

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



**DIPLOMSKI RAD br. 11/GRD/2020**

**ANALIZA VARIJANTNIH RJEŠENJA KRIŽANJA**  
**ŽUPANIJSKE I NERAZVRSTANE CESTE**

**Marijan BERTIĆ**

Varaždin, listopad 2020.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Graditeljstva**



**DIPLOMSKI RAD br. 11/GRD/2020**

**ANALIZA VARIJANTNIH RJEŠENJA  
RASKRIŽJA ŽUPANIJSKE I NERAZVRSTANE  
CESTE**

Student:

Marijan BERTIĆ, 0953/336D

Mentor:

dr. sc. Milan Rezo, izv.prof.

Varaždin, listopad 2020.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ diplomski sveu ilišni studij Graditeljstvo

KRISTUPNIK Marijan Bertić

MATIČNI BROJ 0953/336D

DATUM 15.09.2020.

KOLEGIJ Gradske prometnice i kolničke konstrukcije

NASLOV RADA Analiza varijantnih rješenja raskrižja županijske i nerazvrstane ceste

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Analysis of variant solutions for crossroads county and unclassified roads

MENTOR dr.sc. Milan Rezo

ZVANJE izvanredni profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Božo Soldo

2. izv.prof.dr.sc. Milan Rezo

3. doc.dr.sc. Matija Orešković

4. doc.dr.sc. Bojan urin

5.

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 11/GRD/2020

OPIS

U sklopu diplomskog rada potrebno je analizirati postojeće stanje raskrižja županijske i nerazvrstane ceste te uočiti postojeće nedostatke raskrižja.

Analizirati varijantna rješenja raskrižja županijske i nerazvrstane ceste te predložiti i obraditi najpovoljnije varijantno rješenje raskrižja.

Za najpovoljnije varijantno rješenje grafički obraditi tlocrtno rješenje sa detaljima te izabrati i dimenzionirati kolničku konstrukciju u skladu sa prometnim opterećenjem.

Rad treba sadržavati minimalno sljedeća poglavlja:

- SAŽETAK

1. Uvod

2. Analiza postojećeg stanja raskrižja

3. Uočeni nedostatci raskrižja

4. Varijantna rješenja raskrižja

5. Odabir najpovoljnijeg varijantnog rješenja te grafička obrada istog sa detaljima

6. Dimenzioniranje kolničke konstrukcije

7. Zaključak

Izvanredni profesor

ZADATAK URUČEN

30.10.2020.

POTPIS MENTORA



*Milan Rezo*

## Sažetak

Prilikom izvođenja radova na pronalaženju najboljih i najprihvatljivijih varijantnih rješenja raskrižja potrebno je izvesti niz radnji koje obuhvaćaju:

- Terenska in situ mjerenja postojećih oblikovnih elemenata prostora,
- Analize in situ podataka,
- Brojanje prometnih tokova,
- Analize podataka prometnih tokova,
- Izrada skice postojećeg raskrižja,
- Izrada tlocrtnih skica varijantnih rješenja rekonstrukcije raskrižja i prometnica,
- Usklađenost varijantnih rješenja sa detaljnim prostornim planovima Gradova,
- Prognoza budućih prometnih potreba,
- Provjere mogućnosti korištenja prostora u smislu očuvanja kulturne i povijesne baštine, za objekte koji su pod zaštitom regionalnog zavoda za zaštitu spomenika kulture pri Ministarstvu kulture,
- Izbor optimalnog varijantnog rješenja.

Odabrano varijantno rješenje treba uskladiti sa Upravnim tijelima lokalne samouprave kako bi se postiglo suglasje oko korištenja prostora te vođenja prometa unutar gradova. Isto tako, odabrano rješenje treba biti u skladu sa postojećim detaljnim prostornim planovima te na taj način zadovoljiti prostorno – urbanistički kriterij pri analizi procjene primjerenosti izvođenja kružnih raskrižja u urbanim sredinama. Isto se odnosi na uporabu prostora, dimenzioniranje prometnica, pješačkih i biciklističkih staza i sl..

Ciljevi iznalaženja optimalnog varijantnog rješenja su višeznačna, koja trebaju postići bolju prometnu učinkovitost, osigurati lakšu dostupnost u prostoru, dići sigurnost prometa na najvišu moguću mjeru te osigurati učinkovitu zaštitu okoliša.

U svom diplomskom radu obradit ću križanje županijske ceste ŽC2210 (Ulica Tadije Smičiklase i Potočka ulica) sa nerazvrstanim cestama (Ulica I.Z. Dijankovečkog i Ulica Tadije Smičiklase) u Križevcima.

Ključne riječi: varijantna rješenja, kružno raskrižje, kolnička konstrukcija

## Summary

This paper deals with the intersection of the county road in the town of Križevci and the issues that arise during the process of its construction. When performing works on finding the best and most acceptable solutions of intersections, it is necessary to perform a series of actions that include the following:

- in situ measurements of the existing design,
- elements of the intersection and the access area,
- the in situ data analysis,
- the counting of the traffic flows in the area,
- the analysis of the traffic flow data,
- giving the general outline of the existing intersection,
- the preparation of ground-plans of variant solutions for the construction of the intersections and roads,
- checking the compliance of different solutions with detailed urban development plan,
- the prediction of future traffic needs,
- checking the possibility of using the designed space in terms of the preservation of cultural and historical heritage for buildings that are under the protection of the regional institute for the protection of cultural monuments at the Ministry of Culture,
- the selection of the optimal solution.

Furthermore, it is of primary importance to adjust the final solution with the governing bodies of local authorities in order to reach an agreement on the use of space and traffic management within cities, because, for changes in traffic regulation to be valid the local government representatives make decisions on possible new traffic regulations. It is also necessary to adjust the variant solutions within the existing detailed urban development plan that are valid at the authorized Office for Urban Development Plan, which refers to the use of space, the sizing of roads, pedestrian and bicycle paths.

The goals of finding the most optimal solution have multiple impacts on future development. Their aim is to achieve better traffic efficiency, ensure easier accessibility in

space, raise traffic safety to the highest possible level and ensure effective environmental protection.

This paper deals with the intersection of the county road ŽC2210 (Tadije Smičiklasa Street and Potočka Street) with unclassified roads (I.Z. Dijankovečkog Street and Tadije Smičiklasa Street) in Križevci. The emphasis is on the selected solution of the intersection which includes construction plans of the proposed solution, including details, dimensioning of the pavement structure.

Keywords: variant solutions, roundabout, pavement structures

## SADRŽAJ

1.	Uvod.....	1
2.	Analiza postojećeg stanja raskrižja ŽC2210 (Ulica Tadije Smičiklasa i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ulica Franje Račkoga i Ulice I.Z. Dijankovečkog) .....	3
2.1.	Osnovni podatci.....	3
2.1.1.	Dispozicija lokacije.....	3
2.1.2.	Fotografski prikaz lokacije raskrižja .....	6
2.1.3.	Fotografski prikaz lokacije javnog parkirališta.....	8
2.2.	Infrastrukturne značajke.....	9
2.3.	Regulacija i organizacija prometa.....	12
2.4.	Prometna potražnja.....	12
2.5.	Prometna sigurnost.....	17
3.	Uočeni nedostaci raskrižja ŽC2210 (Ulica Tadije Smičiklasa i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ulica Franje Račkoga i Ulice I.Z. Dijankovečkog).....	18
3.1.	Prometna sigurnost.....	18
3.2.	Prometna signalizacija i oprema.....	21
4.	Varijantna rješenja raskrižja ŽC2210 (Ulica Tadije Smičiklasa i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ulica Franje Račkoga i Ulice I.Z. Dijankovečkog).....	23
4.1.	Varijanta 1 – postavljanje svjetlosne signalizacije.....	23
4.2.	Varijanta 2 – urbano jednostručno kružno raskrižje.....	24
4.3.	Varijanta 3. – rekonstrukcija prometnice ŽC2210 i raskrižja.....	26
4.4.	Varijanta 4. – rekonstrukcija prometnice ŽC2210 u jednosmjernu.....	28
5.	Odabir najpovoljnijeg varijantnog rješenja .....	30
6.	Urbano jednostručno kružno raskrižje .....	31
6.1.	Općenito o kružnim raskrižjima.....	31
6.2.	Podjela kružnih raskrižja.....	32
6.2.1.	Podjela prema lokaciji i veličini .....	32
6.2.2.	Podjela po broju privoza i prometnih trakova .....	33
6.2.3.	Podjela kružnih raskrižja s obzirom na namjenu .....	34
6.3.	Projektno-oblikovni elementi malih i srednje velikih kružnih raskrižja .....	34
6.3.1.	Kružni kolnik .....	35
6.3.2.	Kružni otok.....	35
6.3.3.	Prijelazni prsten .....	36



6.3.4.	Privozi.....	36
6.3.5.	Razdjelni otok u privozu.....	36
6.3.6.	Poprečni nagibi i odvodnja.....	37
7.	Grafički prilozi odabranog varijantnog rješenja – kružno raskrižje .....	38
7.1.	Tlocrt kružnog raskrižja.....	39
7.2.	Presjek kružnog raskrižja.....	40
7.3.	Detalj rubnjaka.....	41
7.4.	Detalj slivnika.....	42
8.	Dimenzioniranje kolničke konstrukcije .....	43
8.1.	Mjerodavni parametri za dimenzioniranje kolničke konstrukcije	43
8.1.1.	Prometno opterećenje .....	44
8.1.2.	Projektni period.....	46
8.1.3.	Vozna sposobnost površine kolničkog zastora na kraju projektnog perioda.....	47
8.1.4.	Klimatsko hidrološki uvjeti.....	47
8.1.5.	Nosivost materijala posteljice .....	48
8.1.6.	Kvaliteta primjenjenih materijala u kolničkoj konstrukciji.....	49
8.2.	Dimenzioniranje kolničke konstrukcije AASHO (American Association of State Highway Transportation Officials) metoda.....	50
8.3.	Dimenzioniranje kolničke konstrukcije prema HRN UC4.012.....	56
9.	Zaključak .....	59
10.	Literatura .....	61
11.	POPIS ILUSTRACIJA .....	62
11.1.	Popis slika.....	62
11.2.	Popis tablica.....	63
11.3.	Popis grafikona.....	63



# 1. Uvod

Tema ovog diplomskog rada je prikazivanje pristupa izradi varijantnih rješenja raskrižja županijske ceste i nerazvrstane ceste u staroj gradskoj jezgri. Radi se o raskrižju županijske ceste ŽC2210 (Potočka ulica i Ulica Tadije Smičiklasa) sa nerazvrstanom cestom (Ulica I.Z. Dijankovečkog i Ulica Franje Račkog) u Križevcima.

Za postizanje cilja, a to je pronalaženje optimalnog varijantnog rješenja raskrižja, potrebno je poduzeti niz radnji kako bi pronašli ono varijantno rješenje koje će zadovoljiti sve sudionike u prometu, što se tiče prometnog aspekta. U isto vrijeme predloženo varijantno rješenje raskrižja ni na koji način ne smije negativno utjecati na okolne objekte i prostor te svojim konačnim rješenjem mora biti takvo da je u funkciji očuvanja i zaštite okoliša te zdravlja ljudi.

Pronalaženjem optimalnog varijantnog rješenja postiže se i optimizacija utjecaja postojeće i buduće prometne potražnje na prometnu sigurnost, funkcionalnu učinkovitost i oblikovne elemente raskrižja.

Potrebno je izraditi prometnu analizu postojećeg raskrižja te predložiti najoptimalnije idejno prometno rješenje raskrižja.

Prilikom iznalaženja varijantnih rješenja na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ulica Franje Račkoga i Ulice I.Z. Dijankovečkog u Križevcima) provedeno je slijedeće:

- Terensko in situ mjerenje postojećih oblikovnih elemenata prostora raskrižja i privoza,
- Analiza in situ podataka te provjera istih prema važećoj hrvatskoj legislativi,
- Brojanje prometnih tokova prema broju i strukturi tijekom mjerodavnog dana u tjedni vršnim satima (jedan sat ujutro/popodne),
- Analiza podataka prometnih tokova,
- Izrada tlocrtne skice postojećeg stanja raskrižja,
- Izrada tlocrtne skice idejnih varijantnih rješenja rekonstrukcije raskrižja i prometnica.

Prije izrade idejnog rješenja potrebno je uskladiti predložena rješenja sa važećim prostornim planom te izvršiti provjeru korištenja prostora. U starim gradskim jezgrama vrlo se često susrećemo sa objektima koji se nalaze pod zaštitom pri Regionalnom zavodu za zaštitu spomenika kulture.

Na temelju predloženih varijantnih rješenja izradit će se analiza svakog ponuđenog varijantnog rješenja te odabir najprihvatljivijeg. Za isto rješenje, u sklopu ovog diplomskog rada izraditi će se tlocrtni prikaz, presjek, detalji te odabir kolničke konstrukcije, izrađen na temelju proračuna iste.

## **2. Analiza postojećeg stanja raskrižja ŽC2210 (Ulica Tadije Smičiklasa i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ulica Franje Račkoga i Ulice I.Z. Dijankovečkog)**

### **2.1. Osnovni podatci**

#### **2.1.1. Dispozicija lokacije**

Datum pregleda: 20.09.2020.

