)</b>		<b>622</b>	<b>0,99</b>	<b>11,24</b>	<b>106,12</b>	<b>9,66</b>	<b>0,36</b>	<b>B</b>
D	A	86	0,76	18,19	53,40	5,53	0,77	B
	B	483	1,60	25,81	269,20	44,78	0,57	C
	C	23	0,78	5,61	70,90	0,08	0,13	A
<b>D (SKUPAJ)</b>		<b>592</b>	<b>1,45</b>	<b>16,54</b>	<b>269,20</b>	<b>16,80</b>	<b>0,49</b>	<b>B</b>

Tako, kot pri jutranji konici, je tudi pri popoldanski konici problematičen krak B. Še posebej je problematično desno zavijanje proti kraku A.



Slika 41: Zastoji iz smeri B za popoldansko konico prve variante

Po končani analiza za prvo varianto križišča, smo se lotili druge variante. To je bila vmesna varianta. Njene značilnosti smo opisali na začetku tega poglavja. Podobno, kot pri prejšnjih dveh primerjavah, smo naredili preglednico za celotno križišče. To je preglednica 17.

Preglednica 17: Izračunani parametri celotnega križišča za jutranjo konico druge predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.

PARAMETER	VREDNOST
Volumen [število vozil]	2794,00
Kapaciteta [število vozil]	2525,00
Stopnja zasičenosti	1,11
Povprečna dolžina kolone [m]	27,69
Maksimalna dolžina kolone [m]	267,10
Zamude [s]	18,68
Nivo uslug	B
Emisije CO [kg]	5,40
Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	1,05
Povprečno število ustavljanj	0,55

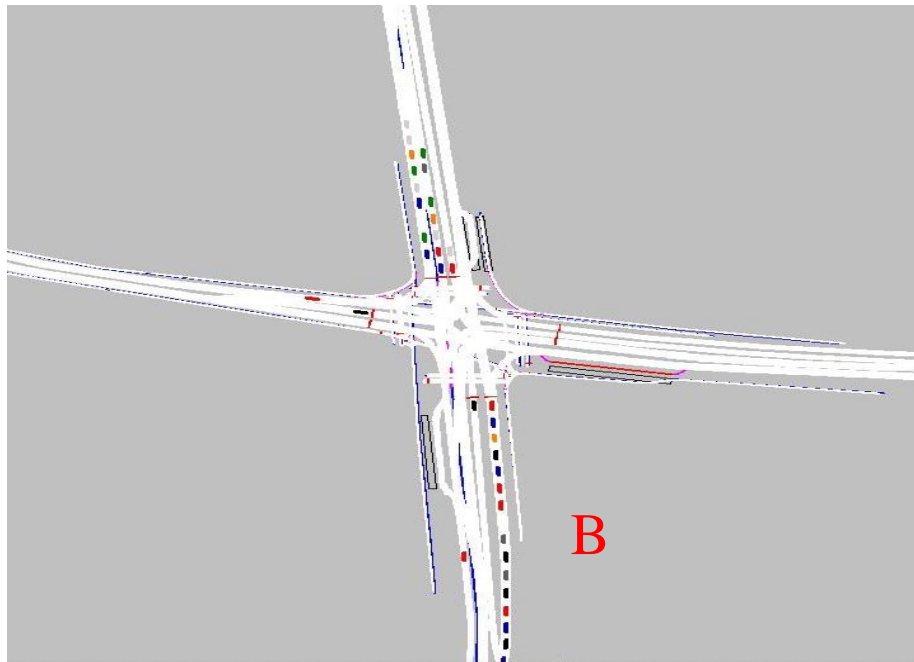


Nato smo naredili še preglednico 18, ki je prikazovala analizo jutranje konice druge variante križišča po smereh.

Preglednica 18: Pregled jutranje konice druge predlagane variante po smereh.

Krak	Smer	Število vozil	Stopnja zasičenosti	Zamude [s]	Max. kolona [m]	Povp. kolona [m]	Število ustavljanj	Nivo uslug
A	B	534	1,03	15,46	65,60	6,45	0,66	B
	C	162	0,99	8,65	267,10	9,26	0,36	A
	D	347	0,99	16,83	267,10	18,14	0,60	B
<b>A (SKUPAJ)</b>		1043	1,01	13,65	267,10	11,28	0,54	B
B	A	98	1,34	39,48	223,10	156,12	0,82	D
	C	89	1,48	35,77	45,10	5,93	1,01	D
	D	514	1,41	64,38	223,10	155,66	1,27	E
<b>B (SKUPAJ)</b>		701	1,41	46,54	223,10	105,90	1,03	D
C	A	97	1,11	7,58	66,60	2,38	0,30	A
	B	11	1,18	2,36	66,60	3,69	0,11	A
	D	35	0,69	7,91	34,60	1,09	0,38	A
<b>C (SKUPAJ)</b>		143	1,01	5,95	66,60	2,39	0,26	A
D	A	51	1,10	20,59	40,10	3,50	0,70	C
	B	471	0,97	15,26	99,40	17,45	0,36	B
	C	119	0,81	14,50	99,40	17,45	0,38	B
<b>D (SKUPAJ)</b>		641	0,95	16,78	99,40	12,80	0,48	B

Videli smo, je problematična smer še zmeraj enaka, kot za prvo varianto križišča. V primerjavi z jutranjo konico prve variante, se tukaj situacija, pri problematičnih smereh, še dodatno poslabša, saj imamo manjšo kapaciteto, večje zamude vozil, daljše maksimalne in povprečne kolone ter večje število ustavljanj.



Slika 42: Zastoji iz smeri B za jutranjo konico druge variante

Naprej smo naredili pregled druge variante glede na popoldansko konično uro. Podatke za celotno križišče smo prikazali v preglednici 19.

Preglednica 19: Izračunani parametri celotnega križišča za popoldansko konico druge predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.

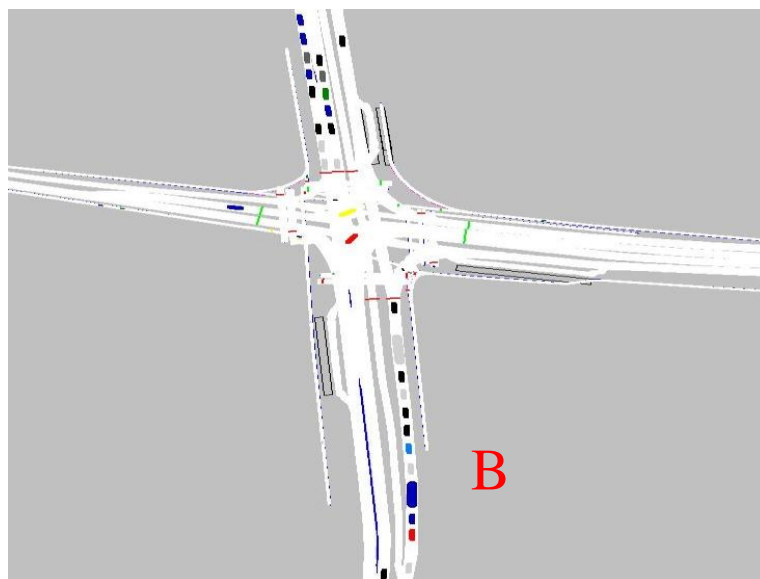
<b>PARAMETER</b>	<b>VREDNOST</b>
Volumen [število vozil]	3002,00
Kapaciteta [število vozil]	2531,00
Stopnja zasičenosti	1,19
Povprečna dolžina kolone [m]	34,05
Maksimalna dolžina kolone [m]	270,400
Zamude [s]	22,24
Nivo uslug	C
Emisije CO [kg]	5,67
Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	1,10
Povprečno število ustavljanj	0,61

Tudi ta primer smo analizirali po smereh. To smo naredili v preglednici 20.

Preglednica 20: Pregled popoldanske konice druge variante po smereh.

Krak	Smer	Število vozil	Stopnja zasičenosti	Zamude [s]	Max. kolona [m]	Povp. kolona [m]	Število ustavljanj	Nivo uslug
A	B	350	1,03	14,36	65,70	4,30	0,67	B
	C	30	1,00	4,70	119,60	4,56	0,25	A
	D	268	1,01	13,45	119,60	8,44	0,56	B
<b>A (SKUPAJ)</b>		648	1,02	10,84	119,60	5,77	0,49	B
B	A	231	1,52	71,29	224,40	166,33	1,46	E
	C	22	1,41	14,78	20,60	1,28	0,41	B
	D	313	1,54	78,08	224,40	166,30	1,53	E
<b>B (SKUPAJ)</b>		665	1,49	51,11	224,40	108,62	1,01	D
C	A	380	1,03	15,03	270,40	27,94	0,38	B
	B	145	1,02	23,54	270,20	55,62	0,64	C
	D	88	0,91	20,28	185,80	2,95	0,69	C
<b>C (SKUPAJ)</b>		613	1,01	19,62	270,40	28,72	0,57	B
D	A	48	1,35	14,96	32,60	1,59	0,64	B
	B	632	1,23	22,20	110,50	17,33	0,52	C
	C	25	0,72	6,83	110,50	17,33	0,17	A
<b>D (SKUPAJ)</b>		705	1,22	14,66	110,70	12,08	0,44	B

Podobno, kot za jutranjo konico druge variante, velja da se je situacija tukaj poslabšala. Parametri kažejo na slabše stanje kot pri popoldanski konici za prvo obravnavano varianto.



Slika 43: Zastoji iz smeri B za popoldansko konico druge variante

Na koncu smo še obdelali tretjo predlagano varianto. Varianto, ki se v praksi danes gradi, smo že opisali v začetku tega poglavja. Na tem mestu pa smo izdelali tabelo, kjer smo najprej prikazali značilnosti križišča kot celote. Prvo smo se lotili značilnosti za jutranjo konico. To prikazuje preglednica 21.

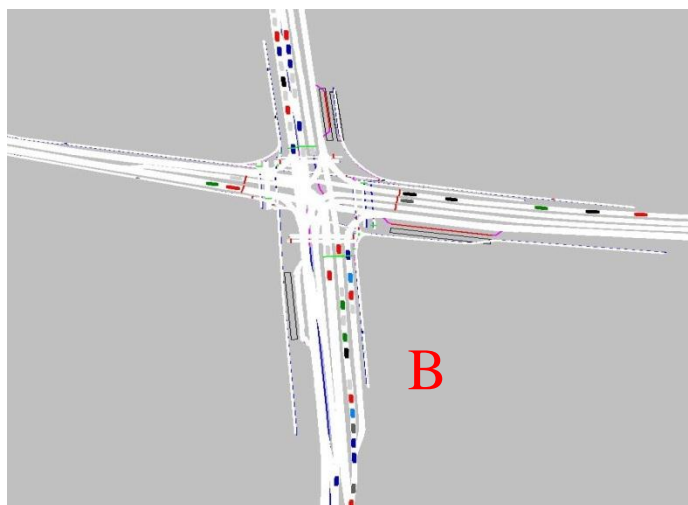
Preglednica 21: Izračunani parametri celotnega križišča za jutranjo konico tretje predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.

PARAMETER	VREDNOSTI
Volumen [število vozil]	2794,00
Kapaciteta [število vozil]	2692,00
Stopnja zasičenosti	1,04
Povprečna dolžina kolone [m]	15,33
Maksimalna dolžina kolone [m]	263,60
Zamude [s]	15,53
Nivo uslug	B
Emisije CO [kg]	5,35
Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	1,04
Povprečno število ustavljanj	0,49

V preglednici 22 smo naprej pokazali rezultate mikrosimulacije po smereh tretje variante obravnavanega križišča za jutranjo konico.

Preglednica 22: Pregled jutranje konice tretje variante po smereh.

Krak	Smer	Število vozil	Stopnja zasičenosti	Zamude [s]	Max. kolona [m]	Povp. kolona [m]	Število ustavljanj	Nivo uslug
A	B	534	1,03	15,58	84,10	6,25	0,65	B
	C	160	1,01	8,82	263,60	10,27	0,32	A
	D	340	1,01	17,07	263,60	19,86	0,53	B
<b>A (SKUPAJ)</b>		1034	1,02	13,82	263,60	12,13	0,50	B
B	A	119	1,10	25,26	58,20	7,22	0,68	C
	C	117	1,13	29,68	57,90	7,42	0,91	C
	D	641	1,13	43,21	222,90	122,02	0,97	D
<b>B (SKUPAJ)</b>		877	1,13	32,72	222,90	42,22	0,85	C
C	A	96	1,12	7,87	66,70	2,26	0,36	A
	B	10	1,30	2,25	66,70	2,25	0,09	A
	D	35	0,69	8,30	34,60	1,13	0,39	A
<b>C (SKUPAJ)</b>		141	1,03	6,14	66,70	1,88	0,28	A
D	A	50	1,12	15,17	40,10	2,16	0,54	B
	B	472	0,96	14,97	112,50	14,53	0,36	B
	C	117	0,83	12,53	112,50	14,53	0,31	B
<b>D (SKUPAJ)</b>		639	0,95	14,22	112,50	10,41	0,40	B



Slika 44: Zastoji iz smeri B za jutranjo konico tretje variante

Stanje problematičnih smeri, iz prejšnjih primerov, se na podlagi osnovnih primerjanih parametrov, v tej varianti malo izboljša. Problematici smeri sta še zmeraj smer B – A oziroma desno zavijanje iz Roške na Poljansko ter smer B – D, ki predstavlja smer vožnje naravnost čez Fabianjev most proti Njogoševi. V nadaljevanju smo pogledali še popoldansko konico za tretjo varianto. Osnovne parametre za celotno križišče smo prikazali v preglednici 23.

Preglednica 23: Izračunani parametri celotnega križišča za popoldansko konico tretje predlagane variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.

PARAMETER	VREDNOSTI
Volumen [število vozil]	3002,00
Kapaciteta [število vozil]	2835,00
Stopnja zasičenosti	1,06
Povprečna dolžina kolone [m]	15,13
Maksimalna dolžina kolone [m]	270,20
Zamude [s]	15,02
Nivo uslug	B
Emisije CO [kg]	5,13
Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	1,00
Povprečno število ustavljanj	0,49

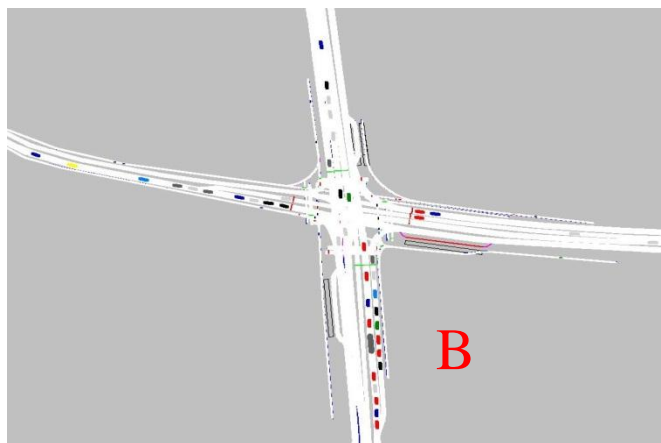
Naprej smo, v preglednici 24, izdelali pregled osnovnih parametrov za popoldansko konico tretje variante.

Preglednica 24: Pregled popoldanske konice tretje variante po smereh.

Krak	Smer	Število vozil	Stopnja zasičenosti	Zamude [s]	Max. kolona [m]	Povp. kolona [m]	Število ustavljanj	Nivo uslug
A	B	350	1,03	14,82	52,90	4,40	0,71	B
	C	30	1,00	4,02	99,80	4,08	0,18	A
	D	269	1,00	12,41	99,80	7,51	0,46	B
<b>A (SKUPAJ)</b>		<b>649</b>	<b>1,02</b>	<b>10,42</b>	<b>99,80</b>	<b>5,33</b>	<b>0,45</b>	<b>B</b>
B	A	350	1,00	23,62	217,90	27,59	0,66	C
	C	34	0,91	8,17	25,60	1,14	0,35	A
	D	483	1,00	20,08	220,70	30,06	0,50	C
<b>B (SKUPAJ)</b>		<b>867</b>	<b>1,00</b>	<b>17,29</b>	<b>220,70</b>	<b>19,60</b>	<b>0,50</b>	<b>B</b>
C	A	381	1,02	17,14	270,30	26,19	0,48	B
	B	146	1,01	23,44	270,30	51,46	0,64	C
	D	88	0,91	19,97	175,60	3,03	0,65	B
<b>C (SKUPAJ)</b>		<b>615</b>	<b>1,00</b>	<b>20,18</b>	<b>270,30</b>	<b>26,89</b>	<b>0,59</b>	<b>C</b>
D	A	48	1,35	15,29	50,70	2,28	0,63	B
	B	633	1,22	22,55	112,20	17,23	0,53	C
	C	25	0,72	7,79	112,20	17,23	0,19	A
<b>D (SKUPAJ)</b>		<b>689</b>	<b>1,24</b>	<b>15,09</b>	<b>105,70</b>	<b>11,47</b>	<b>0,33</b>	<b>B</b>



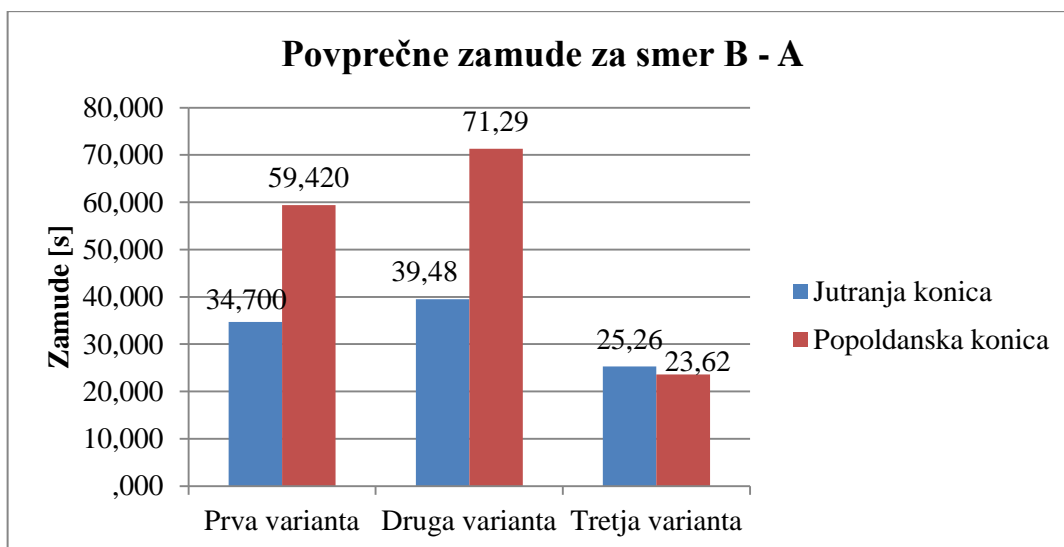
Kot vidimo, tukaj imajo vse smeri nivo uslug B. Tukaj ni potrebno iskati ukrepov za izboljšanje prometnega stanja v križišču. Zastoji iz smeri B, ki so pojavljali v prejšnjih variantah, se v tej ne pojavljajo več.



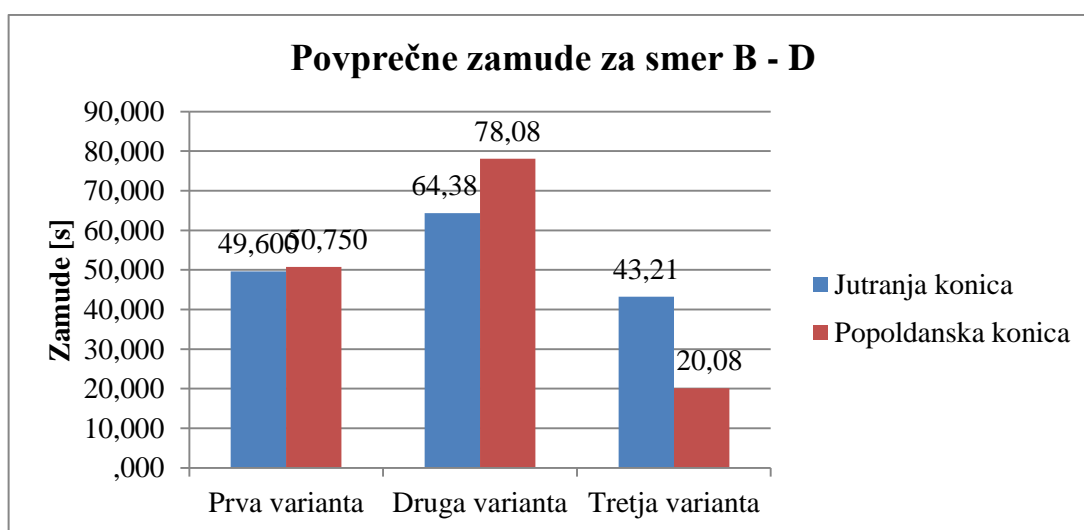
Slika 45: Stanje pri popoldanski konici tretje variante

V tem poglavju smo analizirali variante po smereh pri jutranji in popoldanski konici. Ugotovili smo, katere smeri gibanja vozil, so problematične. Za te smeri smo, v nadaljevanju, poiskali rešitve z namenom izboljšanja stanja v križišču.

Ugotovili smo, da je pri vseh variantah, najbolj problematična smer gibanja iz kraka B v krak A. Gre za desno zavijanje, ki ga v dobri meri ovirajo kolesarske obremenitve. Zato tukaj prihaja do večjih zastojev. Problem je zlasti pri popoldanski konici, kjer imamo veliko desnih zavijalcev. Zaradi tega, nastaja problem vožnje iz smeri kraka B proti kraku D. Ta smer gibanja ima, v vseh primerih, največji nivo uslug, najdaljše kolone, največje zamude in najvišjo stopnjo zasičenosti. Do problemov je prihajalo predvsem tam, kjer smo imeli kombiniran pas za desno zavijanje in vožnjo naravnost. Kot smo lahko videli, se problem pri tretji varianti zmanjša. Tam smo imeli ločena pasova za desno zavijanje in vožnjo naravnost.



Grafikon 2: Povprečne zamude za smer B – A



Grafikon 3: Povprečne zamude za smer B – D

Pojavi se tudi še ena problematična smer gibanja. To je gibanje iz smeri kraka D proti kraku B. Ta smer je problematična predvsem pri popoldanski konici, kjer imamo, na tej smeri, večje obremenitve. Do težav pride zaradi kombiniranega pasu za desno zavijanje in vožnjo naravnost, kjer kolesarski promet povzroča zastoje desnih zavijalcev. Zaradi tega, desni zavijalci, ovirajo celotno smer.

