

Analiza mogućnosti primjene mini-kružnih raskrižja na primjeru cestovne mreže manjeg naselja

Hrgić, Dijan

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:845042>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI

Dijan Hrgić

**Analiza mogućnosti primjene mini-kružnih raskrižja na primjeru cestovne
mreže manjeg naselja**

Diplomski rad

Rijeka, 2020. godina.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI**

**Specijalistički diplomski stručni studij
Gradske ceste i čvorišta**

**Dijan Hrgić
JMBAG: 0114022311**

**Analiza mogućnosti primjene mini-kružnih raskrižja na primjeru cestovne
mreže manjeg naselja**

Diplomski rad

Rijeka, studeni 2020.

Naziv studija: **Specijalistički diplomski stručni studij**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Prometnice

Tema diplomskog rada

Analiza mogućnosti primjene mini-kružnih raskrižja na primjeru cestovne mreže manjeg naselja

Analyses of possibilities of Implementation of Mini-roundabouts on Road Network of Small Settlement

Kandidat: **DIJAN HRGIĆ**

Kolegij: **GRADSKE CESTE I ČVORIŠTA**

Diplomski rad broj: **SPEC-2020-11**

Zadatak:

U završnom radu je potrebno analitički obraditi temu mini kružnih raskrižja prikazom važeće nacionalne i dostupne inozemne tehničke regulative za ovaj tip raskrižja.

Rad mora sadržavati:

- Pregled osnovnih postavki planiranja i projektiranja mini-kružnih raskrižja na osnovu važeće Hrvatske regulative za kružna raskrižja
- Usporedbu hrvatske i dostupnih inozemnih preporuka za planiranje i projektiranje mini-kružnih raskrižja (geometrijski elementi, prometni uvjeti, provjera opravdanosti primjene i dr.)
- Analizu cestovne mreže na primjeru općine Dražice koja uključuje preliminarnu analizu svih glavnih raskrižja te odabir i razradu rješenja mini-kružnog raskrižja na dvije odabrane lokacije

Tema rada je uručena: 24. veljače 2020.

Mentorica:

prof. dr. sc. Aleksandra Deluka-Tibljaš,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



Dijan Hrgić

U Rijeci, 03. studenog 2020.

Sažetak:

U radu su opisane osnove planiranja i projektiranja te specifičnosti mini kružnih raskrižja. Prikazano je postojeće klasično trokrako raskrižje ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice. Predmetno raskrižje predstavlja problem sigurnosti prometa i protočnosti raskrižja te će se preko kriterija za opravdanost izvedbe provjeriti da li postojeće raskrižje zadovoljava i prihvaća prostorno izvedbu mini kružnog raskrižja. Za potrebe provjere kriterija, bilo je potrebno izvršiti terensko brojanje prometa u vršnim satima. Geodetska podloga postojećeg raskrižja bila je dostupna u natječaju : Uređenje ceste Bartola Kašića. Nakon provjere kriterija te provjere propusne moći preko Austrijske metode, ustanovljeno je da postojeće raskrižje zadovoljava izgradnju mini kružnog raskrižja.

Ključne riječi: kružno raskrižje, sigurnost, mini-kružno raskrižje, kolnik, signalizacija

Analiza mogućnosti primjene mini-kružnih raskrižja na primjeru cestovne mreže manjeg naselja

Abstract:

In this paper planning and design of mini-roundabouts as well as their specifics is described. The existing classic three-lane intersection of Bartola Kašića Street and Zagrebačka Street is shown. The intersection in question represents a problem of traffic safety and flow of the intersection, and it will be checked through the criteria for justification of the construction whether the existing intersection satisfies and accepts the spatial design of the mini roundabout. For the purpose of checking the criteria, it was necessary to perform a field count of traffic at peak hours. The geodetic basis of the existing intersection was available in the tender: Arrangement of the road by Bartol Kašić. After checking the criteria and checking the throughput via the Austrian method, it was found that the existing intersection satisfies the construction of a mini roundabout.

Key words: roundabout, safety, mini roundabout, pavement, signalization

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	OPĆENITO O KRUŽNIM RASKRIŽJIMA	2
3.	ELEMENTI KRUŽNIH RASKRIŽJA	3
4.	KRITERIJI ZA IZVOĐENJE KRUŽNOG RASKRIŽJA.....	5
	4.1. Kriteriji za utvrđivanje pogodnosti određene lokacije za primjenu kružnog raskrižja	
	5	
	4.1.1. Funkcionalni kriterij	5
	4.1.2. Prostorno – urbanistički kriterij	6
	4.1.3. Prometni kriterij (kriteriji prometnog toka).....	6
	4.1.4. Projektno – tehnički kriterij	6
	4.1.5. Kriterij prometne sigurnosti.....	7
	4.1.6. Kriterij propusne moći.....	7
	4.1.7. Okolišni kriteriji.....	8
	4.1.8. Ekonomski kriterij.....	8
5.	ZNAČAJKE KRUŽNIH RASKRIŽJA	9
	5.1. Posebnosti kružnih raskrižja.....	9
	5.2. Prednosti kružnih raskrižja.....	9
	5.3. Nedostatci kružnih raskrižja.....	10
6.	PODJELA KRUŽNIH RASKRIŽJA.....	11
	6.1. Podjela kružnih raskrižja po lokaciji i veličini	11
	6.2. Podjela kružnih raskrižja s obzirom na namjenu.....	13
	6.3. Podjela s obzirom na broj krakova i voznih trakova	13
7.	OPREMA I UREĐENJE KRUŽNOG RASKRIŽJA	14
8.	MINI KRUŽNA RASKRIŽJA.....	16
	8.1. Definicija i dijelovi mini kružnog raskrižja	16
	8.2. Početna istraživanja mini kružnih raskrižja	18
	8.3. Opravdanost izvedbe mini kružnih raskrižja.....	19
	8.4. Projektno - tehnički elementi mini kružnih raskrižja.....	20
	8.5. Zahtijevane karakteristike ceste za projektiranje mini kružnog raskrižja.....	21

8.6.	Tlocrtno i uzdužno oblikovanje mini kružnih raskrižja	22
8.7.	Uzdužni tok i poprečni nagibi	23
9.	MINI KRUŽNA RASKRIŽJA U HRVATSKOJ.....	25
10.	MINI KRUŽNA RASKRIŽJA U ENGLESKOJ	26
11.	PRIMJENA MINI KRUŽNIH RASKRIŽJA U NJEMAČKOJ.....	28
12.	ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA – RASKRIŽJE ULICA BARTOLA KAŠIĆA I ZAGREBAČKE ULICE	29
12.1.	Opis postojećeg stanja	29
12.2.	Prometni volumeni na raskrižju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice.....	31
12.3.	Analiza stanja sigurnosti prometa na križanju ulica Bartola Kašića i Zagrebačke ulice.....	32
12.4.	Opis rezultata analize postojećeg stanja raskrižja.....	34
12.5.	Rekonstrukcija postojećeg trokrakog raskrižja u mini kružno raskrižje prema općim kriterijima za provjeru opravdanosti	34
12.5.1.	Funkcionalni kriterij	34
12.5.2.	Prostorni i urbanistički kriterij.....	35
12.5.3.	Kriterij prometnog toka	36
12.5.4.	Projektno – tehnički kriterij	36
12.5.5.	Kriterij prometne sigurnosti.....	36
12.5.6.	Kriterij propusne moći.....	38
12.5.7.	Okolišni kriterij.....	38
12.5.8.	Ekonomski kriterij.....	39
13.	PRIJEDLOG RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG RASKRIŽJA ..	42
13.1.	Opis rješenja za postojeće trokrako klasično raskrižje ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice.....	42
13.2.	Provjera kapaciteta predloženog mini kružnog raskrižja na križanju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice.....	43
13.3.	Proračun propusne moći ulaza i stupnja opterećenosti ulaza na križanju Zagrebačke ulice i ulice Bartola Kašića	44
13.4.	Proračun stupnja opterećenosti ulaza na križanju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice.....	45

13.5.	Prijedlog novog rješenja na raskrižju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice	
	46	
14.	ZAKLJUČAK.....	47
15.	LITERATURA.....	48

POPIS SLIKA:

Slika 1 Sastavni dijelovi kružnih raskrižja [1]	4
Slika 2. Podjela kružnih raskrižja prema lokaciji i veličini [2].....	12
Slika 3 Dispozicija prometnih znakova i rasvjetnih tijela u kružnom raskrižju [4].....	15
Slika 4 . Usporedba prolaska osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje [3]	17
Slika 5 Glavno projektno tehnički elementi mini kružnog raskrižja [3]	20
Slika 6. Lokacija raskrižja – izvor Google maps	29
Slika 7. Postojeće raskrižje – izvor Google Earth.....	30
Slika 8. Postojeće raskrižje – izvor Google Earth.....	30
Slika 9. Prometni volumeni na raskrižju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice u vršnom satu od 7.00h – 8.00h.....	31
Slika 10. Prometni volumeni na raskrižju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice u vršnom satu od 15.00h – 16.00h	32
Slika 11. Postojeće raskrižje na ortofoto podlozi – izvor geodetska podloga grada Otočac	33
Slika 12. Postojeće stanje klasičnog trokrakog raskrižja ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice.	33
Slika 13. Preliminarni smještaj mini kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg raskrižja.....	35
Slika 14. Tokovi presijecanja na klasičnom trokrakom raskrižju – postojeće stanje.....	37
Slika 15. Tokovi presijecanja na kružnom trokrakom raskrižju – potencijalne kolizione točke novog rješenja.	37
Slika 16. Stanje prometnih volumena na predloženom mini kružnom raskrižju	43

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Tablica pokazatelja opravdanosti izvedbe kružnog raskrižja u odnosu na standardno raskrižje.....	40
---	----

POPIS GRAFIKONA:

Grafikon 1. Faktor “a” u ovisnosti “B” i mjerodavnom prometnom stanju	44
---	----

PRILOZI:

Prilog 1. Prijedlog novog rješenja na raskrižju ulice Bartola Kašića I Zagrebačke ulice.....	447
--	-----

1. UVOD

Mini kružna raskrižja su kružna raskrižja koja imaju provozan središnji otok. Za razliku od standardnih jednotračnih kružnih raskrižja, kod mini kružnih raskrižja otok je izveden tako da omogućava provoznost dužim motornim vozilima. Tako je izveden i središnji otok kao uzdignut da prisiljava mala vozila da se udalje od njega, odnosno da ga obilaze.

U ovome radu je opisan način planiranja i projektiranja mini-kružnih raskrižja u Hrvatskoj kao i u nekoliko drugih zemalja.

U radu je pokazana mogućnost primjene mini kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg trokrakog klasičnog raskrižja. Postojeće klasično raskrižje ukazuje na problem koji bi se riješio izvedbom mini-kružnog raskrižja, a to je smanjenje broja prometnih nesreća te da se poveća propusna moć raskrižja.

U sklopu rada razmotrit će se lokacija postojećeg trokrakog raskrižja u mjestu Otočac – raskrižje ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice, te će se na osnovu kriterija analizirati mogućnost izvedbe mini-kružnog raskrižja

Mini-kružno raskrižje se na lokaciji postojećeg raskrižja uklapa u okolinu, te njegove dimenzije ulaze u gabarite postojećeg raskrižja čime se ne narušavaju objekti u blizini i ne ulazi u dodatne troškove prilikom izgradnje. Središnji povozni dio unutar raskrižja omogućit će lakši prolazak kroz raskrižje velikim prometnim jedinicama, dok će se komunikacija kroz samo raskrižje poboljšati zbog samog načina korištenja raskrižja i nepostojanja lijevih skretača. Postojeći nogostupi će se zadržati i prilagoditi konstrukciji novog raskrižja da se poveća sigurnost pješackog i biciklističkog prometa.

2. OPĆENITO O KRUŽNIM RASKRIŽJIMA

U počecima razmišljanja o kružnim raskrižjima, Eugene Henard, dao je prijedlog kojim se uvodi kružno kretanje motoriziranog prometa. Raskrižja koja su se imala kružni tok, počela su se pojavljivati prije nego što je motorizirani promet dominirao kao strukturni i oblikovni element. Tako nastaje prvi kružni tok koji je zabilježen u New Yorku u lokalitetu Columbus circle početkom 1905. godine. [1]

Do polovice 20.stoljeća, nije bilo potrebe za uvođenjem kružnih raskrižja. Tada se u Velikoj Britaniji uvodi pravilo koje nalaže prednost prolaska vozila koje se nalazi unutar kružnog raskrižja pred vozilom koje se priključuje na kružno raskrižje. Nakon ovog događaja, predaje se sve veća pažnja i značenje kružnim raskrižjima. Prema istraživanjima, 2000.godine je u svijetu izvedeno je oko 35.000 kružnih raskrižja. Najveći postotak izvedenih kružnih raskrižja je u Francuskoj – oko 12.000. Tako je brojka kružnih raskrižja do 2010.godine porasla na 40-45.000 kružnih raskrižja. [1]

Kružno raskrižje je izvedeno kao kanalizirano raskrižje koje može imati neprovoznu, djelomično ili u cijelosti provoznu središnju traku, na koju se spajaju tri ili više prilaznih cesta u razini. Promet se unutar kružnog raskrižja odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu. Tokom projektiranja kružnih raskrižja izvode se središnje trake koje mogu biti jednostrane, dvostrane ili višetrane. Kod jednostranog kružnog raskrižja postoji jedna traka ulaska/izlaska te jednim prometnim trakom unutar kružnog raskrižja. Kod dvostranog kružnog raskrižja središnja traka može biti s jednim ili dva prometna traka na ulazim i izlazima. [1]

Montažno kružno raskrižje predstavlja privremeno rješenje na lokaciji postojećeg klasičnog raskrižja. Potrebno je naglasiti da se izvodi u građevinsko-prometnom smislu prema svima pravilnicima za projektiranje kružnih raskrižja. Turbo kružna raskrižja je kanalizirano kružno raskrižje sa dvije ili tri prometne trake, u kojeg se mogu povezati tri ili četiri prilazne ceste, dok su vozni trakovi međusobno odvojeni barijerama na kolniku.