Vrijeme pregleda: 06:30 – 09:00; 15:00 – 16:30 sati

Županija: Koprivničko-križevačka županija

Općina/grad/mjesto: Križevci

GPS lokacije: 46.028346, 16.544839

Cesta: ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) – nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.)

Raskrižje: ŽC2210 (Smičiklasova ul.) (privoz 1) Zakmardijeva ul. (privoz 2) Potočka ul. (privoz 3) Ul. F. Račkoga (privoz 4)

Dispozicija lokacije: raskrižje se nalazi u sjevernom, ali užem centru grada Križevaca na jednoj od prometno najvažnijih i najopterećenijih prometnica – Zakmardijeva ul. i Ul. F. Račkoga (Slika 1.).

Raskrižje se nalazi 400 m sjeverno od centra grada, odnosno Trga J. J. Strossmayera. Nerazvrstana cesta Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul. povezuje i spaja južni i sjeverni dio grada Križevaca, dok ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) povezuje zapadni i istočni dio sjevernog dijela grada. Sukladno tome, raskrižje predstavlja jednu od bitnih točaka u prometnoj mreži grada i mreži županijskih cesta Koprivničko-križevačke županije (Slika 2.).

Raskrižje je omeđeno poslovno-stambenim objektima dok se najveći atraktori putovanja nalaze sjeverno i južno od raskrižja; sjeverno – Katedrala Presvetog Trojstva (300 m od raskrižja), te Osnovna škola Ljudevita Modeca i Vatrogasni dom sa sjeveroistočne strane

udaljeni 100 m od raskrižja; južno – Gradski muzej Križevci, Općinski sud, Poglavarstvo Grada Križevaca, Sjedište Županijske uprave za ceste Koprivničko-križevačke županije i Župa Sv. Ane udaljeni 100-250 m od raskrižja.

Raskrižje je ne semaforizirano nestandardnog četverokrakog tipa u razini upravljano prometnom signalizacijom i opremom. Nestandardni tip podrazumijeva što je centar raskrižja glavnih/sporednih prometnica razlomljen – odvojen.

Glavni prometni pravac Zakmardijeva ul. i Ul. F. Račkoga, te sporedni prometni pravci ŽC2210 (Smičiklasova ul.) i Potočka ul. jednostrani su kolnici. Na raskrižju dopušteni su svi smjerovi kretanja motornih vozila. Za prijelaz pješaka postoje označeni pješački prijelazi preko svakog privoza.

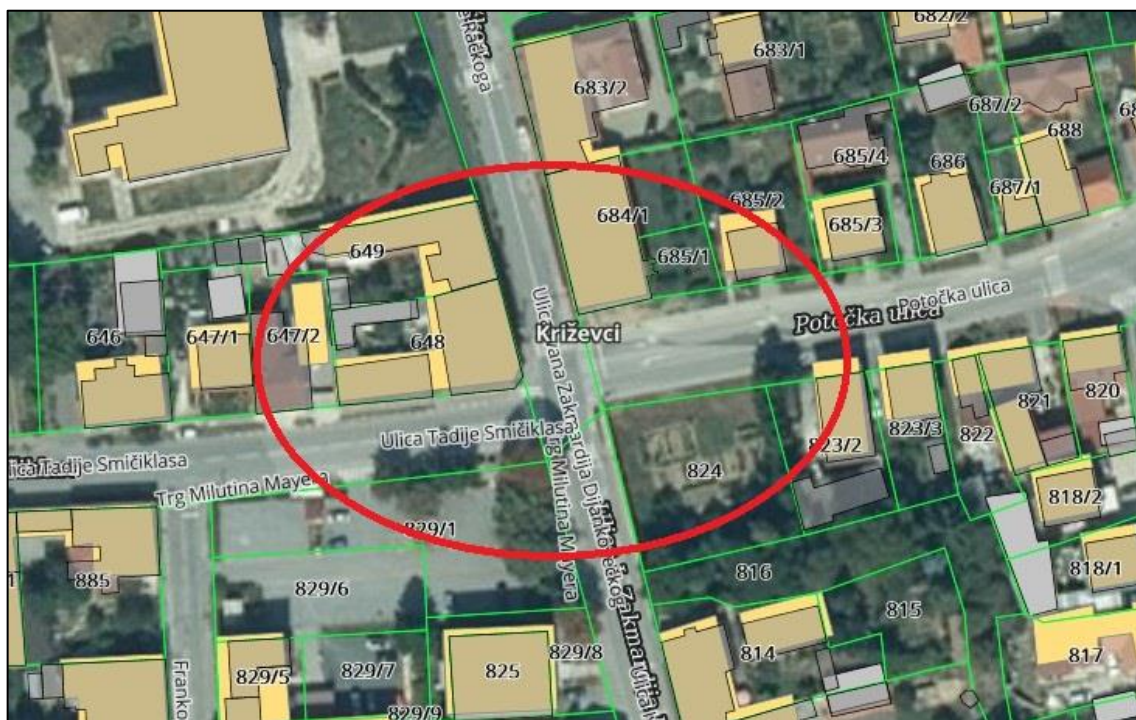
Autobusna stajališta i biciklističke staze/trake nisu izvedene, osim biciklističke staze na privozu 3. Jugozapadno između privoza 1 i 2 nalazi se uređena površina za javni parking motornih vozila. Naplatna zona 2. naplaćuje se 2 kn/h i sadrži 40 PM + 1 za osobe sa invaliditetom.

Na čestici kčbr.824, k.o. Križevci, smješten je Daničićev zid, (Slika 3.) koji potječe iz XV stoljeća. Isti je sagrađen kako bi razgraničio Gornji i Donji grad te predstavlja kulturni spomenik. Na istom stoji zabilježba, Rješenje Ministarstva kulture, Uprave za zaštitu kulturne baštine, Sektora za konzervatorske odjele i inspekciju, Konzervatorskog odjela u Bjelovaru te je zabranjeno bilo kakvo uzurpiranje prostora na dijelu na kojem se isti proteže.

Iz tog razloga prilikom pronalaženja optimalnog varijantnog rješenja rekonstrukcije raskrižja nije dozvoljeno zadirati u prostor na kojem je smješten navedeni zid, što uvelike otežava izradu varijantnih rješenja rekonstrukcije raskrižja.



Slika 1. Makro dispozicija raskrižja ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.)



Slika 2. Mikro dispozicija raskrižja ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.)





Slika 3. „Daničičev zid“

## 2.1.2. Fotografski prikaz lokacije raskrižja

Privoz 1 (ŽC2210, Ulica Tadije Smičiklasa)





Privoz 2 (nerazvrstana cesta, Ulica Ivana ZakmardijeDijankovečkog)



Privoz 3 (ŽC2210, Potočka ulica)



### Privoz 4 (nerazvrstana cesta, Ulica Franje Račkoga)



### 2.1.3. Fotografski prikaz lokacije javnog parkirališta



## 2.2. Infrastrukturne značajke

**Položaj:** urbano područje, uži centar grada Križevaca

**Morfologija terena:** ravničarski, brežuljkasti

**Prostor:** poslovno-stambena ograničenja

**Geometrija raskrižja:**

**Vrsta cestovnog prometa:** motorna vozila

**Kategorija ceste:** 3. kategorija

**Projektna brzina ( $V_p$ ):** 50 km/h

**Poprečni nagib kolnika u pravcu ( $q_{min} = 2.5\%$ ):**

privoz 1;  $q_{min} = 0.9\%$  - nezadovoljavajuće

privoz 2;  $q_{min} = 1.8\%$  - nezadovoljavajuće

privoz 3;  $q_{min} = 0.3\%$  - nezadovoljavajuće

privoz 4;  $q_{min} = 0.1\%$  - nezadovoljavajuće

**Poprečni nagib kolnika u zavoju:** nema

**Zaustavna preglednost (PZ 50 m za 50 km/h):** nezadovoljavajuća iz svih privoza

**Najmanji dopušteni polumjer ( $R_{min}$ ):** nije primjenjivo

**Uzdužni nagib nivelete ( $s_{max} = 9\%$ ):**

privoz 1;  $s_{max} = 2.1\%$  - zadovoljavajuće

privoz 2;  $s_{max} = 1.1\%$  - zadovoljavajuće

privoz 3;  $s_{max} = 5.5\%$  - zadovoljavajuće

privoz 4;  $s_{max} = 0.1\%$  - zadovoljavajuće

**Širina prometnog traka (špt za 50 km/h = 3.00 m):**

privoz 1; špt = 4.0 m - zadovoljavajuće

privoz 2; špt = 3.40 m - zadovoljavajuće

privoz 3; špt = 2.85 – 3.00 m - nezadovoljavajuće

privoz 4; špt = 3.10 – 3.25 m - zadovoljavajuće

**Širina rubnog traka (šrt za 50 km/h = 0.20 m):** nezadovoljavajuće na svim privozima

**Širina razdjelnog pojasa (šrp):** nema

**Zaustavni trak:** nema

**Širina bankine:** nema

**Širina nogostupa (šn za 50 km/h = 1.00 m):**

privoz 1; šn = 2.00 m - zadovoljavajuće

privoz 2; šn = 2.30 m – 2.60 m - zadovoljavajuće

privoz 3; šn = 1.30 – 1.50 m - zadovoljavajuće

privoz 4; šn = 1.55 – 2.85 m - zadovoljavajuće

**Širina biciklističke staze (šbs):** šbs = 1.05 m na privozu 3, na ostalima nije izvedena

**Proširenje kolnika u zavoju:** nema

**Horizontalna preglednost:** nezadovoljavajuća

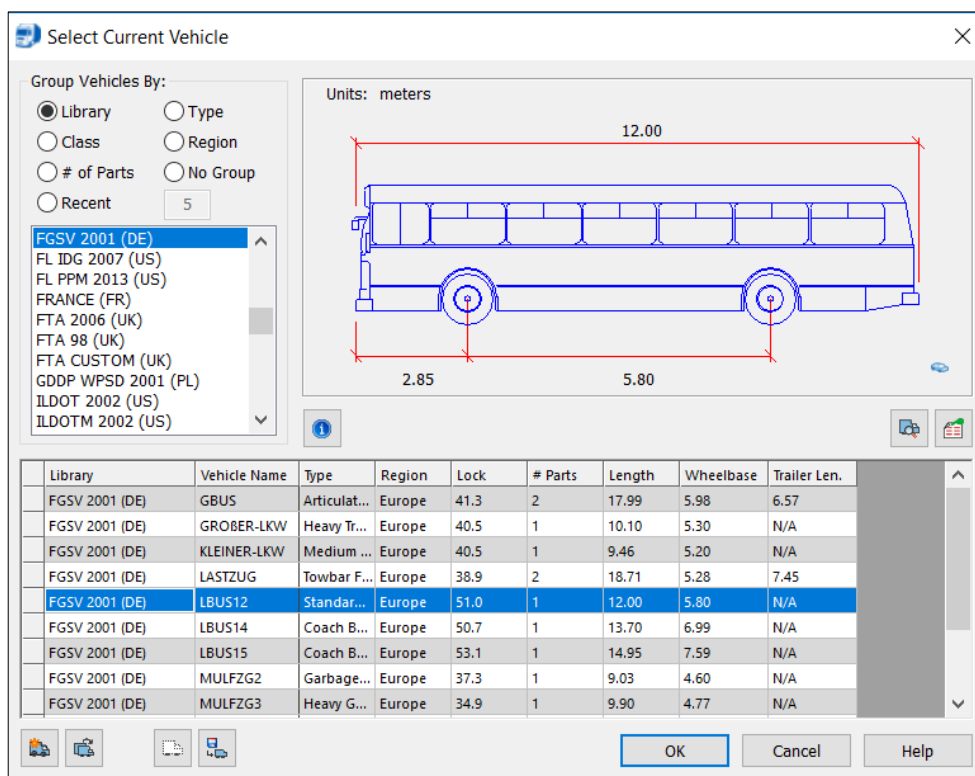
**Vertikalna preglednost:** zadovoljavajuća

**Prometni/Slobodni profil:** zadovoljavajući.

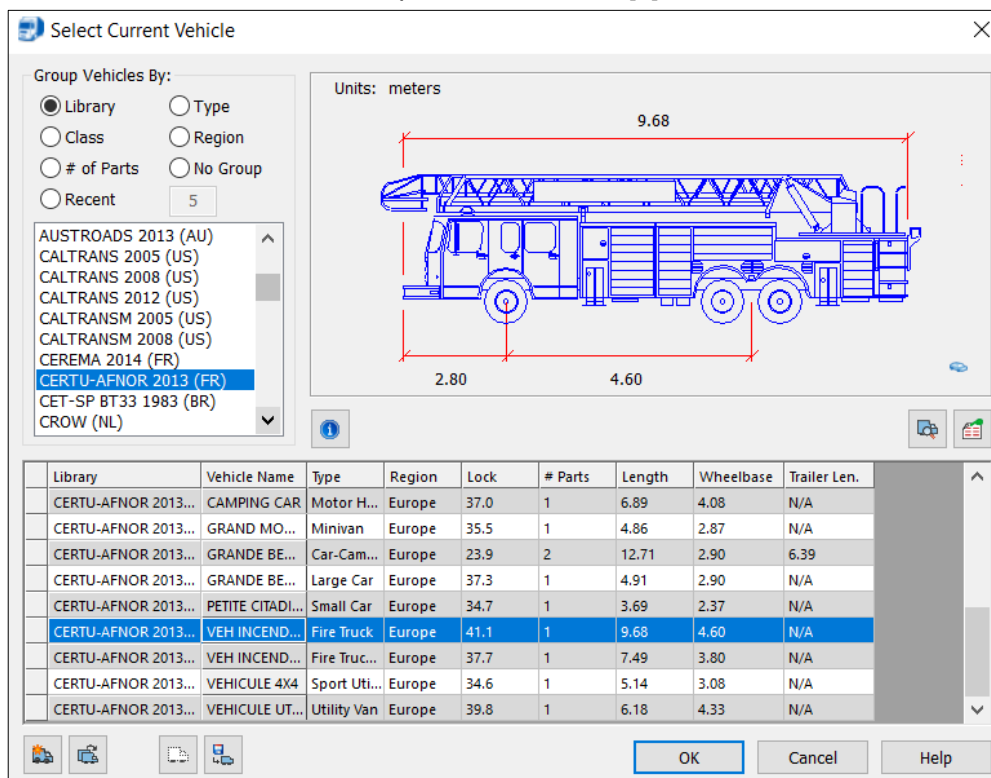
**Prometno-oblikovni elementi**

- **ograničenje brzine:** 40 km/h.