## 4.5 Prometna analiza variant za celotno križišče

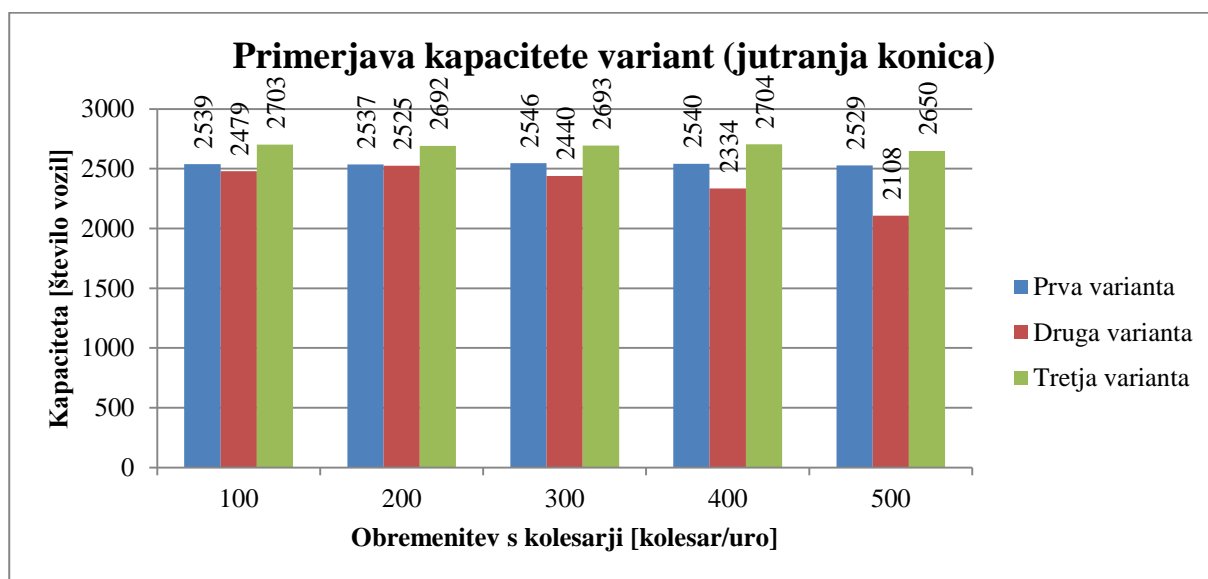
V tem poglavju smo, variante križišč, izvrednotili glede na parametre iz poglavja 4.3. Ti parametri so: kapaciteta križišč, zamude v križišču, emisije (CO in NO<sub>x</sub>), maksimalna dolžina kolone, povprečna dolžina kolone in povprečno število ustavljanj. Na podlagi izračunane kapacitete smo, tako kot v poglavju 4.4 določili stopnjo zasičenosti križišča. Iz povprečnih zamud pa smo izračunali nivoov uslug.

### 4.5.1 Kapaciteta križišč

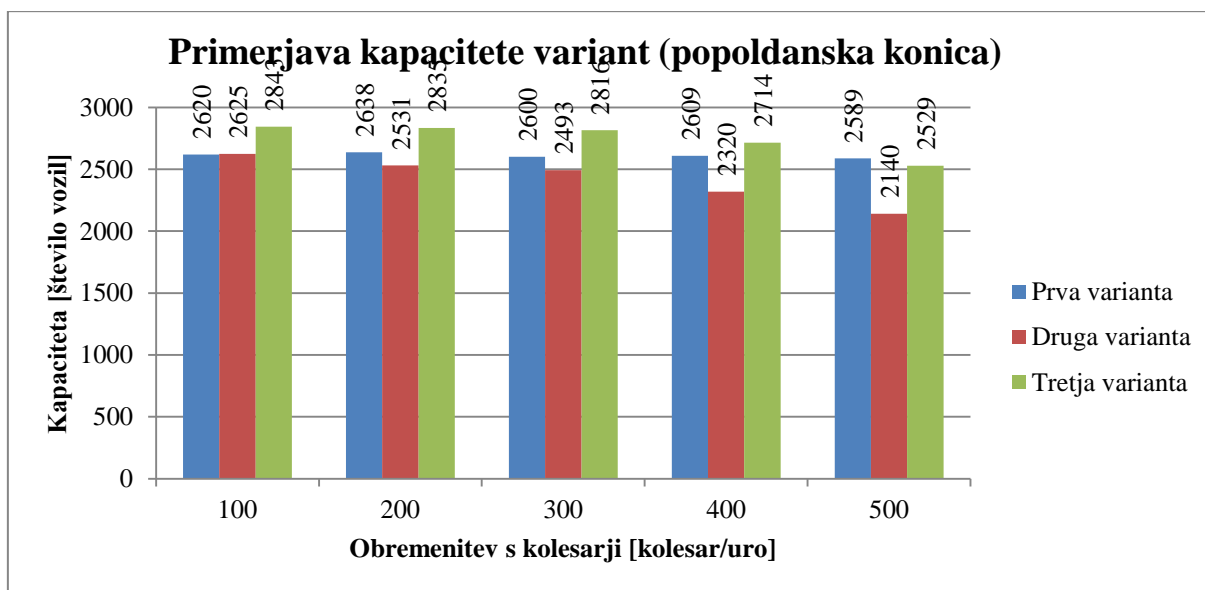
Kapaciteta križišča je število vozil, ki v času simulacije prepelje skozi križišče. To število ni nujno enako obremenitvam križišča. Lahko je manjše ali večje. Če je to število manjše imamo stopnjo zasičenosti večjo kot 1,00 in obratno.

Konkretno za naše križišče velja, da je stopnja zasičenosti vedno večja kot 1,00 oziroma, da je kapaciteta zmeraj manjša od prometnih obremenitev. Vse tri variante, smo obremenjevali z enakimi obremenitvami. Skupno število vozil v jutranji konici za celotno križišče je znašalo 2794 vozil. Za popoldansko konico je to število znašalo 3002.

Iz grafikonov 4 in 5 je razvidna primerjava kapacitet treh variant za jutranjo in popoldansko konico.



Grafikon 4: Primerjava kapacitete variant za jutranjo konico

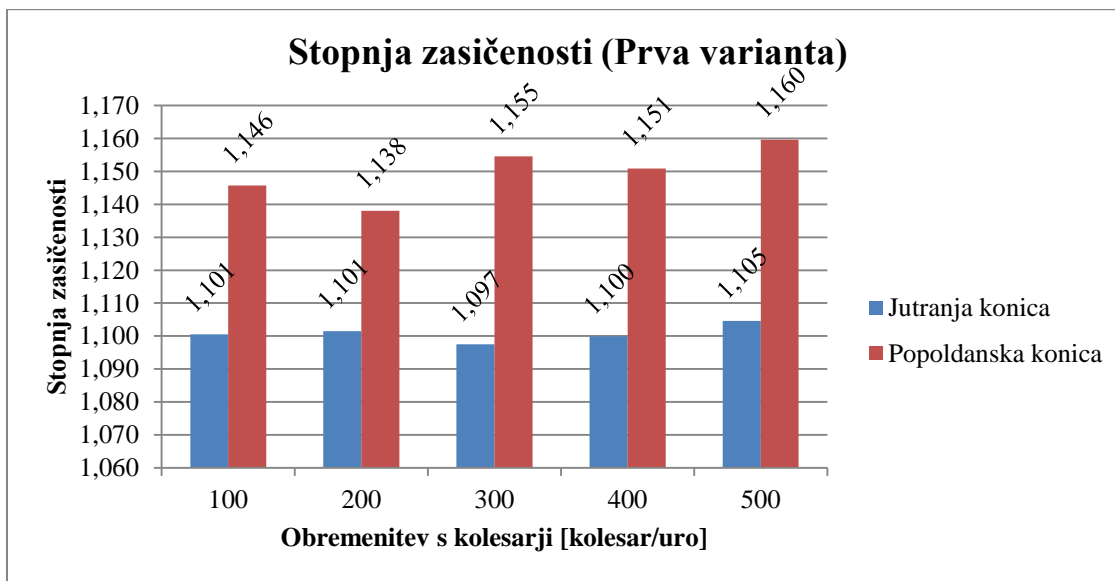


Grafikon 5: Primerjava kapacitete variant za popoldansko konico

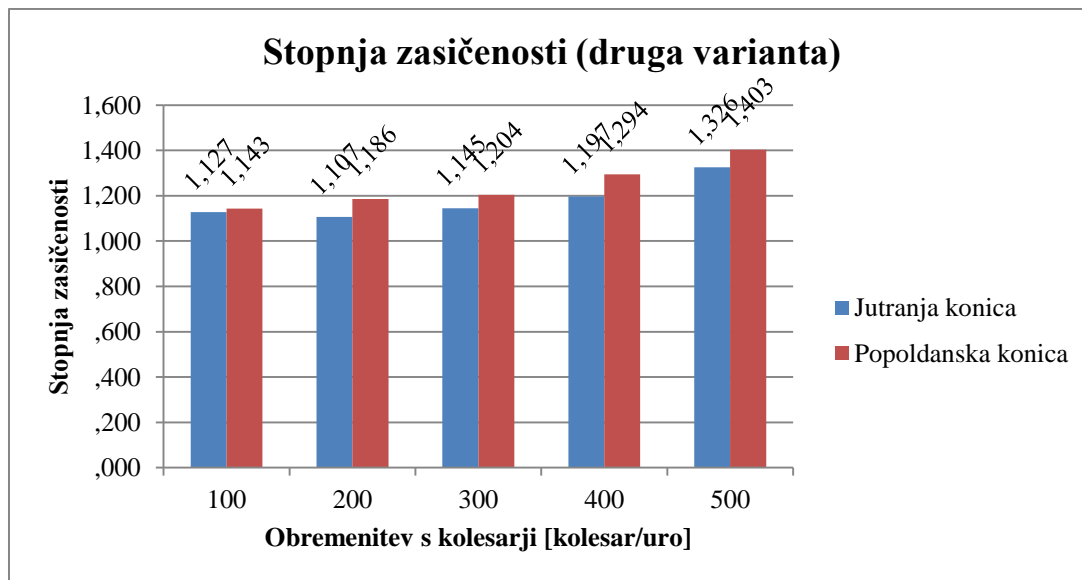
Iz primerjav smo ugotovili, da ima tako pri jutranji, kot pri popoldanski konici, največjo kapaciteto tretja varianta. To je varianta, ki se trenutno gradi. Ob enem lahko vidimo, da je varianta, v kateri je desno zavijanje izvedeno z “by – pass – i“, najmanj občutljiva na obremenjevanje križišča s kolesarskim prometom. Kapaciteta te, prve variante, se najmanj spreminja. Tudi tretja varianta je relativno neobčutljiva na kolesarske obremenitve. Pri tej varianti je moč opaziti manjše spremembe kapacitete zaradi obremenitev s kolesarji.

Najbolj občutljiva varianta je druga varianta. Ta ima v vseh primerih najmanjšo kapaciteto in največje spremembe kapacitete glede na kolesarske obremenitve.

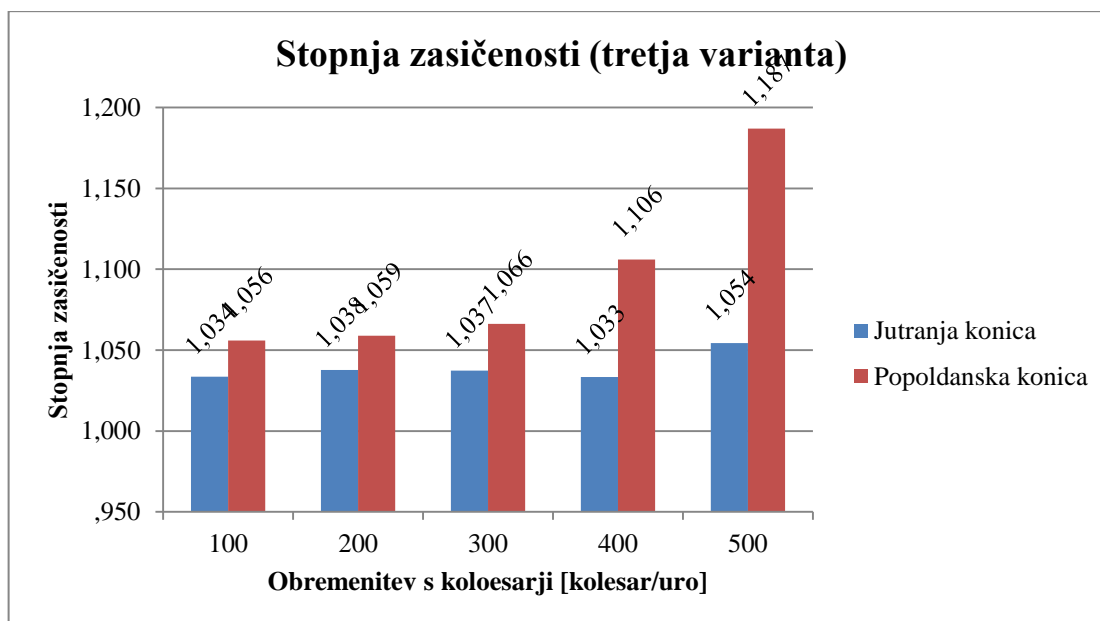
V naslednjih treh grafikonih smo prikazali primerjava stopnje zasičenosti križišča, ki smo jih izračunali s pomočjo enačbe (1). Te primerjave bodo potrdile, zgoraj navedene teze, o spremembah kapacitete in občutljivosti kapacitete glede na kolesarski promet.



Grafikon 6: Primerjava stopnje zasičenosti pri jutranji in popoldanski konici prve variante



Grafikon 7: Primerjava stopnje zasičenosti pri jutranji in popoldanski konici druge variante



Grafikon 8: Primerjava stopnje zasičenosti pri jutranji in popoldanski konici tretje variante

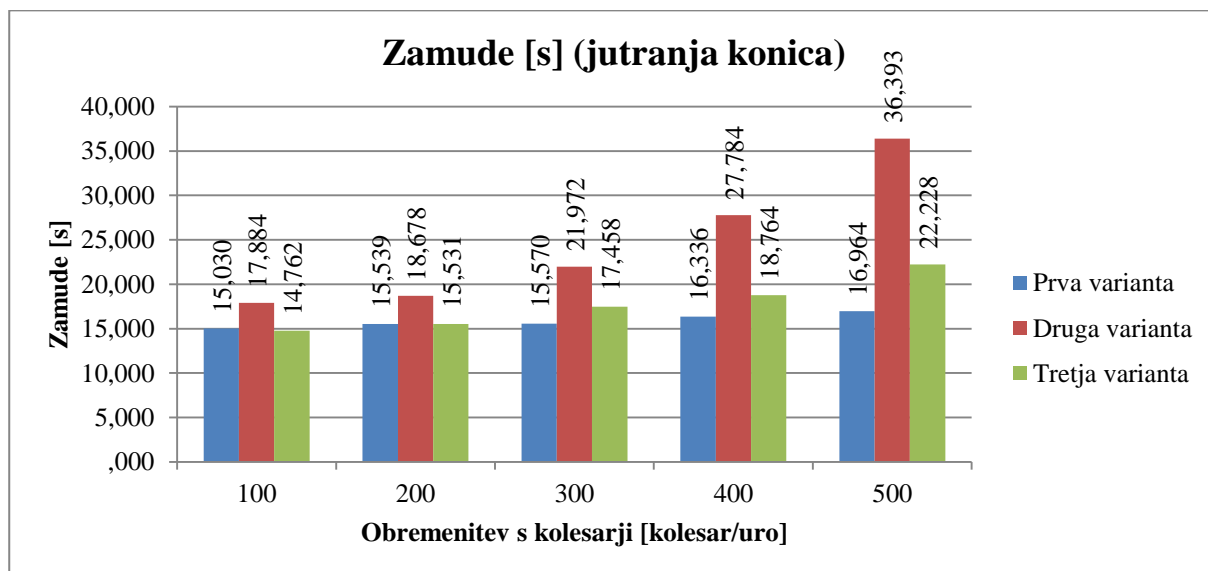
Iz grafikonov 6, 7 in 8 je razvidno, da je stopnja zasičenosti povsod večja od 1,00. Razvidno je tudi, da se pri prvi in tretji varianti stopnja zasičenosti pri jutranji konici malo spreminja do kolesarskih obremenitev 500 kolesarjev/uro.

Najmanjšo stopnjo zasičenosti je imela tretja varianta. Ta, pri jutranji konici je znašala 1,03. To pomeni, da skozi križišče ne gre le 3% vseh obremenitev. Iz grafikona 7 lahko razberemo, da je druga varianta najbolj občutljiva na obremenjevanje s kolesarji. Njena stopnja zasičenosti je imela tendenco rasti in pri obremenitvi 100 kolesarjev/uro je znašala 1,13, pri 500 kolesarjev/uro pa 1,33 za jutranjo konico. Podobno velja tudi za popoldansko konico, kjer je stopnja zasičenosti pri obremenitvi 500 kolesarjev/uro 1,40.

Pri popoldanski konici je zopet najboljša tretja varianta, čigar stopnja zasičenosti tukaj raste v odvisnosti od kolesarskih obremenitev. Najmanjšo občutljivost na obremenjevanje kaže prva varianta, vendar je njena začetna zasičenost že prevelika, saj znaša 1,10. To pomeni, da je križišče za 12% preobremenjeno.

#### 4.5.2 Zamude v križišču

Zamude v križišču nastanejo zaradi prometnih obremenitev, krmilnih programov in geometrije samega križišča. Povprečna zamuda je razmerje med zamudo vseh vozil v koloni in številom vozil, ki so v istem časovnem intervalu prevozila križišče. Zamude so kompleksna spremenljivka, ki niso nujno povezane z doseženo kapaciteto. Z naraščanjem dolžine ciklusa se povečujejo tudi povprečne zamude v križišču. V tem poglavju smo obravnavali povprečne zamude na vozilo v križišču. Iz izračunanih zamud smo, na podlagi preglednice 12, določili nivo uslug križišča. V grafikonu 9 smo prikazali povprečne zamude na vozilo pri jutranji konici vseh treh variant.



Grafikon 9: Primerjava povprečnih zamud pri jutranji konici treh variant križišča

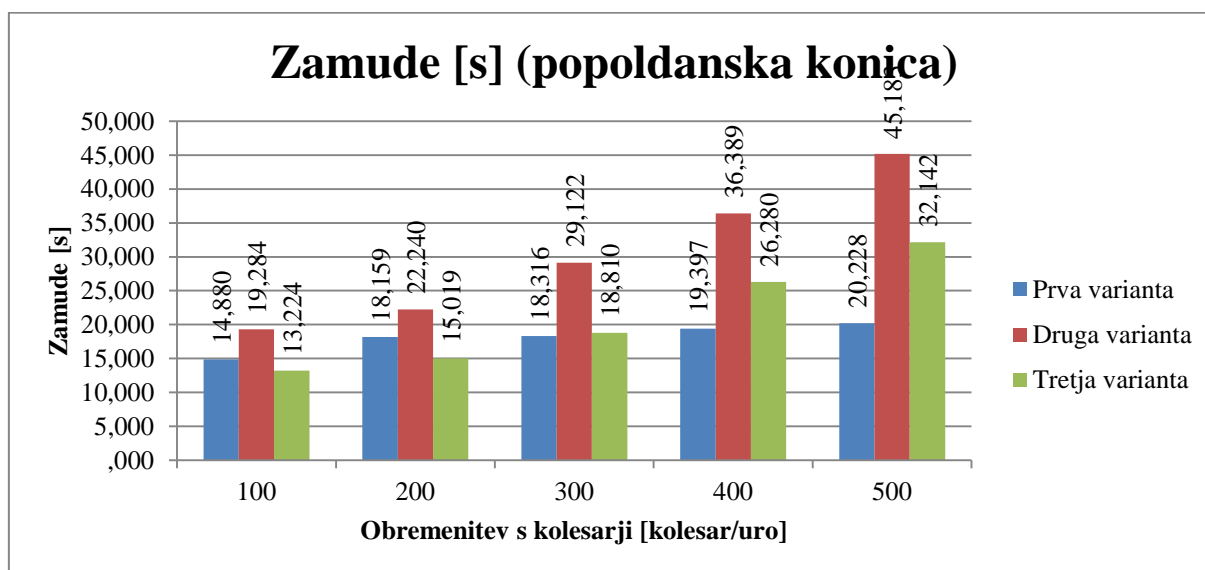
Največje zamude pri jutranji konici je pričakovano imela druga varianta. Zamude prve in tretje variante so imele podobne vrednosti. V naslednji preglednici smo določili nivo uslug vseh variant za jutranjo konico.

Preglednica 25: Nivo uslug treh variant križišča pri jutranji konici

OBREMENITEV S KOLESARJI [KOLESAR/URO]	NIVO USLUG		
	PRVA VARIANTA	DRUGA VARIANTA	TRETJA VARIANTA
100	B	B	B
200	B	B	B
300	B	C	B
400	B	C	B
500	B	D	C

Na podlagi zamud, smo dobili da je najboljši nivo uslug značilen za prvo varianto križišča. Nivo uslug posameznega križišča je zasnovan na podlagi zamud zaradi krmiljenja. Ocenili smo ga na podlagi HCM sistema. Pri nas se je največkrat pojavil nivo uslug B. Za njega je značilno, da se pojavlja pri dobri progresiji in pri kratki dolžini ciklov.

Grafikon 10 ponazarja razmerja med zamudami variant za popoldansko konično uro.



Grafikon 10: Primerjava povprečnih zamud pri popoldanski konici treh variant križišča



Naprej smo, v preglednici 26 naredili pregled nivoja uslug za popoldansko konico.

Preglednica 26: Nivo uslug treh variant križišča pri popoldanski konici.

OBREMENITEV S KOLESARJI [KOLESAR/URO]	NIVO USLUG		
	PRVA VARIANTA	DRUGA VARIANTA	TRETJA VARIANTA
100	B	B	B
200	B	C	B
300	B	C	B
400	B	D	C
500	C	D	C

Kot smo videli, je še zmeraj v večini primerov, nivo uslug B. Večkrat se pojavi tudi nivo uslug C. Za njega je značilno, da ima večje zamude zaradi slabše progresije in večje dolžine ciklusa. Tukaj se lahko pojavijo težave z velikim številom zamud iz posameznih smeri, vendar še zmeraj veliko vozil prečka križišče brez zamud.

Na podlagi primerjav povprečnih zamud v križišču smo ugotovili, da je križišče dokaj pretočno. Prva varianta je imela najmanjše zamude in s tem posledično najvišji nivo uslug. To je tudi posledica neobčutljivosti obremenjevanja s kolesarji. Tudi tretja varianta je imela dober nivo uslug. Njene zamude so bile sicer malenkostno večje, kot pri prvi varianti. Najslabše se je, glede na obravnavani parameter, obnesla druga varianta. Ta je imela največje zamude in s tem tudi najvišji nivo uslug.

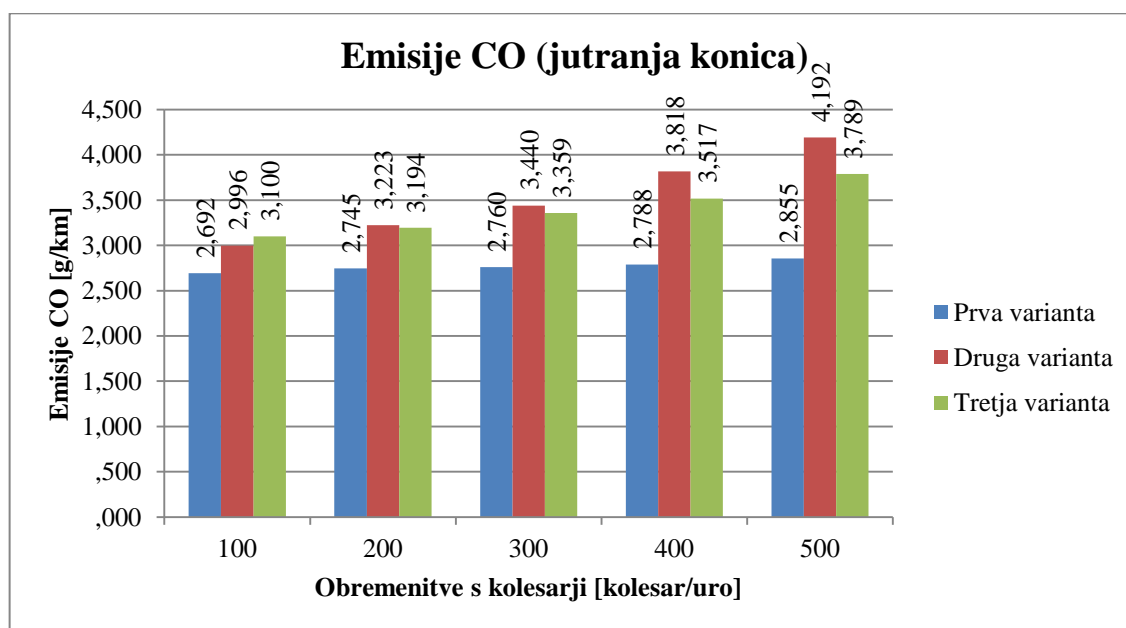
### 4.5.3 Emisije CO in NO<sub>x</sub>

Zaradi konstantnega povečanja uporabe motornega prometa, predstavlja onesnaženost zraka, zaradi ogljikovega monoksida (CO) in dušikovega monoksida (NO<sub>x</sub>), vse večji problem.