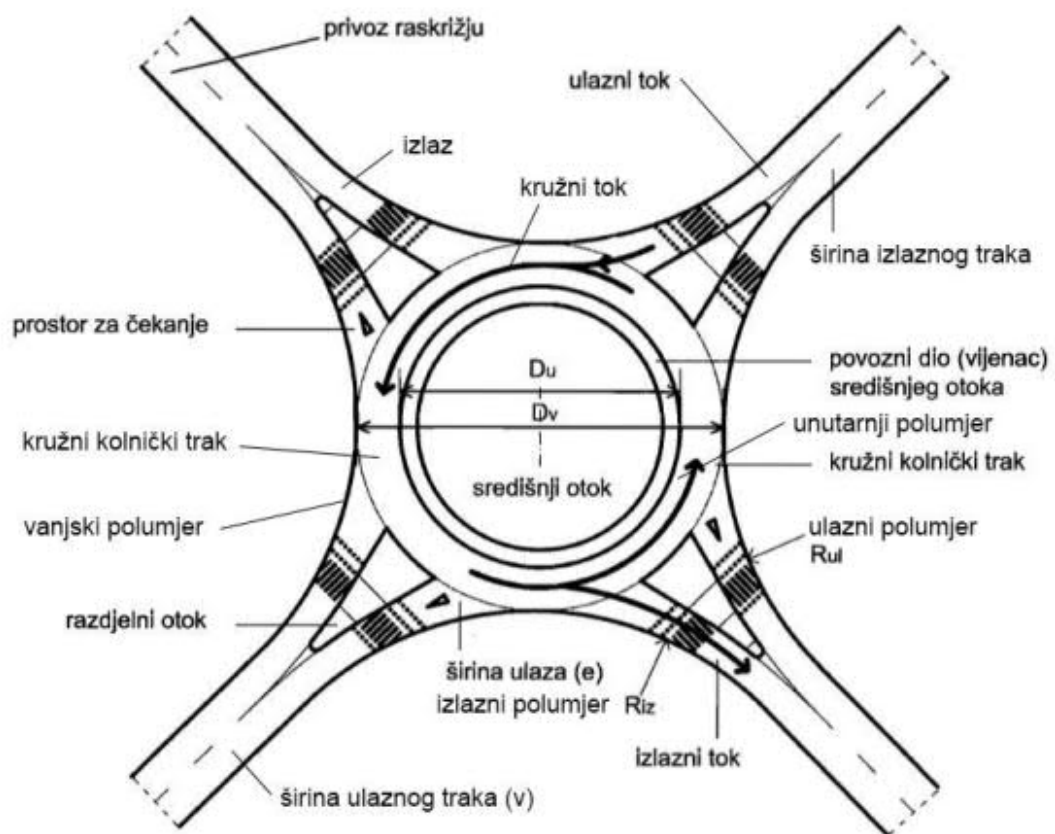
Urbana kružna raskrižja su smještena unutar izgrađenog urbanog prostora. Na toj lokaciji je predviđen promet motornih vozila, pješaka i/ili biciklista. Izvan – urbana kružna raskrižja su pozicionirana izvan izgrađenog urbanog prostora, te je tu prisutan motorni promet, i eventualno biciklistički promet. [1]

3. ELEMENTI KRUŽNIH RASKRIŽJA

Dijelovi odnosno elementi koji čine kružno raskrižje su : **Kružni kolnik** – kolnički trak kružnog oblika, po kojem se voze vozila oko središnjeg otoka i imaju prednost u odnosu na vozila koja ulaze na raskrižje.

Središnji otok – uzdignuta površina kružnog oblika, koja sprečava izravnu vožnju preko raskrižja. **Provozni dio/prsten središnjeg otoka** – dio središnjeg otoka, koji zajedno s kružnim kolničkim trakom omogućuje vožnju kroz raskrižje dugim vozilima pa je po funkciji dio kružnog kolničkog traka, većeg je poprečnog nagiba – $q=4\%$ i od drugačijeg materijala. **Vanjski promjer raskrižja/ R_v** - promjer od vanjskog ruba do ruba kružnog kolnika – ujedno mjera i oznaka veličine raskrižja. **Unutarnji promjer raskrižja/ R_u** – promjer od unutarnjeg do unutarnjeg ruba kružnog kolničkog traka. **Privoz kružnom raskrižju** – priključna cesta s prometnim trakovima – ulaznom/uvozom i izlazom/izvozom, pri čemu ulazni dio može biti izveden u obliku lijevka ili trokuta. [2]

Broj prometnih trakova/ n – na privozu i u kružnom kolniku predstavljaju osnovne parametre za podjelu i za proračun propusne moći raskrižja. **Prostor za čekanje – niša** – prostor između pješačkog prijelaza i vanjskog ruba kružnog kolnika, vozila ga na ulazu koriste za čekanje na prihvatljivu vremensku prazninu u kružnom toku kako bi se mogli priključiti u njega, a na izlazu služe za propuštanje pješaka i biciklista. **Ulazni / R_{ul} i izlazni polumjer / R_{iz}** – polumjer zaobljena desnog ruba kolnika na ulazu kružnog raskrižja, koji usmjeruje vozila prema kružnom kolniku. **Razdjelni otok – otok za pješake** – uzdignuti dio kružnog raskrižja za kanaliziranje tokova na privozu, a omogućuje veću sigurnost pješaka i biciklista pri prelasku privoza. **Ulazni/izlazni prometni tok** – čine ih vozila koja ulaze i izlaze iz kružnih raskrižja. **Kružni prometni tok** – kružeći prometni tok vozila po kružnom kolniku raskrižja . [3]



Slika 1 Sastavni dijelovi kružnih raskrižja [1]

4. KRITERIJI ZA IZVOĐENJE KRUŽNOG RASKRIŽJA

Prije samog projektiranja kružnog raskrižja potrebno je utvrditi uvjet potrebe određene lokacije za primjenu ovakvog tipa prometnog rješenja. Da bi se provela mogućnost izvedbe kružnog raskrižja, potrebna je odluka od strane struke. Time se dobiva rezultat da li se izvodi ili se ne izvodi novo raskrižje kružnog oblika, a sve to mora biti temeljeno i potkrijepljeno argumentima. Postoje definirani kriteriji prema kojima se izvodi procjena izvedbe kružnog raskrižja. Više kriterija treba biti ispunjeno da bi se pristupilo izvedbi kružnog raskrižja.

4.1. Kriteriji za utvrđivanje pogodnosti određene lokacije za primjenu kružnog raskrižja

Prema Hrvatskim smjernica postoji osam osnovnih kriterija koji se trebaju razmotriti prilikom procjene opravdanosti izvedbe kružnih raskrižja :

1. Funkcionalni kriterij
2. Prostorno-urbanistički kriterij
3. Prometni kriterij (kriterij prometnog toka)
4. Projektno-tehnički kriterij
5. Kriterij prometne sigurnosti
6. Kriterij propusne moći
7. Okolišni kriterij
8. Ekonomski kriterij [3]

4.1.1. Funkcionalni kriterij

Funkcionalni kriterij analizira koja je vrsta raskrižja najpogodnija. Da bi se opravdala primjena određenog kružnog raskrižja, potrebno je najprije analizirati prometne funkcije raskrižja – određeni promet ili tranzitni, položaj raskrižja u odnosu na naselje, uloga raskrižja u mreži te položaj raskrižja u prometnoj mreži. Nakon kontrole ovih stvari unutar funkcionalnog kriterija, određuje se najbolje rješenje na određenoj lokaciji koja se promatra za rekonstrukciju. [3]

4.1.2. Prostorno – urbanistički kriterij

Ovim kriterijem provjerava se potencijal prostora koji ima problematiku sa postojećim raskrižjem i na kojem se predlaže izvedba novog kružnog raskrižja. Također se provjerava količina raspoloživog prostora s obzirom na odabrane geometrijske elemente raskrižja, a to je promjer novog kružnog raskrižja. Utvrđuje se i da li postoji mogućnost određene lokacije za planirane promjene u budućnosti da se uklopi u mrežu cesta da se izvedbom novog kružnog raskrižja ne naruši konstrukcija mreže prometnica. Ovim kriterijem se uzima u obzir koliko prostora će zauzimati novo rješenje, te da li se radi o izvedbi novog kružnog raskrižja na već izgrađenoj ili neizgrađenoj, javnoj ili privatnoj površini.

Urbani gabariti moraju se uzeti u obzir pri analizi da se utvrdi da li dolazi do promjena koje mogu nastati izvedbom kružnog raskrižja. Kod ovog kriterija posebno su osjetljive povijesne jezgre te prostori kompaktnih urbanih struktura. [3]

4.1.3. Prometni kriterij (kriteriji prometnog toka)

Kod prometnog kriterija, obuhvaća se provjera okolnosti na predmetu koji se proučava. To se odnosi na ukupnu razinu prometnog toka te na smjer kretanja prometnog toka na raskrižju. Izvedba kružnog raskrižja je opravdana te se preporuča na lokacijama čije prilazne ceste imaju približno jednako prometno opterećenje – nema velike razlike između glavnog smjera i sporednih smjerova. Ako je razina prometa veća od 75% na glavnom smjeru u odnosu na ukupni promet raskrižja, izvedba kružnog raskrižja se ne preporuča, iznimno, kada prevladava kriterij prometne sigurnosti. Ako je mogućnost pojave velikog intenziteta pješачkog i/ili biciklističkog prometa te oni presijecaju jedan ili više krakova kružnog raskrižja, tada nemotorizirani promet predstavlja problem u prometu te ga je potrebno provesti kroz raskrižje u razini ili primijeniti drugu vrstu raskrižja kao što je semaforizirano raskrižje. [3]

4.1.4. Projektno – tehnički kriterij

Projektno-tehnički kriterij analizira okolnosti na predmetnom raskrižju. Te okolnosti su vezane uz geometriju raskrižja, broju i položaju prilaznih cesta te kutu spajanja prilaznih cesta raskrižju. Kod svakog prijedloga, potrebno je izraditi kontrolu provoznosti mjerodavnog vozila. Za tu kontrolu, preporučaju se programi koji simuliraju vožnju kroz raskrižje. Svi smjerovi raskrižja moraju biti provozni, a da bi se osigurala kompletnost raskrižja moraju svi priključni krakovi biti dostupni. [3]

4.1.5. Kriterij prometne sigurnosti

Kriterij prometne sigurnosti je vrlo važan kriterij kada se provjerava opravdanost izvedbe novog kružnog raskrižja. Ovaj kriterij je uvijek opravdan ako je istraživanje na lokaciji postojećeg raskrižja utvrdilo mogućnost ugrožavanja prometne sigurnosti.

Ovim kriterijem se najčešće preporuča izgradnja kružnog raskrižja na lokacijama postojećih klasičnih četverokrakih raskrižja gdje je povećan broj prometnih nezgoda frontalnog sudara.

Ako se analizom kriterija prometne sigurnosti na postojećem raskrižju utvrdi da je najveći postotak prometnih nezgoda nalet vozila na vozilo straga, kada je prvo vozilo desni skretač, nije potrebno izvoditi novo raskrižje kružnog oblika zato jer i na kružnom raskrižju postoji ista mogućnost takvog tipa prometne nezgode. Ako se izvodi novo kružno raskrižje ili se rekonstruira postojeće raskrižje, potrebno je napraviti provjeru prometne sigurnosti, gdje je analiza prometne sigurnosti obavezna za period unazad 5 godina prema evidenciji prometnih nesreća nadležne uprave prometne policije. [3]

4.1.6. Kriterij propusne moći

Kriterij propusne sadrži provjeru razine uslužnosti raskrižja kao najbitniji element analize opravdanosti. Da bi se provjerila propusna moć kružnog raskrižja, koriste se razne metode proračuna kao što su empirijske, računске i analitičke metode. U praksi se najčešće koriste računalni programi za proračun propusne moći te simulaciju prometa. Kada se dobiju željeni rezultati, stručnjaci mogu odrediti prema tome vrstu raskrižja, te prema vrsti raskrižja se određuje kvaliteta protoka prometa. Da bi se krenulo u izvedbu ili rekonstrukciju nekog postojećeg raskrižja, potrebno je provjeriti razinu uslužnosti. Kada se proračunava propusna moć novog projektiranog raskrižja, uzimaju se prometna opterećenja na kraju planskog razdoblja. Vršna opterećenja se koriste za proračun koja su izražena postotkom prosječnog dnevnog prometa – mjerenja prometa u vršnom satu. [3]

4.1.7. Okolišni kriteriji

Da bi se okolišni kriterij ispunio, kontrolira se da li će novo projektirano raskrižje poboljšati ili ugrožavati stanje okoliša. Prema okolišnom kriteriju, dokazivanja su pokazala da su kružna raskrižja ekološki prihvatljiva, kvalitetnija rješenja od standardnih raskrižja.

Sve je to dokazano temeljem potrošnje goriva, emisija štetnih tvari i buke. Opravdanost okolišnog kriterija se izvodi simulacijskim programima u kojima je omogućeno modeliranje potrošnje goriva na odabranom raskrižju. [3]

4.1.8. Ekonomski kriterij

Kada se postavlja pitanje ekonomske isplativosti izvedbe kružnog raskrižja na postojećoj lokaciji ili novo planiranoj lokaciji, ekonomski kriterij daje odgovor. Da bi se utvrdila opravdanosti izvedbe novog raskrižja, potrebni su podaci o dobitu, troškovima korisnika te o troškovima prometne sigurnosti. Tada se cost-benefit analizom određuje gospodarska opravdanost raskrižja.

Investicija, troškovi operative te troškovi održavanja, daju približan podatak prema kojem se može utvrditi da li je izvedba novog raskrižja opravdana, a to sve ako nema pouzdanih podataka. [3]

5. ZNAČAJKE KRUŽNIH RASKRIŽJA

Kombinacija prekinutog i neprekinutog prometnog toka predstavljaju kružno raskrižje. Prednost prolaska imaju vozila koja su unutar kružnog toka pred vozilima na priključnim trakama. Omogućavaju vožnju smanjenom brzinom te velikim skretnim kutom prednjih kotača. Vozila se na ulasku u kružno raskrižje ako je slobodan kružni tok, ne trebaju zaustavljati, već se dozvoljava ograničenom brzinom pristupiti kružnom toku. Dugim vozilima se dozvoljava korištenje i proširenog dijela središnjeg otoka, a pješačkom i biciklističkom prometu vrijede pravila kao i za druge oblike raskrižja u razini. [2]

5.1. Posebnosti kružnih raskrižja

Razlika između kružnih raskrižja i uobičajenih raskrižja je ogromna. Kružna raskrižja u odnosu na klasična raskrižja mogu biti s kombinacijom prekinutog i neprekinutog prometnog toka. Prvenstvo prolaza na raskrižju sa kružnim tokom imaju vozila koja se nalaze unutar kružnog toka u odnosu na vozila koja se nalaze na prilazima u raskrižje. U slučaju da vozilo prilazi kružnom raskrižju, te da je slobodan prometni tok, vozilo se ne zaustavlja već smanjuje brzinu na prilazu kružnom toku, što predstavlja pozitivan kapacitet ovog tipa raskrižja i učinak na okoliš (niža razina buke i količina ispušnih plinova).

Kod ovog tipa raskrižja, vožnju omogućavaju samo male brzine i veliki kut skretanja prednjih kotača. Pravila kretanja biciklista i pješaka u kružnim raskrižjima su jednaka kao i kod klasičnih raskrižja.

Središnji prošireni dio kružnog kolničkog traka dopušten je za korištenje za velika i duga vozila, dok za vozila malih dimenzija za to nema potrebe. Vožnja unatrag unutar kružnog raskrižja je zabranjena. [2]

5.2. Prednosti kružnih raskrižja

Veća sigurnost prometa, najvažnija je prednost kružnih raskrižja u odnosu na klasična kružna raskrižja. Ne postoje konfliktne točke križanja i preplitanja, manje su brzine odnosno nemogućnost vožnje kroz kružno raskrižje bez smanjene brzine što sprečava eventualni sudar

sa pješacima ili biciklistima. Zbog same strukture kružnog raskrižja, manja je mogućnost prometnih nezgoda jer nema čeonih sudara i sudara pod pravim kutom. Neprekinutost vožnje smanjuje čekanje na prilazima što isto utječe na emisiju ispušnih plinova motornih vozila i na taj način je i razina buke znatno manja.

Prometni tokovi velikih jakosti se mogu lakše propustiti u ovoj vrsti raskrižja nego kod klasičnog raskrižja.

Manja površina je potrebna za izgradnju kružnog raskrižja nego kod izgradnje klasičnog raskrižja pri jednakoj propusnoj moći. Nisu potrebni dodatni prometni trakovi za lijevo i desno skretanje.