- **mjerodavno vozilo:** autobus za prijevoz školske djece/vatrogasno vozilo (Slika 4. i Slika 5.). Ispitivanje i provjera trajektorija kretanja mjerodavnog vozila provodi se u programu AutoTURN gdje je potrebno odabrati mjerodavna vozila sukladno korištenim njemačkim FGSV 2001. i francuskim smjernicama CERTU-AFNOR 2013.



Slika 4. Mjerodavno vozilo – autobus za prijevoz školske djece za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) iz baze AutoTURN, Izvor: prema FGSV 2001.[1]



Slika 5. Mjerodavno vozilo – vatrogasno vozilo za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) iz baze AutoTURN, Izvor: prema CERTU-AFNOR 2013.[1]



### **2.3. Regulacija i organizacija prometa**

Prometni tokovi regulirani su vertikalnom, horizontalnom prometnom signalizacijom i osnovnom prometnom opremom.

Glavni prometni pravac Zakmardijeva ul. i Ul. F. Račkoga, te sporedni prometni pravci ŽC2210 (Smičiklasova ul. i Potočka ul.) jednostručni su kolnici. Na raskrižju dopušteni su svi smjerovi kretanja motornih vozila. Za prijelaz pješaka postoje označeni pješački prijelazi preko svakog privoza. Autobusna stajališta i biciklističke staze/trake nisu izvedene, osim biciklističke staze na privozu 3. Jugozapadno između privoza 1 i 2 nalazi se uređena površina za javni parking motornih vozila. Naplatna zona 2. naplaćuje se 2 kn/h i sadrži 40 PM + 1 za osobe sa invaliditetom.

#### **Postojeća prometna signalizacija i oprema:**

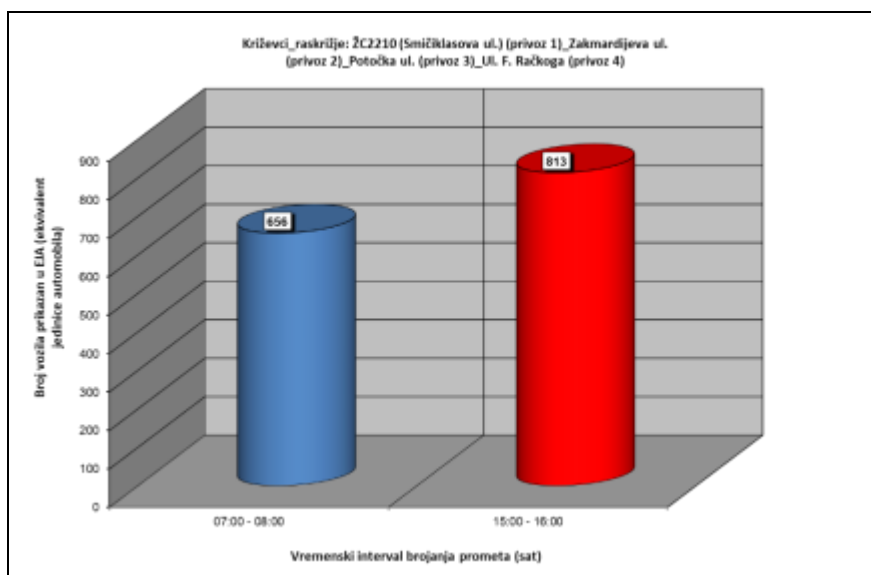
- vertikalna signalizacija: nije zadovoljavajuća.
- horizontalna signalizacija: nije zadovoljavajuća.
- svjetlosna signalizacija: nije izvedena.
- oprema: nije zadovoljavajuća; potrebna dopuna.

#### **Okolina i okruženje:**

- hortikultura: zadovoljavajuća.
- reklame: nema.
- ostalo: nema.

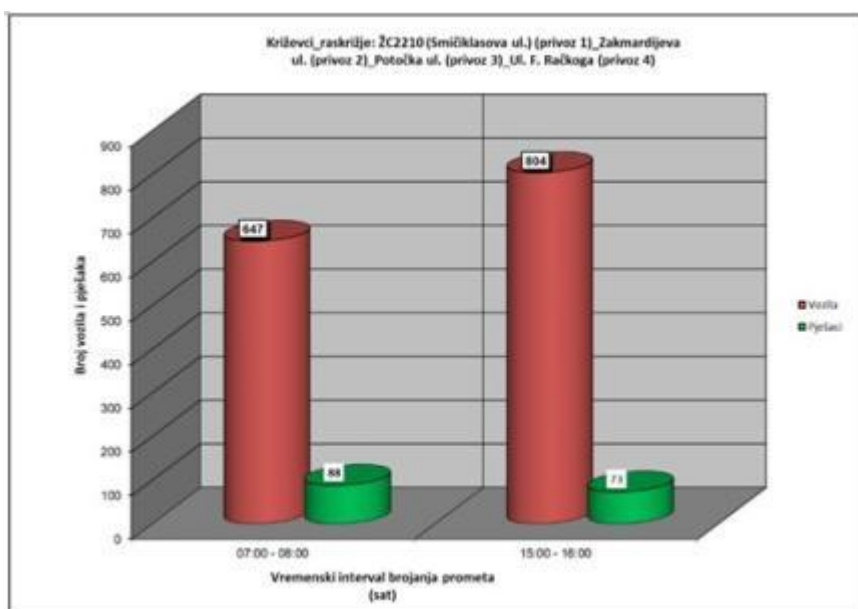
### **2.4. Prometna potražnja**

Grafikon 1. prikazuje broj vozila u EJA (ekvivalent jedinice automobila) po satu. Brojanje prometa izvršeno je u utorak, 20.09.2020., putem video kamere u jutarnjem vršnom opterećenju, od 06:00 do 07:00 sati, te je zabilježeno ukupno 656 EJA. U popodnevnom vršnom opterećenju od 15:00 do 16:00 sati zabilježeno je ukupno 813 EJA.



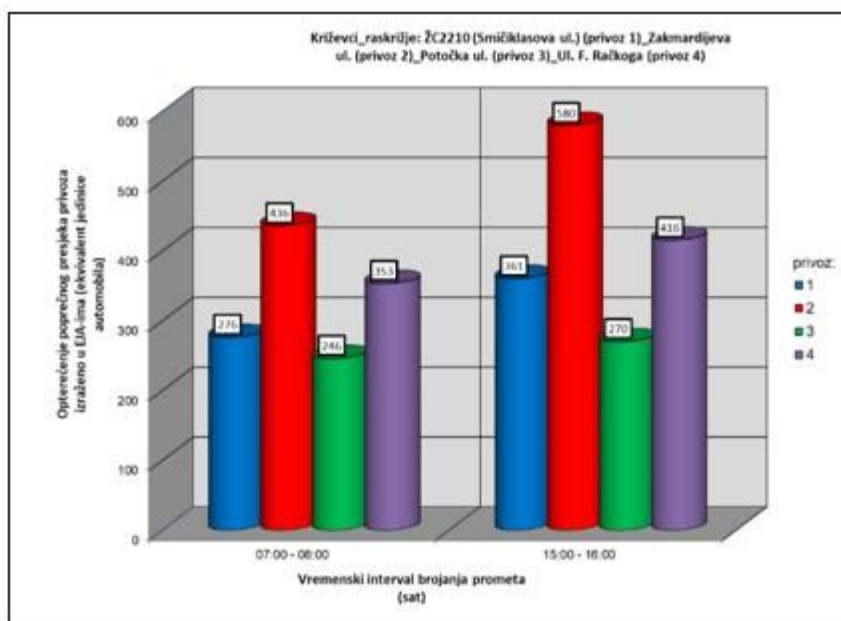
Grafikon 1. Ukupan broj vozila u EJA za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.)[1]

Na grafikonu 2. prikazan je ukupan broj vozila i pješaka u jutarnjem i popodnevnom vršnom opterećenju. U jutarnjem vršnom opterećenju zabilježeno je 647 vozila i 88 pješaka, dok je u popodnevnom vršnom opterećenju zabilježeno 804 vozila i 73 pješaka. Može se zaključiti da ovim raskrižjem u jutarnjem vršnom opterećenju dominiraju motorna vozila u iznosu od 88%, dok pješaci zauzimaju 11.97% ukupnog prometa na raskrižju, a u popodnevnom vršnom opterećenju dominiraju motorna vozila u iznosu od 91.7%, dok pješaci zauzimaju svega 8.32% ukupnog prometa na raskrižju.



Grafikon 2. Ukupan broj vozila i pješaka za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.)[1]

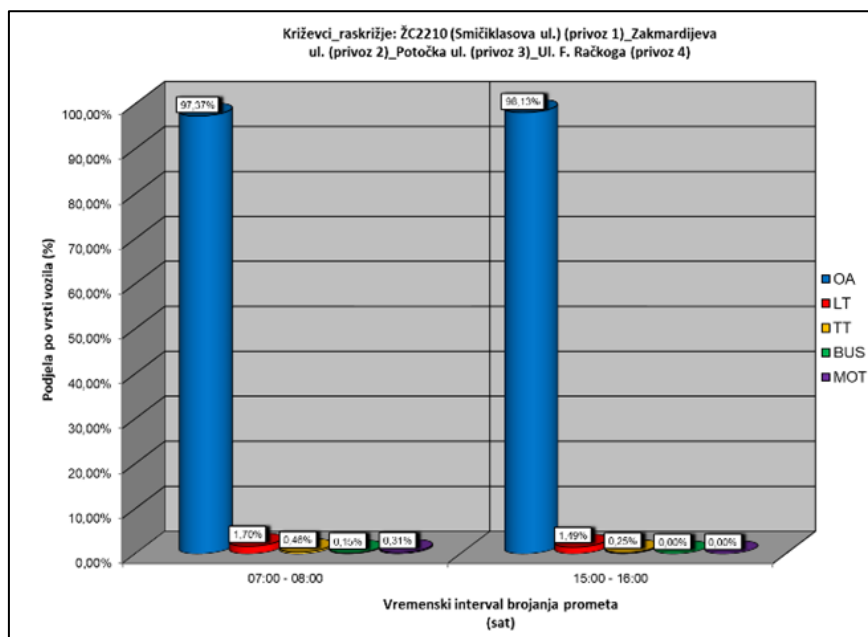
Opterećenje poprečnog presjeka svakog privoza izraženog u EJA po satu prikazano je na grafikonu 3. Može se zaključiti da je privoz 2 najopterećeniji u jutarnjem i popodnevnom vršnom opterećenju, te iznosi 436 EJA/h u jutarnjem i 580 EJA/h u popodnevnom vršnom opterećenju, dok je privoz 3 najmanje opterećen (246 EJA/h u jutarnjem i 270 EJA/h u popodnevnom vršnom opterećenju). Opterećenje privoza 2 u jutarnjem vršnom opterećenju veće je za čak 56.42% od opterećenja na privozu 3 u vremenskom periodu od 07:00 do 08:00 sati, dok je u popodnevnom vršnom opterećenju, opterećenje privoza 2 veće za 46.55% od opterećenja na privozu 3 u vremenskom periodu od 15:00 do 16:00 sati.[1]



Grafikon 3. Opterećenje poprečnog presjeka svakog privoza (EJA/h) za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.)[1]