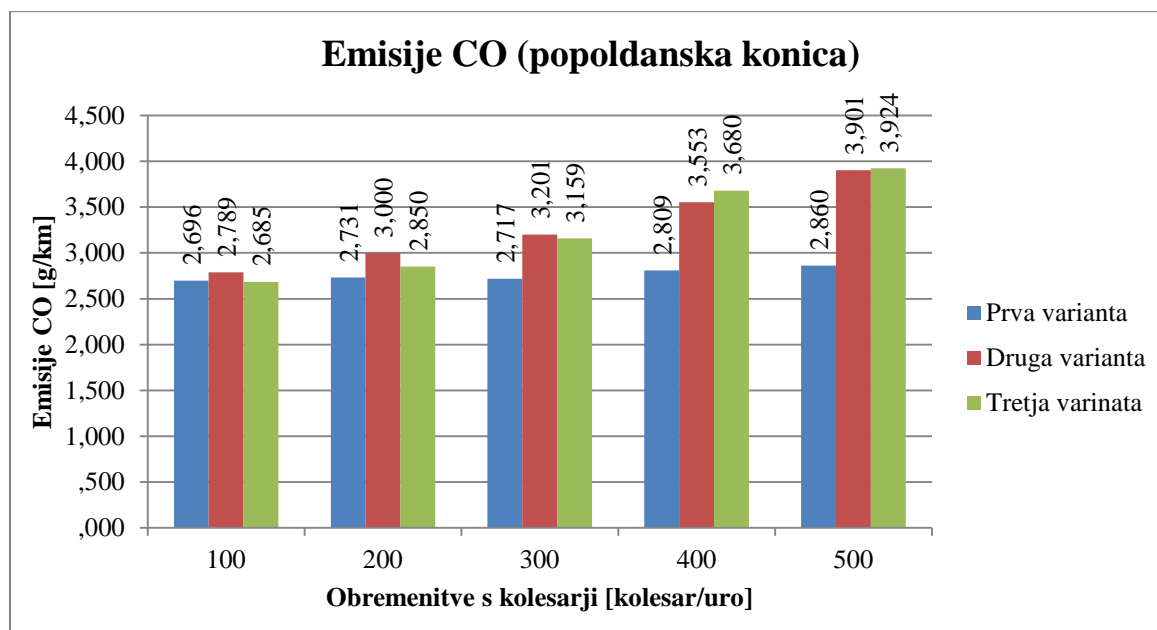
Ogljikov monoksid je plin, ki nima barve okusa ali vonja in ima prostorninsko težo manjšo od zraka. Če je njegova prisotnost v zraku previsoka, je lahko strupen za ljudi in živali. Povzroči lahko zastropitev ali razne infekcije. Nastaja z nepopolnim izgorevanjem ogljikovodikov v vozilih. Danes so vozila, ki uporabljajo neosvinčen bencin opremljena z katalizaterskimi pretvorniki, ki škodljivi CO pretvarjajo v manj škodljivi CO<sub>2</sub>, vendar pri manjših poteh nimajo vpliva na onesnaževanje, ker delajo samo takrat, ko je motor ogret.

Zato smo se odločili, da se bomo pri naši diplomski nalogi ukvarjali tudi z onesnaženjem, ki ga povzročijo emisije CO in NO<sub>x</sub>.

Uredba ES številka 715/2007 Evropskega parlamenta in sveta o homologaciji motornih vozil glede na emisije iz lahkih potniških in gospodarskih vozil (Euro 5 in Euro 6) in o dostopu do informacij o popravilu in vzdrževanju vozil pravi, da so maksimalne emisije CO za motorna vozila 1g/km. V naslednjih dveh grafikonih smo prikazali, kako onesnaženo je naše obravnavano križišče glede na emisije CO. Pri izračunih emisij, smo privzeli, da je naše območje dolžine 600m.



Grafikon 11: Onesnaževanje zraka z emisijami CO za jutranjo konico



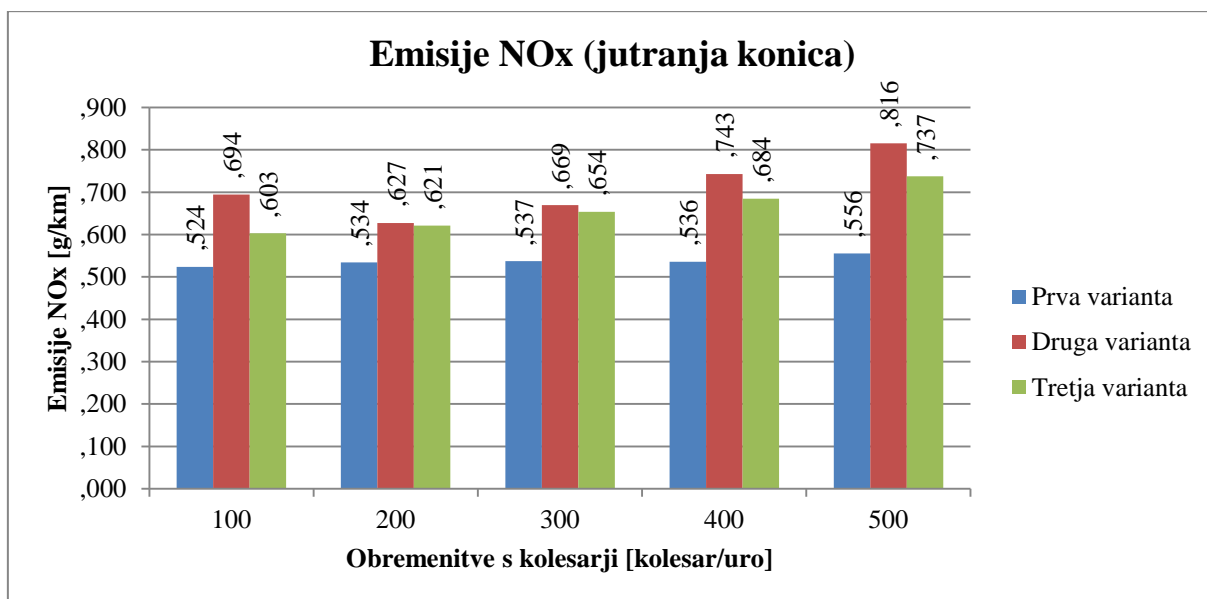
Grafikon 12: Onesnaževanje zraka z emisijami CO za popoldansko konico

Kot smo videli, so emisije CO v vseh primerih, nekajkrat višje, kot to veleva Evropska uredba. Za to so bile odgovorne prevelike obremenitve križišča, ki povzročajo zastoje in s tem veliko število ustavljanj in speljevanj. Ravno speljevanja vozila, so tista, ki povzročijo največje izpuste goriva in s tem največjo količino emisij.

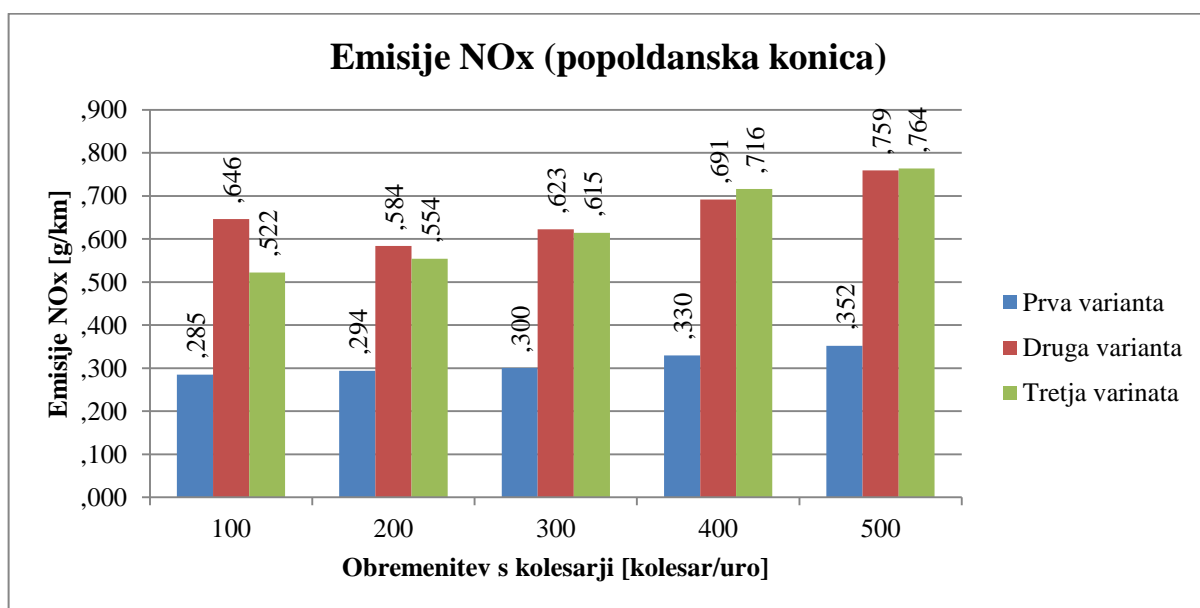
Logično je tudi dejstvo, da se emisije CO povečujejo s številom kolesarskih obremenitev, saj v križišču prihaja do večjih zastojev zaradi večjih kolesarskih obremenitev. Videli smo lahko tudi, da je jutranja konica v povprečju bolj onesnažena od popoldanske.

Druge vrsta emisij, ki smo jih obdelali so emisije  $\text{NO}_x$ . Dušikov monoksid je ravno tako plin, ki nastane z izgorevanjem goriva. Njegova prisotnost v zraku lahko povzroči reakcije iz katerih nastanejo smog in kisli dež. Je škodljiv po zdravje, saj uničuje stratosfero, ki absorbira ultravijolično svetlobo. Ta je potencialno nevarna za življenje na Zemlji.

Tako, kot za emisije CO, ima zgoraj omenjena uredba, določeno mejno vrednost tudi za emisije  $\text{NO}_x$ . Ta vrednost znaša 0,06g/km. V naslednjih dveh grafikonih smo ponazorili, kakšne emisije  $\text{NO}_x$  v križišču povzročajo obremenitve jutranje in popoldanske konice.



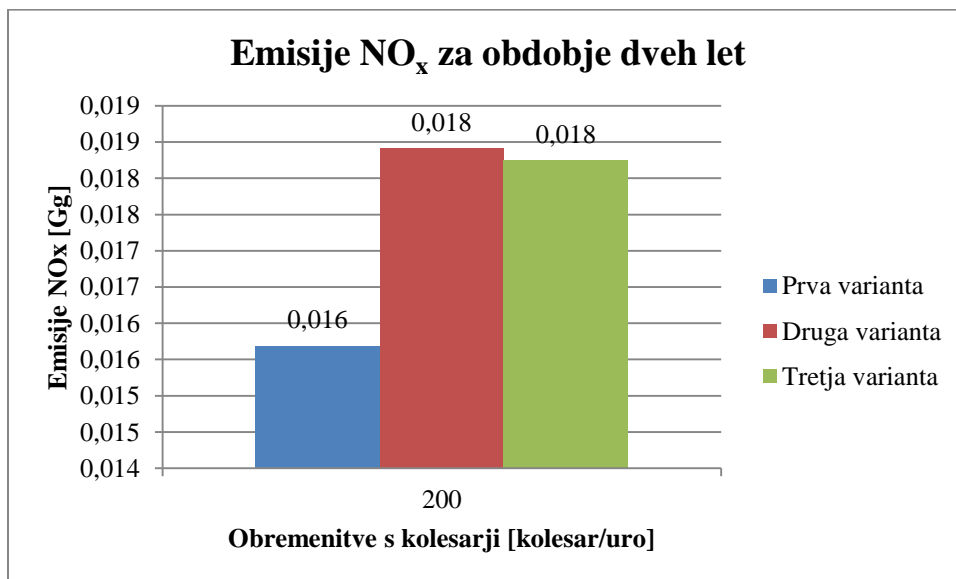
Grafikon 13: Onesnaževanje zraka z emisijami NO<sub>x</sub> za jutranjo konico



Grafikon 14: Onesnaževanje zraka z emisijami NO<sub>x</sub> za popoldansko konico

Tudi tukaj smo videli, da so emisije višje, kot so z uredbo dovoljene. Zopet je v povprečju bila bolj kritična jutranja konica. Tudi tukaj so z naraščanjem kolesarskih obremenitev naraščale tudi emisije.

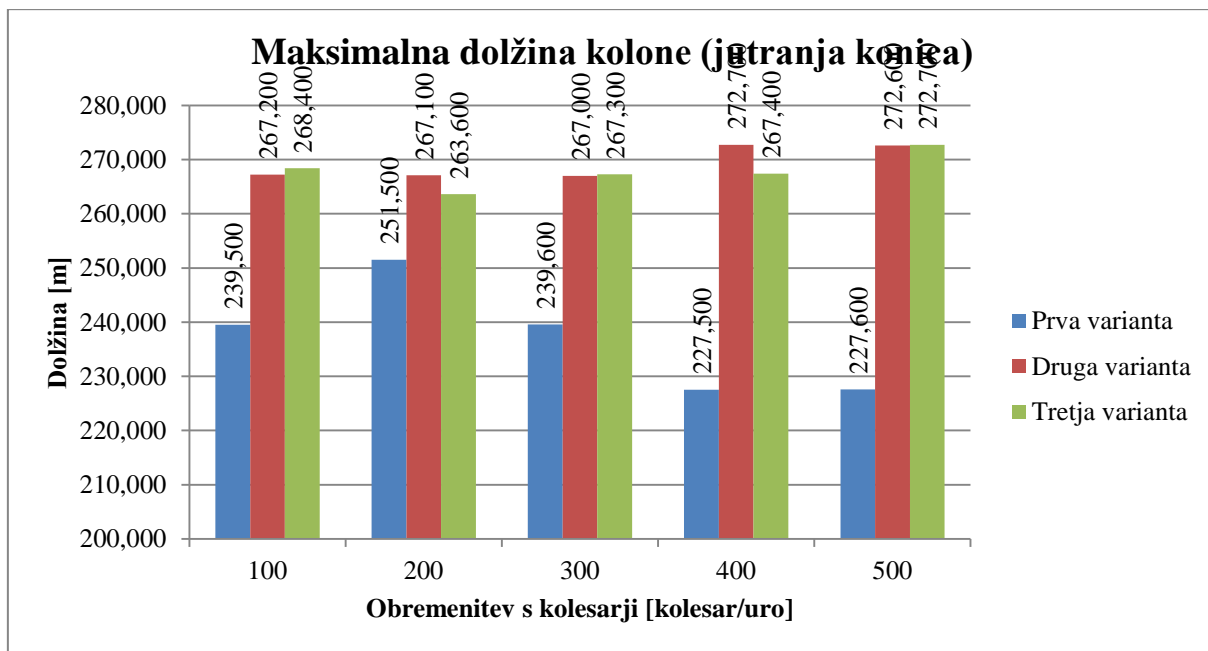
Po podatkih Statističnega urada Slovenije je promet v letih 2008 in 2009 povzročil 62,5 Gg emisij  $\text{NO}_x$ . Pri obremenitvi z dvestotimi kolesarji povzroči naše križišče, v dveh letih, različne vrednosti emisij  $\text{NO}_x$ . Te so bile odvisne od variante križišča. Njihove vrednosti so prikazane v spodnjem grafikonu. Upoštevali smo vrednosti za jutranjo konico, ki je bolj onesnažena, kot popoldanska.



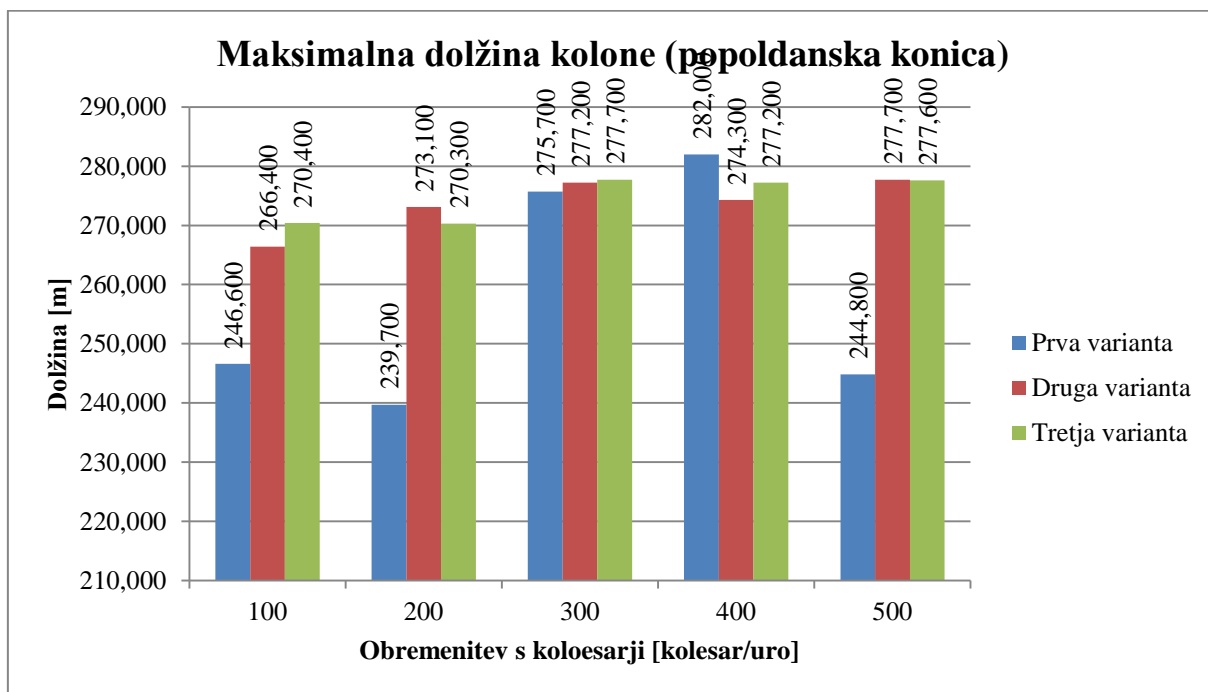
Grafikon 15: Onesnaževanje zraka z emisijami  $\text{NO}_x$  za obdobje dveh let

#### 4.5.4 Maksimalna dolžina kolone

V tem poglavju smo analizirali maksimalno dolžino kolone, ki nastane v križišču. Najprej smo v grafikonih po variantah in kolesarskih obremenitvah prikazali maksimalno dolžino kolone za jutranjo in popoldansko konico.



Grafikon 16: Maksimalna dolžina kolone za jutranjo konico



Grafikon 17: Maksimalna dolžina kolone za popoldansko konico

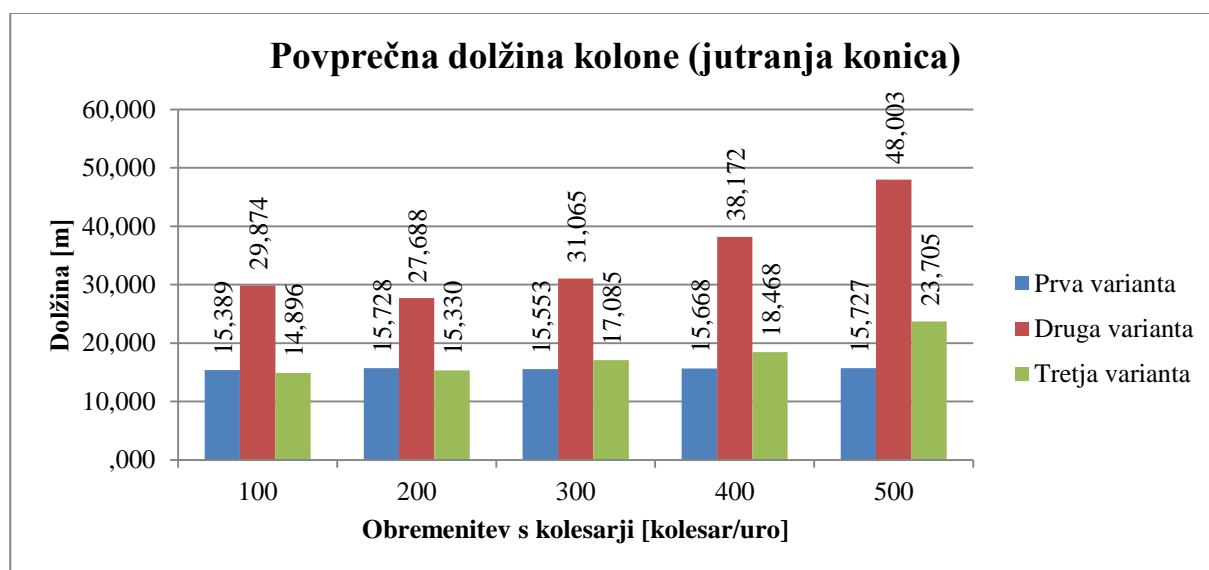
Iz grafikonov smo lahko ugotovili, da so razlike v dolžinah maksimalnih kolon po variantah, majhne. Lahko smo tudi ugotovili, da se dolžine maksimalnih kolon malo spreminjajo glede na obremenitve. To pomeni, da so dolžine kolon relativno neobčutljive glede na obremenitev s kolesarji. Nekoliko daljše kolone so se pojavile pri jutranji konici druge in tretje variante. Za vse maksimalne dolžine kolon je značilno, da so prihajale iz smeri kraka B. Ta krak smo, že prej označili za problematičen. Predvsem desno zavijanje (smer B – A) in smer naravnost (smer B – D).

Na splošno lahko povemo, da so v večini primerov, kolone pri popoldanski konici daljše. To je tudi logično, saj so bile popoldanske obremenitve večje, kot jutranje. Najdaljše kolone so bile na kraku B. Nastanejo zaradi zastojev, ki jih je povzročil kolesarski promet.

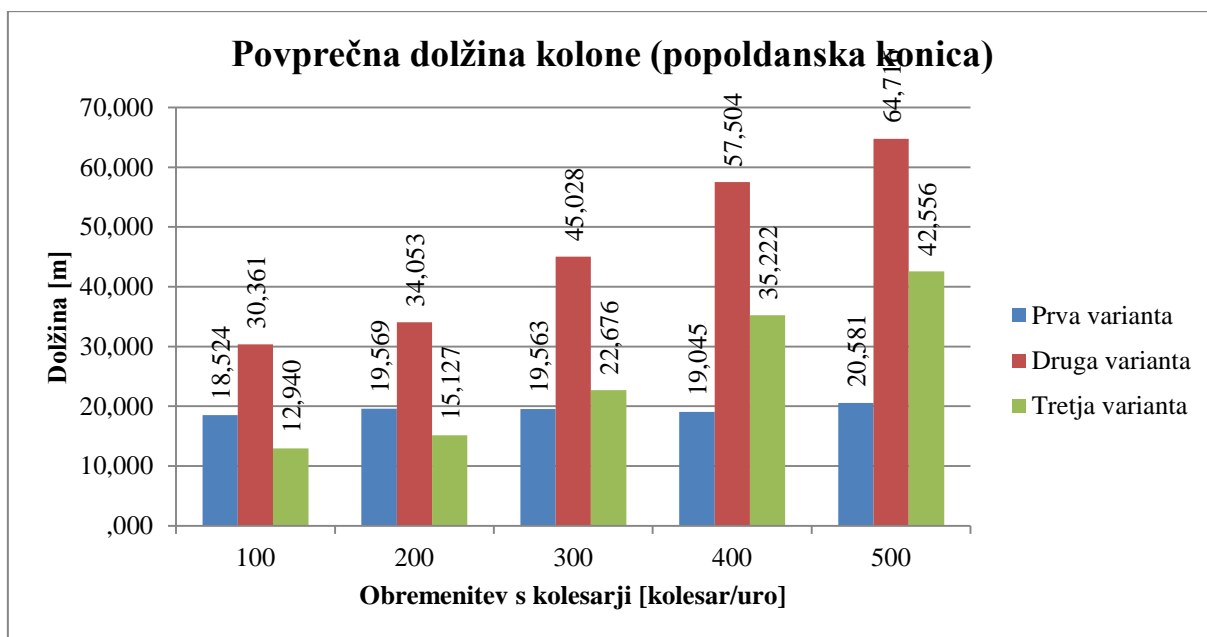
Pri prvi varianti smo lahko opazili najmanjše spreminjanje dolžin v odvisnosti od obremenjevanja s kolesarji.