Kružna raskrižja su dobra rješenja za raskrižja koja imaju približno jednako prometno opterećenje na glavnom i sporednom prometnom smjeru te za raskrižja koja imaju više od tri prometna traka (npr. pet ili više). [4]

Smanjeni su troškovi održavanja samog raskrižja te je ovaj tip raskrižja dobro rješenje za smirivanje prometa u urbanim sredinama. Kružno raskrižje ima veću mogućnost za dobro uklapanje u okolni prostor u odnosu na klasično raskrižje, te ima povoljniji utjecaj na okoliš u odnosu na semaforizirana raskrižja. [3]

5.3. Nedostatci kružnih raskrižja

Kružno raskrižje smanjuje prometnu sigurnost sa većim brojem voznih trakova u kružnom toku zbog većeg broja privoza raskrižju. Također i veći broj kružnih raskrižja u nizu ne omogućava koordinirani prolaz kao kod klasičnih semaforiziranih raskrižja – zeleni val. Već izgrađena područja stvaraju poteškoće za izvedbu središnjeg otoka zbog pomanjkanja prostora.

Da bi se povećala sigurnost nemotoriziranih sudionika u prometu, potrebno je osigurati pješacke prijelaze sa svjetlosnim signalizacijskim uređajima najviše ako su kružna raskrižja većih promjera i sa više prometnih traka.

Također pred dječjim vrtićima i školama i na drugim mjestima na kojima se kreće veliki broj djece najčešće u grupama ili kolonama, kružna raskrižja nisu najbolja rješenja.

Veliki intenzitet biciklističkog i/ili pješackog prometa stvara problem zbog presijecanja jednog ili više krakova kružnog raskrižja. Povećava se putanja vozila i pješaka u odnosu na izravno kanalizirana raskrižja.[3]

6. PODJELA KRUŽNIH RASKRIŽJA

Kružna raskrižja se mogu podijeliti temeljem različitih kriterija, a to su podjela kružnih raskrižja po lokaciji i veličini, podjela kružnih raskrižja s obzirom na namjenu, podjela s obzirom na broj krakova i voznih trakova.

6.1. Podjela kružnih raskrižja po lokaciji i veličini

Podjela kružnih raskrižja s obzirom na lokaciju i veličinu može biti na *urbana kružna raskrižja* i *izvanurbana kružna raskrižja*.

Urbana kružna raskrižja:

a) *Mini kružna raskrižja* - raskrižja koja se grade u gusto izgrađenoj urbanoj sredini s namjenom smirivanja prometa. Očekivana brzina motornih vozila je do 25km/h. za vođenje biciklista koristi se usporedno vođenje – uz vanjski rub kružnog raskrižja.

Zbog malih dimenzija mini kružnih raskrižja, razdjelni otoci su montažni, a njihove dimenzije su manje od najmanjih dopuštenih dimenzija za mala i srednje velika kružna raskrižja. U usporedbi s drugim nesemaforiziranim raskrižjem, mini kružno raskrižje ima, u pravilu, veću propusnu moć i znatno manje troškove izvedbe.

b) *Mala kružna raskrižja* - to su raskrižja koja se najčešće izvode samo u urbanim sredinama. Očekivana brzina vožnje kroz mala kružna raskrižja je do 30 km/h. U slučaju više prometno opterećenom kružnom raskrižju, preporuča se izvedba staza za bicikliste u drugoj razini. Izvedba ovih raskrižja je najčešća na ulazu u manja naselja, čime postoji mogućnost arhitektonskog i drugog oblikovanja okolice i središnjeg otoka raskrižja.

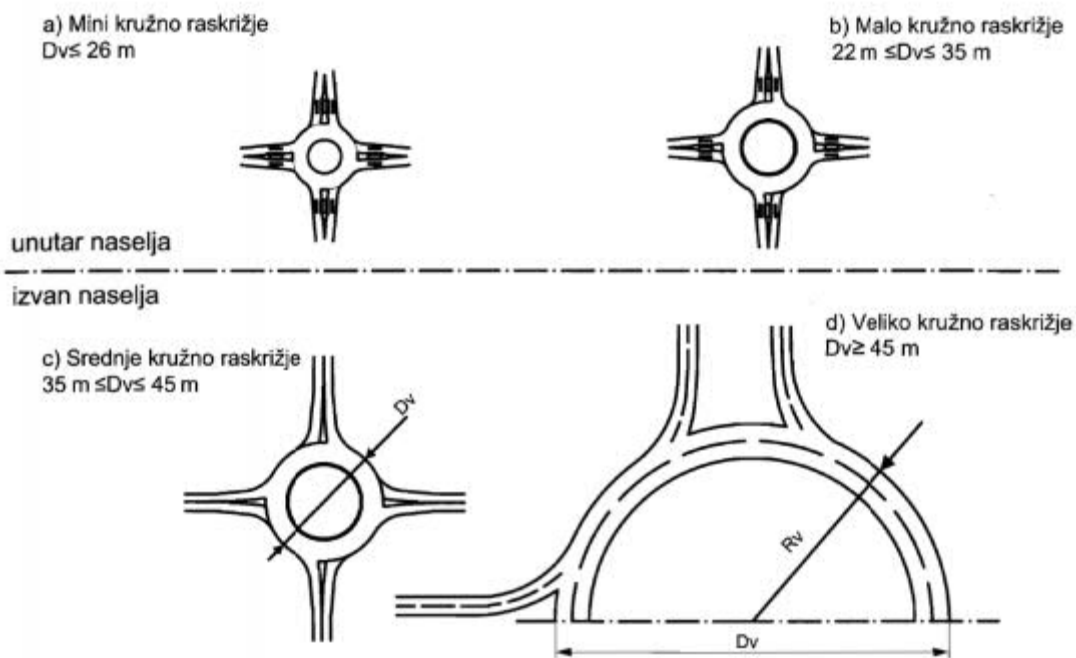
c) *Srednje velika kružna raskrižja* – nalaze se na veće opterećenim prometnim raskrižjima u urbanom središtu. Projektno – tehnički elementi moraju biti takvi da zadovolje najveće brzine do 40 km/h. Veća briga je oko vođenja biciklista i pješaka, koji su odvojeni od kolnika po visini. Razdjelni otoci omogućuju dovoljno prostora za osiguravanje biciklista prilikom prijelaza preko ulaza ili izlaza. [2]

Izvanurbana kružna raskrižja:

a) *Srednje velika kružna raskrižja* – izvode se na mjestima gdje se ne očekuje veći promet biciklista i pješaka. Oblikovana su tako da omogućuju dobru propusnost (do 22000 voz/dan) i brzinu u kružni tok od $V_k \leq 40$ km/h.

b) *Srednje velika dvotračna kružna raskrižja* ($50 \text{ m} \leq D_v \leq 90 \text{ m}$) – izvode se na mjestima velikih prometnih opterećenja izvan naselja i iznimno na rubnim dijelovima naselja.

- c) *Velika kružna raskrižja* ($D_v \geq 90 \text{ m}$) – izvode se iznimno na cestama velikog učinka (križanje autocesta i brzih cesta te cesta 1. razreda). Biciklistički i pješački promet treba voditi odvojeno, pa nije sastavni dio kružnog raskrižja. [2]



Slika 2. Podjela kružnih raskrižja prema lokaciji i veličini [2]

6.2. Podjela kružnih raskrižja s obzirom na namjenu

Kružna raskrižja se mogu podijeliti na tri skupine prema namjeni. Prva skupina obuhvaća kružna raskrižja za smirivanje prometa u urbanim i prijelaznim područjima. U drugoj skupini pripadaju kružna raskrižja za ograničavanje promet u urbanim sredinama i na mjestima gdje se želi ograničiti promet i postići maksimalna dopuštena propusna moć što je moguće sa prikladnim geometrijskim elementima.

Treća skupina sadrži kružna raskrižja za postizanje što veće propusne moći uz prometnu sigurnost ali samo izvan urbanih sredina.

6.3. Podjela s obzirom na broj krakova i voznih trakova

Kružna raskrižja prema broju krakova se dijele na trokraka, četverokraka i peterokraka. Prema broju prometnih trakova u kružnom kolniku, kružna raskrižja se dijele na jednotračna i dvotračna.

Broj prometnih trakova u kružnom toku mora biti jednak ili veći od broja prometnih trakova na ulazu u kružno raskrižje i na izlazima iz kružnog raskrižja. Dobra propusnost i prometna sigurnost kružnog raskrižja se postiže s dva prometna traka u kružnom toku.

7. OPREMA I UREĐENJE KRUŽNOG RASKRIŽJA

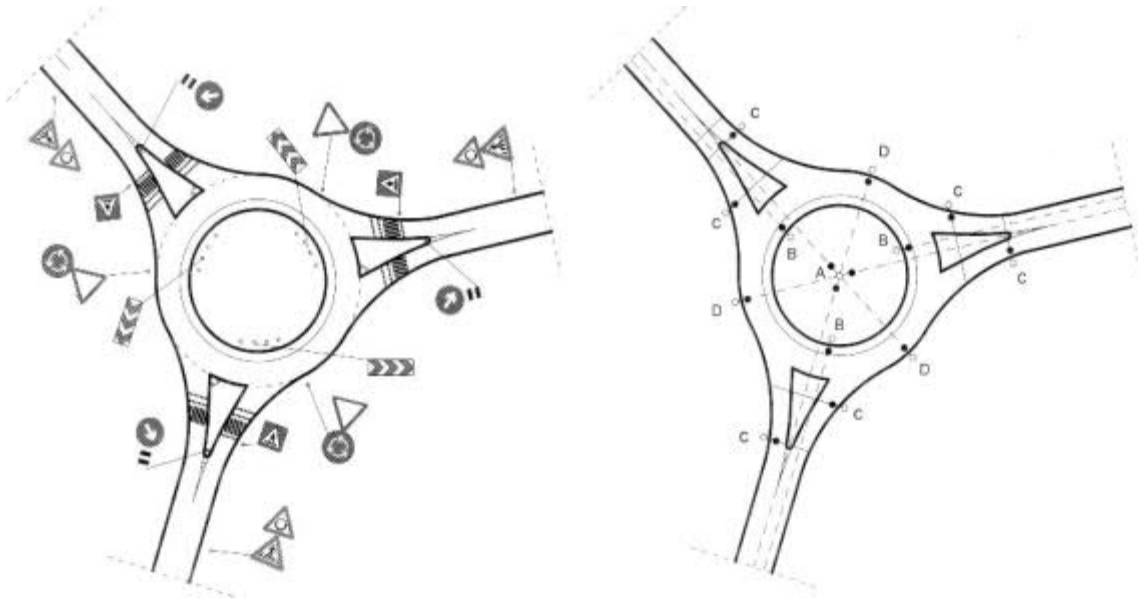
Kod projektiranja kružnog raskrižja vrlo je važno izvesti pravilno i uredno opremu i uređenje kružnog raskrižja. Kod podjele opreme kružnog raskrižja pripadaju prometni znakovi, vertikalna i horizontalna signalizacija ceste, rasvjeta te uređenje krajobraza.

Da bi se postigao najviši stupanj sigurnosti i propusnosti prometa, potrebno je uskladiti prometni režim te oblikovna svojstva prometnih znakova. Ispred kružnog raskrižja i unutar kružnog raskrižja, prometne oznake reguliraju i naznačuju prometni tok koji se mora umiriti, pravovremeno pripremiti sudionike u prometu na dolasku na kružno raskrižje te na izlasku iz kružnog raskrižja. Na taj način se povećava propusna moć a najvažnije i sigurnost sudionika u prometu. U zoni približavanja raskrižju, postavljaju se obavijesne oznake, prometni znakovi smanjivanja brzine pri dolasku na raskrižje te ploče sa najavom kružnog toka. Kao dopunske oznake, koriste se ploče sa oznakama pješačkih i biciklističkih staza ako prostor za izvedbu kružnog raskrižja dozvoljava izvedbu istih. Kada se izvodi središnji otok, treba voditi računa o njegovoj izvedbi, odnosno uređenju, da se središnji otok uklopi u okoliš u kojem se izvodi kružno raskrižje. Kod uređenja središnjeg otoka, najčešći izbor u ruralnim krajevima je sadnja autohtone vegetacije, dok se u urbanim sredinama postavljaju sadržaji kojima se postiže povećanje ambijentalne vrijednosti – fontane, ukrasni stupovi, skulpture, ali pod uvjetom da se ne ugrožava prometna sigurnost sudionika.

Rasvjetom se zadovoljavaju kriteriji prometne sigurnosti noću. Njezina zadaća je dodatno osvjetljenje površine koja se koristi za sudionike u prometu noću i u posebnim vremenskim prilikama. Priključne trake moraju biti osvjetljene 60m' ispred raskrižja, visina i boja svjetiljki se zadržava, odnosno mora biti ista u zoni kružnog raskrižja.

Razdjelni otoci odvajaju priključnu i izlaznu traku kružnog raskrižja. Razdjelni otoci se koriste kao pozicije za smještanje stupova javne rasvjete, pod uvjetom da se ne smanjuje preglednost. Također se mogu koristiti kao prekinuti razdjelni otoci unutar kojih se nalaze pješački prijelazi.

[3]



Slika 3 Dispozicija prometnih znakova i rasvjetnih tijela u kružnom raskrižju [3]

8. MINI KRUŽNA RASKRIŽJA

8.1. Definicija i dijelovi mini kružnog raskrižja

Mini kružno raskrižje je jednotračno kružno raskrižje s prijevoznim središnjim otokom. Za razliku od klasičnih jednotračnih kružnih raskrižja, kod mini kružnih raskrižja središnji otok je izveden tako da omogućava provoznost većim, odnosno, dužim motornim vozilima. Malo uzdignuti središnji otok prisiljava mala vozila (mala dimenzija pneumatika) da se udalje od njega odnosno da ga obilaze.

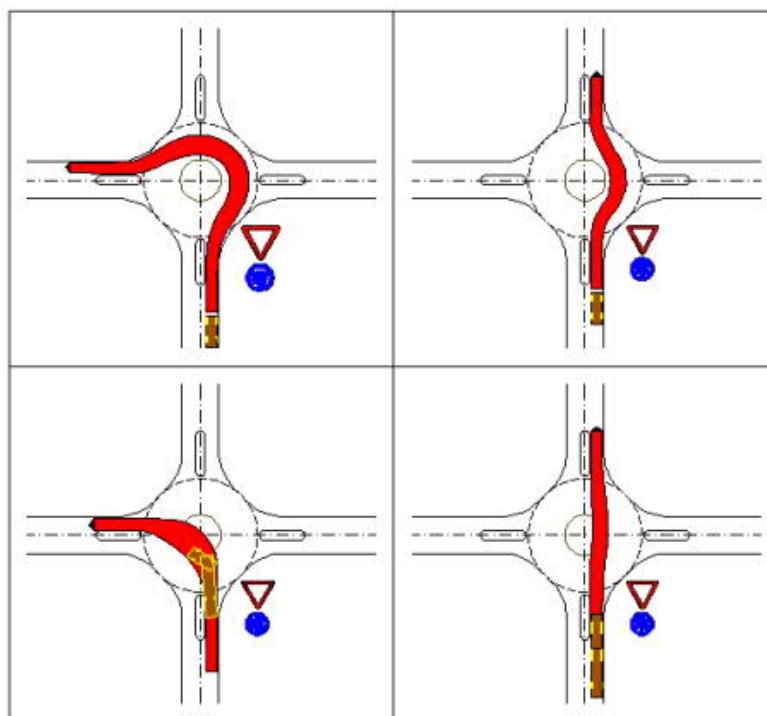
U pravilu je mini kružno raskrižje trajno projektno rješenje, izvedeno unutar gabarita postojećeg klasičnog raskrižja.