Postotna podjela po vrsti vozila za promatrani vremenski interval od 07:00 do 08:00 sati i od 15:00 do 16:00 sati prikazan je na Grafikonu 4. Može se zaključiti da u jutarnjem vršnom opterećenju dominiraju izrazito osobna vozila u iznosu od 97.37%, te laka teretna vozila u iznosu od 1.7%, teška teretna vozila u iznosu od 0.46%, autobusi u iznosu od svega 0.15% i motocikli u iznosu od 0.31%, dok u popodnevnom vršnom satu također dominiraju osobna vozila u iznosu od 98.13%, te laka teretna vozila u iznosu od 1.49% i teška teretna vozila u iznosu od 0.25%.[1]





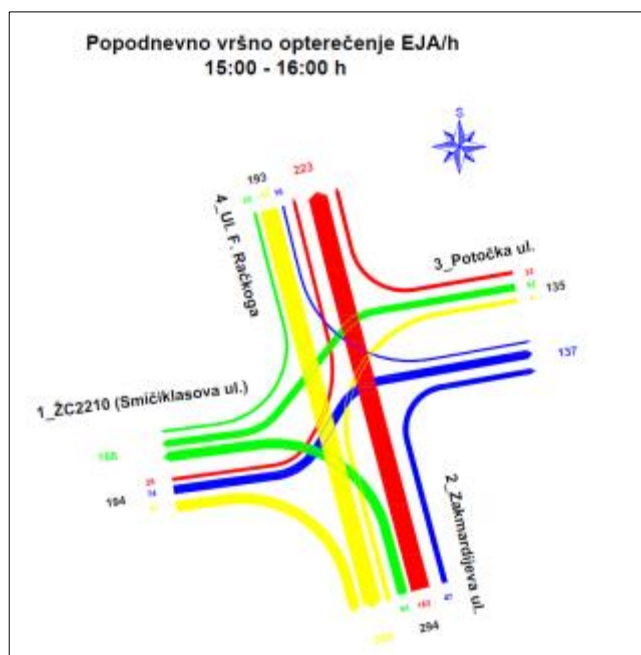
Grafikon 4. Podjela strukture prometnih tokova po vrsti vozila za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) [1]

U nastavku će se prikazati jutarnje i popodnevno vršno opterećenje u EJA/h po smjerovima kretanja prometnih tokova. (Grafikon 5. i Grafikon 6.). Može se zaključiti da su privozi, odnosno smjerovi 2 – 4 i 4 – 2 najopterećeniji u oba vrša sata.

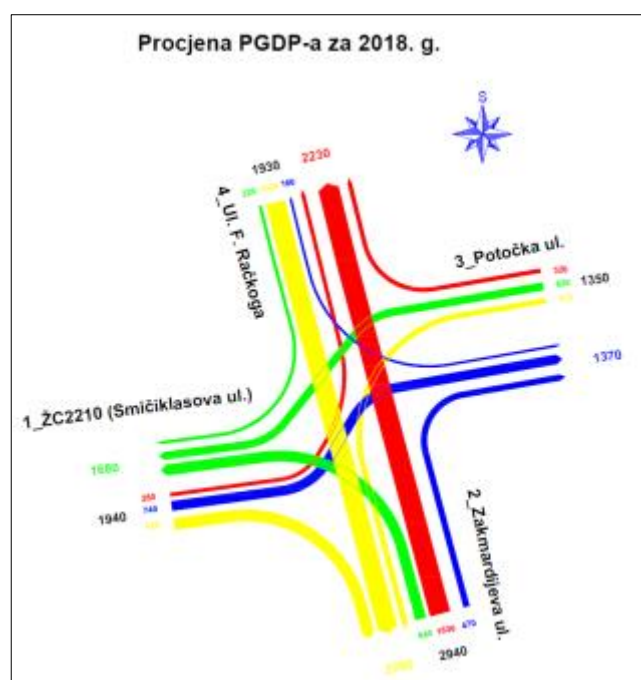
Prema navedenom, procjena PGDP-a (prosječni godišnji dnevni promet) prikazana je na Grafikonu 7. [1]



Grafikon 5. Podjela prometnih tokova po smjerovima kretanja za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) u jutarnjem vršnom opterećenju [1]



Grafikon 6. Podjela prometnih tokova po smjerovima kretanja za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) u popodnevnom vršnom opterećenju[1]



Grafikon 7. Procjena PGDP-a za 2018.g. za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) u popodnevnom vršnom opterećenju[1]

Zaposjednutost javnog parkirališta prikazana je u Tablici 1., prema kojoj možemo zaključiti da je u promatranim vremenskim periodima izrazito slabo popunjeno, te se postavlja pitanje da li je uopće potrebno na toj lokaciji i u tolikom broju parkirališnih mjesta?

Ukupan broj parkirališnih mjesta (PM)	40+1	
Promatrani sat / Broj parkiranih vozila	[%]	
07:00 – 08:00 h	3	7.3
15:00 – 16:00 h	4	9.7

Tablica 1. Zaposjednutost javnog parkirališta - Križevci[1]

## 2.5. Prometna sigurnost

Podatci o prometnoj sigurnosti neće biti prikazani jer službeni podatci Ministarstva unutarnjih poslova nisu zabilježili niti jednu prometnu nesreću u zadnjih tri godine.

U nastavku će se prikazati analiza konfliktnih točaka na postojećem stanju raskrižja (Slika 6.). Na postojećem stanju raskrižja i vezanih prometnica, odnosno raskrižja zabilježeno je ukupno 65 konfliktnih točaka, po 20 uplitanja i isplitanja i 25 križanja, što je veliki ukupan broj.[1]



Slika 6. Analiza konfliktnih točaka na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.)[1]

### 3. Uočeni nedostatci raskrižja ŽC2210 (Ulica Tadije Smičiklasa i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ulica Franje Račkoga i Ulice I.Z. Dijankovečkog)

#### 3.1. Prometna sigurnost

Zbog postojećeg broja konfliktnih točaka prema prethodnom poglavlju, te neodgovarajućeg trokuta preglednosti potrebno je rekonstruirati raskrižje. Slike provjere zaustavne preglednosti i trokuta preglednosti u raskrižju na svim privozima prikazane su u nastavku.

Privoz 1 (ŽC2210, Ulica Tadije Smičiklasa)



*Slika 7. Privoz 1, zaustavna preglednost i provjera trokuta preglednosti*



Privoz 2 (nerazvrstana cesta Ulica Ivana ZakmardijeDijankovečkog)



*Slika 8. Privoz 2, zaustavna preglednost i provjera trokuta preglednosti*

Privoz 3 (ŽC2210, Potočka ulica)





*Slika 9. Privoz 3, zaustavna preglednost i provjera trokuta preglednosti*

Privoz 4, (nerazvrstana cesta, Ulica Franje Račkoga)



*Slika 10. Privoz 4, zaustavna preglednost i provjera trokuta preglednosti*

Osim navedenoga, potrebno je zamijeniti površinski dio asfaltnog kolnika, te urediti pješačke nogostupe u užem području raskrižja, kao i nadopuniti sa biciklističkim stazama.

Prilikom skretanja mjerodavnog vozila iz svih privoza, posebno desna skretanja iz privoza 1 u 2, 2 u 3 i 4 u 1 nije moguće zadovoljiti optimalne trajektorije skretanja, te u praksi dolazi do situacija kada takva vozila moraju zauzeti i suprotne/susjedne prometne trakove pri čemu dolazi do nesigurnih prometnih radnji za sve sudionike prometnih procesa na raskrižju (Slika 12.).

### **3.2. Prometna signalizacija i oprema**

Zbog podizanja stupnja prometne sigurnosti postojećeg stanja raskrižja, potrebno je nadodati određene prometne znakove i opremu zbog velikog intenziteta prolaska školske djece raskrižjem.

- privoz 1, ŽC2210 (Smičiklasova ul.): postojeći B31 i B39 postaviti na fluorescentnu podlogu, kao i A34 i B31, te C02.

- privoz 2, Zakmardijeva ul.: postojeći B31 postaviti na fluorescentnu podlogu, kao i B02, C02 i C08.

- privoz 3, Potočka ul.: postojeći B02 i C02 postaviti na fluorescentnu podlogu.

- privoz 4, Ul. F. Račkoga: postojeći C02 i C08 postaviti na fluorescentnu podlogu, kao i preostala dva C02 na sjevernom dijelu privoza.

Na svim privozima potrebno je u potpunosti obnoviti horizontalnu prometnu signalizaciju.

Na sljedećim priložima (Slika 11. i 12.) predočeno je postojeće stanje raskrižja sa provjerom trajektorija kretanja mjerodavnog vozila.





Slika 11. Postojeće stanje raskrižja[1]



Slika 12. Trajektorije mjerodavnog vozila – postojeće stanje.[1]



## 4. Varijantna rješenja raskrižja ŽC2210 (Ulica Tadije Smičiklasa i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ulica Franje Račkoga i Ulice I.Z. Dijankovečkog)

### 4.1. Varijanta 1 – postavljanje svjetlosne signalizacije

Na postojeće stanje raskrižja, potrebno je uz nadopunu odgovarajuće vertikalne i horizontalne signalizacije postaviti prometno upravljanje svjetlosnom signalizacijom (Slika 13.).

Pri tome potrebno je glavne prometne pravce sjever – jug i obrnuto, odnosno privoz 2 – 4, postaviti u prioritetni rad zbog izmjerene prometne potražnje i kretanja strukture prometnih tokova. Posebno, potrebno je imati na umu skretanje mjerodavnih vozila i plan faza, odnosno ciklusa.

Ukupan broj konfliktnih točaka (65) ostaje isti kao i za postojeće stanje raskrižja.



Slika 13. Skica idejnog idejnog varijantnog rješenja varijante 1.[1]

## 4.2. Varijanta 2 – urbano jednotračno kružno raskrižje

Kako bi se optimizirala prometna sigurnost kroz smanjenje konfliktnih točaka na raskrižju i zadovoljavanja trokuta preglednosti, te posebno trajektorija mjerodavnog vozila raskrižje je moguće rekonstruirati u urbano jednotračno kružno raskrižje (Slika 15.). Također, usporedno sa postojećim stanjem organizacije prometa, u ovoj varijanti ukida se u potpunosti smjer kretanja jug – sjever, odnosno iz privoza 2 (Zakmardijeva ul.) u privoz 4 (Ul. F. Račkog), te djelomično lijeva skretanja iz privoza 4 (Ul. F. Račkog) u privoz 3 (Potočka ul.). Na ovaj način ukupan broj konfliktnih točaka se znatno smanjuje što direktno utječe na povećanje sigurnosti prometa. Prometno opterećenje raskrižja se također smanjuje što pridonosi prethodno navedenome.

Prometna potražnja iz smjera juga (privoz 2) prema sjeveru (privoz 4) usmjerava se na jednosmjernu Ul. M. Baltića, te prema sjeveru Ul. Svetokriška pa nadalje na zapad Potočkom ulicom do analiziranog raskrižja, pri čemu ovo postaje glavni prometni tok zbog dominantnog prometnog opterećenja. Prometna potražnja iz smjera sjevera (privoz 4) prema istoku (privoz 3) umjesto lijevih skretanja na raskrižju sa ŽC2210 usmjerava se na novo kružno raskrižje gdje nakon uključenja na kružni kolnik i njegovim kretanjem omogućava lijevo skretanje za privoz 3 (Potočka ul.). Za ove potrebe potrebni su veći prostorni zahvati, posebno zauzimanje, odnosno iskorištavanje prostora postojećeg javnog parkirališta. Kružno raskrižje bi zbog svojeg položaja i uloge bilo postavljeno u smjeru istok – zapad, ali elipsastog oblika i sa četiri privoza. Pješački i biciklistički promet bi se osigurao kroz postojeće i nove pješačke nogostupe i biciklističke staze. Okolni zaštitni zeleni pojas(evi) mogli bi se primjerenije iskoristiti i urediti jer im se značajno povećava prostorni obuhvat.

Predlažu se sljedeći oblikovni elementi urbanog jednotračnog raskrižja:

- $D_v = 45.96$  m (vanjski promjer kružnog raskrižja)
- $D_u = 27.00$  m (unutarnji promjer kružnog raskrižja)
- $B = 8.00$  m (širina kružnog kolnika)
- $b_u = 3.50 - 4.41$  m (širina ulaznog dijela privoza)
- $b_i = 3.72 - 5.35$  m (širina ulaznog dijela privoza)
- $R_{ul} = 6.17 - 11.15$  m (širina ulaznog dijela privoza)
- $R_{iz} = 5.00 - 27.06$  m (širina ulaznog dijela privoza).[1]

Analiza ukupnog broja konfliktnih točaka Varijante 2. prikazana je na Slici 14.. Može se zaključiti da prema Varijanti 2. ukupan broj konfliktnih točaka, usporedno sa postojećim

stanjem raskrižja i Varijantom 1., je manji za čak 86%, odnosno sada iznosi samo 9 točaka (5 uplitanja i 4 isplitanja).



Slika 14. Analiza konfliktnih točaka Varijante 2. na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) [1]



Slika 15. Skica idejnog idejnog varijantnog rješenja varijante 2. [1]





Slika 16. Trajektorije mjerodavnog vozila za varijantno rješenje 2.[1]

### 4.3. Varijanta 3. – rekonstrukcija prometnice ŽC2210 i raskrižja

Kako bi se optimizirala prometna sigurnost kroz smanjenje konfliktnih točaka na raskrižju i zadovoljavanja trokuta preglednosti, te posebno trajektorija mjerodavnog vozila, raskrižje, odnosno prometnicu ŽC2210 je moguće rekonstruirati na način da ju položimo južno, a javno parkiralište sjeverno u prostoru omeđeno Frankopanskom ul. na zapadu i Zakmardijevom ul. na istoku (Slika 18.).