#### 4.5.5 Povprečna dolžina kolone

Po primerjavi dolžin maksimalnih kolon, smo naredili še primerjavo povprečnih dolžin kolon. Rezultati, pridobljeni iz mikrosimulacije, so razvidni v naslednjih dveh grafikonih. Prvi grafikon kaže primerjavo rezultatov variant za jutranjo konico, drugi pa za popoldansko.



Grafikon 18: Povprečne dolžine kolone za jutranjo konico



Grafikon 19: Povprečne dolžine kolone za popoldansko konico

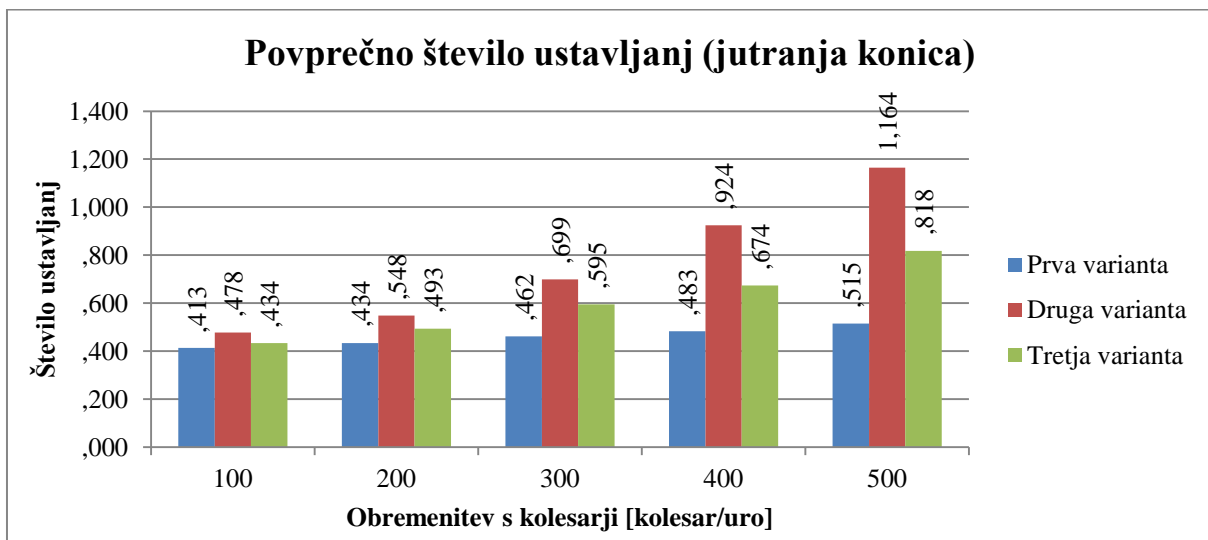
Iz primerjav smo lahko ugotovili, da se povprečne dolžine kolon glede na različne kolesarske obremenitve, najmanj spreminjajo. To pomeni, da je prva varianta bila najmanj občutljiva na obremenjevanje. Malo bolj občutljiva je bila tretja varianta. Ob enem pa so imele le ta najmanjše vrednosti povprečnih dolžin. Najdaljše povprečne kolone je imela v vseh primerih druga varianta. Pri tej varianti smo videli, kako obremenjevanje s kolesarji vpliva na povečanje povprečnih dolžin.

Maksimalna vrednost povprečne dolžine za drugo varianto je 64,72m. Ta se je zgodila pri jutranji konici in obremenitvi s kolesarskim prometom 500 kolesarjev/uro. Ob enem pa je to največja vrednost povprečnih kolon za vse tri variante. Najmanjšo vrednost je imela tretja varianta pri popoldanski konici in obremenitvi 100 kolesarjev/uro.

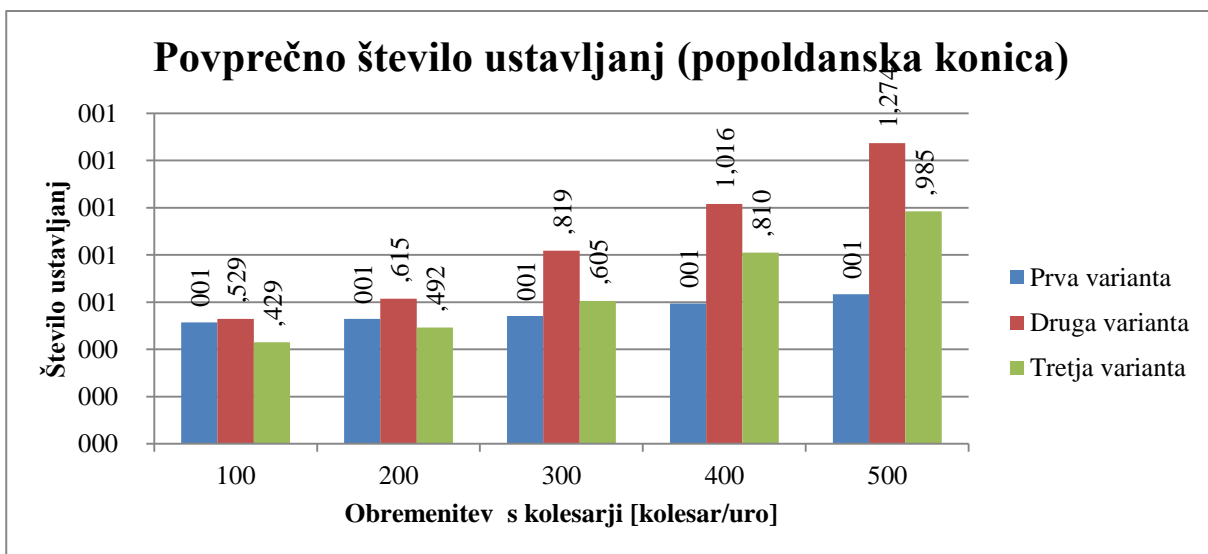


#### 4.5.6 Povprečno število ustavljanj

Na koncu analize variant križišča, kot celote, smo analizirali še povprečno število ustavljanj vozila v križišču. To število namreč pove, kolikokrat se v povprečju vozilo ustavi v križišču. Odvisno je predvsem od kapacitete križišča in nastalih zamud. V naslednjih dveh grafikonih smo prikazali, kako se to število spreminja glede na različne kolesarske obremenitve pri jutranji in popoldanski konici.



Grafikon 20: Povprečno število ustavljanj pri jutranji konici



Grafikon 21: Povprečno število ustavljanj pri popoldanski konici

Iz grafikonov 20 in 21 smo lahko ugotovili, da je bilo povprečno število ustavljanj največje pri drugi varianti. Pri obremenitvi 500 kolesarjev/uro je imela največjo vrednost druga varianta. Ta je znašala pri popoldanski konici 1,27, kar pomeni, da se je vsako vozilo ustavilo enkrat, 27% njih pa celo trikrat. Pri jutranji konici pa je povprečno število ustavljanj za tretjo varianto bilo enako 1,16.

Pri drugi varianti je to število naraščalo z kolesarskimi obremenitvami. Prva in tretja varianta se nista spreminjali veliko in sta kazali relativno neobčutljivost do obremenjevanja s kolesarskim prometom. Najmanjšo vrednost pri jutranji konici smo opazili pri prvi varianti ob obremenitvi 100 kolesarjev/uro. Ta je znašala 0,41, kar pomeni da se le 41% vseh vozil ustavi v križišču. Najmanjšo vrednost pri popoldanski konici je imela tretja varianta, pri kolesarskih obremenitvah 100 kolesarjev/uro. Ta vrednost je znašala 0,43.

Pri tretji varianti se vrednost števila ustavljanj med zadnjo in predzadnjo obremenitvijo skoraj da podvoji. Tukaj je moč reči, da takšno varianto lahko maksimalno obremenjujemo z petstotimi kolesarji na uro.

#### **4.6 Predlogi ukrepov za izboljšanje**

Na koncu kapacitetne analize, smo predlagali še nekatere ukrepe, ki bi pripomogli k izboljšanju prometnega stanja v križišču. Naš cilj je bil izboljšati parametre, ki smo jih obravnavali v celotnem četrtem poglavju.

Ukrepe za izboljšanje, smo predlagali zgolj za tretjo varianto križišča. Za to smo se odločil, ker je tretja varianta izvedena v praksi. Predlog smo iz vrednotili po smereh, podobno kot v poglavju 4.4. Naredili smo tudi primerjavo med starim in izboljšanim stanjem.

Pri analizi po smereh, v poglavju 4.4, se je izkazalo, da je najbolj problematična smer križišča, desno zavijanje iz smeri kraka B proti kraku A. Zato smo z ukrepi poskušali izboljšati ravno to smer. Prvi ukrep, ki se je nanašal na izboljšanje omenjene smeri, je sprememba zavijalnega radija. Na tem mestu je načrtovan minimalni radij  $R = 8\text{m}$ . Mi smo predlagali uporabo večjega radija, kot je radij R14. S tem smo dobili več prostora na pločniku, ki smo ga lahko uporabimo za čakajoče kolesarje. Kolesarji so, že v prvotni varianti, planirani za čakanje na pločniku, vendar se je pri mikrosimulaciji izkazalo, da so za to imeli premalo prostora. Daljše kolesarske kolone zaradi prekratkega čakalnega žepa, so segale v križišče in s tem ovirale motorni promet, ki je zaradi prednosti kolesarjev moral čakati.

Drugi izboljševalni ukrep je bil tesno povezan s prvim. Namreč, s tem da smo dovolili kolesarjem čakanje v križišču smo onemogočili podaljšano signalno fazo za desno zavijanje motornih vozil v smeri B – A. Z fazo, ki bi začela delovati prej, kot faza za naravnost in levo zavijanje, bi dosegli večjo prepustnost desnih zavijalcev. Tako smo se odločili, da bomo predlagali takšen ukrep. Predlagali smo, da se zelena faza za desno zavijanje začne 10s prej, kot faza za naravnost in levo. Ob enem pa smo tudi drugo fazo smeri B podaljšali za 5s, na račun dolžine faze is smeri A.

Še ena smer, ki je povzročala daljše kolone in večje zamude, je bila smer D – B. To je smer iz Njegoševe proti Roški cesti. Ta smer je imela krajši zeleni čas, kot smer B –D, ki deluje istočasno. Zato smo ta zeleni čas podaljšali. Tako dobimo večjo pretočnost smeri.

V preglednici 27 smo prikazali rezultate mikrosimulacije celotnega križišča za jutranjo konico izboljšane variante.

Preglednica 27: Izračunani parametri celotnega križišča za jutranjo konico izboljšane, tretje variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.

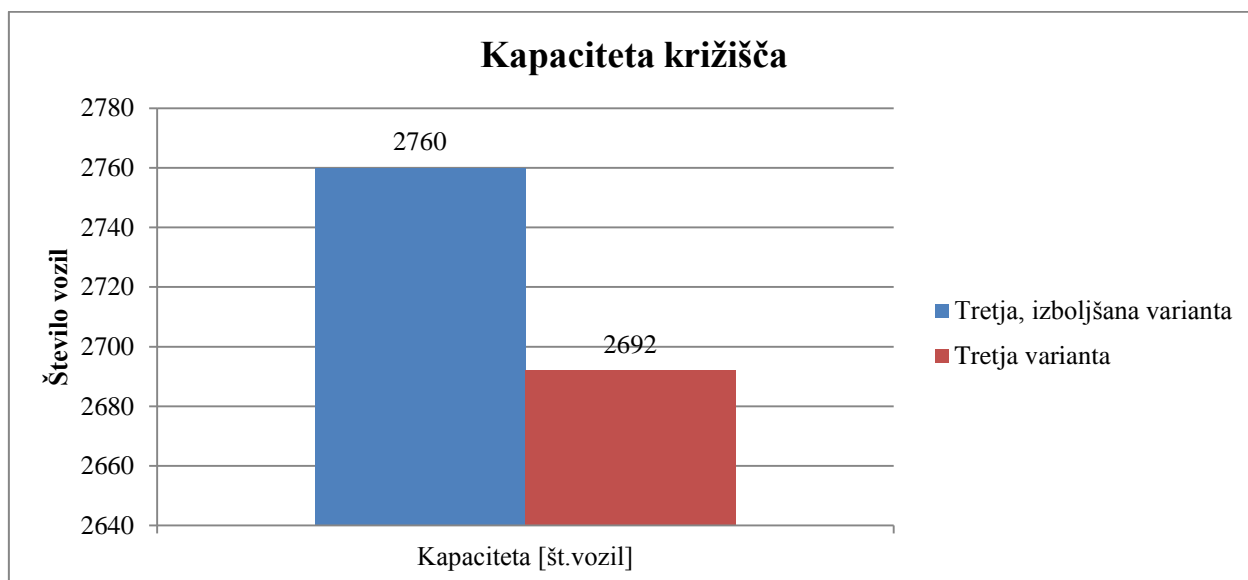
PARAMETER	VREDNOST
Volumen [število vozil]	2794,00
Kapaciteta [število vozil]	2760,00
Stopnja zasičenosti	1,01
Povprečna dolžina kolone [m]	13,66
Maksimalna dolžina kolone [m]	265,20
Zamude [s]	14,97
Nivo uslug	B
Emisije CO [kg]	5,11
Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	0,99
Povprečno število ustavljanj	0,48

Kot je bilo razvidno iz preglednic 21 in 28, se skoraj vsi parametri izboljšajo. Poslabšala je se le maksimalna dolžina kolone, ki sedaj znaša 265,70m, vendar ta ne prihaja več iz smeri B. Sedaj je maksimalna kolona bila izmerjena na kraku A. Maksimalna dolžina kolone na kraku B je ostala še zmeraj enaka. Ta je znašala že v prvem primeru 222,90m. Edina razlika je, da se sedaj maksimalna kolona manjkrat pojavi, kot v prvem primeru.

Kapaciteta se je spremenila za 68 vozil. Po izboljševalnih ukrepih je znašala 2760 vozil. Stopnja zasičenosti pa je ostala še zmeraj več kot 1, in sicer 1,01. To pomeni, da križišče še zmeraj ni bilo sposobno prevzeti vseh prometnih obremenitev.

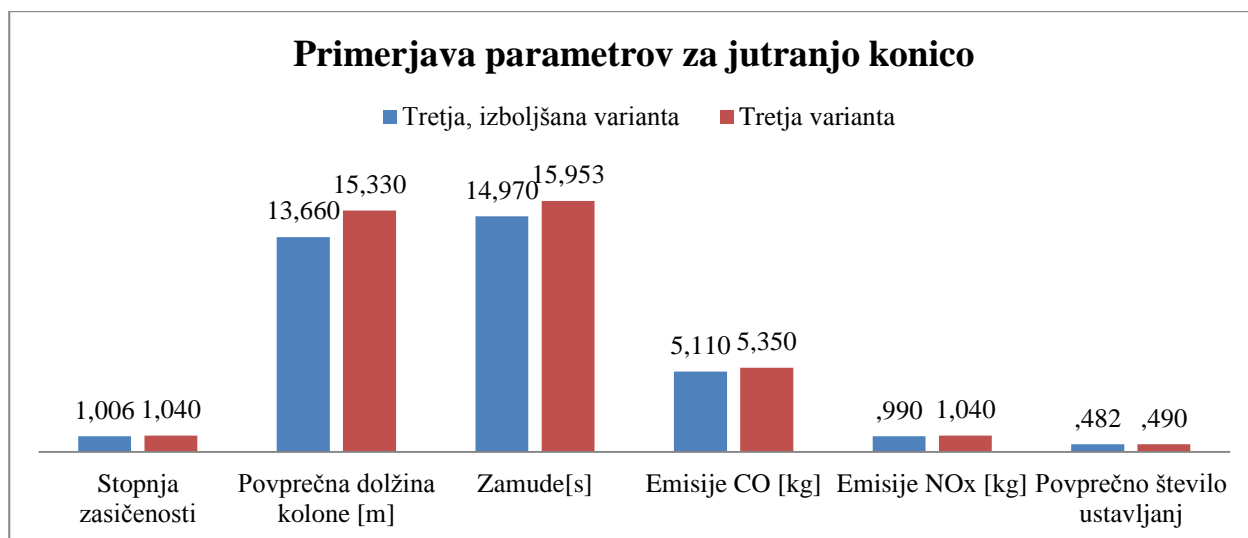
Zmanjšale se tudi zamude celotnega križišča. Nivo uslug pa je ostal še zmeraj B. Skrajšala se je povprečna dolžina kolone in zmanjšala se je povprečno število ustavljanj. Posledično se je zmanjšala tudi onesnaževanje ozračja. Emisije CO in NO<sub>x</sub>, se zaradi manjšega števila ustavljanj in krajših kolon zmanjšajo.

Primerjavo nove in stare variante, po obravnavanih parametrih, smo prikazali v naslednjih dveh grafikonih. Tukaj se lahko jasno vidi, kako so ukrepi za izboljšanje vplivali na križišče.



Grafikon 22: Primerjava kapacitet za jutranjo konico tretje in tretje izboljšane variante križišča

Kot smo že prej omenili, kapaciteta nove variante križišča se poveča. To je predvsem zaradi izboljšanja kraka B, ki ima pri novi varianti večjo kapaciteto. Koliko je ta kapaciteta večja pa smo prikazali v nadaljevanju, ko smo primerjali križišči po smereh.



Grafikon 23: Primerjava različnih parametrov za jutranjo konico tretje in tretje, izboljšane variante križišča

Iz grafikona 23 lahko vidimo, da so se vse vrednosti parametrov izboljšale. Enaka je ostala le stopnja zasičenosti križišča.

Naprej smo naredili analizo jutranje konice tretje, izboljšane variante po smereh. To smo naredili v preglednici 28. Videli bomo, kako so se obravnavani parametri spremenili po smereh.

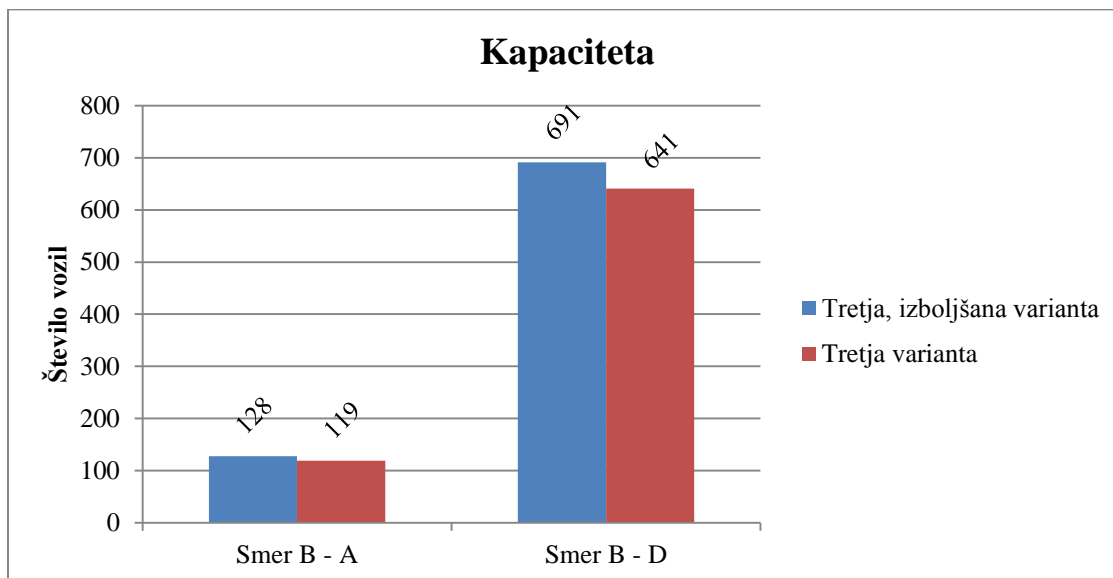
Preglednica 28: Pregled jutranje konice tretje, izboljšane variante po smereh.

Krak	Smer	Število vozil	Stopnja zasičenosti	Zamude [s]	Max. kolona [m]	Povp. kolona [m]	Število ustavljanj	Nivo uslug
A	B	534	1,03	18,45	85,80	7,94	0,72	B
	C	160	1,01	10,89	265,20	15,01	0,41	B
	D	340	1,01	22,41	265,20	29,36	0,72	C
<b>A (SKUPAJ)</b>		1034	1,02	17,25	265,20	17,44	0,62	B
B	A	128	1,02	18,52	53,80	3,42	0,50	B
	C	125	1,06	21,36	54,20	5,16	0,76	C
	D	691	1,05	30,68	222,90	83,54	0,64	D
<b>B (SKUPAJ)</b>		944	1,05	23,52	222,90	30,71	0,63	C
C	A	96	1,12	8,44	66,70	2,63	0,30	A
	B	10	1,30	2,66	66,70	4,18	0,01	A
	D	35	0,69	9,40	34,60	1,25	0,49	A
<b>C (SKUPAJ)</b>		141	1,03	6,83	66,70	2,69	0,27	A
D	A	50	1,12	15,75	40,10	1,81	0,41	B
	B	473	0,96	15,26	121,40	12,50	0,39	B
	C	118	0,82	12,88	121,40	12,50	0,39	B
<b>D (SKUPAJ)</b>		641	0,95	14,63	121,40	8,94	0,40	B

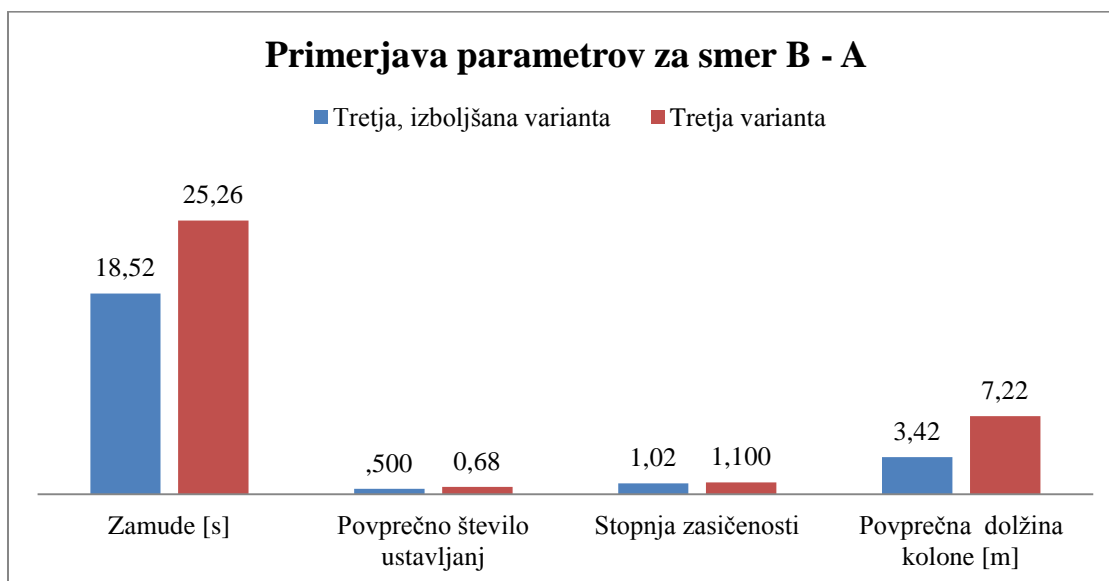
Želene smeri smo izboljšali. Na račun ukrepov za izboljšanje se se malenkostno pokvarile nekatere druge smeri, kot so smeri iz kraka A. Smeri, ki so se pokvarile na račun izboljševalnih ukrepov so bile še zmeraj dobre in jih ni bilo potrebno dodatno popravljati.