Izvodi se s elementima, prometnom signalizacijom i opremom koja je u skladu s zakonskom regulativom i prometno – sigurnosnim zahtjevima za kružna raskrižja. Namjena mini kružnog raskrižja može biti smirivanje prometa, poboljšanje protočnosti i/ili prometne sigurnosti. [3]

Mini kružna raskrižja obično su promjera (D) manjeg od 26,0 m. Središnji otok je glavni element kružnog raskrižja, koji je izveden na način da omogućava vožnju vozila svih veličina usprkos malim veličinama projektних elemenata kružnog raskrižja.

Mini kružna raskrižja je dozvoljeno izvoditi samo na cestama unutar naselja.

Očekivana brzina prolaska vozila kroz mini kružno raskrižje je do 25 km/h. U usporedbi s klasičnim nesemaforiziranim raskrižjima, mini kružna raskrižja imaju u pravilu veću propusnu moć i višu razinu prometne sigurnosti te manje troškove izvedbe. Pravila vožnje u mini kružnim raskrižjima su jednaka kao i kod ostalih tipova kružnih raskrižja. [3]



Slika 4 . Usporedba prolaska osobnog automobila i teretnog vozila kroz mini kružno raskrižje [3]

Postoje dva načina izvođenja i obilježavanja središnjeg otoka koji je glavni dio mini kružnog raskrižja.

Prvi način je da središnji otok fizički uopće ne postoji, nego je na kolniku samo označena „meta“ bijelom bojom. U središtu otoka je bijelo kružno polje, zatim slijede dva koncentrična kruga, a na kraju strelice u obliku koncentričnog kruga. Broj strelica jedna je broju privoza.

Drugi način izvedbe je s uzdignutim otokom – kupola. Kupola se izvede ili iz kombinacije kocaka i asfalta ili od tipskih, unaprijed izrađenih elemenata. U tom slučaju vanjski rub smije biti uzdignut najviše 4,0 cm, a sredina središnjeg otoka smije biti visine najviše 12,0 cm.

U tom slučaju, središnji otok se označuje širokom isprekidanom crtom uz rub otoka (50/50) i trima strelicama u krugu.

Razdjelne otoke je poželjno izvesti usprkos tome što neće biti dostatnih širina (bolje ih je imati, pa makar oni bili preuski, nego ih uopće ne imati). Problem manjka prostora za izvedbu razdjelnih otoka, u Njemačkoj se rješava na način da se umjesto klasičnog razdjelnog otoka izvedu pragovi za smirivanje prometa koji zauzimaju manje prostora, a djeluju kao klasični razdjeljni otoci.

Postoji mogućnost izvedbe razdjelnog otoka na način da se samo označe simbolično, bijelom bojom i na štetu izlaznog traka iz mini kružnog raskrižja.

8.2. Početna istraživanja mini kružnih raskrižja

Informacije o prvom izvedenom mini kružnom raskrižju su različite. Prema izvorima, počeci mini kružnih raskrižja su u prvom desetljeću 20. stoljeća u Americi. To su bili takozvani „prometni krugovi“ koje uvodi Eno. Promet je kružio oko središnjeg stupa ili kamenog valjka, poznatog kao „dummy cop” - policajac lutka. Promet se vodio jednosmjerno. Nakon pojave prvih mini kružnih raskrižja, započinje se uvođenje malih otoka oblika gljive, u raskrižjima s minimalnim promjerom 10 metara. Država Connecticut je prema pisanim dokazima, bila prvo područje koje nije izvodilo uzdignute središnje otoke, već samo označene bijelom bojom. [3]

Mini kružna raskrižja su se u počecima pojavljivala i u Engleskoj u gradu Peterboroughu. Osnovna pravila vožnje, njihova projektiranja i obilježavanja prometnom signalizacijom, ostala su nepromijenjena od njihove pojave do danas.

Osnovni koncept vožnje je od početka zadržan. Kratka vozila u mini kružnim raskrižjima voze kao u „običnim” malim i srednje velikim kružnim raskrižjima, dok duga vozila kao u klasičnim raskrižjima.

Nakon što su se započele izvedbe prvih mini kružnih raskrižja po svijetu, započinju se vršiti studije i analize opravdanosti izvođenja mini kružnih raskrižja koje uzrokuju pojavu prvih smjernica – 1971.god. za mala kružna raskrižja s ravnim ili malo uzdignutim središnjim otocima promjera 4,0m. Ta raskrižja su u Engleskoj prihvaćena kao prva mini kružna raskrižja. 1975. godine, mini kružna raskrižja postaju ozakonjena propisom. Od tada se mini kružna raskrižja u Engleskoj primjenjuju u urbanim, a u iznimnim slučajevima i u izvanurbanim područjima. Time se postiže bolje djelovanje raskrižja, za koja je na raspolaganju ograničen prostor. [4]

8.3. Opravdanost izvedbe mini kružnih raskrižja

Opravdana izvedba mini kružnih raskrižja ima za cilj smirivanje prometa, gdje je mini kružno raskrižje kao mjera za smirivanje prometa u raskrižju korisna.

Prema podacima iz slovenskih Smjernica za kružna raskrižja, mini-kružna raskrižja mogu preuzeti prometno opterećenje intenziteta do 10.000 vozila/dan. Američke i Nizozemske Smjernice kao kapacitet navode 15.000 vozila/dan, a u Velikoj Britaniji računa se da je kapacitet ovog tipa raskrižja i do 17.000 vozila/dan. Iako je navedena propusna moć, za svaki konkretan slučaj potrebno je izvršiti proračun propusne moći za kraj planskog perioda osim ukoliko očekivana količina prometa nije značajno ispod navedene vrijednosti od 10.000 vozila/dan.

Mini kružno raskrižje predstavlja dobro rješenje prilikom rekonstrukcije postojećih raskrižja ili kao mjera poboljšanja prometnih uvjeta u različitim područjima - unutar izgrađenih, stambenih, poslovnih ili trgovačkih područja. [3]

Mini kružno raskrižje se ne pokazuje povoljnim rješenjem kada je promet sporednog smjera značajno manji od onoga na glavnom smjeru jer se u takvoj situaciji često događa da vozači na glavnom smjeru s vremenom zanemare pravilo kretanja mini kružnim raskrižjem.

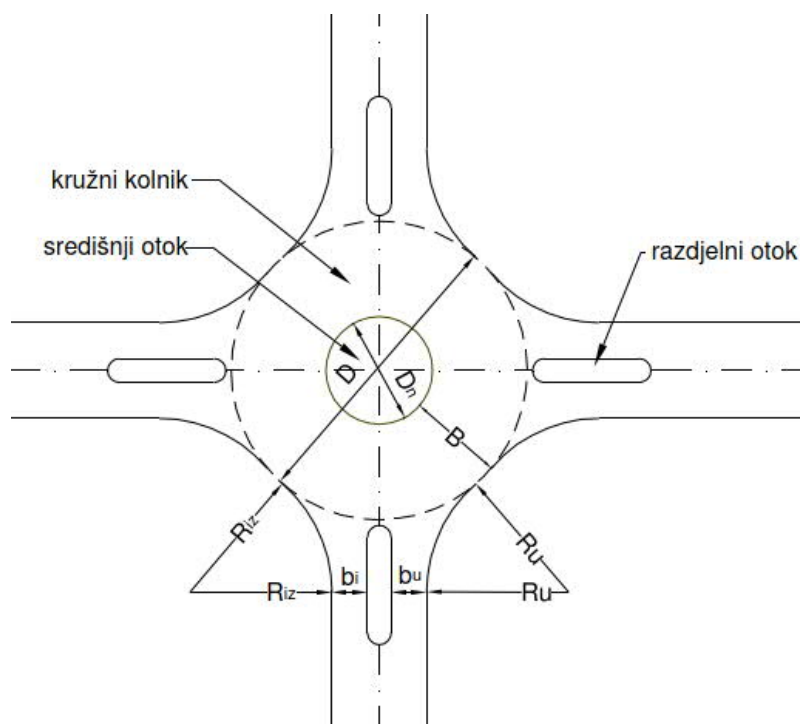
U Velikoj Britaniji je preporuka da za izvedbu mini kružnog raskrižja promet sa sporednog smjera mora iznositi barem 10% količine prometa na glavnom smjeru ili, prema drugoj preporuci, iznositi barem 500 vozila/dan.

Mini kružno raskrižje nije pogodno rješenje u situaciji kada se na nekoj lokaciji očekuje značajniji udio većih motornih vozila, teretnih vozila i/ili autobusa. Ujedno se izvedba mini kružnog raskrižja ne preporuča na značajnijim linijama JGP, u industrijskim i trgovačkim zonama i na svim drugim mjestima na kojima se očekuje prometovanje većeg broja većih vozila. [3]

8.4. Projektno - tehnički elementi mini kružnih raskrižja

Projektiranje mini kružnih raskrižja provodi se u istim koracima kao i projektiranje urbanog jednotračnog kružnog raskrižja. Da bi se odredili projektno tehnički elementi kružnih raskrižja potrebno je definirati elemente:

- vanjski polumjer – i promjer;
- širina kružnog kolnika;
- širina kolnika pred kružnim raskrižjem;
- širina ulaza u kružno raskrižje;
- proširenje ulaza;
- ulazni polumjer;
- ulazni kut;
- širina izlaza iz kružnog raskrižja;
- izlazni polumjer;
- tlocrtni i uzdužni tijek;
- poprečni nagibi i odvodnja;
- ostali elementi;
- preglednost, oprema, uređenje. [3]



Slika 5 Glavno projektno tehnički elementi mini kružnog raskrižja [3]

Za mini kružno raskrižje važno je da bude izvedeno na način da ga vozači mogu pravovremeno i pravilno uočiti i prepoznati. Mora biti oblikovano tako da vozila na ulazu u raskrižje mogu pravovremeno usporiti, ako je potrebno se i zaustaviti, te nakon prolaska vozila u kružnom raskrižju nastaviti vožnju.

Izbor pravilnih geometrijskih elemenata mini kružnog raskrižja od velikog je značenja za prometnu sigurnost. Elementi i dimenzije kružnog raskrižja moraju biti odabrane na način da odvrćaju vozače malih vozila od nepravilnog načina vožnje, a velikim vozilima omogućavaju vožnju kroz mini kružno raskrižje tako da prolaze preko središnjeg otoka.

Mini kružna raskrižja utječu na smirivanje prometa, i s obzirom na to, nisu odgovarajuće rješenje za velike očekivane brzine prometa. Očekivana brzina vožnje kroz mini kružno raskrižje je maksimalno 25km/h. pri projektiranju treba voditi računa i o elementima kao što su: broj priključnih cesta, svojstvima priključnih cesta, količini i strukturi prometa te o očekivanim sudionicima u prometu. [3]

8.5. Zahtijevane karakteristike ceste za projektiranje mini kružnog raskrižja

Pri projektiranju mini kružnog raskrižja na nekoj lokaciji trebaju biti izvedeni elementi koji utječu na izvedbu mini kružnog raskrižja a to su : uzdužni nagib, broj voznih trakova, vođenje pješaka, vođenje biciklista, javna rasvjeta.

Mini kružno raskrižje može biti izvedeno samo kod cesta sa malim uzdužnim nagibom, maksimalni dozvoljeni uzdužni nagib ceste je 4%. Kod povećanog uzdužnog nagiba se uvjetuje duži period prolaska kroz raskrižje zbog sigurnosti prometa (npr. Mogućnost proklizavanja prilikom poledice ili kiše.

Uvjet mini kružnih raskrižja kod broja voznih trakova je da postoje samo jednostrani ulazi i izlazi.

Vođenje pješaka kod mini kružnih raskrižja je izvedeno isto kao u slučaju urbanog jednostranog kružnog raskrižja. Pješački prijelazi se mogu u iznimkama smjestiti bliže rubu kolničkog traka zbog manjih brzina kretanja vozila. [3]

Vođenje biciklista je izvedeno na dva načina, zajedno sa motoriziranim sudionicima u prometu – bez oznaka površina za bicikliste, ili uz vanjski rub kružnog raskrižja – staze uz nogostup.

Rasvjeta treba biti odgovarajuće osvjetljena kako bi ih sudionici u prometu noću i u slabim vremenskim uvjetima pravovremeno uočili.

Lokacija mini kružnog raskrižja ne smije biti locirano u blizini susjednih raskrižja, koja su vezana na glavne gradske arterije i na kojima je režim prometa izveden pomoću semafora. Također se mini kružna raskrižja ne smiju locirati na pozicijama gdje se vodi gust pješački i biciklistički promet i koji presijeca jedan ili više priključnih cesta u mini kružno raskrižje. Cesta na kojoj prometuje veliki broj JGP ne smije sadržavati mini kružno raskrižje zbog uvjeta kašnjenja vozila i udobnosti za putnike. [3]

8.6. Tlocrtno i uzdužno oblikovanje mini kružnih raskrižja

Zahtjevi kod tlocrtnog oblikovanja mini kružnog raskrižja su u pravilu isti kao i kod urbanih jednotračnih kružnih raskrižja.

Uvjeti koji zahtijevaju pažnju su : veličina središnjeg otoka i razdjelnih otoka odredi se na osnovu iscrtanih krivulja vožnje mjerodavnih vozila, za sve moguće smjerove vožnje, osovine priključnih cesta u mini kružno raskrižje moraju biti postavljena način da je postignuta defleksija, barem $R=60$ m. Prema Hrvatskim smjericama vanjski polumjer mini kružnog raskrižja mora iznositi najmanje 6,5 m, i najviše 12,5 m, promjer 13,0 do 25,0 m, širina kružnog kolnika iznosi od 4,5 do 5,0 m, središnji otok mora biti polumjera od 3,5 m do 4,5 m, odnosno, promjera od 7,0 m do 9,0 m, središnji otok mora biti izveden uzdignuto i u obliku kupole, pri čemu je vanjski rub otoka uzdignut za 2-3 cm s obzirom na visinu kružnog kolnika, dok je visina kupole 10-12 cm, preporučljivo je da je središnji otok izveden od drugog materijala zbog uočljivosti, najčešće su to betonske ili kamene kocke ili materijal sličnih karakteristika, ako je središnji otok izveden od asfalta, preporuča se izvedba ruba otoka od kamenih ili betonskih kocaka ili rubnjaka, dok postoji mogućnost i izvedbe asfalta u boji. Ulazni i izlazni trak mora biti minimalne širine od 2,75 m a najviše 3,30 m. [3]

8.7. Uzdužni tok i poprečni nagibi

Najbolje rješenje je ako uzdužni profili svih privoza leže u jednoj ravnini koja je malo nagnuta na jednu stranu. U pravilu pri uzdužnom vođenju privoza u kružno raskrižje su dopuštene sve moguće kombinacije. Dopušteno je da kružno raskrižje leži na sredini konkavnog ili konveksnog zaobljenja, ali je potrebna veća pažnja oko odvodnje privoza kružnog raskrižja. Ako je lokacija kružnog raskrižja u tjemenu konveksnog zaobljenja, brzine na ulazima su manje, ali je upitno pravodobno uočavanje prometne signalizacije od sudionika u prometu.