Za ove potrebe potrebni su veći prostorni zahvati, posebno rekonstrukcija, odnosno iskorištavanje prostora postojećeg javnog parkirališta. Javno parkiralište bi se zadržalo, ali bi bila osigurano 16 parkirališnih mjesta.

Pješački i biciklistički promet bi se osigurao kroz postojeće i nove pješačke nogostupe i biciklističke staze. Okolni zaštitni zeleni pojas(evi) mogli bi se primjerenije iskoristiti i urediti jer im se značajno povećava prostorni obuhvat.

Analiza ukupnog broja konfliktnih točaka Varijante 3. prikazana je na Slici 17. Može se zaključiti da prema Varijanti 3. ukupan broj konfliktnih točaka, usporedno sa postojećim

stanjem raskrižja je manji za čak 32%, odnosno sada iznosi 44 točka (16 uplitanja, 16 isplitanja i 12 križanja), dok je od Varijante 2. veći za čak 80%.



Slika 17. Analiza konfliktnih točaka Varijante 3. na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) [1]



Slika 18. Skica idejnog idejnog varijantnog rješenja varijante 3. [1]





Slika 19. Trajektorije mjerodavnog vozila za varijantno rješenje 3.[1]

#### 4.4. Varijanta 4. – rekonstrukcija prometnice ŽC2210 u jednosmjernu

Kako bi se optimizirala prometna signurnost kroz smanjenje konfliktnih točaka na raskrižju i zadovoljavanja trokuta preglednosti, te posebno trajektorija mjerodavnog vozila, raskrižje, odnosno prometnicu ŽC2210 je moguće rekonstruirati u jednosmjernu prometnicu od raskrižja sa Zakmardijevom ul. do Frankopanske ul. (Slika 21.).

Za ove potrebe nisu potrebni veći prostorni zahvati. Organizacija i vođenje prometa ostaje ista kao i na postojećem stanju raskrižja (Varijanta 0.), ali se dodavanjem nove vertikalne i horizontalne signalizacije omogućava jednosmjerno vođenje prometa na manjem dijelu ŽC2210, odnosno u duljini od 72.00 m.

Javno parkiralište bi se zadržalo u punom svom kapacitetu (40+1 PM). Pješački i biciklistički promet bi se osigurao kroz postojeće i nove pješačke nogostupe i biciklističke staze. Okolni zaštitni zeleni pojas(evi) mogli bi se primjerenije iskoristiti i urediti u postojećim prostornim obuhvatima.

Analiza ukupnog broja konfliktnih točaka Varijante 4. prikazana je na Slici 20. Može se zaključiti da prema Varijanti 4. ukupan broj konfliktnih točaka, usporedno sa postojećim

stanjem raskrižja je manji za čak 44%, odnosno sada iznosi 36 točaka (12 uplitanja, 12 isplitanja i 12 križanja), dok je od Varijante 2. veći za 75% , a od Varijante 3. manji za 18%.



Slika 20. Analiza konfliktnih točaka Varijante 4. na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.)[1]



Slika 21. Skica idejnog varijantnog rješenja varijante 4.[1]

## 5. Odabir najpovoljnijeg varijantnog rješenja

Sukladno provedenim *in situ* istraživanjem te izrađenom detaljnom prometnom analizom, posebno prometne sigurnosti putem konfliktnih točaka, trajektorija kretanja mjerodavnih vozila i prometne potražnje te izradom idejnih varijantnih rješenja može se zaključiti da je optimalno idejno varijantno rješenje izvedba urbanog jednostranog kružnog raskrižja, odnosno Varijanta 2.

Usporedno sa postojećim stanjem organizacije prometa, Varijanta 2. ukida u potpunosti smjer kretanja jug – sjever, odnosno iz privoza 2 (Zakmardijeva ul.) u privoz 4 (Ul. F. Račkog), te djelomično lijeva skretanja iz privoza 4 (Ul. F. Račkog) u privoz 3 (Potočka ul.). Na ovaj način ukupan broj konfliktnih točaka i prometno opterećenje se znatno smanjuje što direktno utječe na povećanje sigurnosti prometa.

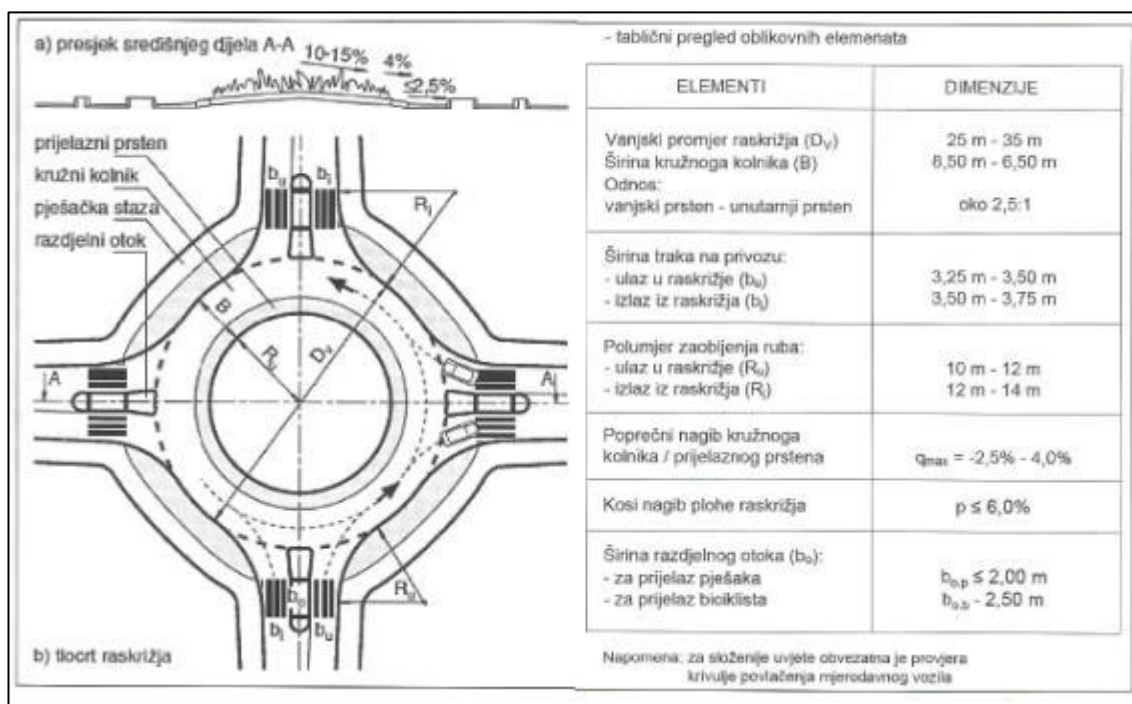
Prometna potražnja iz smjera juga (privoz 2) prema sjeveru (privoz 4) usmjerava se na jednosmjernu Ul. M. Baltića, te prema sjeveru Ul. Svetokriška pa nadalje na zapad Potočkom ulicom do analiziranog raskrižja, pri čemu ovo postaje glavni prometni tok zbog dominantnog prometnog opterećenja. Prometna potražnja iz smjera sjevera (privoz 4) prema istoku (privoz 3) umjesto lijevih skretanja na raskrižju sa ŽC2210 usmjerava se na novo kružno raskrižje gdje nakon uključanja na kružni kolnik i njegovim kretanjem omogućava lijevo skretanje za privoz 3 (Potočka ul.). Na ovaj način smo neznatno produljili vrijeme putovanja iz smjera juga prema sjeveru i sjevera prema istoku, ali s ciljem optimizacije sigurnosti na analiziranom raskrižju.



## 6. Urbano jednotračno kružno raskrižje

### 6.1. Općenito o kružnim raskrižjima

Kružna raskrižja su prometne građevine, gdje je kretanje vozila određeno središnjim kružnim otokom i kružnim kolnikom te privozima s razdjelnim otocima i prometnim znakovima.[2]



Slika 22. Osnovni oblikovni elementi manjeg kružnog raskrižja[2]

#### Prednosti kružnih raskrižja su:

- manji broj konfliktnih točaka čija je izravna posljedica puno veća sigurnost prometa, uz smanjenje brzine kretanja vozila u kružnom toku
- kružna raskrižja, u pravilu zahtijevaju manju zauzetost zemljišta te zahtijevaju puno manje troškove održavanja tijekom uporabe
- kružna raskrižja uzrokuju puno manje proizvedene buke i ispušnih štetnih plinova od vozila jer im je znatno veća propusna moć, a samim time u velikoj mjeri utječu na zaštitu okoliša

- kružna raskrižja u velikoj mjeri znatno skraćuju vremensko čekanje na privozima pri ulasku u kružni tok, praktički nema stajanja na privozima, ako je kružno raskrižje sa privozima korektno dimenzionirano u skladu sa prometnim opterećenjem

- kružna raskrižja mogu se vrlo dobro uklopiti u prostor

- kružna raskrižja su daleko najbolje rješenje za slučajeve sa više privoza

- manje posljedice prometnih nezgoda (nema čeonih sudara i sudara pod pravim kutom)

#### **Nedostatci kružnih raskrižja su:**

- kružna raskrižja pokazala su se kao slabije rješenje prilikom velikog prometnog toka sa skretanjem ulijevo, zbog duljih putovanja, s otežanim presijecanjima i preplitanjima

- velik broj kružnih tokova posljedično uzrokuje smanjuje razinu prometne sigurnosti te veći broj kružnih raskrižja u nizu ne omogućava uvođenje koordiniranog prolaza kroz ista („zeleni val“)

- pri velikom pješačkom i biciklističkom prometu koji presijecaju privoze ka kružnom toku uzrokuju probleme prilikom ulaska i izlaska u kružni tok te samim time utječu na propusnost i sigurnost prometa

## **6.2. Podjela kružnih raskrižja**

Kružna raskrižja mogu se razvrstati po više mjerila/kriterija, a uobičajena je podjela po lokaciji i veličini, po broju privoza i prometnim trakovima, po svrsi ili namjeni i sl.

### **6.2.1. Podjela prema lokaciji i veličini**

Šira podjela kružnih raskrižja podrazumijeva podjelu na kružna raskrižja u naseljima i kružna raskrižja izvan naselja te se na taj način dijele s obzirom na lokaciju i veličinu samih raskrižja

### **Kružna raskrižja u naselju**

▪mini kružna raskrižja – ( $Dv < 26m$ ) – izvode se u gušće izgrađenim gradovima. U usporedbi sa drugim nesemaforiziranim raskrižjima imaju veću propusnu moć i puno veću sigurnost prometnih tokova. Biciklisti i pješaci vode se izvan prometne plohe mini kružnog raskrižja.

▪mala kružna raskrižja ( $22m < Dv < 45m$ ) u načelu se izvode samo u gradskim sredinama. Brzina u kružnom toku je manja od 30km/h. Očekivana propusna moć je 15000 vozila/dan.

▪srednje velika kružna raskrižja ( $35m < Dv < 45m$ ) – grade se na jače opterećenim gradskim čvornim točkama. U kružnom toku omogućene su brzine  $V_k < 40km/h$ . Pješaci i biciklisti se isto vode van kolnika

### **Kružna raskrižja izvan naselja**

▪srednje velika kružna raskrižja ( $35 < Dv < 45m$ ) – omogućuju dobru propusnost (do 22000 vozila/dan), brzina ulaza u kružni tok je  $V_k < 40km/h$ .

▪srednje velika dvotračna kružna raskrižja ( $850m < Dv < 90$ ) – izvode se na mjestima velikih prometnih opterećenja izvan naselja i iznimno na rubnim dijelovima naselja.

▪velika kružna raskrižja ( $Dv < 90m$ ) – izvode se iznimno na cestama velikog učinka (križanja autocesta i brzih cesta te cesta 1. razreda)

### **6.2.2. Podjela po broju privoza i prometnih trakova**

U pogledu broja privoza kružna raskrižja dijele se na:

- s tri privoza
- s četiri privoza
- s pet i više privoza

S obzirom na broj prometnih trakova u kružnom kolniku, kružna raskrižja se najčešće dijele na jednotračna i dvotračna.

### 6.2.3. Podjela kružnih raskrižja s obzirom na namjenu

Kružna raskrižja prema namjeni dijele se na:

- raskrižja za smirivanje prometa
- raskrižja za ograničavanje prometa
- raskrižja za postizanje veće propusne moći uz dostatnu sigurnost prometa

### 6.3. Projektno-oblikovni elementi malih i srednje velikih kružnih raskrižja

Okvirni izgled kružnog raskrižja najviše ovisi o količini i strukturi prognoznog prometa, položaju u cestovnoj mreži, položaju u odnosu na ostale objekte na mikrolokaciji, dopuštenoj brzini tokova i sl.