Pri smereh, ki so bile v prejšnji varianti problematične dosežemo uspeh. Povečala se je kapaciteta smeri, zmanjšale so se zamude in skrajšale povprečne kolone. Na račun zmanjšanja zamud so je povečal tudi nivo uslug smeri. Zmanjšalo se je tudi povprečno število ustavljanj.

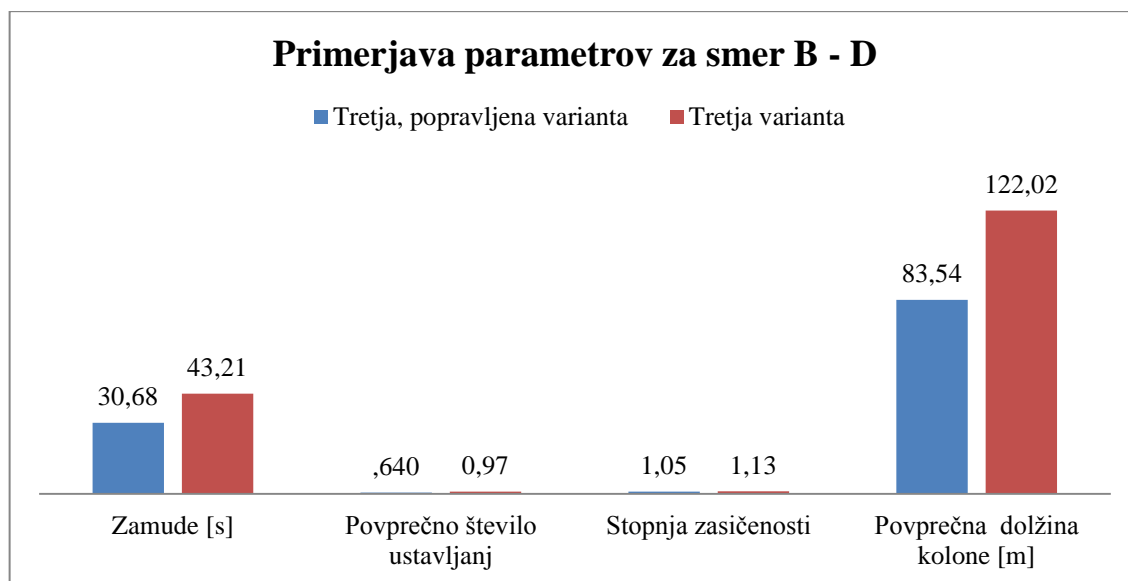
V naslednjih grafikonih bomo videli primerjavo osnovnih parametrov, med tretjo in tretjo, popravljeno varianto, za smeri B – D in B – A. To so smeri, ki smo jih želeli izboljšati.



Grafikon 24: Primerjava med kapacitetami stare in nove variante za smeri B –A in B – D, pri jutranji konici



Grafikon 25: Primerjava osnovnih parametrov nove in stare variante za smer B – A, pri jutranji konici



Grafikon 26: Primerjava osnovnih parametrov nove in stare variante za smer B – D, pri jutranji konici

Podobno, kot za jutranjo konico, smo naredili pregled rezultatov mikrosimulacije tudi za popoldansko konico. Rezultate osnovnih parametrov mikrosimulacije popoldanske konice tretje, izboljšane variante, smo prikazali v preglednici 29.

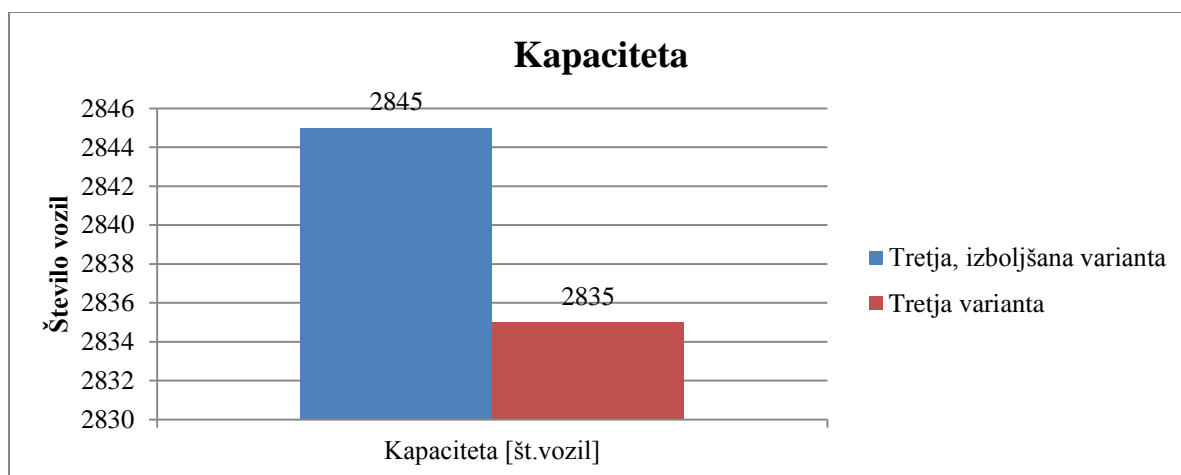
Preglednica 29: Izračunani parametri celotnega križišča za popoldansko konico izboljšane, tretje variante pri obremenitvi 200 kolesarjev/uro.

PARAMETER	VREDNOST
Volumen [število vozil]	3002,00
Kapaciteta [število vozil]	2845,00
Stopnja zasičenosti	1,05
Povprečna dolžina kolone [m]	14,58
Maksimalna dolžina kolone [m]	270,40
Zamude [s]	14,55
Nivo uslug	B
Emisije CO [kg]	4,92
Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	0,96
Povprečno število ustavljanj	0,43

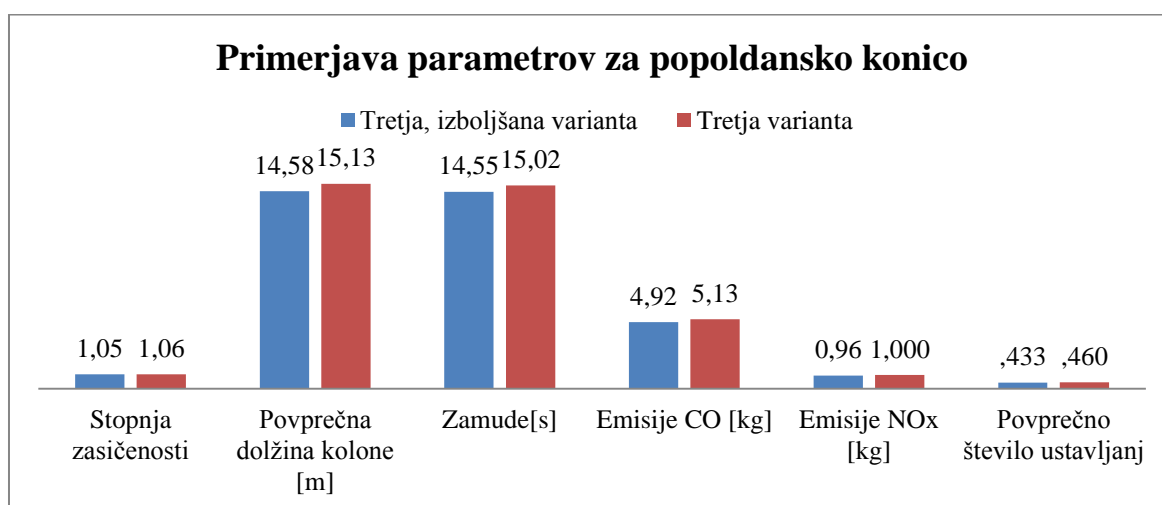


Tudi tukaj, smo lahko opazili, da so se vsi parametri izboljšali. Opažamo tudi, da so razlike manjše kot pri jutranji konici. Tako se je kapaciteta spremenila samo za 10 vozil. Iz 2835 vozila je narasla na 2845 vozil. Malenkostno so se skrajšale tudi povprečne kolone ter zmanjšale zamude. Nivo uslug ostane še zmeraj B. Maksimalna dolžina kolone ne prihaja več iz smeri kraka B. Sedaj je prihajala iz smeri C in je znašala 270,40m. Padlo je tudi povprečno število ustavljanj. Posledično pa se tudi zmanjšajo emisije CO in NO<sub>x</sub>.

V naslednjih dveh grafikonih smo prikazali, kako so se parametri izboljšali. V nadaljevanju pa smo, v preglednici 30, naredili pregled rezultatov za popoldansko konico tretje, izboljšane variante po smereh.



Grafikon 27: Primerjava kapacitet za popoldansko konico tretje in tretje izboljšane variante križišča



Grafikon 28: Primerjava različnih parametrov za popoldansko konico tretje in tretje, izboljšane variante križišča

Preglednica 30: Pregled popoldanske konice tretje, izboljšane variante po smereh.

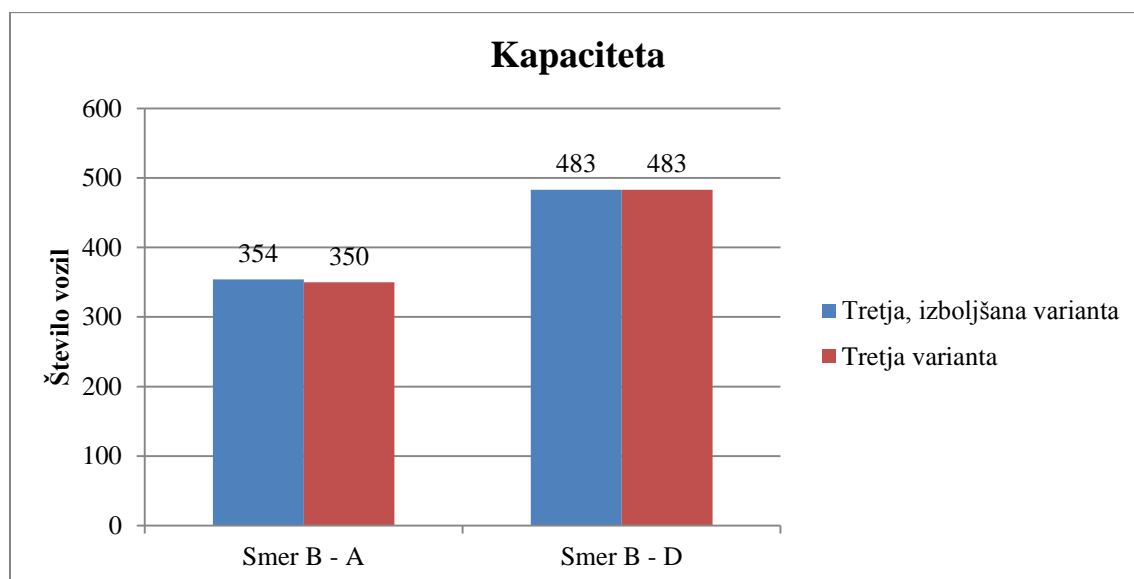
Krak	Smer	Število vozil	Stopnja zasičenosti	Zamude [s]	Max. kolona [m]	Povp. kolona [m]	Število ustavljanj	Nivo uslug
A	B	349	1,03	17,82	71,20	7,06	0,72	B
	C	28	1,07	4,26	87,10	4,49	0,20	A
	D	270	1,00	12,70	87,10	8,34	0,47	B
<b>A (SKUPAJ)</b>		<b>647</b>	<b>1,02</b>	<b>11,17</b>	<b>87,10</b>	<b>6,63</b>	<b>0,46</b>	<b>B</b>
B	A	354	0,99	12,29	84,22	9,35	0,37	B
	C	33	0,94	7,60	25,20	1,11	0,35	A
	D	483	1,00	17,78	217,20	25,63	0,43	B
<b>B (SKUPAJ)</b>		<b>868</b>	<b>1,00</b>	<b>12,56</b>	<b>217,20</b>	<b>12,03</b>	<b>0,38</b>	<b>B</b>
C	A	384	1,02	18,20	270,40	29,38	0,37	B
	B	146	1,01	25,33	270,40	57,39	0,47	C
	D	87	0,92	20,42	176,60	2,77	0,59	C
<b>C (SKUPAJ)</b>		<b>617</b>	<b>1,00</b>	<b>21,34</b>	<b>270,40</b>	<b>29,85</b>	<b>0,48</b>	<b>C</b>
D	A	49	1,33	13,66	33,70	1,78	0,52	B
	B	638	1,21	21,02	105,50	14,97	0,53	C
	C	25	0,72	6,74	105,50	14,97	0,18	A
<b>D (SKUPAJ)</b>		<b>712</b>	<b>1,20</b>	<b>13,81</b>	<b>105,50</b>	<b>10,57</b>	<b>0,41</b>	<b>B</b>

Po analizi preglednice 30, smo spoznali, da so se obravnavani parametri za smeri, ki smo jih želeli izboljšati, spremenili. Spremenili so se na boljše. Zmanjšale so se zamude, povečala se je kapaciteta in skrajšala se je dolžina kolone. Za izboljšane smeri se je zmanjšalo tudi število povprečnih ustavljanj.

Na račun izboljšanih smeri, so se nekatere smeri pokvarile. Takšne so smeri iz kraka A, vendar so njihovi parametri še zmeraj sprejemljivi.

Ena izmed smeri, ki smo jo poskušali popraviti je smer D – B. Ta smer se je, kljub ukrepom za izboljšanje le malo spremenila. Neznatno se je povečala njena kapaciteta in le za malo so se zmanjšale zamude. Takšen slučaj je bil tudi pri jutranji konici. Nadaljnje izboljšanje te smeri, v smislu podaljšanje zelene faze, bi doprineslo do tega, da bi pokvarili druge smeri do nesprejemljive mere. Zato to smer nismo popravljali več.

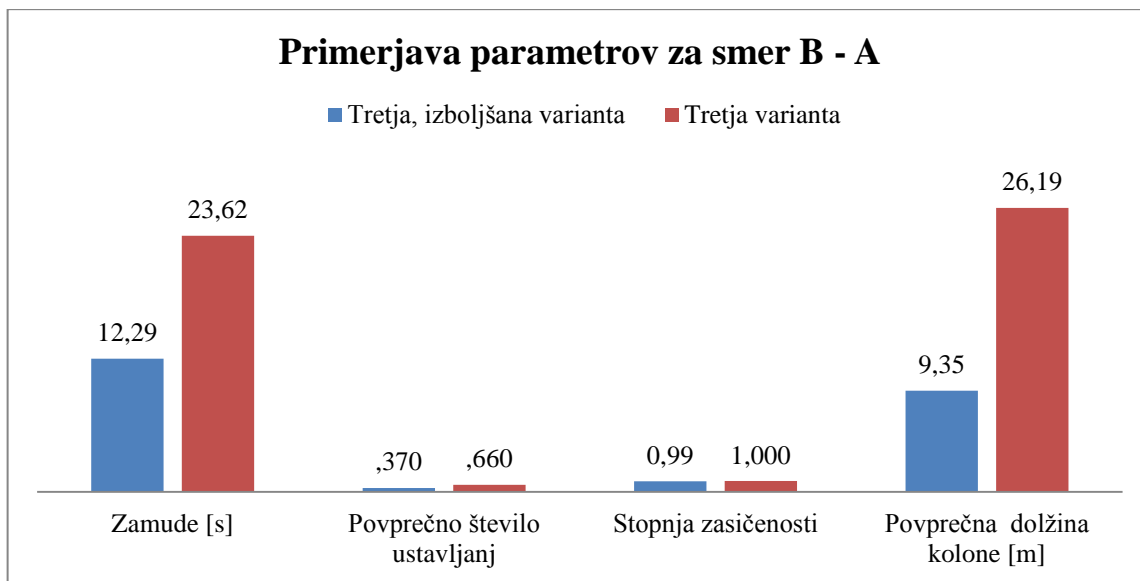
V naslednjih grafikonih bomo prikazali rezultate drugih dveh smeri, kjer se ukrepi bolj poznajo. To sta smeri B – A in B – D.



Grafikon 29: Primerjava med kapacitetami stare in nove variante za smeri B –A in B – D, pri popoldanski konici

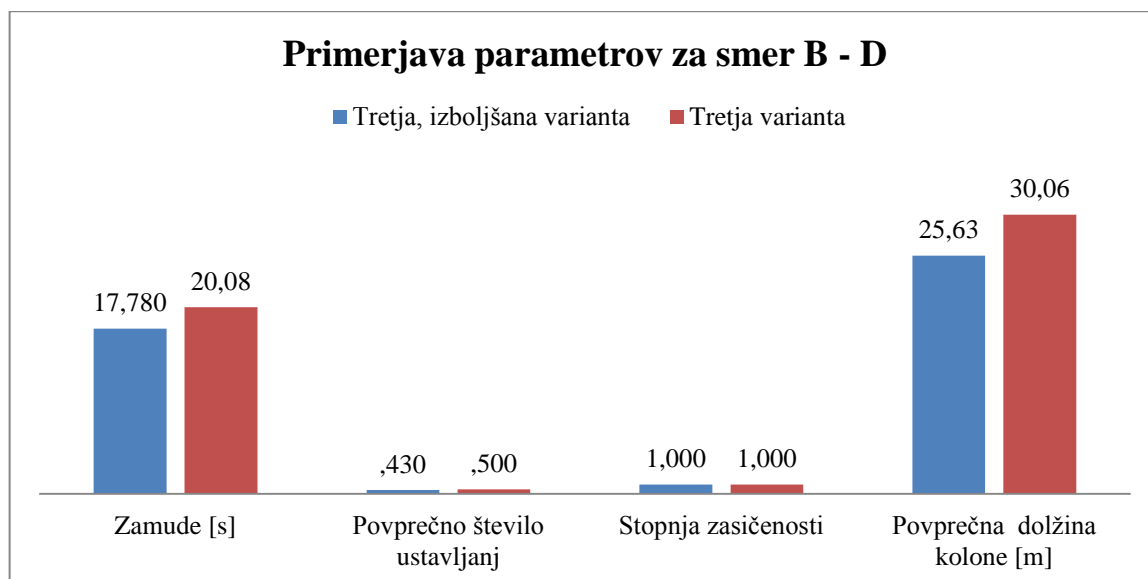
Kapaciteta smeri se ni spremenila veliko. Razlika je bila le v šestih vozilih. Kot posledica, se je malo spremenila tudi stopnja zasičenosti za obe smeri. Za smer B – D je ta celo enaka, kot pri nespremenjeni tretji varianti.

V grafikonih 30 in 31 smo naredili pregled ostalih primerjanih parametrov.



Grafikon 30: Primerjava osnovnih parametrov nove in stare variante za smer B – A, pri popoldanski konici

Ostali primerjani parametri so se pri smeri B – A več spremenili. Tako so se kolone več kot prepolovile. Tudi zamude se skoraj 50% manjše. Povprečno število ustavljanj in pa stopnja zasičenosti pa sta podobno velika v obeh primerih.



Grafikon 31: Primerjava osnovnih parametrov nove in stare variante za smer B – D, pri popoldanski konici

Kot smo videli so vrednosti parametrov tretje in tretje, izboljšane variante, skoraj da enake. Večja razlika je bila le pri povprečnem številu ustavljanj.

Iz vsega, kar smo v tem poglavju analizirali, smo lahko ugotovili, da je zaradi preobremenjenosti križišče, pri popoldanski konici manj občutljivo na izboljševalne ukrepe. Pozitivna stran ukrepov se je bolj izkazala pri jutranjih obremenitvah. Prometna situacija se je sicer tudi pri popoldanski konici spremenila, vendar so spremembe bile manj opazne.

Z ukrepi, ki smo jih izvedli, smo izboljšali smeri vožnje B – A, B – D in D – B, druge pa so se na njihov račun poslabšale. Tukaj mislimo predvsem na krak A. Pri ukrepih smo pazili, da smeri, ki se spremenijo na slabše, vseeno ohranijo dovolj dobre lastnosti. Tako bi se lahko ukrepi izvedli tudi v praksi. Kot smo že prej omenili so ti ukrepi povečanje zavijalnega radija pri zavijanju iz smeri B proti smeri A, uvedba predfaze za motorna vozila, ki zavijajo desno iz iste smeri ter podaljšanje zelenih časov za smeri vožnje iz kraka B proti kraku D, in obratno.

Poleg pozitivnih, imajo izboljševalni ukrepi tudi negativne posledice. To se nanaša predvsem na kolesarski promet. Z ukrepom, kjer povečamo zavijalni radij in tako čakajoče kolesarje pomaknemo iz vozišča, izgubimo direktnost kolesarske linije vožnje. To vpliva na udobje njihove vožnje, ki se tako poslabša. Ukrep je v nasprotju z modernimi tujimi standardi za vodenje kolesarjev, ki smo jih primerjali v tretjem poglavju.

V naslednjem poglavju bomo naredili varnostno analizo desnega zavijanja, kjer bomo obravnavali tudi pomen predfaze za kolesarje. Videli bomo kako in koliko predfaza vpliva na varnost kolesarskega prometa. Z izvedbo drugega ukrepa, kjer dodamo posebno zeleno fazo za desne zavijalce izgubimo možnost uporabe predfaze za kolesarje. Kot bomo v nadaljevanju videli, se zaradi tega poslabša varnost kolesarskega prometa.

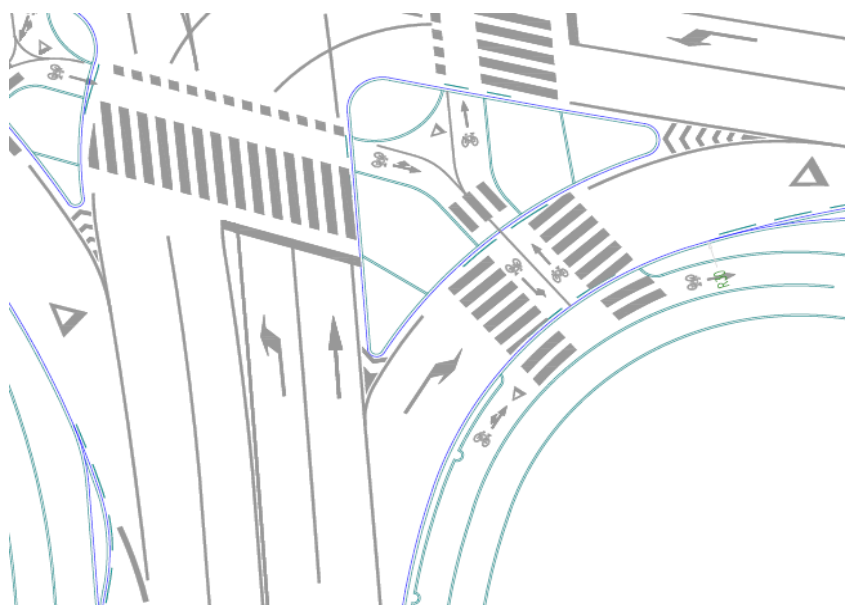
Za ukrepe, ki smo jih predlagali, smo se odločili predvsem, da bi izboljšali prometno stanje v križišču za motorni promet. Manj nas je zanimalo, kaj to pomeni za bolj ranljive prometne udeležence. Z izvedenimi ukrepi jih seveda nismo ogrozili, vendar smo jim odvzeli nekatere bonitete, ki so jih na začetku imeli.

## 5 VARNOSTNA ANALIZA KRIŽIŠČA

Ena izmed glavnih nalog projektantov mestnih površin, je ustvariti kolesarju prijazno infrastrukturo. Tukaj je varnost zelo pomemben dejavnik. Udeležencev v prometu je vse več, zato je treba zaščititi najbolj ranljive skupine. Evropski in svetovni standardi, kot smo videli v tretjem poglavju, se pospešeno ukvarjajo s tem problemom. Odkrivajo različne tehnične rešitve, ki bi povečale varnost kolesarjev v križišču. Po drugi strani pa te tehnične rešitve, naj bi povzročale čim manjše zastoje za motorna vozila v križišču.