Kod lokacije u kojoj je kružno raskrižje u tjemenu konkavnog zaobljenja, vozač ima bolju preglednost prilikom približavanja, ali je upitna brzina na ulazu. U tom slučaju potrebno je usmjeriti pozornost na teretna vozila.

Kružno raskrižje bi trebalo biti uzdignuto u odnosu na okolni teren, a ako to nije moguće onda u istoj ravnini s okolnim terenom jer postaje upitna razina sigurnosti prometa – ograničena preglednost, veća mogućnost smrzavanja kolnika, odvodnjavanje, zimsko održavanje. [6]

Najveći uzdužni nagib priključnih cesta u mini kružno raskrižje je 4%. taj uzdužni nagib je potrebno osigurati barem na dužini jednog mjerodavnog vozila, mjereno od tlocrtne oznake za ustupanje prednosti prema van iz mini kružnog raskrižja.

Poprečni nagibi priključnih cesta i kružnog kolnika izvode se na jednak način kao i kod običnog jednostranog kružnog raskrižja – 2,0 % - 2,4 % prema vanjskom rubu mini kružnog raskrižja. Glavni zadaci poprečnog nagiba su odgovarajuće odvodnjavanje i promjena nagiba na prijelazima između privoznih trakova i kolnika kružnog raskrižja. Postoje tri načina vođenja poprečnog nagiba unutar kružnog raskrižja.

Poprečni nagib prema van – jednostrešan negativan nagib, koji se u praksi najviše primjenjuje prije kod projektiranja kružnog raskrižja. Manje se koriste poprečni nagib prema unutra – jednostrešan pozitivan i dvostrešni poprečni nagib.

Najčešći način visinskog vođenja kružnog raskrižja u Hrvatskoj i u svijetu je poprečni nagib kružnog kolnika prema van. Najlakše se postiže odgovarajuće odvodnjavanje i jednostavan je prijelaz između privoznih traka i kružnog kolnika. Prevladava mišljenje da se kružni kolnik može izvesti u najvećem dopuštenog nagibu od -2,5%, stoga se u više država predlaže optimalni poprečni nagib kružnog kolnika od -2,0%.

Takav način vođenja kolnika ima i nedostatke. Prvi nedostatak je kombinacija poprečnog nagiba prema van i velikog ulaznog polumjera čime se omogućuje velika ulazna brzina.

Drugi problem se stvara u lošim vremenskim uvjetima, smanjena prionjivost između kolnika i pneumatika i negativan poprečni nagib kolnika, te dolazi do klizanja vozila s kružnog kolnika i pri malim brzinama. Neugodnost vožnje u kružnom kolniku stvara negativan poprečni nagib kolnika. To neugodno utječe na osjećanje vozača i putnika u vozilu jer poprečna sila djeluje u suprotnom smjeru od inače očekivanog. [4]

Poprečni nagib prema unutra je prema stajalištu dinamike vožnje, pravilan poprečni nagib u kružnom luku. Taj način vitoperenja projektanti rijetko koriste zbog problema izvedbe odvodnje oborinskih voda i prijelaza između privoznih trakova i kružnog kolnika. Ako se koristi ovaj tip vitoperenja, potrebno je zgusnuti poprečne profile i detaljno ih visinski obraditi.

Promjena nagiba kod ovog tipa vođenja se izvodi vertikalnim zaobljenjem i ne smije biti veća od 5%. Ukoliko se tokom projektiranja detaljno visinski ne obrade poprečni profili može doći do lomova vitoperenja priključaka, vodenih džepova na ulazima u raskrižje i izlazima iz raskrižja i zastajanje vode unutarnjem rubu kružnog kolnika.

Sigurnost vožnje unutar raskrižja sa kolnikom nagnutim prema unutra je neusporedivo bolja u lošim vremenskim uvjetima u odnosu na kolnik nagnut prema van zbog manje mogućnosti klizanja vozila. [4]

Dvostrešni poprečni nagib kolnika unutar kružnog raskrižja se slabo koristi u praksi, odnosno navodi se informativno i ne predlaže se za uporabu. Uporablјiv je samo pri velikim višetračnim kružnim raskrižjima i u slučaju kada kružno raskrižje ima jak tok desnih skretača. Oborinske vode se skupljaju na oba ruba kružnog kolnika što poskupljuje izvedbu kružnog raskrižja, te nije primjenjivo kod malih kružnih raskrižja. [4]

9. MINI KRUŽNA RASKRIŽJA U HRVATSKOJ

U Hrvatskoj se sve više koriste mini kružna raskrižja kao plan za rekonstrukciju postojećeg klasičnog raskrižja u mini kružno raskrižje. Pojavljuje se problem otpora onih koji sumnjaju u učinkovitost mini kružnog raskrižja, dok se s druge strane pojavljuje problem onih koji su tu problematiku izučili i upoznali se s djelovanjem mini kružnog raskrižja u drugim sredinama.

Tu nastaje sumnja i dvoumljenje koji su uzrok manjku iskustva s mini kružnim raskrižjima te kako će okolina, odnosno korisnici raskrižja prihvatiti tu vrstu raskrižja. [4]

Kao i kod svakih smjernica za projektiranje, događale su se uzastopne promjene i dopune smjernica što je normalno zbog procesa prilagođavanja te vrste raskrižja u novim sredinama. Tako podatak govori da su se u Engleskoj smjernice za projektiranje kružnih raskrižja promijenile tri puta u dvanaest godina a dok su se u Nizozemskoj dva puta u deset godina.

Prvi primjer izvedbe mini kružnog raskrižja u Hrvatskoj je projektirano kao zamjena za klasično trokrako raskrižje nepravilnog „Y“ oblika u Zagrebu. Postoje mnogi projekti za izvedbu mini kružnih raskrižja na lokacijama postojećih raskrižja dok su neki već izvedeni ili su u fazi izgradnje. Ova vrsta kružnog raskrižja zbog svojih dimenzija se može vrlo lako prihvatiti na lokacijama koje nemaju dovoljno prostora za klasično kružno raskrižje zbog blizine škola, vrtića, javnih ustanova i slično te se može u potpunosti prilagoditi postojećem stanju.

Na primjeru koji je izveden kao prvi primjer mini kružnog raskrižja, predlagan je vanjski polumjer 10m i unutarnji polumjer 3m, a privozi su opremljeni razdjelnim otocima.

Drugi primjer se nalazi na Rabu. Za rekonstrukciju postojećeg raskrižja u mini kružno raskrižje, uzelo se postojeće „T“ raskrižje koje se nalazi u centru Raba u blizini odnosno na rubu pješačkih zona. Projektirano raskrižje za rekonstrukciju je bilo raskrižje klasičnog izgleda, sa malom količinom prometa – vršni sat u sezoni pokazuje do 1850 voz/h, te bez traka za prestrojavanje. To je uzrokovalo u ljetnoj sezoni velike gužve i kolone duge i do 5km. Stoga se pristupilo u projektiranje i izvedbu mini kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg klasičnog trokrakog raskrižja. Vanjski polumjer je izveden 11m, a unutarnji polumjer 4,5m. Središnji otok je od kružne grbine a rubno je obilježen granitnim kockama. Izvedbama ovog tipa kružnog raskrižja povećala se propusna moć raskrižja te povećala prometna sigurnost u ljetnim sezonama zbog velike količine prometa. [5]

10. MINI KRUŽNA RASKRIŽJA U ENGLESKOJ

Mini kružna raskrižja se u Engleskoj dosta koriste da bi se zamijenile druge vrste raskrižja i smanjio broj semaforiziranih raskrižja. Prema engleskim smjernicama, brzina na prilazima ne smije biti veća od 48km/h. Središnji otoci dimenzija 4.00m ili manjih ne smiju biti uzdignuti kako bi se omogućio nesmetan prolaz teretnim vozilima. Otok je malo izbočen i obojen bijelom reflektirajućom bojom ili se koristi za podlogu asfalt u bojama.

Između 1966. i 1974. godine, u Engleskoj se opširno započinje eksperimentirati na kružnim raskrižjima malih i vrlo malih promjera središnjeg otoka te na kružnim raskrižjima koji nemaju deniveliran središnji otok. [6]

Prema podacima, u Engleskoj su se svi pokusi izvodili na pravim postojećim kružnim raskrižjima. Utvrđeno je da su mali troškovi izvedbe mini kružnih raskrižja omogućili da se provjere mnoge ideje i da se usredotoči na kontrolu mnogih uvjeta kako bi se pristupilo projektiranju raskrižja na lokaciji postojećeg raskrižja te započela izgradnja.

Najviše problema u početnom razdoblju razvoja mini kružnih raskrižja engleskim je stručnjacima predstavljala jednadžba za proračun propusne moći. Pri proračunu propusne moći nisu mogli iskoristiti niti jednadžbu za proračun malih i srednje velikih kružnih raskrižja.

Prvi engleski propisi za mini kružna raskrižja dolaze iz 1971.godine, a predviđali su uporabu iste jednadžbe kao za velika kružna raskrižja, ali je praksa pokazala da je za proračun bila upotrebljivija Blackmorova „full-capacity“ jednadžba. [6]

1972. godine Marlow je objavio novi trend u oblikovanju kružnih raskrižja s eksperimentima koji su rezultirali razvojem tzv. Mnogo kratkih-mini-kružnih raskrižja. Među njima bilo je i dvojno mini kružno raskrižje, posebno primjereno za kosa raskrižja (TIP „X“ ili „V“) i „H“ raskrižja. Dvojno mini kružno raskrižje je spoj dvaju mini kružnih raskrižja. Četverokrako raskrižje pretvara se u dva trokraka raskrižja – jedan privoz svakog raskrižja je ujedno i privoz drugog raskrižja. [6]

1980.godine izvedena je nova podjela kružnih raskrižja u više vrsta, a objavljene su i definicije, čime su nestali problemi s opisivanjem i definiranjem pojedinih vrsta kružnih raskrižja. Mini kružno raskrižje postaje „kružno raskrižje s jednosmjernim kružnim kolnikom oko ravne ili malo uzdignute kružne oznake, koja u promjeru iznosi manje od 4 m, s proširenim ili bez proširenih ulaza u kružno raskrižje“.

U kasnijem razdoblju su se u procesu širenja i rekonstrukcija raskrižja razvili i neki drugi, kompleksniji oblici mini kružnih raskrižja – „split minis“, „multiple minis“, „hollow minis“ i „ring systems“. [6]

U Engleskoj su od početka uvođenja mini kružnih raskrižja bile izvedene tri opširne i cjelovite analize prometne sigurnosti u mini kružnim raskrižjima, koje su obuhvaćale gotovo sva do tada izvedena mini kružna raskrižja – 1974., 1980. i 1993.

U posljednjoj analizi koja obuhvaća 85% svih izvedenih analiza prometne sigurnosti u mini kružnim raskrižjima su : mini kružna raskrižja imala su niži stupanj prometnih nezgoda nego druge vrste kružnih raskrižja, najniži stupanj prometnih nezgoda bio je zabilježen pri mini i mnogo kratkim kružnim raskrižjima, na mnogo kratkim kružnim raskrižjima bilo je najviše prometnih nezgoda u kojima je jedan od sudionika bio pješak, broj prometnih nezgoda tip vozilo-vozilo povećavao se smanjenjem polumjera mini kružnog raskrižja, ni jedna prometna nezgoda nije nastala pri polukružnom okretanju („U“ manevar), pri prometnim opterećenjima od 15.000,00 do 25.000,00 vozila/dan, stupanj prometnih nezgoda u mini kružnim raskrižjima iznosio je 2,5 nezgoda/godinu, a pri klasičnim raskrižjima 1,5 nezgoda/godinu. [6]

Mini kružna raskrižja u Engleskoj su pretežito četverokraka, rjeđe trokraka, a nikako s više od četiri kraka (za razliku od običnih kružnih raskrižja).

Mjerila i zahtjevi za izvedbu trokrakog u odnosu na četverokrako mini kružno raskrižje su dosta strogi.

Najveći dopušteni promjer mini kružnog raskrižja u Engleskoj iznosi 28 m, ulazi i izlazi kružnog raskrižja ne smiju biti uži od 2,5 m i širi od 5 m. Kružna oznaka (promjera 1 - 4 m) treba biti što je moguće veća i pri promjeru 4 m uzdignuta za 125 mm. Pri kružnim oznakama manjih dimenzija smanjuje se i visina uzdignuća.

Na kupoli u središtu mini kružnih raskrižja ne smiju se nalaziti nikakve ploče, znakovi, svjetla ili druga cestovna oprema. Kupole su izvedene od asfaltiranih materijala, betona ili tipskih, unaprijed izrađenih elemenata s tvrdim rubom, koji je viši 6 – 15 mm od kružnog prometnog traka. Kupola mora biti bijele reflektirajuće boje, a oko nje tri bijele strelice koje ukazuju na smjer vožnje. [6]

Kod mini kružnih raskrižja manjih dimenzija preporučuje se da središnja kružna oznaka ne bude uzdignuta, već u istoj razini s okolinom. U takvim slučajevima mini kružno raskrižje je manje uočljivo za vozače osobnih vozila, pa je i mogućnost nastanka prometnih nezgoda veća. Zato je u takvim slučajevima posebnu pozornost potrebno obratiti javnoj rasvjeti koja je u engleskim mini kružnim raskrižjima obvezna. [6]

11. PRIMJENA MINI KRUŽNIH RASKRIŽJA U NJEMAČKOJ

Prof. Werner Brilon iz Ruhr Universitat Bochum 1998. godine završio je sa svojom grupom istraživački rad na temu mini kružna raskrižja. U radu je obuhvaćeno 18 klasičnih raskrižja koja su u četiri godine trajanja projekta rekonstruirana u mini kružno raskrižje. Područje istraživanja je obuhvatilo cijelu pokrajinu Nordrhein-Westfalen. Sva raskrižja nalaze se u središtu većih gradova ili u njihovim predgrađima. Dnevna prometna opterećenja na tim raskrižjima iznosila su 2.000,00 – 17.000,00 vozila. [6]

Niska razina prometne sigurnosti – velik broj prometnih nezgoda, velike brzine prilikom prolaza kroz raskrižje koju onemogućuju uključivanje vozila iz sporednih smjerova, velike konfliktne površine u raskrižjima – manjak okolnog prostora, stvaraju problem sigurnosti sudionika kod korištenja klasičnih raskrižja.

Primjer izgradnje mini kružnog raskrižja u Kallu – Njemačka. Prvotno je to bilo klasično četverokrako raskrižje s cestom s prednošću prolaza. Velika prometna opterećenja – 13.000 vozila/dan, su uzrokovala česte zastoje, naročito u popodnevnim satima. 1997. godine izgrađeno je mini kružno raskrižje na mjestu klasičnog.

Vanjski promjer iznosi 17,9 m. Središnji otok izveden je od „splittmastix“ asfalta s uzdignutim rubom od 3 cm i uzdignutom sredinom 10 cm. Izvedbom ove vrste kružnog raskrižja na području klasičnog raskrižja, povećala se prometna sigurnost, na što ukazuje da su se četiri godine nakon izvedbe raskrižja dogodile samo tri prometne nezgode. (Kružna raskrižja – skripta – Tomaž Tollazzi, 2007.)