Prije odabiranja konačnih projektno – oblikovnih elemenata kružnog raskrižja potrebno je provesti niz istraživanja i modeliranja istog. Gotove sve smjernice za projektiranje kružnih raskrižja navode okvirne veličine. Postupak projektiranja provodi se određenim redom u kojima se odabire vanjski promjer, širina kružnog kolnika, širine ulaznog i izlaznog dijela privoza, širina otoka ili razdjelnika u privozu, radijus ulaznog ili izlaznog zaobljenja itd.

Veličina, n-tračno, Oznaka	Alokacija	Vanjski promjer $D_v(m)$	Širina kolnika (m)	Propusna moć (voz/dan)	Oblikovanje i dimenzioniranje
1	2	3	4	5	6
Mini, jednotračno (RKT <sub>m</sub> )	U naselju	13,5-25	4,5-5,0	<15000	Poseban postupak
Malo, jednotračno (RKT <sub>M</sub> )	U naselju	22-35	9,0-6,5	15000	$V_k=30\text{km/h}$
Srednje veliko, jednotračno (RKT <sub>sv</sub> )	U naselju	30-40	7,0-5,5	20000	$V_k=35\text{km/h}$
Srednje veliko, jednotračno (RKT <sub>sv</sub> )	Izvan naselja	35-45	6-5,5	22000	$V_k=40\text{km/h}$
Srednje veliko, dvotračno (RKT <sub>sv2</sub> )	Izvan naselja	50-90	7,5-7,0	25000	$V_k=30\text{km/h}$
Veliko, dvotračno (RKT <sub>v2</sub> )	Izvan naselja	>90	>7	>25000	Poseban postupak

Tablica 2. Okvirni oblikovni elementi kružnih raskrižja[2]

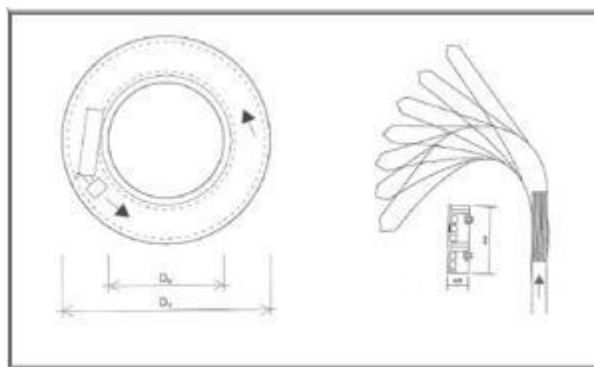
### 6.3.1. Kružni kolnik

Unutarnji i vanjski promjer/polumjer te širina kružnog kolnika bilo da se radi o kružnom kolniku s jednim ili dva prometna traka, najbitnije su sastavnice što se tiče projektno/oblikovnih elemenata kružnog raskrižja.

U pravilu se prilikom projektiranja uzima jedan prometni trak u kružnom kolniku.

Za svako kružno raskrižje, a pogotovo kod urbanih kružnih raskrižja neophodno je izvršiti provjeru prolaska mjerodavnih vozila kroz kružno raskrižje iz svih privoza.

Da bi se smanjila brzina kretanja vozila u kružnom toku, kružni kolnik se u pravilu izvodi u poprečnom nagibu prema vanjskoj strani kružnog kolnika i to  $q_{\min} = -2,5\%$ . Na taj način se postiže i bolja i učinkovitija odvodnja oborinskih voda te bolji prelazak iz privoza u kružni tok.



Slika 23. Elementi za provjeru provoznosti kružnog kolnika i privoza[2]

### 6.3.2. Kružni otok

U oblikovnom i funkcionalnom pogledu središnji kružni otok bi trebao ispuniti bitne ciljeve, a to su:

- prekid trase sa svojstvima slobodnog toka
- prepoznavanje kružnog raskrižja u mreži
- obilaženje vozila
- mjesto za prometnu signalizaciju

- prostor za posebna oblikovanja i krajobrazna uređenja

Središnji otok može biti provozni, djelomično provozni ili pak neprovozni dio obrubljen kružnim kolnikom.

### **6.3.3. Prijelazni prsten**

Prijelazni prsten, tj. povozni dio kružnog toka, izvodi se širine 1,5 – 2,0 m i to između kružnog kolnika i središnjeg otoka. Isti omogućuje lakši provoz duljih vozila. Uglavnom se izvodi iz različitog materijala od kružnog kolnika pa se u tu svrhu najčešće upotrebljavaju granitne kocke i sl., a istovremeno se razgraničuje sa središnjim otokom postavljanjem betonskih cestovnih rubnjaka.

### **6.3.4. Privozi**

Propusna moć i sigurnost kretanja vozila u kružnom raskrižju najviše ovise o privozima prema istom, što u smislu oblikovanja i odabira projektnih elemenata čini jedan od najosjetljivijih postupaka. Kod projektiranja kružnog raskrižja potrebno je zasebno dimenzionirati ulazni, odnosno izlazni dio privoza. Što se ulaznog dijela posebnu pažnju potrebno je obratiti na širinu ulaza ( $e'$ ) i duljini proširivanja ulaza ( $l'$ ).

Da bi se smanjila ulazna brzina u kružno raskrižje priključci se izvode sa što manjim mogućim polumjerom zaobljenja.

### **6.3.5. Razdjelni otok u privozu**

Uloga razdjelnog otoka je razdjeljivanje i vođenje tokova, sprečavanje opasnih skraćivanja putanje vozila, najavu obveznog usporavanja, pomoć u poprečnom prijelazu pješaka i biciklista te kao prostor za postavljanje prometnih znakova.

Razdjelni otoci trebaju biti prilagođeni veličini kružnog raskrižja i odmjereni prema brzini na ulazu s privoza.

Iznimno, kod kružnih raskrižja sa malim prometom nije potrebna izvedba razdjelnog otoka. U tom slučaju izvodi se tlocrta izvedba razdjelnog otoka iscrtavanjem.



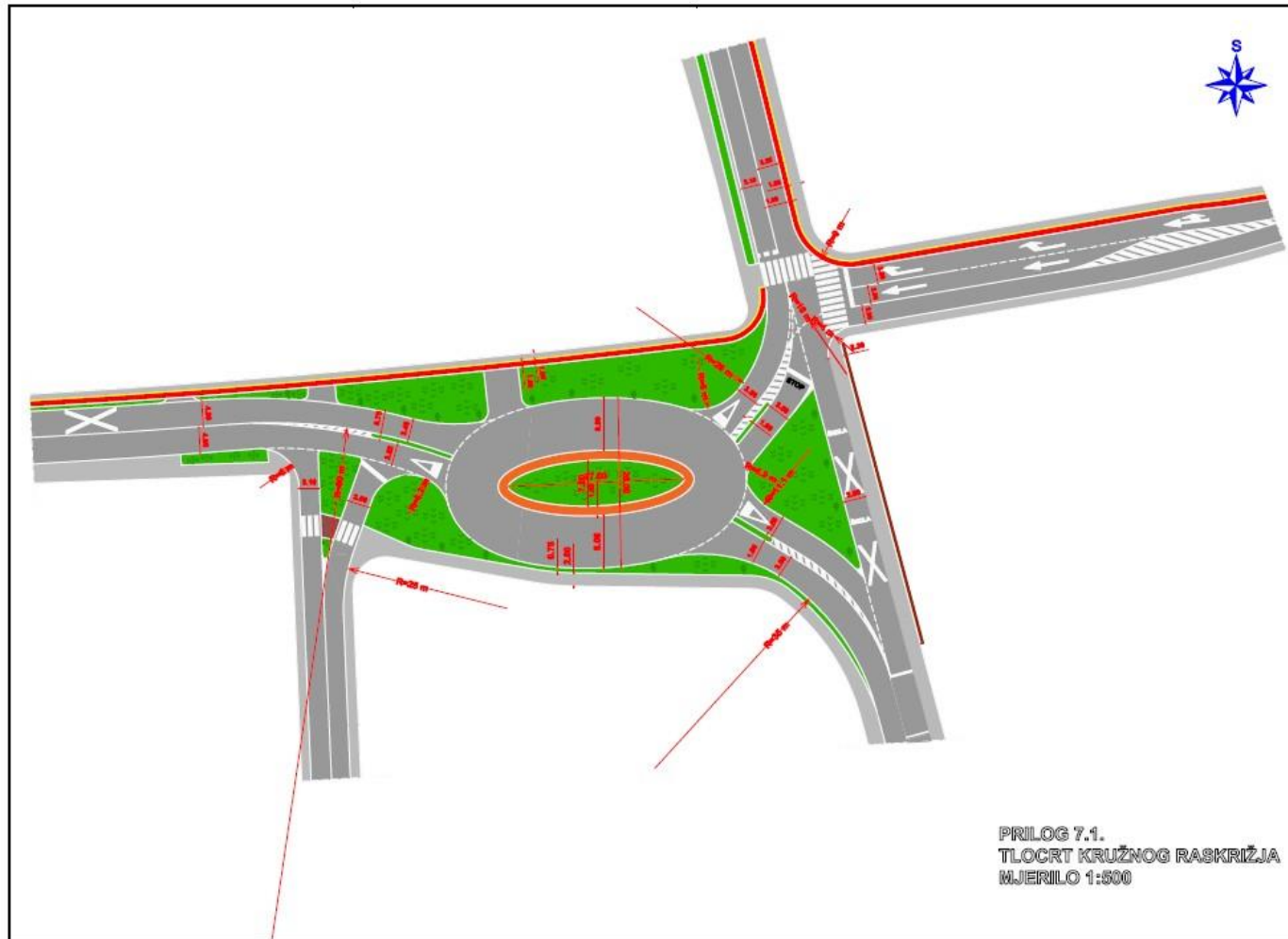
Razdjelni otoci trebaju biti obrubljeni skošenim izdignutim rubnjacima, a na prilazima pješaka i biciklista obavezno se upuštaju rubnjaci.

### **6.3.6. Poprečni nagibi i odvodnja**

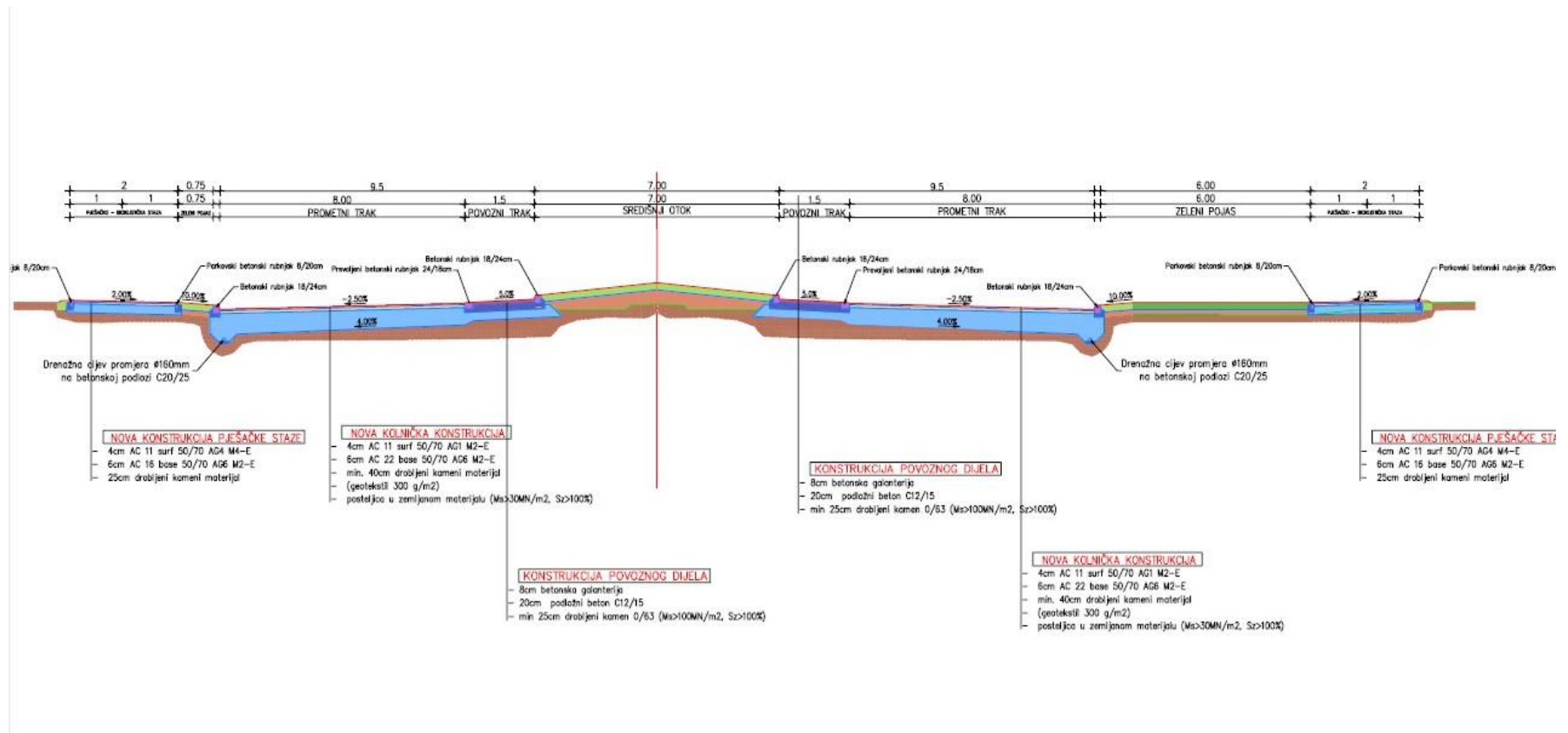
Poprečni, uzdužni i ukupni nagib te svi detalji u području kružnog raskrižja trebaju biti oblikovani da se omogući učinkovita i brza odvodnja oborinskih voda. U postupku projektiranja potrebno je težiti oblikovanju svih površina raskrižja čiji će nagibi osigurati kvalitetnu odvodnju ( $4,0 > q > 2,5\%$ ). Nagibi kružnog kolnika u pravilu se izvode prema vanjskoj strani traka. Nedostatak poprečnog nagiba prema van je u tome što uslijed istog i smanjenja prijanjanja između pneumatika vozila i kolnika može doći do klizanja vozila prema vanjskom rubu kolnika.