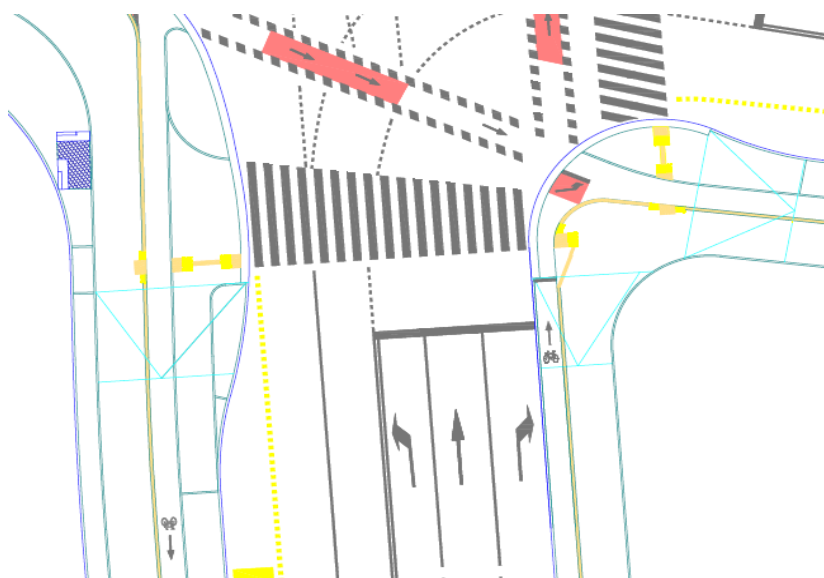
Iz stališča varnosti kolesarjev, je najbolj kritično desno zavijanje motornih vozil. V tem primeru se poti kolesarjev in voznikov motornih vozil križata. V križišču se ustvarijo kritične točke. Z reševanjem tega križanja smo se ukvarjali tudi mi.

Kot smo videli, v poglavju 4, se na križišču, ki ga pri diplomski nalogi obravnavamo, pojavita dva načina desnega zavijanja. Prvi način je način s t.i. "by – pass – om", kjer voznik lahko zavije desno ne da bi se mu bilo treba ustaviti na semaforju. Za takšno tehnično rešitev je značilen večji zavijalni radij, ki omogoča višje hitrosti. Iz stališča udobnosti kolesarske vožnje, takšna rešitev je slabša, saj kolesar izgubi direktno linijo pri prehodu ceste.



Slika 46: Zavijanje z "by – pass – om"

Drugi način zavijanja je bolj moderen način. Takšen način predpisujejo vsi tuji predpisi, ki smo jih obravnavali v tretjem poglavju. Za kolesarje je ta način boljši iz stališča udobnosti njihove vožnje. Pri prehodu glavne ceste, se ne izgubi njihova direktna linija vožnje. Vozniki motornih vozil zavijajo, pri takšni tehnični rešitvi z manjšo hitrostjo, kot pri zavijanju z “by – pass – om“. To je posledica manjših zavijalnih radijev, ki se uporabljajo za izvedbo zavijanja. Vozniki se, za razliko od zavijanja z “by – pass – om“, tukaj morajo ustaviti na semaforju. Za kolesarje je boljše tudi, ker so ves čas vozijo tik ob vozišču. Na ta način jih lahko motorna vozila lažje opazijo in s tem preprečijo nesrečo.



Slika 47: Zavijanje brez “by – pass – a“

## 5.1 Opis metodologije dela in primerjanih parametrov

Tako kot pri kapacitetni analizi križišča, smo tudi tukaj pri delu uporabljali programsko orodje PTV VISSIM 5.3.0. Z omenjenim programom smo izdelali mikrosimulacijo detajlov obeh načinov zavijanja. S programom smo ugotavljali, koliko kolesarjev prepelje čez konfliktno mesto pri predfazi za kolesarje in koliko brez predfaze. Preverili smo tudi kako dolžina vmesnih časov med fazami vpliva na varnost kolesarjev v križišču.

Tretji parameter, ki smo ga primerjali, so hitrosti vozila pri zavijanju desno. To smo dobili iz terenskih meritev, kjer smo izmerili hitrosti dvajsetih vozil.

Na zadnje smo primerjali še dolžine prehodov kolesarjev.

## 5.2 Vpliv predfaze na varnost kolesarskega prometa

Z analizo vpliva predfaze na kolesarski promet smo ugotavljali, koliko kolesarjev varno prepelje čez konfliktno mesto preden se tam ustvari konflikt. Seveda, pri tem moramo paziti na to, da zagotovimo dovolj dolge vmesne čase med fazami. Če so vmesni časi prekratki lahko ogrozimo varnost kolesarjev, ki prezgodaj zapeljejo na vozišče, vsa motorna vozila pa še vedno niso prevozila križišča. O dolžini vmesnih časov smo govorili v naslednjem poglavju.

Tukaj smo se osredotočili samo na drugo varianto zavijanja. To smo naredili, ker se pri desnem zavijanju z "by – pass – om", konflikt med kolesarjem in motornim vozilom zgodi preden kolesar pripelje do semaforja. Zato na takšno varianto desnega zavijanja kolesarska predfaza nima vpliva.

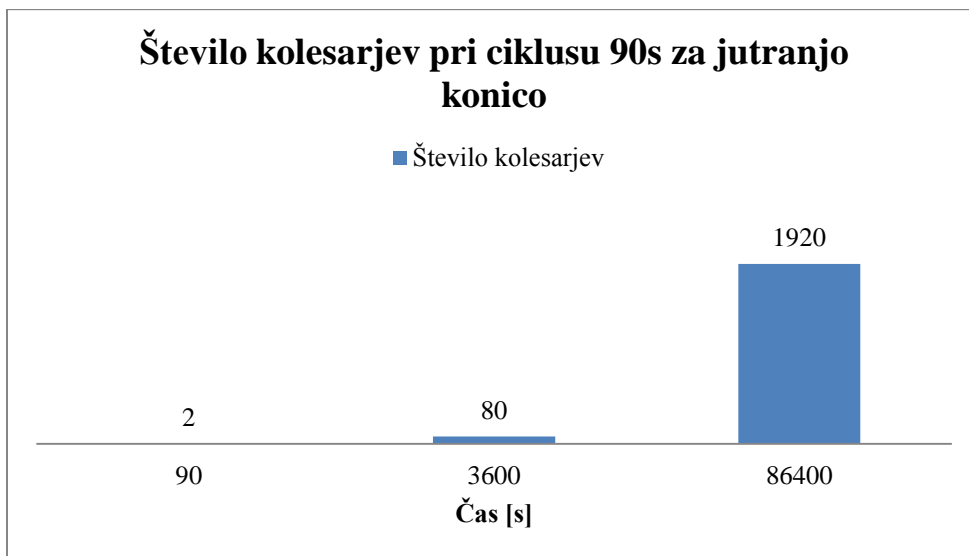
Kolesarska faza se je začela 3s prej, kot faza za motorni promet. Razdalja, ki so jo kolesarji morali prepeljati do konfliktnega mesta, je bila 6,50m. Vozila so bila oddaljena 16,70m od konfliktna točke.

Z meritvami smo ugotovili, da ob delovanju predfaze na ciklus lahko čez križišče prepeljemo dva kolesarja, preden se začne ustvarjati konflikt med zavijajočimi motornimi vozili in kolesarji. Brez delovanja predfaze do konflikta pride takoj in nobeden kolesar ne more križišča prepeljati križišča preden se ustvari konflikt. Zato smo ugotovili, da je križišče s predfazo za kolesarje bolj varno, kot križišče, ki predfaze nima.

Kapacitetno analizo križišča smo delali z obremenitvami 200 kolesarjev/uro. Ker smo s preskušanjem ugotovili, da čez križišče varno prepeljemo dva kolesarja na ciklus, smo hoteli ugotoviti še kaj to pomeni za daljše časovno obdobje. Na podlagi tega smo ocenili, za koliko je križišče bolj varno s predfazo.

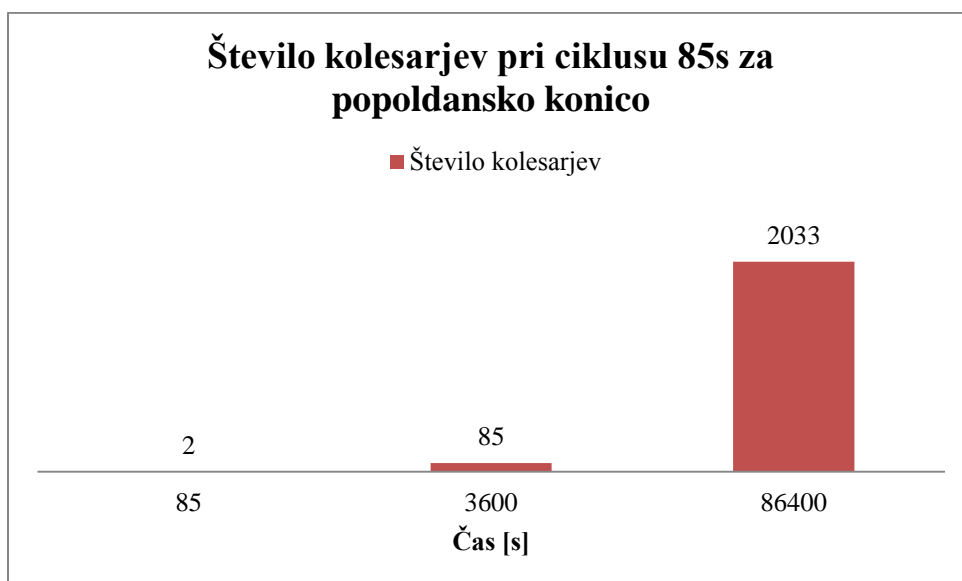
V naslednjih dveh grafikonih smo prikazali, koliko kolesarjev lahko prepelje čez križišče preden se ustvari konflikt zaradi desnih zavijalcev pri jutranji in popoldanski konični uri. Tako jutranja, kot popoldanska konična ura, je bila obremenjena s 200 kolesarji/uro. Razlika je bila v dolžini ciklusa. Ciklus krmilnega programa za jutranjo konico je trajal 90s, za popoldansko pa 85s. Pri analizi vpliva predfaze na varnost kolesarjev nismo upoštevali dolžine vmesnih časov.





Grafikon 32: Število kolesarjev, ki jih prepeljemo čez križišče preden se ustvari konflikt pri krmilnem programu za jutranjo konico (ciklus 90s)

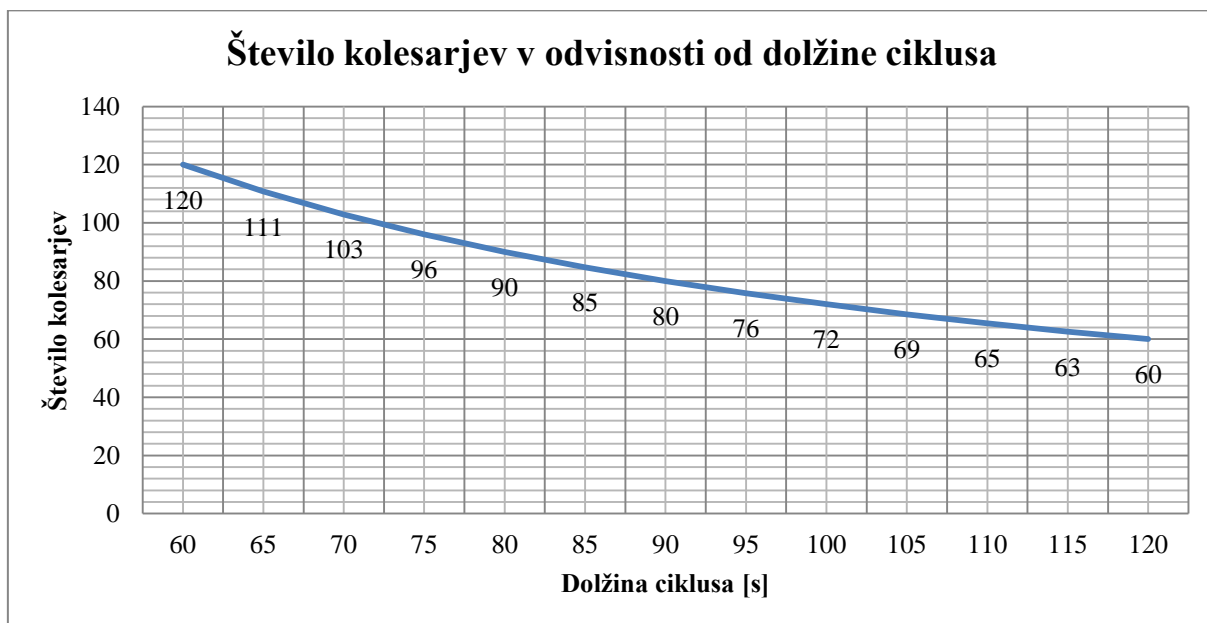
Iz grafikona 32 lahko ugotovimo, da čez križišče, ob uporabi predsignala, lahko prepeljemo 80 kolesarjev/uro preden nastane konflikt med desnimi zavijalci in kolesarji. To je kar 40% urnih kolesarskih obremenitev. Tako, da lahko zaključimo, da je križišče s predfazo za 40% bolj varno, kot križišče brez predfaze.



Grafikon 33: Število kolesarjev, ki jih prepeljemo čez križišče preden se ustvari konflikt pri krmilnem programu za popoldansko konico (ciklus 85s)

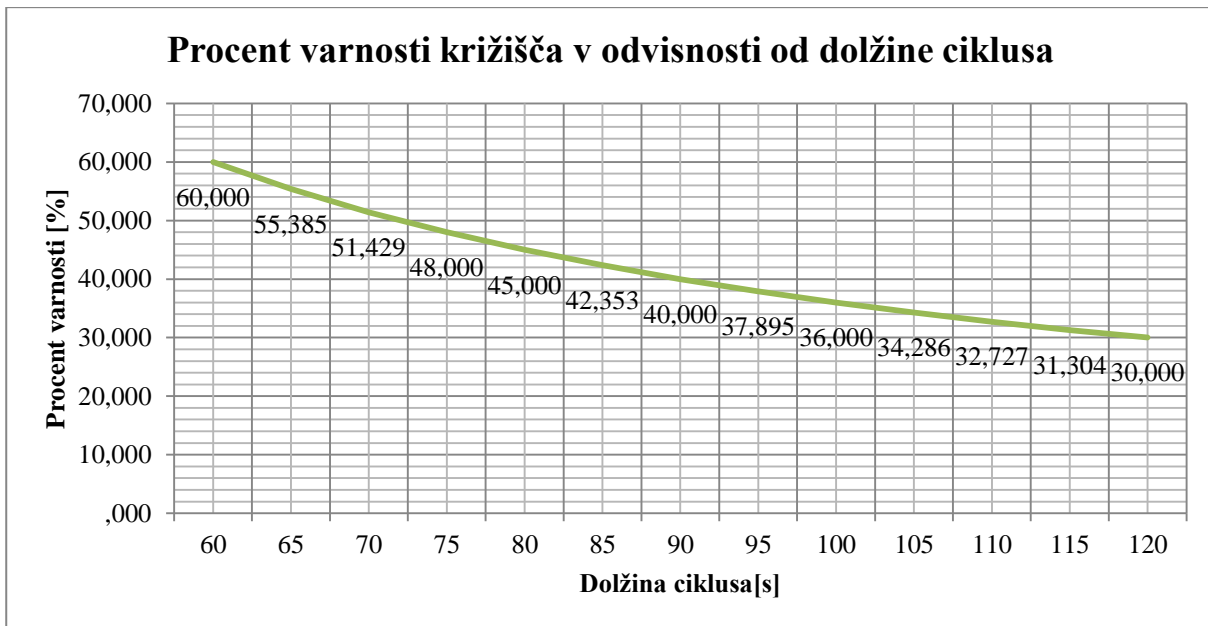
Grafikon 33 prikazuje število vozil, ki prevozijo križišče preden nastane konflikt med kolesarji in desnimi zavijalci na cikel, uro in dan. Ugotovili smo, da na uro in dan zaradi krajšega ciklusa prepelje več kolesarjev, kot pri jutranji konici. Pri dolžini ciklusa 85s, prepelje 85 kolesarjev/uro čez križišče preden se ustvari konflikt. To je 42,5% obremenitev. Zato lahko ugotovimo, da z znižanjem ciklusa narašča varnost kolesarjev v križišču.

V naslednjih dveh grafikonih smo pokazali, kako varnost kolesarjev pada v odvisnosti od dolžine faze. Prvi grafikon bo ponazarjal število kolesarjev, ki pri določeni dolžini ciklusa prepeljejo križišče preden nastane konflikt v eni uri. Na drugem grafu bo razvidno, kaj to procentualno pomeni za varnost kolesarjev v križišču.



Grafikon 34: Število kolesarjev, ki prevozijo križišče preden se ustvari konflikt, v odvisnosti od dolžine ciklusa

To kar smo že prej omenili, potrjuje tudi zgornji grafikon. Število kolesarjev, ki s predfazo pridobijo se zmanjšuje, ko se podaljšuje cikel. Tako lahko povemo, da so krajši ciklusi bolj varni za kolesarje.



Grafikon 35: Odstotek varnosti križišča v odvisnosti od dolžine ciklusa

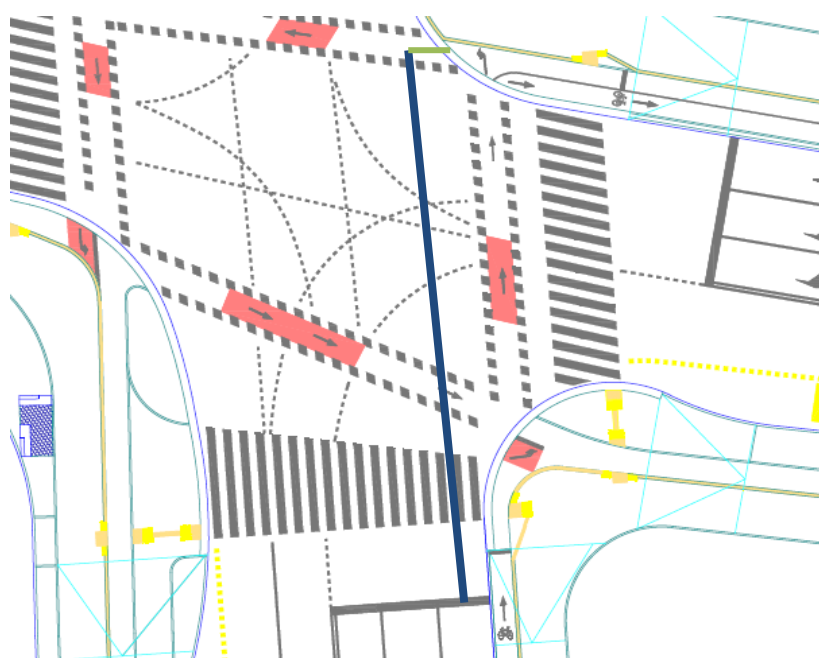
Ugotovimo, da odstotek varnosti križišča, z dolžino ciklusa, pada na enak način, kot pada kapaciteta absolutno varnih kolesarjev. Vseeno pa je križišče pri najdaljšem ciklusu 120s, ki ga še lahko v mestih uporabljamo, 30% bolj varno če ima predfazo za kolesarje.

Rezultate, ki smo jih pridobili z analizo so bili ob predpostavki, da na semaforju pri vsakem ciklusu čakata vsaj dva kolesarja. V realnosti ni nujno tako. Ravno tako je predfaza za kolesarje uporabna samo za tiste kolesarje, ki takoj speljejo ob zeleni luči. V primeru, da tega ne storijo takoj predfaza izgubi svoj smisel. Ko delamo krmilni program, ki ima predfazo za kolesarje moramo paziti predvsem na dolžino vmesnih časov. Če na njo nismo dovolj pazljivi lahko kolesarje še bolj ogrozimo.

### 5.3 Vpliv dolžine vmesnih časov na varnost kolesarjev v križišču

Pri varnostni analizi smo obravnavali še, kako vmesni časi med fazami krmilnih programov vplivajo na varnost kolesarjev v križiščih. Bolj podrobno smo si pogledali smer vožnje vozil B – D in smer vozil vožnje kolesarjev A – C. Kolesarska faza je tukaj predsignalizirana. Začne se 3s prej kot faza za motorna vozila. Vmesni čas med prvo in drugo fazo pa tukaj znaša 6s. Enako je pri krmilnih programih za jutranjo in popoldansko konico.

Naša naloga je bila preveriti, ali je ta vmesni čas dovolj dolg, da varnost kolesarjev ni ogrožena. Preverjali smo dolžino vmesnega časa za varianto brez "by – pass – a". Kritična vmesna faza je tista, kjer vozila iz smeri B izvažajo iz križišča, kolesarji iz smeri A pa uvažajo v križišče. Na tem mestu pride lahko do konfliktov. Pot, ki jo mora vozilo, ki zapušča križišče, prevoziti do mesta konflikta znaša 35,21m. Tukaj upoštevamo še prevozno pot, ki znaša 15m, tako da je skupna pot vozila 50,21m. Kolesar mora do tega mesta prevoziti 4,23m. S pomočjo diagramov za izračun vmesnih časov dobimo, da je zadostna dolžina vmesnega časa med fazama enaka 10s.

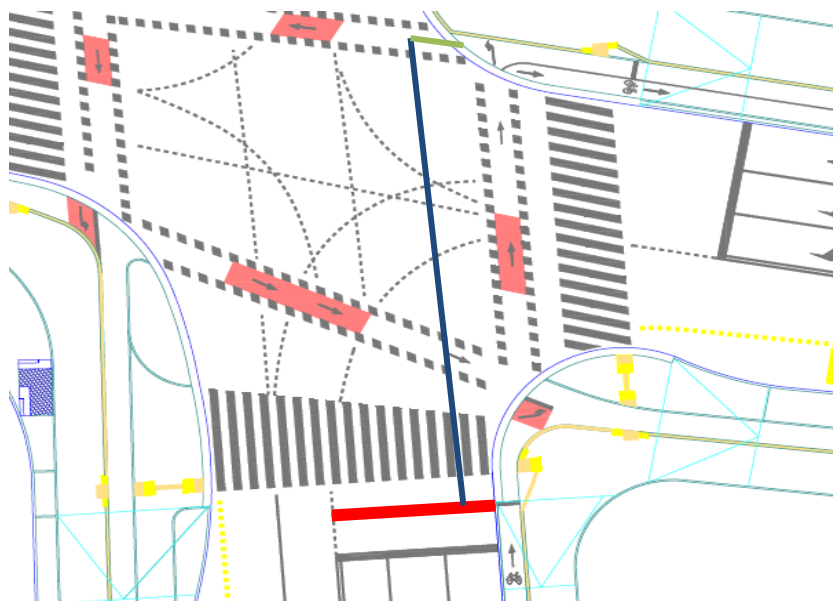


Slika 48: Izračun vmesnih časov

Torej iz izračunanega lahko vidimo, da se predsignalizirana kolesarska faza pre zgodaj odpre in s tem je ogrožena varnost kolesarjev. Tudi če bi predsignalizacijo ukinili in bi vmesno fazo podaljšali za 3s, bi ta znašala 9s. To bi bilo vseeno premalo glede na izračunano vmesno fazo.

Preverili smo še, kako bi bilo z dolžino vmesne faze, če kolesarski pas ne bi bil postavljen pred pas za motorna vozila, ampak bi bila na istem nivoju. Tukaj se geometrija spremeni. Sedaj znaša izvozna in prevozna pot vozila 47,32m. Uvozna pot kolesarja po ostane enaka.

Na naslednji sliki smo z rdečo barvo označili mesto premaknjene stop črte za motorna vozila.