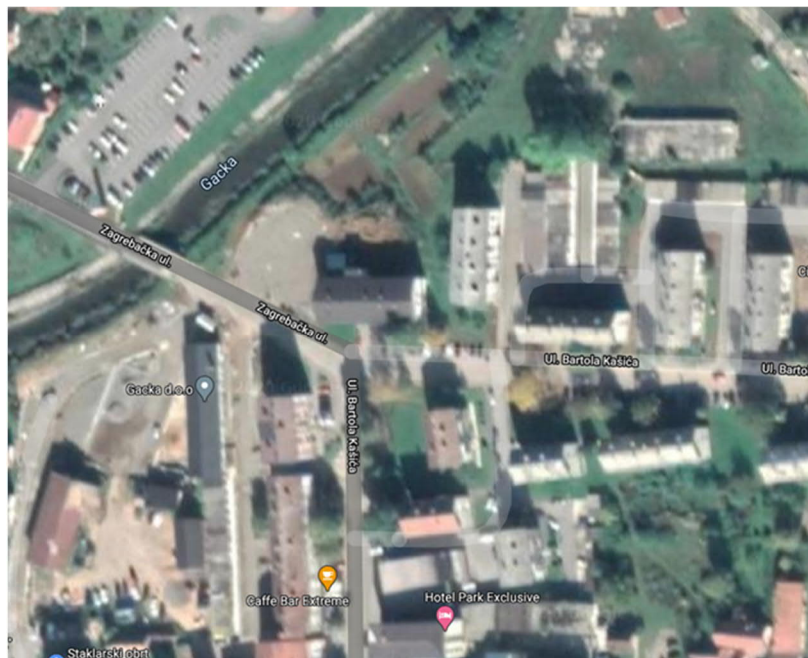
Na klasičnim raskrižjima sa prednošću prolaza, dolazilo je do čestih prekoračenja dopuštenih brzina, pa je odluka pala na izvedbu mini kružnog raskrižja.

To je drugi primjer klasičnog četverokrakog raskrižja u Kolnu. Izvedeno mini kružno raskrižje sadržava vanjski promjer 13,4 m i promjera središnjeg otoka 5,0 m. Širina kružnog prometnog traka je 4,2 m, visina vanjskog ruba otoka 3 cm, a sredine otoka 12 cm. Na ovom primjeru raskrižja očitiranje pokazuje da prometno opterećenje nije veliko – 2.500 vozila/dan, prostorne mogućnosti su loše, stoga nisu izvedeni razdjelni otoci na način da su uzdignuti nego su obilježeni bijelom reflektirajućom bojom na kolniku. Izvedbom ovog tipa raskrižja smanjila se prosječna brzina vožnje kroz raskrižje za 5 km/h, a time i smanjenje prometnih nezgoda [4]

12. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA – RASKRIŽJE ULICA BARTOLA KAŠIĆA I ZAGREBAČKE ULICE

12.1. Opis postojećeg stanja

Raskrižje ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice je klasično trokrako raskrižje. Ulica Bartola Kašića se pruža iz smjera juga i zapada prema raskrižju, dok se Zagrebačka ulica pruža sa zapada do raskrižja. Ulica Bartola Kašića je u ovom primjeru klasična dvosmjerna ulica širine traka $\text{\textit{s}} = 3.20\text{m}$ te je prema prometnoj signalizaciji cesta sa prednošću prolaska, dok je Zagrebačka ulica isto dvosmjerna ulica širine traka $\text{\textit{s}} = 3.00\text{m}$ ali je sporedna cesta. Na samom prilazu raskrižju, iz svih smjerova (zapad, istok, jug) nalaze se zebre za pješake koje vode na pješačke staze – nogostup. Trake za skretanje nisu fizički odvojene barijerama. Na raskrižju iz smjera Zagrebačke ulice promet je reguliran pomoću prometnog znaka izričite naredbe B02, a promet sa juga i zapada na ulici Bartola Kašića prema raskrižju reguliran je kao prometnica sa prednošću prolaska ali bez prometnog znaka C08 sa dopunskom pločom E35. Geometrijski oblik raskrižja smanjuje sigurnost sudionika u samom raskrižju i osnovni je problem jer se vozila ne pridržavaju ograničenja brzine, a u neposrednoj blizini nalaze se lokalni kafići, igralište, sportska dvorana.



Slika 6. Lokacija raskrižja – izvor Google maps



Slika 7. Postojeće raskrižje – izvor Google Earth

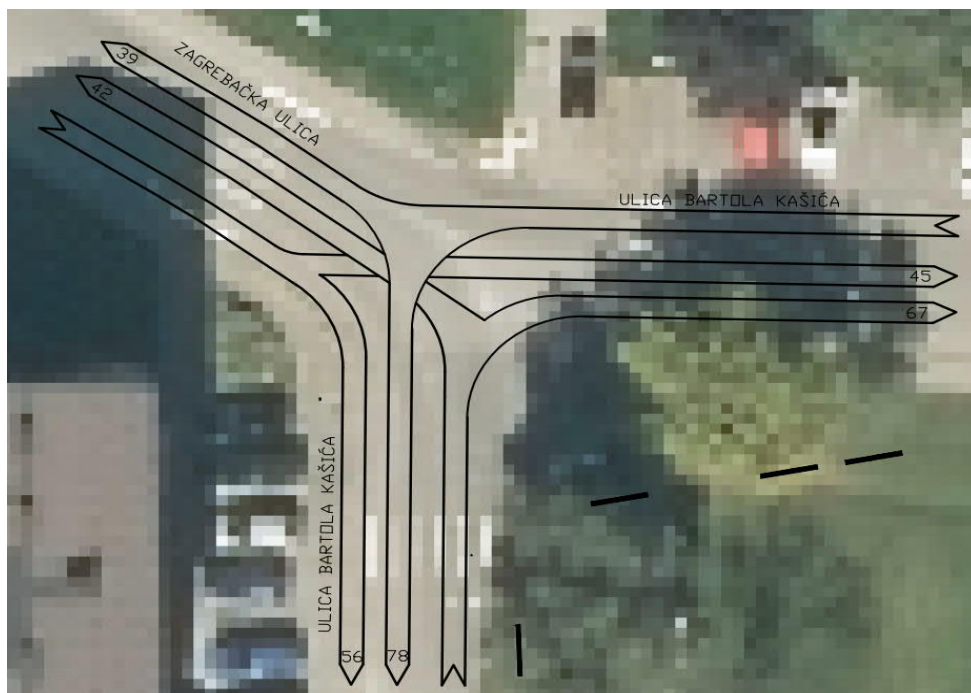


Slika 8. Postojeće raskrižje – izvor Google Earth

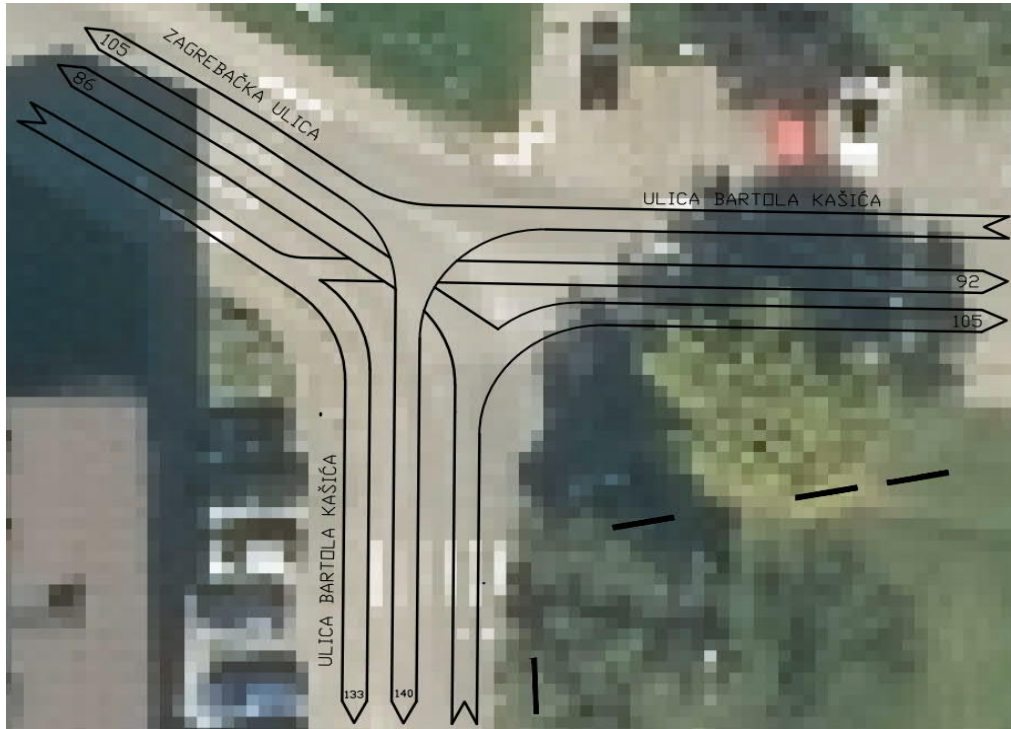
12.2. Prometni volumeni na raskrižju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice

Brojanje prometa izvršeno je u utorak, 16.srpnja 2019. godine. Mjerodavni sati koji su uzeti kao vršni sati su jutarnji vršni sat od 7.00-8.00h i popodnevni vršni sat od 15.00-16.00h. Osobno vozilo služi kao osnovni element i vrijedi kao koeficijent 1. Stoga su različite vrste vozila svedene na jedinicu mjerenja : putnička automobilska jedinica PAJ. Na taj način je ostvaren jedinstveni rezultat u odnosu na strukturu prometa.

Prilikom brojanja prometa uočeno je da ima puno lijevih skretanja. Navedeno raskrižje zadovoljava trenutno prometno opterećenje. Raskrižje je uglavnom opterećeno sa prometom osobnih automobila dok je manja prisutnost vozila sa većim opterećenjem . Iz slika u kojoj su prikazani rezultati brojanja prometa (Shematski prikaz prometnog opterećenja raskrižja) vidljivo je da se promet odvija bez većih zastoja te je najveći prometni tok na ulici Bartola Kašića. Iz ovakvoga prometnoga stanja možemo zaključiti da su potrebne promjene na infrastrukturi raskrižja, ponajviše zbog sigurnosti sudionika u prometu te pješaka.



Slika 9. Prometni volumeni na raskrižju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice u vršnom satu od 7.00h – 8.00h



Slika 10. Prometni volumeni na raskrižju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice u vršnom satu od 15.00h – 16.00h

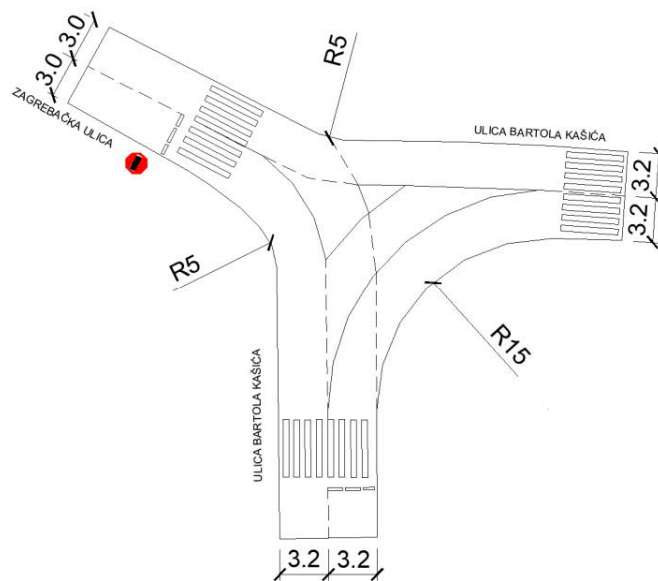
12.3. Analiza stanja sigurnosti prometa na križanju ulica Bartola Kašića i Zagrebačke ulice

Na osnovi podataka o prometnim nesrećama dobivenim od postaje prometne policije Otočac za razdoblje od 2011. do 2017. godine u ulicama Bartola Kašića i Zagrebačke ulice izvršena je analiza prometnih nesreća. U navedenom razdoblju evidentiran je veći broj prometnih prekršaja oduzimanja prednosti prolaska, veći broj lakših prometnih nezgoda i prema podacima iz postaje, manji broj težih prometnih nezgoda.

Postojeće stanje raskrižja prikazano je u priložima. Geometrija raskrižja prikazana je sa svom postojećom vertikalnom i horizontalnom signalizacijom te sa postojećim nogostupom. Nedostaci na raskrižju predočeni su na priložima.



Slika 11. Postojeće raskrižje na ortofoto podlozi – izvor geodetska podloga grada Otočac



Slika 12. Postojeće stanje klasičnog trokrakog raskrižja ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice.

12.4. Opis rezultata analize postojećeg stanja raskrižja

Na samom raskrižju ulica Bartola Kašića i Zagrebačke ulice sigurnost ugrožava neprimjerena brzina te nepoštivanje znakova obaveznog zaustavljanja iz Zagrebačke ulice. Nepotpuna vertikalna signalizacija na privozima otežava komunikaciju unutar raskrižja što predstavlja problem za normalno korištenje raskrižja. Na privozima ulica Bartola Kašića i Zagrebačke ulice obilježeni su pješački prijelazi horizontalnom signalizacijom, ali ne postoji vertikalna signalizacija odnosno znakovi za obilježen pješački prijelaz (CO2). Privozi sa ulice Bartola Kašića prema postojećem raskrižju nemaju potpunu vertikalnu signalizaciju što je problem za korisnike raskrižja zbog čega dolazi do prometnih nezgoda.

Iz analize prometnih tokova i postojećeg sustava regulacije prometa zaključuje se da odvijanje prometa na raskrižju ulica Bartola Kašića i Zagrebačke ulice nije zadovoljavajuće.

Prema postojećem stanju te prema općim kriterijima za opravdanost primjene kružnog raskrižja, zaključuje se da su potrebne određene promjene na sustavu regulacije prometa i infrastrukturi raskrižja zbog povećanja sigurnosti i protočnosti raskrižja. Dimenzije postojećeg raskrižja zadovoljavaju uvjete da se napravi rekonstrukcija klasičnog trokrakog raskrižja u mini kružno raskrižje na način da se zadrže konture postojećeg raskrižja.

12.5. Rekonstrukcija postojećeg trokrakog raskrižja u mini kružno raskrižje prema općim kriterijima za provjeru opravdanosti

Da bi se prihvatio prijedlog o izvedbi mini-kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg klasičnog trokrakog raskrižja, novo projektirano raskrižje mora zadovoljiti što veći broj kriterija. Provjerom kriterija, donosi se stručna odluka opravdanosti primjene mini-kružnog raskrižja.