## **7. Grafički prilozi odabranog varijantnog rješenja – kružno raskrižje**

## 7.1. Tlocrt kružnog raskrižja

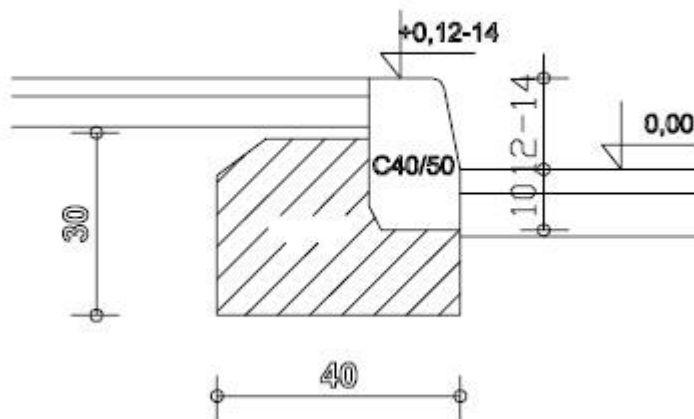


## 7.2. Presjek kružnog raskrižja

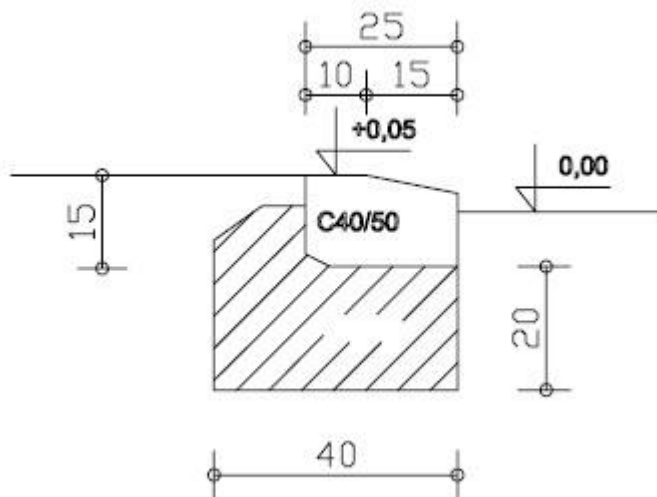


### 7.3. Detalj rubnjaka

- rubnjak 15/25/100

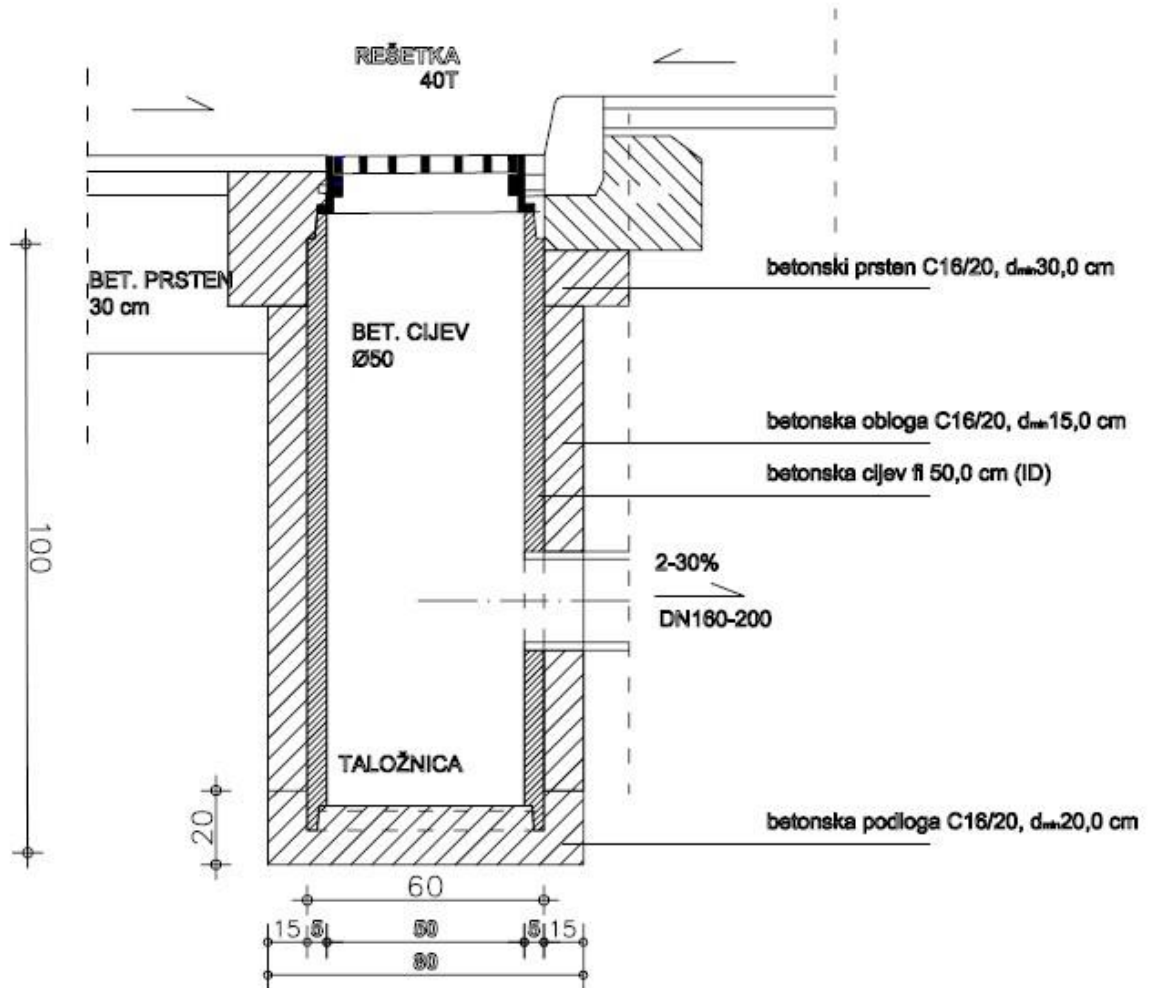


- rubnjak 15/25/100 upušteni





## 7.4. Detalj slivnika



## **8. Dimenzioniranje kolničke konstrukcije**

Kolnička konstrukcija je sustav koji se sastoji od međusobno povezanih slojeva, i to: pokrovnog i veznog sloja, jednog ili više nosivih slojeva, te sloja za zaštitu od smrzavanja. Svrha joj je da preuzima opterećenja od prometa i da ih prenosi i smanjuje do veličine naprezanja koja posteljica može preuzeti. Na taj način osigurava mehaničku otpornost i stabilnost ceste kao građevine, a korisnicima ceste omogućuje sigurnost i udobnost vožnje. Po tipu kolnička konstrukcija može biti savitljiva, kruta, ili kompozitna.

Nosivi sloj je dio sustava slojeva kolničke konstrukcije između posteljice i kolničkog zastora ili betonske ploče, a izgrađen je od nevezanog zrnatog materijala ili materijala vezanog (stabiliziranog) određenim vezivom.

Zastor je gornji, završni dio kolničke konstrukcije, kojemu je površina neposredno izložena prometnom opterećenju. Asfaltni zastor radi se u jednom sloju ili u dva sloja. Betonski zastor predstavlja sama betonska ploča, ako se izrađuje u jednom sloju ili je to gornji dio betonske ploče, ako se ona radi kao dvoslojna. Nakon ugradnje mora imati površinska svojstva nužna za sigurno prometovanje (hvatljivost, ravnost, uočljivost, bučnost, itd.).

### **8.1. Mjerodavni parametri za dimenzioniranje kolničke konstrukcije**

Kod postupka dimenzioniranja promatraju se naj utjecajnije činitelji. Uz prometno opterećenje, kao jedan od najvećih utjecaja na kolničku konstrukciju, svakako su značajna i nosivost tla posteljice te okolina, posebno što se tiče promjene temperature i vlage u području oko konstrukcije i u konstrukciji. Prilikom dimenzioniranja kolničke konstrukcije u obzir se uzimaju sljedeći utjecajni parametri:

- Prometno opterećenje
- Projektni period
- Vozna sposobnost površine kolničkog zastora na kraju projektnog perioda
- Klimatsko – hidrološki uvjeti
- Nosivost materijala posteljice
- Kvaliteta primijenjenih materijala u kolničkoj konstrukciji

### 8.1.1. Prometno opterećenje

Prometno opterećenje nastaje od djelovanja vozila koja se kreću po kolniku. Opterećenje na kolnik prenosi se preko kotača vozila koji su različito opterećeni, ovisno o vrsti vozila.

Na kolničku konstrukciju utječu osovinsko opterećenje i broj prijelaza osovina vozila, pri tome laka vozila imaju neznatan utjecaj na kolničku konstrukciju.

U projektno prometno opterećenje svrstava se opterećenje kao prosječno dnevno opterećenje (broj prijelaza osovina) u projektnom razdoblju (20 godina) ili kao ukupno prometno opterećenje (broj prijelaza osovina) u projektnom razdoblju.

Kao temelj, uzima se štetno djelovanje osovine 80kN (američka standardna osovina). Za istu je određen faktor štetnog djelovanja 1, a sve ostale lakše ili teže osovine imaju svoje faktore različito od 1.

Osovinsko opterećenje	Faktori ekvivalencije u odnosu na normalno osovinsko opterećenje 80kN	
	Jednostruka osovina	Dvostruka osovina
10	0,0002	-
20	0,0035	-
30	0,018	-
40	0,057	-
50	0,138	0,0124
60	0,287	0,0256
70	0,53	0,0474
80	0,91	0,081
90	1,45	0,13
100	2,21	0,20
110	3,24	0,29
120	4,59	0,41
130	6,32	0,56
140	8,50	0,76
150	11,20	1,00
160	14,50	1,29
170	18,47	1,65
180	23,22	2,07
190	-	2,57
200	-	3,16
210	-	3,84
220	-	4,63

Tablica 3. Faktori ekvivalencije u odnosu na osovinsko opterećenje[4]

U postupku dimenzioniranja koristi se ukupno ekvivalentno prometno opterećenje u projektom periodu izraženo pomoću standardne 80 kN osovine. To se čini pomoću odgovarajućih faktora ekvivalencije ( $f_e$ ) (Tablica 3.). Faktori ekvivalencije predstavljaju prosječne štetne utjecaje pojedinih osovinskih opterećenja vozila na kolničku konstrukciju u odnosu na utjecaj standardne osovine od 80kN.

Osovinsko opterećenje pojedinih vrsta vozila dobiva se na temelju podataka dobivenih odgovarajućim mjerenjima, tj. brojanjem prometa.

Osovine preko kojih se prenosi opterećenje se dijele na jednostruke i dvostruke osovine. Pod dvostrukim osovinama se smatraju osovine koje se nalaze na međusobnom razmaku između 1,0 i 2,0m.

Raspodjele osovinskog opterećenja po nekim od vrstama vozila prikazani su na slijedećoj slici (Slika 24.). Izabrana su samo vozila koju su zabilježena u brojanju prometa na konkretnom raskrižju županijske ceste sa nerazvrstanim cestama.



Autobus, oznaka vozila  $A_2$ : broj osovina 2, nosivost: 40t

Opterećenje	Raspodjela opterećenja					
	Prednja osovina		Stražnja osovina		ukupno	
	kN	%	kN	%	kN	%
Vlastita masa praznog vozila	33	33	67	67	100	100
Koristan teret	14	35	26	65	40	100
Ukupna masa punog vozila	47	34	93	66	140	100



Lako teretno vozilo  $LT_2$ : broj osovina 2, nosivost: < 30t

Opterećenje	Raspodjela opterećenja					
	Prednja osovina		Stražnja osovina		ukupno	
	kN	%	kN	%	kN	%
Vlastita masa praznog vozila	14	52	13	48	27	100
Koristan teret	3	15	17	85	20	100
Ukupna masa punog vozila	17	36	30	64	47	100

Teško teretno vozilo TT<sub>2</sub>: broj osovinama 2, nosivost: > 70t (100kN)



Opterećenje	Raspodjela opterećenja					
	Prednja osovina		Stražnja osovina		ukupno	
	kN	%	kN	%	kN	%
Vlastita masa praznog vozila	30	60	20	40	50	100
Koristan teret	20	20	80	80	100	100
Ukupna masa punog vozila	50	33	100	67	150	100

Slika 24. Raspodjele opterećenja po osovinama[4]

Razredba prometnog opterećenja dana je prema normi HRN U.C.010.(Tablica 4.). U istoj je podjela prometnog opterećenja na skupine u ovisnosti o veličini ukupnog ekvivalentnog opterećenja u projektnom periodu (20 godina).