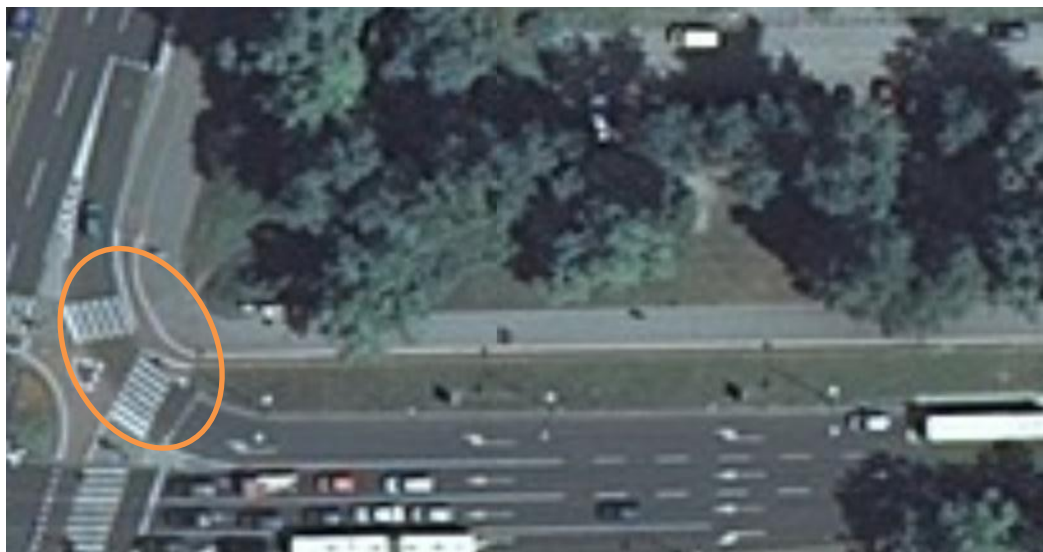
Slika 49: Vmesni časi – premaknjena stop črta

Po enakem postopku kot prej, dobimo da je dolžina potrebnega vmesnega časa 9,6s. Vidimo, da je v tem primeru dolžina obstoječega vmesnega časa prekratka.

#### 5.4 Vpliv zavijalnih hitrosti na varnost

Na varnost bolj ranljivih udeležencev v prometu vpliva tudi hitrost motornih vozil pri zavijanju. Zato smo se odločili preveriti hitrosti zavijanja pri obeh obravnavanih variantah.

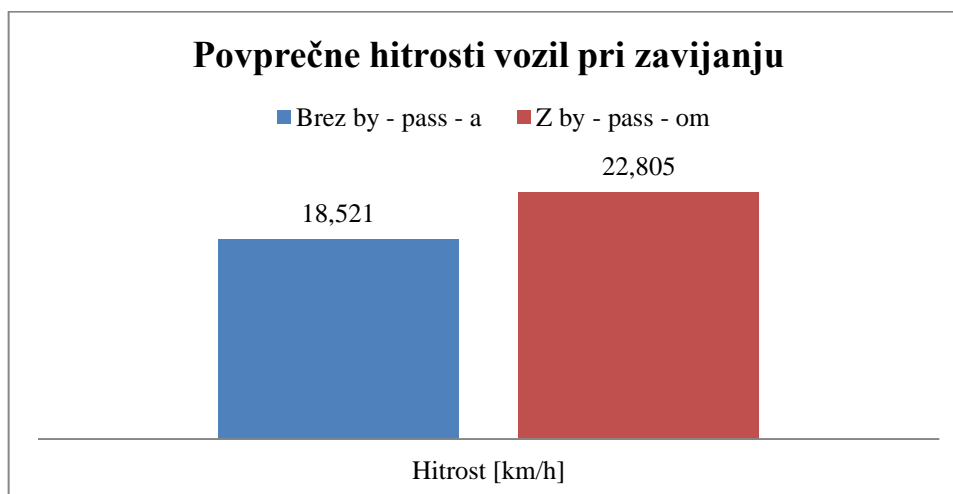
Meritve hitrosti smo naredili na terenu. Za varianto zavijanja z “by – pass – om “ smo si izbrali križišče, ki ima podobne geometrijske in prometne lastnosti, kot križišče Poljanska – Njegoševa. To je križišče Bavarski dvor v Ljubljani.



Slika 50: Merjeno območje na križišču Bavarski dvor

Meritve za drugo varianto zavijanja, smo delali na samem križišču Poljanska – Njegoševa. To križišče je še zmeraj v fazi rekonstrukcije, vendar je smer, ki nas zanima že narejena. Tako smo lahko meritve izvedli nemoteno.

Meritev smo se lotili tako, da smo pri odmerjeni razdalji v križišču merili, koliko časa rabijo vozila, da prevozijo to razdaljo. Večjega vzorca vozil nismo rabili, saj se časi niso veliko spreminjali. Merili smo na vzorcu dvajsetih vozil. Za prvo križišče smo odmerili razdaljo 16,04m, za drugo pa 22,45m. V naslednjem grafikonu so prikazani rezultati meritev.



Grafikon 36: Povprečne hitrosti vozil pri zavijanju

Vidimo, da so hitrosti pri varianti brez "by – pass – a" nižje, kot pri varianti z "by – pass – om". To je tudi logično, saj tako imenovani "by – pass", zaradi večjega zavijalnega radija v splošnem omogoča višje hitrosti. Hitrosti se v povprečju razlikujejo za 4,28 km/h, kar pomeni da je hitrost pri zavijanju brez "by – pass – a" za 18,77% manjša, kot pri zavijanju z "by – pass – om".

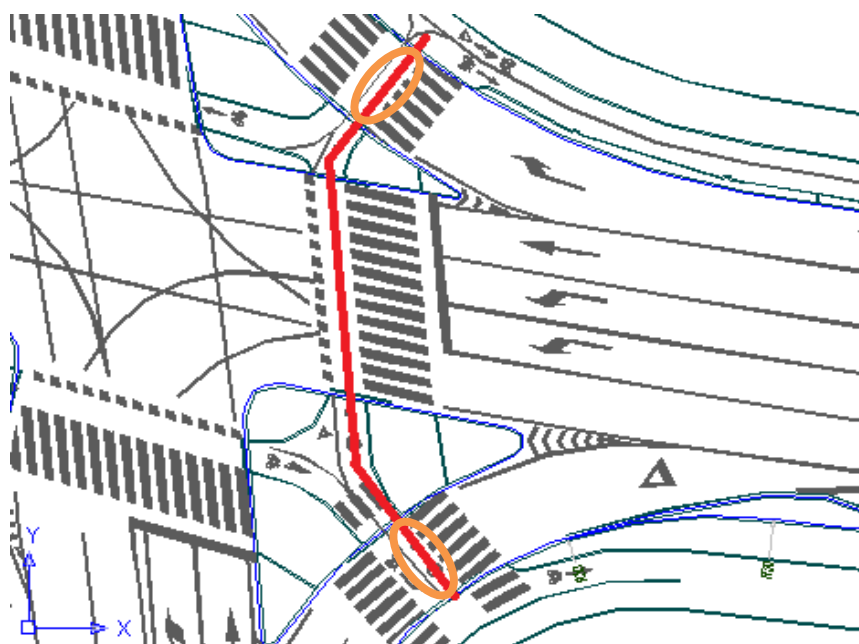
Poleg lažjega udarca, ki ga povzroči vozilo z manjšo hitrostjo, hitrost vpliva tudi na preglednost v križišču in na reakcijski čas. Voznik rabi krajšo razdaljo, da ustavi vozilo. Lažje se izognemo nesreči.

Na podlagi vseh omenjenih faktorjev, ocenjujemo, da je križišče, ki nima "by – pass – a" bolj varno za kolesarje.

## 5.5 Vpliv dolžine prehoda na varnost

Še zadnji parameter, ki smo ga preverili je bila dolžina prehoda za kolesarje. Merili smo dolžino, ki jo mora kolesar prečkati, da pride iz ene strani križišča na drugo. Preverili smo tudi število konfliktnih mest, ki se pojavijo pri različnih vrstah prehodov.

Najprej smo obdelali križišče z "by – pass – om". Na spodnji sliki je prikazana dolžina, ki jo mora kolesar prevoziti, če želi prečkati na drugo stran križišča. Označena so tudi konfliktna mesta.

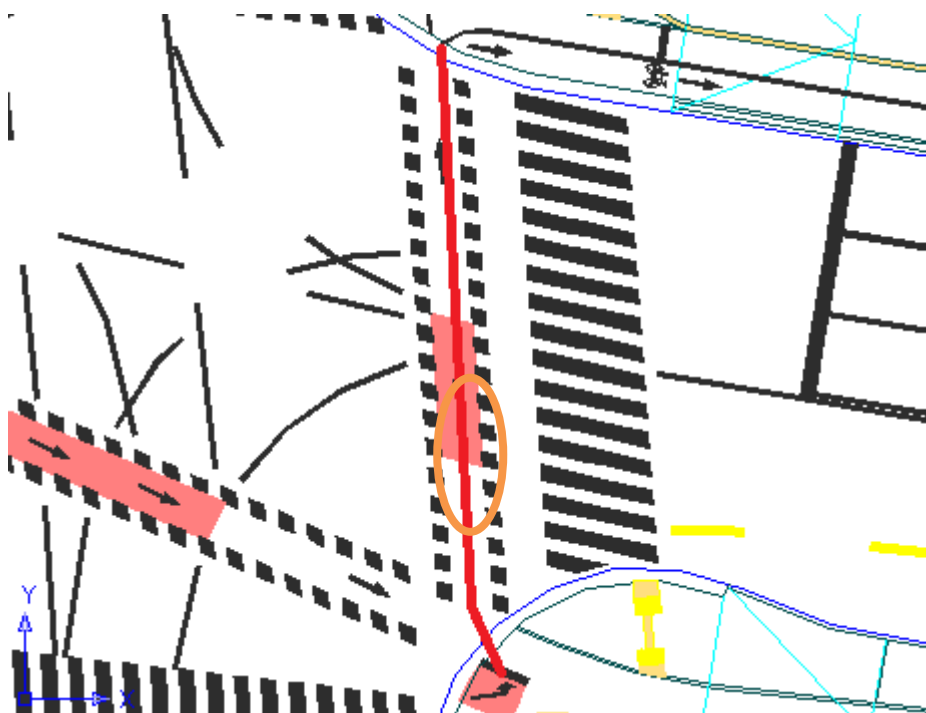


Slika 51: Prehod za križišče z "by – pass – om"

Na sliki je z rdečo barvo označena pot, ki jo mora kolesar prevoziti, da bi prišel na drugo stran križišča. Za naše obravnavano križišče znaša ta dolžina 39,23m. Od tega je po vozišču 26,13m oziroma 66,7% celotne dolžine prehoda. Ostalih 13,10m pa kolesar prevozi po vmesnih otokih v križišču.

Z oranžno barvo so označena konfliktna mesta. To so mesta, kjer prihaja do križanja med motornim in kolesarskim prometom, ki niso rešena z svetlobno signalizacijo. Tukaj se morajo upoštevati prometni znaki. Pri takšni vrsti prehoda imamo dve konfliktni mesti. Obe sta na "by – pass – ih", kjer so, kot smo videli v prejšnjem poglavju, višje hitrosti.

Na sliki 37 smo podobno, kot za križišče z "by – pass – om", označili dolžino prehoda in konfliktno točko za križišče brez "by – pass – a".



Slika 52: Prehod za križišče brez "by – pass – a"

Pri drugi varianti prehoda, je kolesar na vozišču ves čas. Dolžina prehoda je 23,13m. Od celotne dolžine prehoda prejšnje variante je krajša za 16,10m oziroma 41%. Pot, ki jo kolesar prevozi po vozišču je tudi krajša od poti pri prejšnjemu primeru. Razlika je 3,00m oziroma 11,5% skupne poti.



Razlika je tudi v številu konfliktnih točk. Druga varianta prehoda ima le eno konfliktno mesto. Res pa je, da tukaj morajo kolesarji biti pozorni na vozila, ki prihajajo iz dveh smeri. In sicer na vozila, ki zavijajo desno na Roški cesti ter za leve zavijalce iz smeri Njegoševe.

Na podlagi zgoraj omenjenih dejstev lahko zaključimo, da je iz stališča dolžine prehoda, bolj varno križišče, ki nima "by – pass – a".

## 5.6 Povzetek

Pri varnostni analizi desnega zavijanja smo obravnavali dve varianti zavijanja. Eno z "by – pass – om" in drugo brez "by – pass – a". Določili smo parametre na podlagi katerih smo analizirali zavijanje. To so bili: predfaza za kolesarje, dolžina vmesne faze, hitrosti pri zavijanju in dolžina prehoda.

Pri analizi predfaze za kolesarje smo ugotovili, da se varnost kolesarjev v križišču poveča z uporabo predfaze. Ugotovili smo tudi, da pri uporabljeni predfazi imajo kolesarji boljšo varnost, če je cikel krajši. Zato bi priporočili uporabo predfaze povsod, kjer je to možno. Na splošno je predfaza dobra za varnost kolesarjev v križiščih vendar jo je treba pravilno uporabiti. Treba je paziti na to, da s tem ukrepom dodatno ne zmanjšamo varnosti zaradi prekratkih vmesnih časov.

Izkazalo se je tudi, da je dolžina vmesnega časa med prvo in drugo fazo prekratka. To pomeni, da so kolesarji lahko ogroženi če vsa vozila še niso prevozila križišča. Zato je potrebno spremeniti krmilne programe, še posebej zaradi predfaze za kolesarje, ki vmesne čase dodatno skrajša.

Pričakovano, so bile hitrosti, pri zavijanju z "by – pass – om", večje kot na križišču, ki te tehnične rešitve ni imelo. Zato bi se iz stališča varnosti kolesarjev tukaj odločili za varianto brez "by – pass – a".

Podobno velja za dolžino prehoda, ki je krajša in bolj varna pri drugi varianti. Zato bi se na križiščih, kjer je to mogoče odločili za drugo varianto zavijanja.

## 6 ZAKLJUČEK

S primerjavo tujih standardov smo hoteli predstaviti različne tehnične rešitve, ki jih projektanti uporabljajo za ustvarjanje kolesarju prijazne infrastrukture. Izmed vseh predstavljenih rešitev, smo predlagali tiste, ki jih po našem mnenju lahko uporabimo v Republiki Sloveniji. Največ podanih rešitev je bilo iz nemških in nizozemskih standardov. To je tudi logično, saj je nizozemska oziroma nemška prometna kultura dokaj podobna slovenski.

Tehnične rešitve, ki smo jih predlagali, v Sloveniji še ne najdemo. To je posledica tega, da so tuje države na področju urejanja kolesarskih površin veliko bolj napredne. V Sloveniji je trenutno v izdelavi predpis, ki se bo ukvarjal s to tematiko in bo morda vseboval nekatere izmed rešitev, ki smo jih podali v naši diplomski nalogi.

Pri podajanju rešitev smo bili pozorni na to da bomo izpolnili zahteve za doseganje kolesarju prijazne infrastrukture. Te zahteve so:

- kohezija;
- direktnost;
- atraktivnost;
- varnost;
- udobje.

Z vsemi zahtevami smo se ukvarjali tudi pri analizi križišča Poljanska – Roška, kjer smo preverjali kakšne posledice imajo posegi za doseganje kolesarju prijazne infrastrukture na motorni promet. Prva analiza, ki smo jo naredili je bila kapacitetna analiza križišča. Ta je pokazala zanimive rezultate.

Ena izmed ugotovitev je bila, da je križišče, ki ima na vseh štirih krakih desno zavijanje rešeno z “by – pass – i“, skoraj da neobčutljivo na kolesarske obremenitve. Kapaciteta se pri različnih kolesarskih obremenitvah križišča le malo spreminja. Kot se je izkazalo pri varnostni analizi križišča pa ta rešitev za kolesarje ni najboljša. Varnost kolesarja je slabša zaradi višjih hitrost, ki jih dovoljuje takšna tehnična rešitev. Izgubi se tudi direktnost, kar vpliva na udobje kolesarjenja. Zato se moramo pri projektiranju križišča odločiti, kaj nam je bolj pomembno pretočnost križišča ali ustvariti kolesarju prijazno infrastrukturo.

Glede na motorni promet, se najslabše izkaže druga varianta. To je varianta, ki ima iz smeri Roške ceste skupni pas za desno zavijanje in vožnjo naravnost. Ta ima najslabšo kapaciteto in največjo stopnjo zasičenosti. Preobremenitev križišča povzroči najdaljše kolone, največje zamude in največje število ustavljanj izmed vseh treh variant. Zaradi številčnejših zastojev v križišču, se poveča tudi onesnaženje zraka glede na drugi dve varianti. Povečajo se emisije CO in NO<sub>x</sub>. Iz stališča varnosti in udobnosti kolesarskega prometa pa je ta varianta boljša, kot prva. Izpolnjuje vse zahteve za doseganje kolesarju prijazne infrastrukture.

Da bo križišče preobremenjeno pokaže tudi tretja varianta. Ta je sicer zelo podobna drugi varianti vendar ima boljše kapacitetne karakteristike. Razlika je le v tem, da ima ta varianta ločena pasova za desno zavijanje in vožnjo naravnost. Iz stališča prijaznosti in varnosti do kolesarjev pa je boljša kot prva. Zato je ta varianta najbolj sprejemljiva za uporabo v praksi. Ker tudi ona ne doseže dovolj dobrih rezultatov pri analizi, smo podali še izboljševalne ukrepe, s katerimi smo hoteli doseči:

- večjo kapaciteto križišča;
- manjše zamude;
- krajše klone;
- manjše onesnaževanje.

Z ukrepi, ki smo jih podali dosežemo točno to. Ti ukrepi so iz stališča prijaznosti do kolesarjev slabši, zaradi izgube direktosti in udobja vožnje, vendar vseeno boljši, kot pri prvi varianti. Pri projektiranju križišč poskušamo najti kompromis med vsemi dejavniki, ki tukaj nastopijo. Tako smo poskušali najti kompromis med najboljšimi kapacitetnimi parametri in doseganju kolesarju prijazne infrastrukture.

Zadnja, varnostna analiza pa nam je dokončno pomagala odločiti se za katero varianto križišča se bomo odločili. Tam smo namreč primerjali varianto, ki ima "by – pass" z variantami, ki te tehnične rešitve nimajo. Iz različnih primerjav, ki smo jih tam izvedli, smo zaključili, da sta za kolesarje boljši varianti, ki nimata "by – pass – a". Izkazalo se je tudi, da so kolesarji bolj varni, če so krmilni programi tako programirani, da je cikel čim krajši. Zato projektantom svetujemo uporabo čim krajših ciklov pri načrtovanju krmilnih programov.

Z uporabo manjših zavijalnih radijev pa dosežemo, da motorna vozila imajo pri zavijanju manjše hitrosti, kar je iz stališča kolesarjev boljše.

Na podlagi analiz, ki smo jih izvedli, smo se odločili, da je za izvedbo v praksi najboljša tretja predlagana varianta. Dodatno je treba izboljšati še krmilne programe zaradi prekratkih vmesnih časov. Razmislimo lahko tudi o spremembi zavijalnega radija. Ta ne rabi nujno biti minimalen. Z njegovim povečanjem se povišajo tudi hitrosti zavijanja motornih vozil, vendar ne za toliko, da bi bili kolesarji zaradi tega veliko bolj ogroženi. Z njegovim povečanjem pa lahko dobimo dodaten prostor za kolesarje na pločniku. S tem bi povečali varnost kolesarjev, ki zavijajo levo v križišču. Izgubili bi sicer direktnost vendar je pri tako obremenjenih križiščih, kot je obravnavano križišče Poljanska – Roška zelo pomembna pretočnost samega križišča.

## 7 VIRI

Design Manual for Bicycle Traffic. 2007. Record 25. Ede, CROW: 387 str.

Emisije CO.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_monoxide](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_monoxide) (Pridobljeno 12.1.2012)

[http://www.carbonmonoxidekills.com/26/carbon\\_monoxide\\_emissions](http://www.carbonmonoxidekills.com/26/carbon_monoxide_emissions) (Pridobljeno 12.1.2012)

Emisije NO<sub>x</sub>.

<http://en.wikipedia.org/wiki/NOx> (Pridobljeno 12.1.2012)

[http://www.stat.si/novica\\_prikazi.aspx?id=4408](http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4408) (Pridobljeno 12.1.2012)

Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. 2010. R2. Köln, FGSV Verlag: 137 str.

Maher, T. 2007. Teorija prometnega toka – skripta. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Novelacija Navodil za projektiranje kolesarskih površin. 2012. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Prometnotehniški inštitut.

Planning and Design for Pedestrians and Cyclists. 2010. Montreal, Vélo Québec Association: 168 str.

Praktični primer – Nizozemska

**<http://www.youtube.com/watch?v=5HDN9fUqU8&feature=related> (Pridobljeno 3.2.2012)**

Predlog prometne politike Mestne občine Ljubljana, 2011.

**<http://www.ljubljana.si/si/mol/mestna-uprava/oddelki/gospodarske-dejavnosti-promet/>  
(Pridobljeno 10.1.2012)**

Prometna signalizacija.

**<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200046&stevilka=2131> (Pridobljeno 30.11.2011)**

Prometne študije.

**<http://www.omegaconsult.si/index.php?id=static&nav1=2&nav2=33#cont35> (Pridobljeno  
3.11.2011)**

Razlaga pojmov.

**<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200483&stevilka=3690> ( Pridobljeno 5.11.2011)**

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

Urban Bikeway Design Guide. 2011. April edition. Washington, National Association of City Transportation Officials: 302 str.

---

Uredba (ES) št. 715/2007 Evropskega parlamenta in sveta z dne 20. junija 2007 o homologaciji motornih vozil glede na emisije iz lahkih potniških in gospodarskih vozil (Euro 5 in Euro 6) in o dostopu do informacij o popravilu in vzdrževanju vozil.