12.5.1. Funkcionalni kriterij

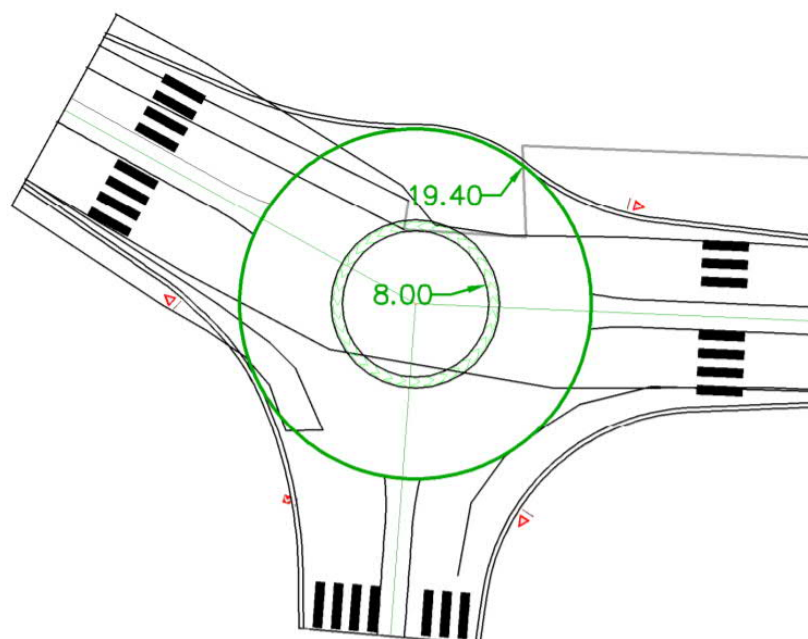
Funkcionalnim kriterijem povećava se prometna sigurnost sa elementima za postizanje povećane protočnosti. Prema podacima mjerenja prometa u vršnim satima te prema podacima kojima je projektirana konstrukcija ceste zbog izgradnje sustava kanalizacije i vodovoda, ukazuju se na to da je malo prometno opterećenje ceste, odnosno da je veći broj ishodišno-odredišnog prometa – dnevne migracije, u odnosu na tranzitni promet čiji broj je mali.

Omogućava se sigurniji ulazak s Zagrebačke ulice u raskrižje čime se i povećava sigurnost svih sudionika.

Mini-kružno raskrižje jasnije prikazuje vođenje kroz raskrižje te je puno bolja varijanta s obzirom na klasično raskrižje. Ovaj tip raskrižja odmah upozorava tako da se ulaskom u zonu smanjuje brzina kretanja čime se povećava sigurnost prometa, kako motoriziranih tako i nemotoriziranih sudionika u prometu. Zbog smanjenog broja kružnih raskrižja u zoni u kojoj se predlaže izvedba mini-kružnog raskrižja, neće doći do većeg usporavanja tranzitnog prostora.

12.5.2. Prostorni i urbanistički kriterij

Postojeće stanje zadovoljava izvedbu mini-kružnog raskrižja jer raspolaže sa dovoljno prostora. Da bi se zadovoljili uvjeti kružnog raskrižja, potrebno je ukloniti dio nogostupa dok je prostor na samom raskrižju pod vlasništvom grada Otočac, neće biti problema sa širenjem ceste zbog novo projektiranog nogostupa te nije potrebno rušenje nikakvih objekata. Ne mijenja se bitno odnos korištenja gradskih struktura i pripadajućeg vanjskog prostora te kružno raskrižje ispunjava sve uvjete koje mora imati.



Slika 13. Preliminarni smještaj mini kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg raskrižja

12.5.3. Kriterij prometnog toka

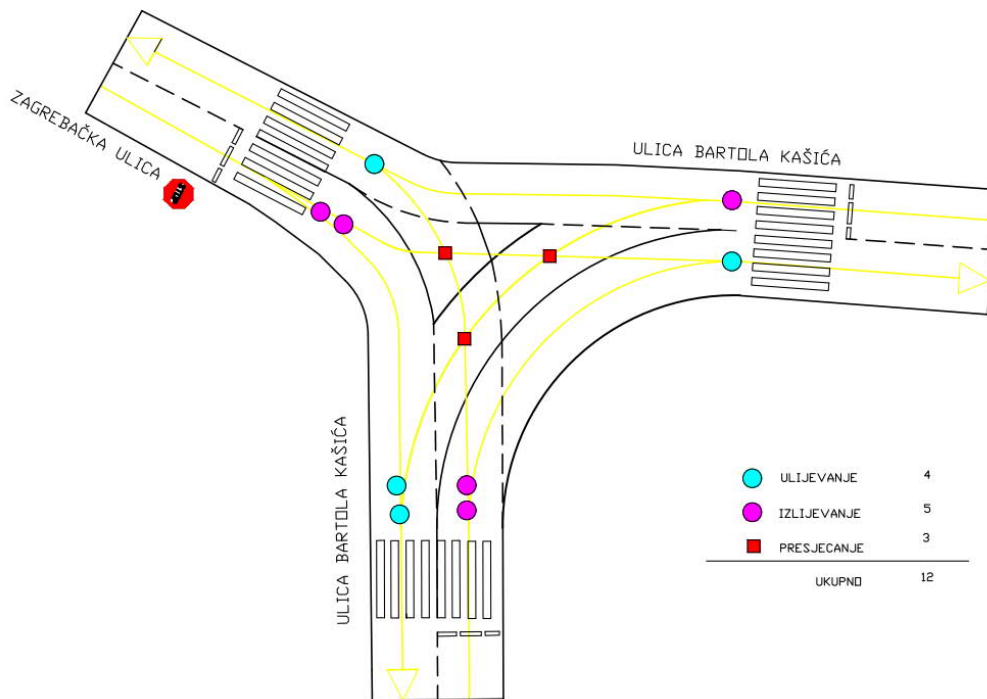
Najveće prometno opterećenje je na ulici Bartola Kašića, dok je opterećenje na Zagrebačkoj ulici znatno slabije. Prema tome podatku s aspekta prometnog kriterija, nije opravdano kružno raskrižje. Broj desnih skretača je veći u odnosu na broj lijevih skretača. Gledano prema intenzitetu pješačkog i biciklističkog prometa, izvedba kružnog raskrižja je opravdana. Izvedbom mini-kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg trokrakog klasičnog raskrižja, omogućava se lakši i jednostavniji prilaz raskrižju motoriziranog i nemotoriziranog prometa. Time su omogućena sva kretanja unutar raskrižja, a izvan raskrižja se ne narušava korištenje prostora i pristupa okolnih objekata koji su smješteni u blizini raskrižja.

12.5.4. Projektno – tehnički kriterij

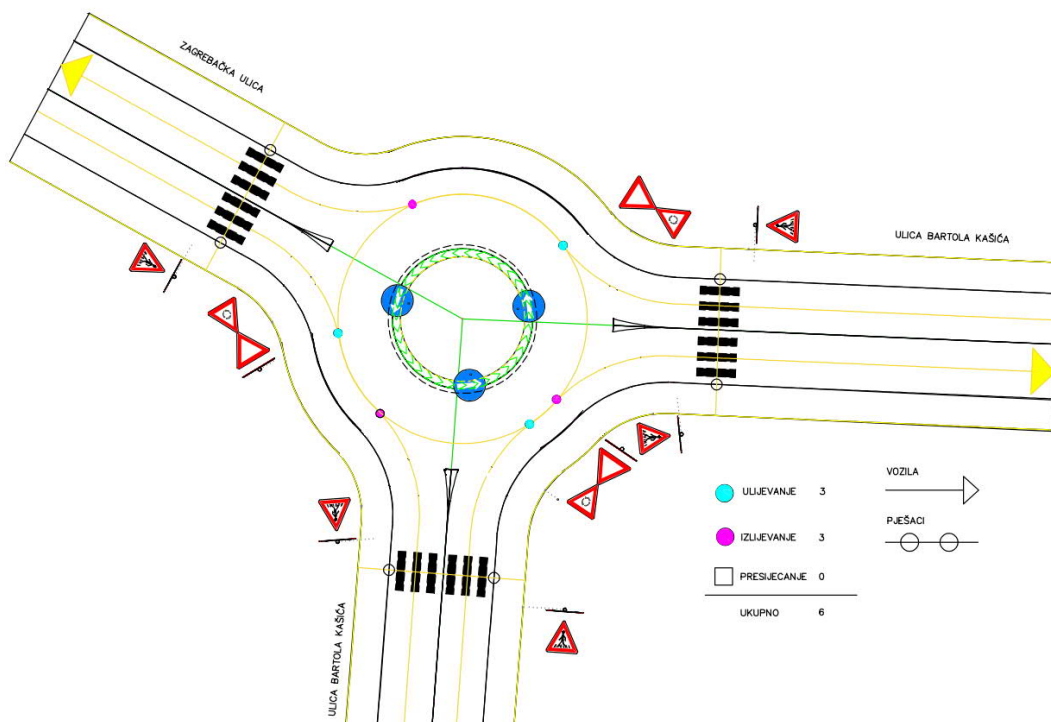
Prema projektno-tehničkom kriteriju opravdana je izvedba kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg klasičnog trokrakog raskrižja zbog kutova presijecanja, koji je jedan od uvjeta postavljanja kružnog raskrižja.

12.5.5. Kriterij prometne sigurnosti

Slaba izloženost preglednosti i velika brzina kojima vozila prolaze kroz raskrižje predstavlja opravdan razlog izvedbe kružnog raskrižja. Kod primjene kružnog raskrižja nema takvih slučajeva jer na ulasku u kružno raskrižje svi moraju smanjiti brzinu. Sa stajališta sigurnosti prometa sigurnija je izvedba kružnog raskrižja zbog manjeg broja konfliktnih točaka u odnosu na postojeće raskrižje, te nema točaka presijecanja prometnih tokova.



Slika 14. Tokovi presijecanja na klasičnom trokrakom raskrižju – postojeće stanje.



Slika 15. Tokovi presijecanja na kružnom trokrakom raskrižju – potencijalne kolizije točke novog rješenja.

12.5.6. Kriterij propusne moći

Najveća količina prometa nalazi se na ulici Bartola Kašića to je manja količina prometa na Zagrebačkoj ulici. Primjenom ove regulacije prometa povećava se prvenstveno prometna sigurnost. Prema podacima mjerenja prometa u vršnom satu od 7.00-8.00 i 15.00-16.00, dobiveni rezultat prometnih jedinica kroz raskrižje je 988. Ako uzmemo da je dobiveni podatak 10% PGDP-a, dobivamo 9880 voz/dan. Empirijski podaci o propusnoj moći za mini kružno raskrižje prema Slovenskim smjernicama za projektiranje kružnih raskrižja, propusna moć mini kružnog raskrižja je 10.000voz/dan, dok je prema Nizozemskim smjernicama propusna moć mini kružnog raskrižja 15.000voz/dan. Kružno raskrižje zadovoljava kriterij propusne moći prema blažem od dva korištena kriterija – onome iz Slovenskih smjernica. Propusna moć bila bi veća nego kod trenutnog klasičnog trokrakog raskrižja. Proračun kriterija propusne moći prikazan se u sljedećeg poglavlju iz kojega se mogu vidjeti točne vrijednosti raskrižja.

12.5.7. Okolišni kriterij

Kružno raskrižje je prema okolišnom kriteriju bolje rješenje od standardnih raskrižja u razini. Emisija štetnih tvari iz ispušnog sustava motornih vozila u kružnom raskrižju ima prednost u odnosu na klasična raskrižja. Kružno raskrižje značajno smanjuje količinu štetnih tvari prilikom prolaska kroz raskrižje zbog toga što nema čekanja kao na postojećem raskrižju – klasično trokrako raskrižje. Zbog toga se vozila ne zadržavaju na raskrižju čime se postiže i smanjenje potrošnje goriva. U odnosu na klasično raskrižje smanjena je i razina buke koju proizvode najviše teretna vozila. Kružno raskrižje se dobro uklapa u sadašnje stanje okoline. Izradom kružnog raskrižja ne dolazi do oštećenja postojećih zelenih površina jer je postojeći prostor dovoljan za izradu istog. Također se estetski može urediti preostali prostor novim zelenim površinama.

12.5.8. Ekonomski kriterij

Optimalan izbor sa ekonomskog stajališta je kružno raskrižje. Izradom kružnog raskrižja na lokaciji klasičnog raskrižja smanjuje se opasnost od prometnih nesreća. Ukoliko i dođe do prometne nesreće, ona će biti samo sa materijalnom štetom zbog manje brzine kretanja unutar raskrižja. Na taj način pretpostavljamo i manje troškove zbog eventualnih prometnih nesreća. Smanjeni su troškovi vremena putovanja. Povećanjem protočnosti smanjuje se i broj čekanja i zagušenja prometnih tokova, te se vozilo konstantno kreće čime se smanjuje potrošnja goriva. Sve to ide u prilog za manje ekonomske troškove. Prema ekonomskom stajalištu izvedba mini-kružnog raskrižja je jeftina opcija izvedbe. Lokacija postojećeg raskrižja se nalazi u Ličko-Senjskoj županiji u kojoj zimsko razdoblje traje duže, vremenske neprilike su učestale te se zbog toga mini-kružno raskrižje lakše održava čime se smanjuju i troškovi održavanja. Njegova struktura je takva da se kod zimskih održavanja puno lakše manevrira raskrižjem te nema većih oštećenja na samom raskrižju za raličku od klasičnog kružnog raskrižja kod kojega je središnji otok uzdignut u odnosu na voznu traku što stvara probleme kod održavanja.

Glavni kriterij	Dodatni kriterij	Vrednovanje pokazatelja	
		Standardno raskrižje	Kružno raskrižje
		o = povoljno	
		ox = uvjetno povoljno	
		x = nepovoljno	
Funkcionalni kriteriji	Prometna uloga raskrižja	o	o
	Jasnoća vođenja prometnih tokova	ox	o
Prostorno – urbanistički kriteriji	Prostorne mogućnosti i ograničenja	o	o
	Utjecaj na odnos korištenja gradskih struktura i pripadajućeg vanjskog prostora	o	o
Prometni kriterij (kriterij prometnog toka)	Prometni tok (ukupna razina prometnog toka i smjer kretanja prometa)	ox	o
	Broj prilaza i geometrija raskrižja	o	ox
Projektno – tehnički kriteriji	Provoznost raskrižja	o	o
	Visinski elemente – uzdužni nagibi privoza	o	o
	Razina prometne sigurnosti motoriziranih sudionika (prolazna brzina i moguće točke sudara)	x	o
Prometna sigurnost	Sigurnost nemotoriziranih sudionika u prometu	x	o
Kriteriji propusne moći	Protok prometa na raskrižju (propusna moć i razina uslužnosti)	ox	o
Okolišni Ekonomski kriterij	Troškovi građenja I utjecaj na okoliš	o	o
	Troškovi održavanja	o	o
	Ukupno vrednovanje	x	o

Tablica 1. Tablica pokazatelja opravdanosti izvedbe kružnog raskrižja u odnosu na standardno raskrižje.

Prema tablici pokazatelja opravdanosti izvedbe mini kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg klasičnog raskrižja, utvrđeno je da izvedba mini kružnog raskrižja zadovoljava u odnosu na standardno raskrižje. Prema kriterijima koji su uspoređeni između dvije vrste raskrižja, povoljnija je izvedba mini-kružnog raskrižja u odnosu na standardno raskrižje. Uklapa se u prostor, ne narušava se okoliš, nije potrebno uklanjati objekte u blizini radi izgradnje kružnog raskrižja. Osigurat će se veća propusnost kroz raskrižje, veća prometna sigurnost motoriziranih i nemotoriziranih sudionika u prometu.