**<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:171:0001:0016:SL:PDF>**  
**(Pridobljeno 12.1.2012)**

## **SEZNAM PRILOG**

PRILOGA A: VARIANTE PROMETNIH UREDITEV CELOTNEGA OBMOČJA

PRILOGA B: NAPOVEDI PROMETNIH OBREMENITEV ZA KRIŽIŠČE POLJANSKA – ROŠKA

PRILOGA C: KRMILNI PROGRAMI ZA KRIŽIŠČE POLJANSKA – ROŠKA

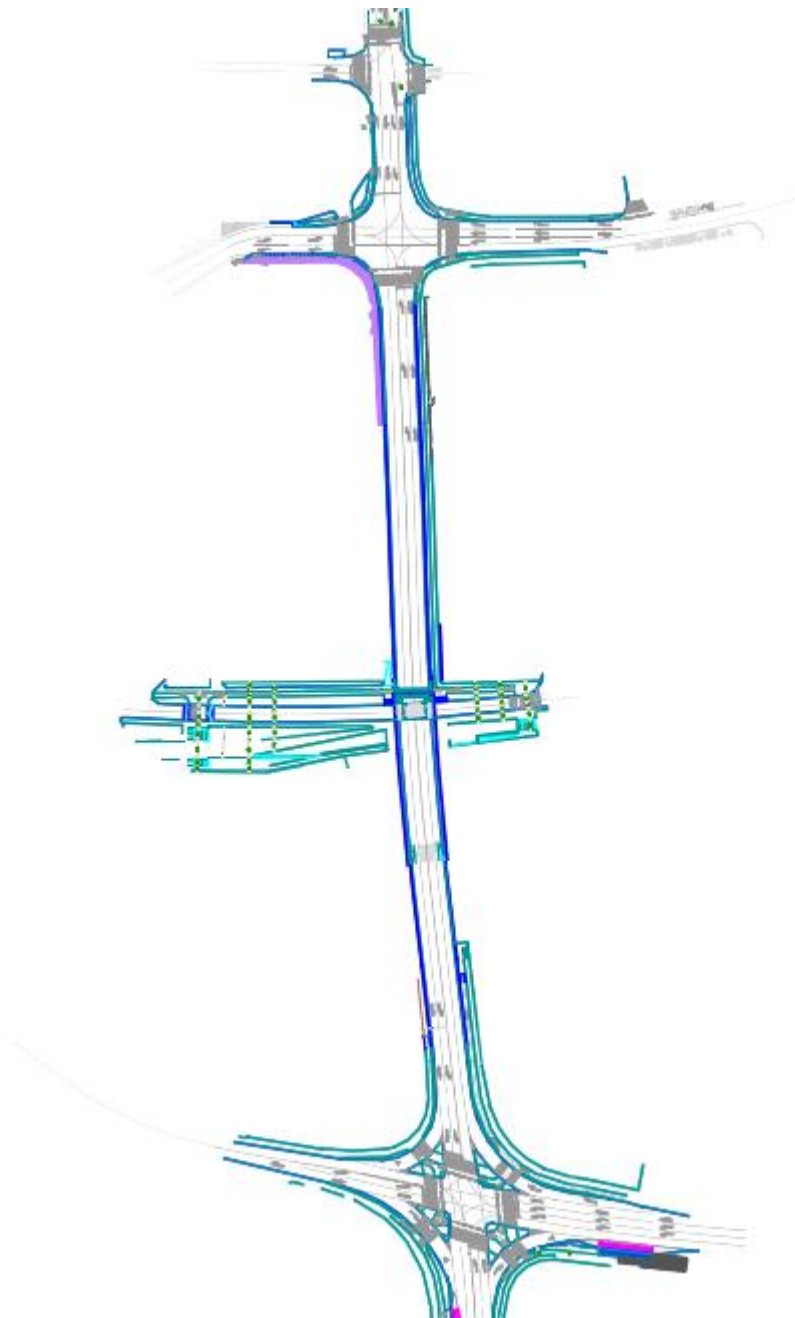
PRILOGA D: IZRAČUNANI PARAMETRI IZ REZULTATOV MIKROSIMULACIJE

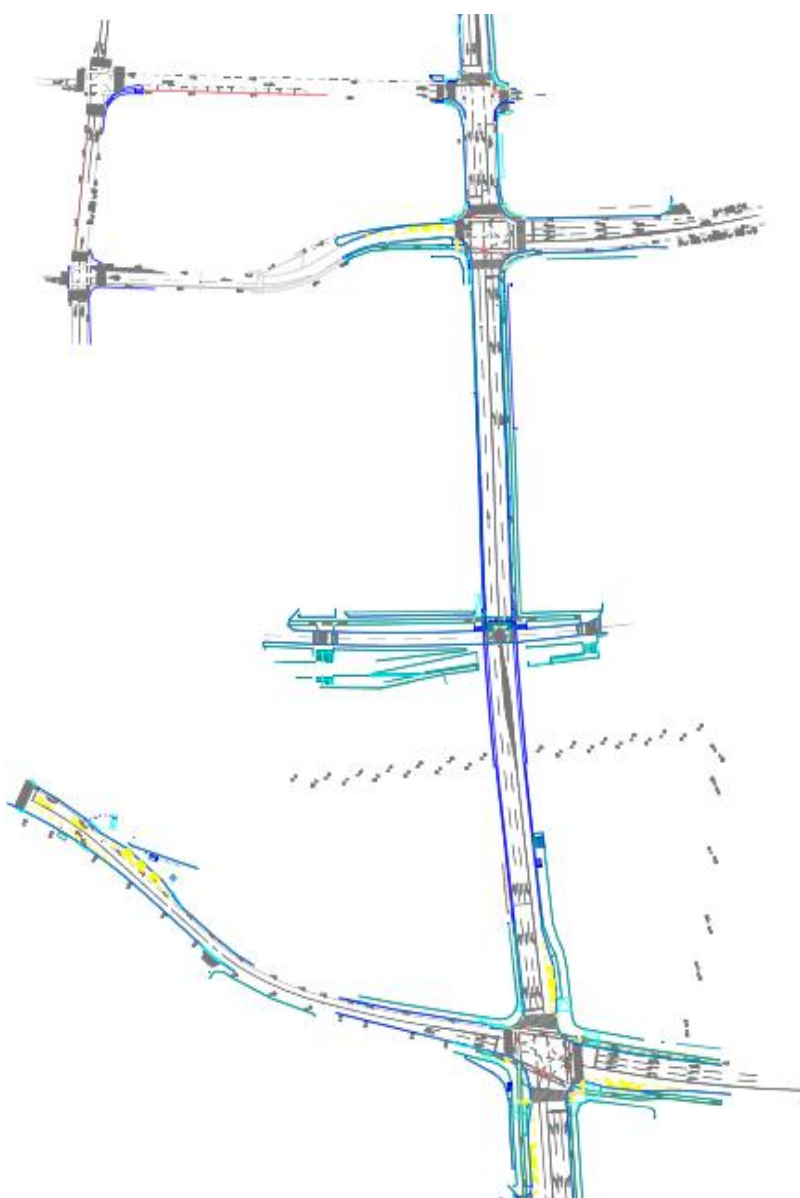
PRILOGA E: REZULTATI MERITEV HITROSTI ZA VARNOSTNO ANALIZO



## PRILOGA A: VARIANTE PROMETNIH UREDITEV CELOTNEGA OBMOČJA

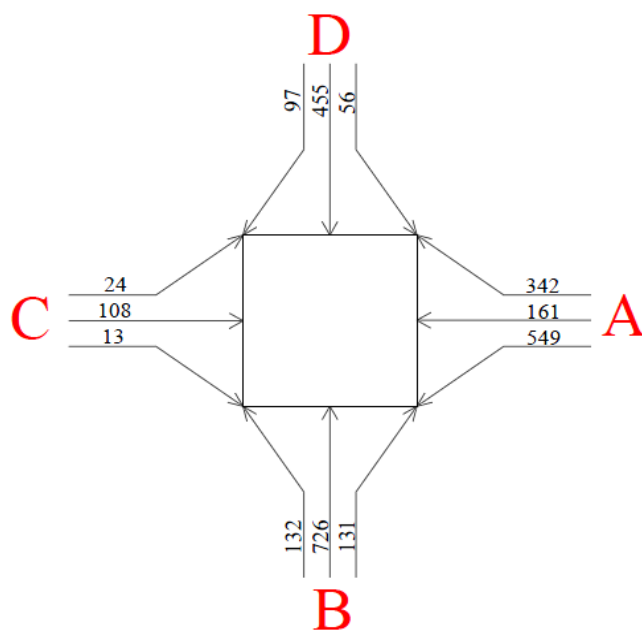
### Prva varianta



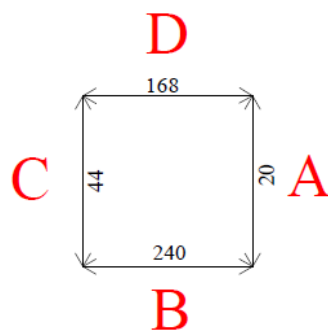
**Tretja varianta**

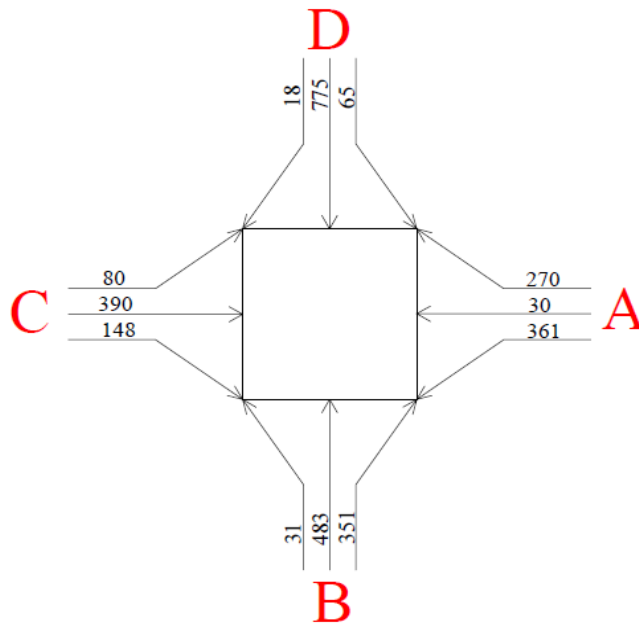
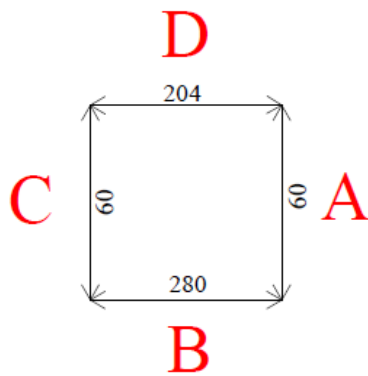
## PRILOGA B: NAPOVEDI PROMETNIH OBREMENITEV ZA KRIŽIŠČE POLJANSKA – ROŠKA

### Jutranja konica [eov/h] (Poljanska – Roška)



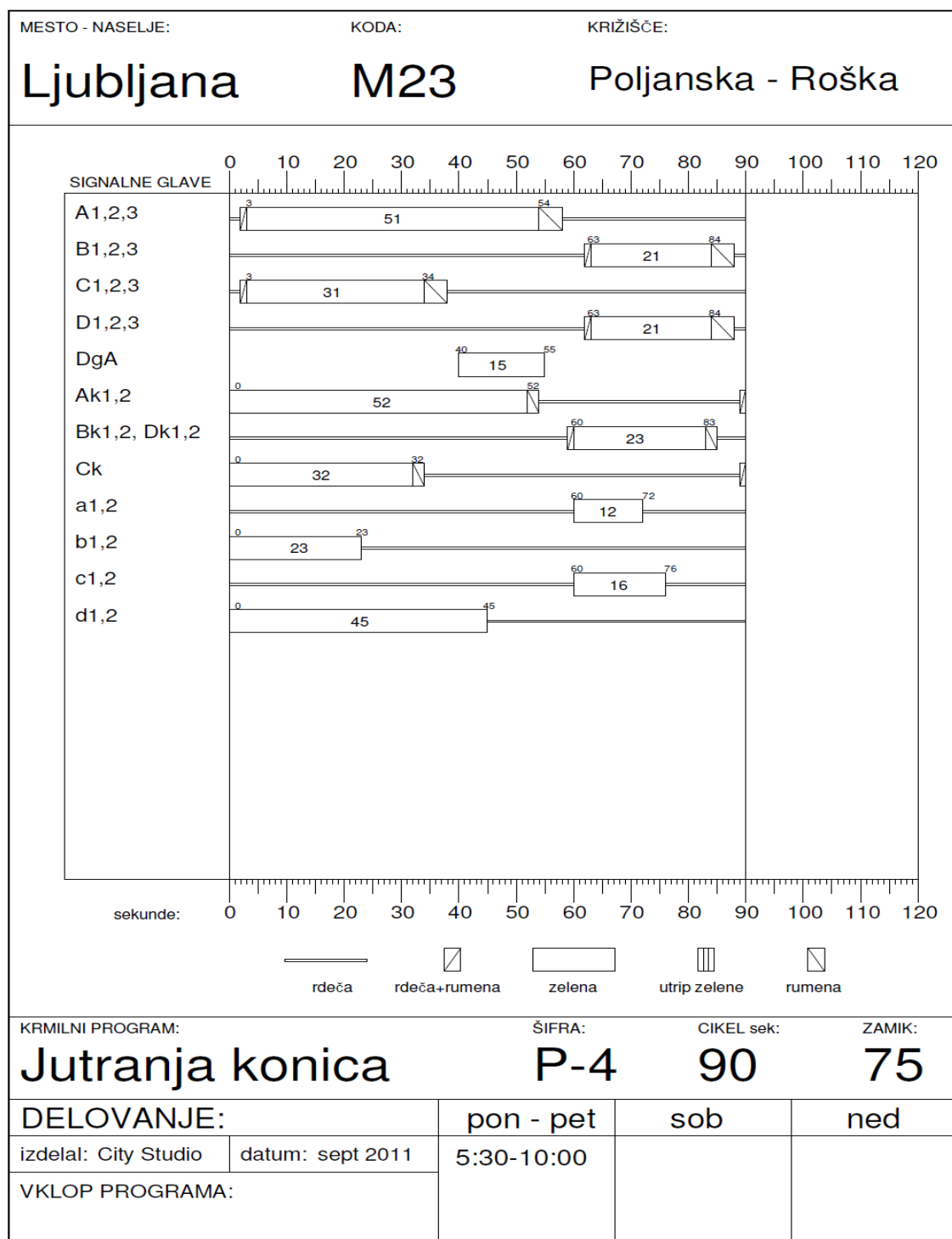
### Jutranja konica [pešec/uro] (Poljanska – Roška)



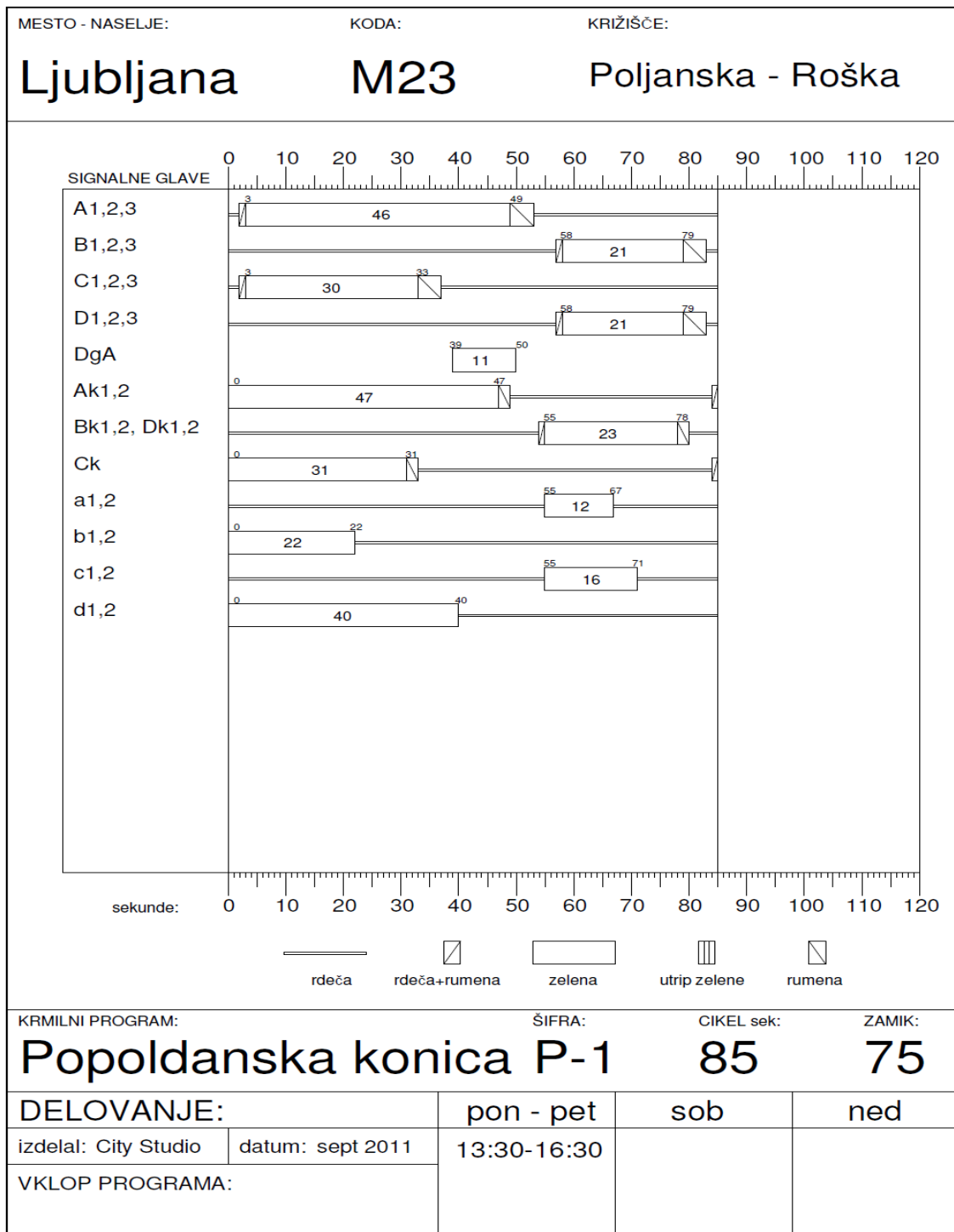
**Popoldanska konica [eov/h] (Poljanska – Roška)****Popoldanska konica [pešec/uro] (Poljanska – Roška)**

## PRILOGA C: KRMILNI PROGRAMI

### Križišče Poljanska – Roška, jutranja konica



**Križišče Poljanska – Roška, popoldanska konica**



## PRILOGA D: IZRAČUNANI PARAMETRI REZULTATOV MIKROSIMULACIJE

### Prva varianta (Jutranja konica)

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Volumen [št.vozil]	Kapaciteta [št.vozil]	Stopnja zasičenosti	Povprečna dolžina kolone [m]	Maksimalna dolžina kolone [m]
100	2794	2539	1,10	15,39	239,50
200	2794	2537	1,10	15,73	251,50
300	2794	2546	1,10	15,55	239,60
400	2794	2540	1,10	15,67	227,50
500	2794	2529	1,10	15,73	227,60

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Zamude [s]	Emisije CO [kg]	Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	Povprečno število ustavljanj	Nivo uslug
100	15,03	4,51	0,88	0,41	B
200	15,54	4,60	0,90	0,43	B
300	15,57	4,63	0,90	0,46	B
400	16,34	4,67	0,90	0,48	B
500	16,96	4,79	0,93	0,52	B

**Prva varianta (Popoldanska konica)**

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Volumen [št.vozil]	Kapaciteta [št.vozil]	Stopnja zasičenosti	Povprečna dolžina kolone [m]	Maksimalna dolžina kolone [m]
100	3002	2620	1,15	18,52	246,60
200	3002	2638	1,14	19,57	239,70
300	3002	2600	1,15	19,56	275,70
400	3002	2609	1,15	19,05	282,00
500	3002	2589	1,16	20,58	244,80

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Zamude [s]	Emisije CO [kg]	Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	Povprečno število ustavljanj	Nivo uslug
100	14,88	4,86	1,13	0,51	B
200	18,16	4,92	0,96	0,53	B
300	18,32	4,89	0,95	0,54	B
400	19,40	5,06	0,98	0,59	B
500	20,23	5,15	0,94	0,63	C



### Druga varianta (Jutranja konica)

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Volumen [št.vozil]	Kapaciteta [št.vozil]	Stopnja zasičenosti	Povprečna dolžina kolone [m]	Maksimalna dolžina kolone [m]
100	2794	2479	1,13	29,87	267,20
200	2794	2525	1,11	27,69	267,10
300	2794	2440	1,15	31,07	267,00
400	2794	2334	1,20	38,17	272,70
500	2794	2108	1,33	48,00	272,60

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Zamude [s]	Emisije CO [kg]	Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	Povprečno število ustavljanj	Nivo uslug
100	17,88	5,02	1,16	0,48	B
200	18,68	5,40	1,05	0,55	B
300	21,97	5,77	1,12	0,70	C
400	27,78	6,40	1,25	0,92	C
500	36,39	7,03	1,37	1,16	D

**Druga varianta (Popoldanska konica)**

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Volumen [št.vozil]	Kapaciteta [št.vozil]	Sropnja zasičenosti	Povprečna dolžina kolone [m]	Maksimalna dolžina kolone [m]
100	3002	2625	1,14	30,36	266,40
200	3002	2531	1,19	34,05	273,10
300	3002	2493	1,20	45,03	277,20
400	3002	2320	1,29	57,50	274,30
500	3002	2140	1,40	64,72	277,70

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Zamude [s]	Emisije CO [kg]	Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	Povprečno število ustavljanj	Nivo uslug
100	19,28	5,48	1,07	0,53	B
200	22,24	5,67	1,10	0,61	C
300	29,12	6,32	1,23	0,82	C
400	36,39	6,67	1,30	1,02	D
500	45,18	7,05	1,37	1,27	D

### Tretja varianta (Jutranja konica)

<b>Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]</b>	<b>Volumen [št.vozil]</b>	<b>Kapaciteta [št.vozil]</b>	<b>Stopnja zasičenosti</b>	<b>Povprečna dolžina kolone [m]</b>	<b>Maksimalna dolžina kolone [m]</b>
100	2794	2703	1,03	14,90	268,40
200	2794	2692	1,04	15,33	263,60
300	2794	2693	1,04	17,09	267,30
400	2794	2704	1,03	18,47	267,40
500	2794	2650	1,05	23,71	272,70

<b>Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]</b>	<b>Zamude [s]</b>	<b>Emisije CO [kg]</b>	<b>Emisije NO<sub>x</sub> [kg]</b>	<b>Povprečno število ustavljanj</b>	<b>Nivo uslug</b>
100	14,76	5,20	1,01	0,43	B
200	15,53	5,35	1,04	0,49	B
300	17,46	5,63	1,10	0,59	B
400	18,76	5,90	1,15	0,67	B
500	22,23	6,35	1,24	0,82	C

**Tretja varianta (Popoldanska konica)**

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Volumen [št.vozil]	Kapaciteta [št.vozil]	Stopnja zasičenosti	Povprečna dolžina kolone [m]	Maksimalna dolžina kolone [m]
100	3002	2843	1,06	12,94	270,40
200	3002	2835	1,06	15,13	270,30
300	3002	2816	1,07	22,68	277,70
400	3002	2714	1,11	35,22	277,20
500	3002	2529	1,19	42,56	277,60

Obremenitev s kolesarji [kolesar/uro]	Zamude [s]	Emisije CO [kg]	Emisije NO <sub>x</sub> [kg]	Povprečno število ustavljanj	Nivo uslug
100	13,22	4,84	0,94	0,43	B
200	15,02	5,13	1,00	0,49	B
300	18,81	5,69	1,11	0,61	B
400	26,28	6,63	1,29	0,81	C
500	32,14	7,07	1,38	0,99	C

## PRILOGA E: REZULTATI MERITEV HITROSTI ZA VARNOSTNO ANALIZO

### Križišče z “by – pass –om“ (Bavarski dvor)

Dolžina odseka na katerem smo merili hitrosti: 16,04m

Vozilo	Čas [s]	Hitrost [m/s]	Hitrost [km/h]
1	2,70	5,94	21,39
2	2,20	7,29	26,25
3	3,50	4,58	16,50
4	2,70	5,94	21,39
5	2,00	8,02	28,87
6	1,90	8,44	30,39
7	2,30	6,97	25,11
8	3,00	5,35	19,25
9	3,50	4,58	16,50
10	2,50	6,42	23,10
11	2,50	6,42	23,10
12	2,70	5,94	21,39
13	2,70	5,94	21,39
14	2,90	5,53	19,91
15	2,20	7,29	26,25
16	2,80	5,73	20,62
17	2,80	5,73	20,62
18	2,80	5,73	20,62
19	2,70	5,94	21,39
20	1,80	8,91	32,08
		<b>Povprečje</b>	<b>22,80</b>

**Križišče brez “by – pass – a“ (Poljanska – Roška)**

Dolžina odseka na kateri smo merili hitrost: 22,45m

Vozilo	Čas [s]	Hitrost [m/s]	Hitrost [km/h]
1	3,70	6,07	21,84
2	4,20	5,35	19,24
3	4,20	5,35	19,24
4	3,90	5,76	20,72
5	3,90	5,76	20,72
6	5,10	4,40	15,85
7	4,10	5,48	19,71
8	4,10	5,48	19,71
9	4,10	5,48	19,71
10	4,10	5,48	19,71
11	5,00	4,49	16,16
12	5,00	4,49	16,16
13	5,00	4,49	16,16
14	5,00	4,49	16,16
15	5,00	4,49	16,16
16	5,00	4,49	16,16
17	4,20	5,35	19,24
18	4,20	5,35	19,24
19	4,20	5,35	19,24
20	4,20	5,35	19,24
<b>Povprečje</b>			<b>18,52</b>