13. PRIJEDLOG RJEŠENJA REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG RASKRIŽJA

13.1. Opis rješenja za postojeće trokrako klasično raskrižje ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice

Prema općim kriterijima za provjeru opravdanosti novo rješenje je zadovoljavajuće i optimalno rješenje na križanju ulica Bartola Kašića i Zagrebačke ulice je rekonstrukcija postojećeg raskrižja u mini kružno raskrižje. Vanjski promjer novo projektiranog mini kružnog raskrižja na poziciji postojećeg raskrižja je 19.40m, dok je promjer središnjeg otoka 8.00m. Povožni središnji otok je povezan sa povoznom trakom širine 1.00m. Konstrukcija kolnika u središnjem otoku je projektirana za veliki teretni promet te je u završnoj obradi otoka asfalt koji može biti u klasičnoj crnoj boji ili sa dodacima da se dobije boja kao npr. crvena, zelena i slično da se pri dolasku na raskrižje lakše uoči kružno raskrižje. Povožna traka širine 1.00m je izvedena od betonskih kocki koje su slagane na betonsku podlogu te nakon ugradnje fugirane mortom. Povožni središnji otok i povozna traka su odvojeni polegnutim cestovnim rubnjacima dimenzija 15/25/100. Razdjelni otok je trokutastog oblika za mini kružna raskrižja i ukupne duljine 6.00m. Prometna traka na ulazu u kružno raskrižje je širine 3.50m i radijusa desnog zakretanja 8.00m, dok je širina prometne trake na izlazu iz kružnog raskrižja 3.80m te radijusa desnog zakretanja 8.00m. Problem biciklista riješen je na način da će se biciklistički promet voditi zajedno sa motornim vozilima zbog prostornog razloga te malog udjela biciklista. Nije moguće i nema potrebe za izvođenjem samostalne biciklističke prometne površine. Udio pješaka je dosta velik, stoga je problem pješaka riješen pješačkim stazama – nogostup, uz rubove kolnika na svim ulazima i izlazima mini kružnog raskrižja.

Nogostup je omeđen cestovnim rubnjacima dimenzija 15/25/100 te parkovnim rubnjacima dimenzija 8/20/50, te njegova svijetla širina iznosi 1.25m.

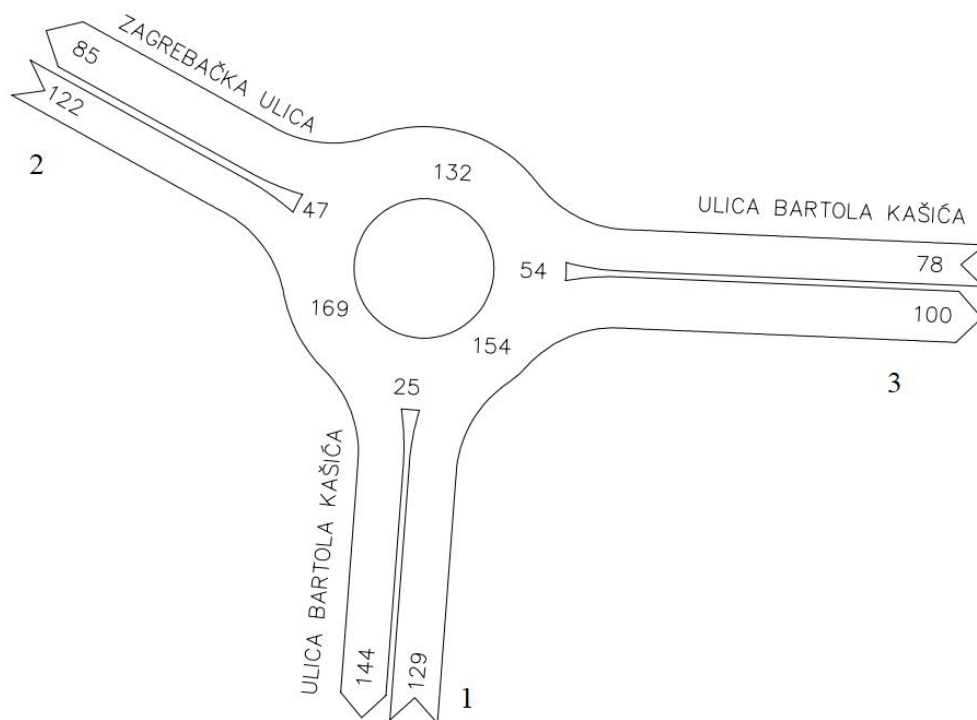
Prema smjernicama za izvedbu kružnih raskrižja postavljeni su prometni znakovi vertikalne signalizacije. Znak B01 – raskrižje s cestom s prednošću prolaza, i znak B62 – kružni tok prometa, i oni se nalaze na ulazu u kružno raskrižje, neposredno ispred isprekidane crte zaustavljanja. Znak B59 – obavezno obilaženje s desne strane, i znak K06 – dopunska ploča za označavanje prometnog otoka su postavljeni na vanjskom dijelu razdjelnog otoka.

Obavezan smjer vožnje desno – B51, postavljen je uz rub središnjeg otoka prema povoznom dijelu uz cestovne rubnjake. Ispred pješačkog prijelaza nalazi se znak C02. Znak A27 postavljen je na području približavanja kružnom raskrižju.

Horizontalna signalizacija se odnosi na izvođenje razdjelnih crta odnosno rubne crte uz rub kolnika kroz raskrižje, uz središnje i razdjelne otoke. Isprekidana crta - H12 zaustavljanja na samom ulazu u kružni kolnički trak. Isprekidana crta ispred pješačkih prijelaza – H12.

Obilježena tri pješačka prijelaza H18.

13.2. Provjera kapaciteta predloženog mini kružnog raskrižja na križanju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice



Slika 16. Stanje prometnih volumena na predloženom mini kružnom raskrižju

13.3. Proračun propusne moći ulaza i stupnja opterećenosti ulaza na križanju Zagrebačke ulice i ulice Bartola Kašića

S obzirom da je predviđena izvedba mini kružnog raskrižja zadovoljavajuća metoda za proračun će biti Austrijska metoda.

$$B' = 3,50\text{m}$$

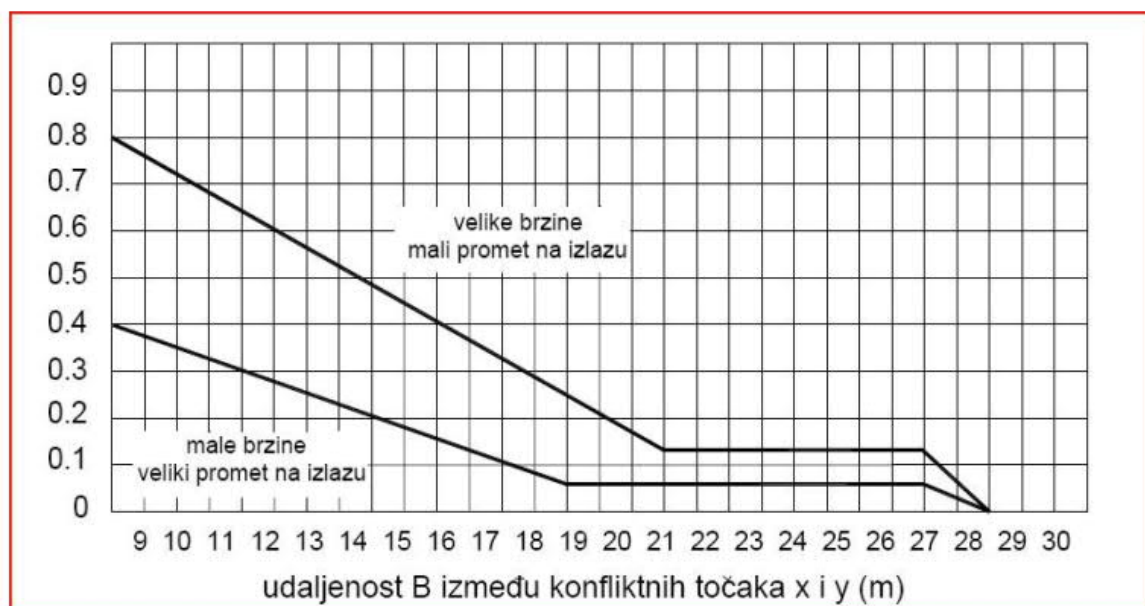
$$D = 19,40\text{m} - \text{vanjski promjer raskrižja}$$

$$FB = 9,00\text{m} - \text{širina kružnog voznog traka}$$

$$\sin\omega = B' / D - FB = 3,50 / (19,40 - 9,00) = 3,50 / 10,40 = 0,3365$$

$$\omega = 19,66^\circ$$

$$B = [(D - FB) * \pi * \omega] / 180 = [(10,40) * \pi * 19,66] / 180 = 3,57\text{m}$$



Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta (cestovne prometnice II.), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

Grafikon 1. Faktor „a“ u ovisnosti „B“ i mjerodavnom prometnom stanju

$$a = 0,80$$

Vrijednost faktora „a“ u odnosu na udaljenost „B“ između konfliktnih točaka x i y vrijedi 0,80 jer su brzine velike, a promet na izlazu je mali.

L – propusna moć ulaza (PAJ/h)

M_k – opterećenje na kružnom prometnom traku u području konfliktne točke y (PAJ/h)

M_a – prometno opterećenje izlaza (PAJ/h)

a – faktor geometrije ulaza

b – faktor broja prometnih tokova u krugu [4,5]

$$L1 = 1500 - \{ 8/9 * (b * M_k + a * M_a) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L1 = 1500 - \{ 8/9 * (1 * 154 + 0,80 * 100) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L1 = 1500 - \{ 8/9 * (234) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L1 = 1500 - 208 \text{ [PAJ/h]}$$

$$L1 = 1292 \text{ [PAJ/h]}$$

$$L2 = 1500 - \{ 8/9 * (b * M_k + a * M_a) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L2 = 1500 - \{ 8/9 * (1 * 169 + 0,80 * 144) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L2 = 1500 - \{ 8/9 * (284,2) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L2 = 1500 - 253 \text{ [PAJ/h]}$$

$$L2 = 1247 \text{ [PAJ/h]}$$

$$L3 = 1500 - \{ 8/9 * (b * M_k + a * M_a) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L3 = 1500 - \{ 8/9 * (1 * 132 + 0,80 * 85) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L3 = 1500 - \{ 8/9 * (200) \} \text{ [PAJ/h]}$$

$$L3 = 1500 - 178 \text{ [PAJ/h]}$$

$$L3 = 1322 \text{ [PAJ/h]}$$

13.4. Proračun stupnja opterećenosti ulaza na križanju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice

Stupanj opterećenosti na ulazu „A“ na kružnom raskrižju mora biti manji od 90 [%]

$$A < 90 \text{ [%]}$$

$$A = [(C * M_e) / L * 100]$$

A – stupanj opterećenosti ulaza [%]

M_e – prometno opterećenje ulaza [voz/h]

L – sposobnost vozila [voz/h]

C – faktor broja trakova na ulazu

Privoz 1 :

$$A1 = [(C * Me)] / L * 100 [\%]$$

$$A1 = [(1 * 129)] / 1292 * 100 [\%]$$

$$A1 = 129 / 1292 * 100 [\%]$$

$$A1 = 9,98 [\%]$$

Privoz 2 :

$$A2 = [(C * Me)] / L * 100 [\%]$$

$$A2 = [(1 * 122)] / 1247 * 100 [\%]$$

$$A2 = 122 / 1247 * 100 [\%]$$

$$A2 = 9,78 [\%]$$

Privoz 3 :

$$A3 = [(C * Me)] / L * 100 [\%]$$

$$A3 = [(1 * 78)] / 1322 * 100 [\%]$$

$$A3 = 78 / 1322 * 100 [\%]$$

$$A3 = 9,23 [\%]$$

13.5. Prijedlog novog rješenja na raskrižju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice

Grafički prilog broj 1 prikazuje prijedlog izvedbe mini-kružnog raskrižja na lokaciji postojećeg klasičnog trokrakog raskrižja na križanju ulice Bartola Kašića i Zagrebačke ulice. Novo projektirano kružno raskrižje zadovoljava uvjete za mini kružna raskrižja. Vanjski promjer kružnog toka je 19.40m dok je maksimalni promjer mini kružnog raskrižja 26.00m. Srednji otok je promjera 8.00m sa dodatnim proširenjem od 1.00m. Razdjelni otoci su postavljeni tako da odvajaju ulaznu traku u raskrižje od izlazne trake iz kružnog raskrižja. Ispred razdjelnih otoka na prilazu kružnom raskrižju nalaze se pješački prijelazi za nemotorizirani promet – pješaci, biciklisti. Radijus ulaza u kružno raskrižje je 8.00m. Središnji otok je izveden od asfalta dok je prošireni dio središnjeg otoka izveden u betonskim kockama na betonsku podlogu. Horizontalna i vertikalna signalizacija je postavljena na način da se umiri promet prije samoga raskrižja.

14. ZAKLJUČAK

Mini kružna raskrižja su raskrižja koja zamjenjuju klasična raskrižja kada se ugrožava sigurnost prometa jer smiruju promet na lokacijama na kojima se postavljaju. Ovaj tip raskrižja povećava propusnu moć raskrižja, nema lijevih skretanja zbog čega je manji rizik od prometnih nezgoda. Vozila većih gabarita (teretna vozila, autobusi) mogu koristiti središnji otok koji je provozan za lakši manevar kroz raskrižje. U odnosu na standardno trokrako raskrižje povećana je sigurnost nemotoriziranog prometa zbog smanjene brzine pri ulasku u raskrižje i kroz samo raskrižje a sve to zbog horizontalne i vertikalne signalizacije koja kvalitetno označava kružno raskrižje.

Mini kružno raskrižje je idealno rješenje za izvedbu na određenoj lokaciji zbog vanjskog promjera koji ne smije biti veći od 26.0m. Lakše se uklapa u prostorni plan zbog svojih dimenzija ako se planira izvedba novo projektiranog raskrižja ili ako se rekonstruira postojeće raskrižje. Na lokacijama na kojima je prometno opterećenje veće od 10.000 i gdje je prisutan veliki broj tranzitnog prometa predlaže se izvedba klasičnog kružnog raskrižja sa jednom ili dvije prometne trake da se poveća propusnost raskrižja.

Predmet ovog diplomskog rada je primijeniti mini kružno raskrižje na lokaciji na kojoj je postojeće klasično trokrako raskrižje u gradu Otočcu. Klasično trokrako raskrižje ima glavni smjer prometovanja preko ulice Bartola Kašića dok je sporedni smjer preko Zagrebačke ulice. Prisutna su lijeva skretanja na raskrižju što predstavlja problem zbog neprilagođene brzine i dolazi do prometnih prekršaja oduzimanja prednosti prolaska kroz raskrižje te prometnih nezgoda. Novo mini kružno raskrižje na lokaciji postojećeg klasičnog raskrižja, se uklapa u okolinu te ne mijenja bitno svojom izvedbom postojeće stanje u krugu raskrižja. Samom izvedbom ovog mini kružnog raskrižja osigurat će se nesmetano korištenje prometnih smjerova pješacom i biciklističkom prometu zbog izvedbe pješačke staze te mogućnosti prelaska u drugu ulicu preko označenih pješačkih. Mini kružno raskrižje utjecat će na smanjenje brzine na raskrižju te će se time poboljšati prometna sigurnost lokacije.

15. LITERATURA

- [1] - Legac, I.: Gradske prometnice, Fakultet Prometnih Znanosti, Zagreb, 2011.
- [2] – Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – cestovne prometnice II., FPZ, Zagreb, 2008.
- [3] - Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci i HC, Rijeka, 2014.
- [4] - Ministerioum fuer Wirtschaft und Mittelstand, technologie und Verkehr des Landes Nordrhein – Westaflen; Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Mini – kreisverkehrsplaetzen, 1999.
- [5] – Mike Brown: The Design of Roundabouts, TRL , HMSO, 1995.
- [6] - Kružna raskrižja – Tomaž Tollazzi, 2007. – izdavač IQPLUS d.o.o.