Grupa prometnog opterećenja	Broj prijelaza komercijalnih vozila (vozila/dan)	Broj Prijelaza osovinskog opterećenja od 80kN na 20 godina
Vrlo lako	<30	Do $2 \times 10^5$
Lako	30 -80	Od $2 \times 10^5$ do $6 \times 10^5$
Srednje	80 – 300	Od $6 \times 10^5$ do $2 \times 10^6$
Teško	300 – 800	Od $2 \times 10^6$ do $6 \times 10^6$
Vrlo teško	800 – 3000	Od $6 \times 10^6$ do $2 \times 10^7$
Izuzetno teško	> 3000	Iznad $2 \times 10^7$

Tablica 4. Podjela po prometnom opterećenju HRN U.C4.010[4]

### 8.1.2. Projektni period

Projektni period je vremenski period izražen u godinama za koji je kolnička konstrukcija dimenzionirana. To je vremenski period nakon kojeg treba obaviti prvo veće presvlačenje (pojačanje) kolnika. Na kraju projektnog perioda ispravno dimenzionirana kolnička konstrukcija može se racionalno popraviti i osposobiti za daljnju upotrebu u konstruktorskom i gospodarskom pogledu. Ovaj pojam se nikako ne smije zamijeniti sa trajnošću kolničke konstrukcije, što bi značilo da će doći do potpunog propadanja kolničke konstrukcije ( $p=0$ ). Presvlačenjem kolnika pri kraju razdoblja dimenzioniranja ( $p=1,5-2,0$ ) vijek kolničke konstrukcije može se produžiti za naredni, daljnji niz godina. Za razdoblje dimenzioniranja uzima se vrijeme od 20 godina.

### **8.1.3. Vozna sposobnost površine kolničkog zastora na kraju projektnog perioda**

Indeksom vozne sposobnosti „p“ procjenjuje se vozna sposobnost površina kolnika. Vrijednost indeksa vozne sposobnosti za nove kolnike iznosi  $p=5,0$ , a za potpuno uništene kolnike, koji nisu za upotrebu vrijednost je  $p=0$ .

Indeks vozne sposobnosti kolnika određuje stanje površine kolnika na temelju neravnosti, kolotraga, mrežastih pukotina i površinskih oštećenja.

Nikad se ne dopušta da indeks sposobnosti kolnika padne na 0, pa ni na 1, jer bi u tom slučaju značilo da je kolnik apsolutno u ne voznom stanju. Isto tako ako bi došlo do takvih oštećenja bila bi potrebna znatno veća ulaganja da se cesta popravi i dovede u „fer“ stanje.

Prema standardima za dimenzioniranje kolničke konstrukcije najmanja vrijednost indeksa vozne sposobnosti „p“ je za državne ceste  $p_k=2,5$ , a za županijske i lokalne ceste  $p_k=2,0$ .

### **8.1.4. Klimatsko hidrološki uvjeti**

Kolnička konstrukcija izložena je brojnim utjecajima okoline u kojoj se nalazi. Isti utjecaji ponekad mogu biti takve naravi da mogu prouzročiti značajna oštećenja kolničke konstrukcije a samim tim i vijek trajanja iste.

Kolnička konstrukcija se svojim svojstvima odupire klimatskim i hidrološkim uvjetima u kojima se nalazi. U ta svojstva ubrajaju se mehanička svojstva od kojih je izrađena, trajnost i otpornost materijala te volumenske promjene u materijalima, odnosno ravnoteži unutarnjih naprezanja u konstrukciji.

U najvažnije utjecaje koji djeluju na kolničku konstrukciju ubrajaju se utjecaji temperature, utjecaj vlage te problem smrzavanja, koji znatno utječu na vijek kolničke konstrukcije.

Svi navedeni utjecaji proističu iz vremenskih prilika te u velikoj mjeri ovise o zemljopisnom položaju područja na kojem je smještena kolnička konstrukcija.



Utjecaj klimatsko – hidroloških uvjeta na nosivost kolničke konstrukcije uzima se u obzir preko regionalnog faktora “R”. Njegove vrijednosti kreću se od 0,5 –5,0 pri čemu su veće vrijednosti nepovoljnije.

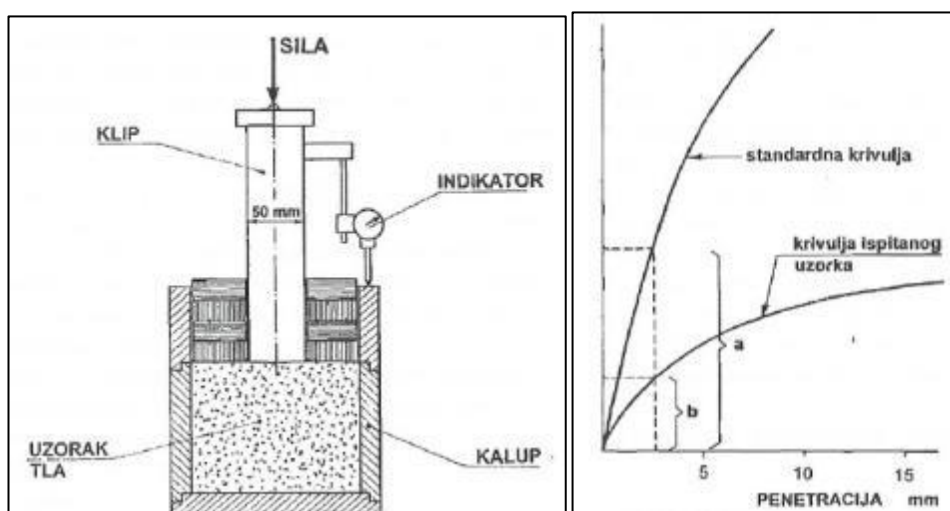
### 8.1.5. Nosivost materijala posteljice

Jedan od načina koji se koristi kod dimenzioniranja kolničkih konstrukcija, a za utvrđivanje nosivosti materijala posteljice je Kalifornijski indeks nosivosti (CBR). Razvijen je za vrijeme drugog svjetskog rata radi dimenzioniranja uzletno sletnih zračnih luka. Kasnije je uveden i za dimenzioniranje kolničkih konstrukcija.

CBR se dobiva penetracijom određenog presjeka određenom brzinom uz mjerenje sile pri određenim prodiranjima.

Proizvedeno se naprezanje stavlja u omjer s naprezanjem potrebnim da se klip za istu veličinu utisne u tucanik.

CBR indeks nosivosti empirijska je vrijednost, koja ima relativno značenje, jer nije poznato kakva su naprezanja i deformacije u posteljici pri određenoj vrijednosti CBR.



Slika 25. Uređaj za ispitivanje CBR[4]

$$\text{CBR} = \frac{b}{a} \times 100\% [4]$$

### **8.1.6. Kvaliteta primjenjenih materijala u kolničkoj konstrukciji**

Kod izbora vrste materijala za kolničku konstrukciju treba voditi računa o funkciji pojedinog sloja i ekonomičnosti građenja kao i propisanim kriterijima kvalitete osnovnih materijala i mješavina prema odgovarajućim standardima ili do sada prihvaćenim tehničkim uvjetima za radove na cestama. Kvaliteta materijala za pojedine slojeve asfaltne kolničke konstrukcije mora zadovoljiti zahtjeve prema važećim propisima i standardima, kao i Opće tehničke uvjete za radove na cestama (Hrvatske ceste, 2001.)

## 8.2. Dimenzioniranje kolničke konstrukcije AASHO (American Association of State Highway Transportation Officials) metoda

Mjerodavni parametri :

· prometno opterećenje

Iz podataka o Procjeni PGDP-a za 2018. godinu (grafikon 7.) te podjele strukture prometnih tokova po vrsti vozila za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova ulica i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) (grafikon 4.) utvrđeno je dnevno opterećenje prometnih površina. Prijelazi osobnih automobila se zanemaruju a u izračun uzimamo slijedeće podatke:

**Dnevno prometno opterećenje voznih površina:**

- Autobus – 20 vozila
- Lako teretno vozilo LT<sub>2</sub> – 140 vozila
- Teško teretno vozilo TT<sub>3</sub>– 20 vozila

Izračunati faktori ekvivalencije (Tablica 3.)

- Autobus  $A_2 f_e = 0,138 + 1,612 + 0,0297 + 0,457 = 2,237$
- Lako teretno vozilo LT<sub>2</sub>  $f_e = 0,0233 + 0,018 = 0,041$
- Teško teretno vozilo TT<sub>2</sub>  $f_e = 0,138 + 2,210 + 0,018 + 0,0035 = 2,370$

**Ukupno ekvivalentno prometno opterećenje u početnoj godini eksploatacije iznosi:**

$$T_g = T_d \times 365 = (2,237 \times 20 + 0,041 \times 140 + 2,370 \times 20) \times 365 = 35762$$

**T<sub>g</sub> = 35762 prijelaza 80kN osovina**

Ukupno ekvivalentno prometno opterećenje u projektnom periodu od 20 godina izračunato je uz pretpostavku da nema godišnje stope rasta prometa. Prema tome, ukupno ekvivalentno prometno opterećenje vozila u projektnom periodu koje se koristi za dimenzioniranje kolničke konstrukcije cesta iznosi:

$$T_u^{20\text{god}} = T_g \times 20 = 35762 \times 20 = 715240 = 7,15 \times 10^5$$

**T<sub>u</sub><sup>20god</sup> = 7,15 x 10<sup>5</sup> prijelaza 80kN osovina**

Proračunano ukupno ekvivalentno prometno opterećenje za 20-godišnji projektni period nalazi se prema HRN U.C4.010. u skupini srednjeg prometnog opterećenja. (Tablica 4.)

• **Projektni period**

Projektni period odnosi se na vrijeme od 20 godina

• **Vozna sposobnost površine kolničkog zastora na kraju projektnog perioda**

Vozna sposobnost površine kolničkog zastora na kraju projektnog perioda od 20 godina izražava se preko „p“ te ista za županijske i lokalne ceste iznosi  $p=2,0$

• **Nosivost materijala posteljice**

Nosivost materijala posteljice - Pretpostavljene su sljedeće geomehaničke karakteristike tla: prašine gline, eventualno sa pijeskom i šljunkom. Za potrebe dimenzioniranja usvojena je vrijednost indeksa nosivosti za povoljne hidrološke uvjete  $CBR = 6\%$ .

• **Kvaliteta primjenjenih materijala u kolničkoj konstrukciji**

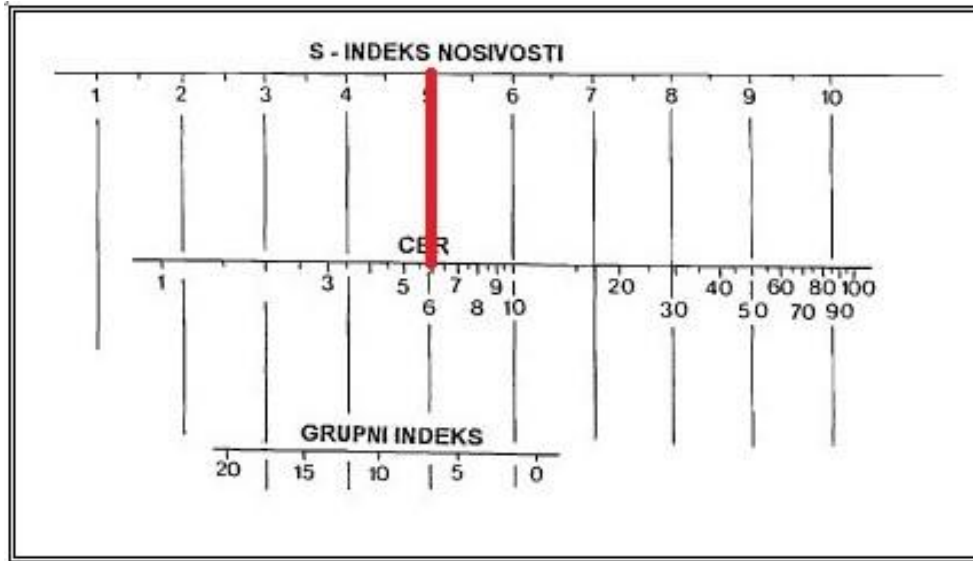
Kvaliteta materijala za pojedine slojeve asfaltne kolničke konstrukcije mora zadovoljiti zahtjeve prema važećim propisima i standardima, kao i Opće tehničke uvjete za radove na cestama (Hrvatske ceste 2001.)

• **Klimatsko hidrološki uvjeti**

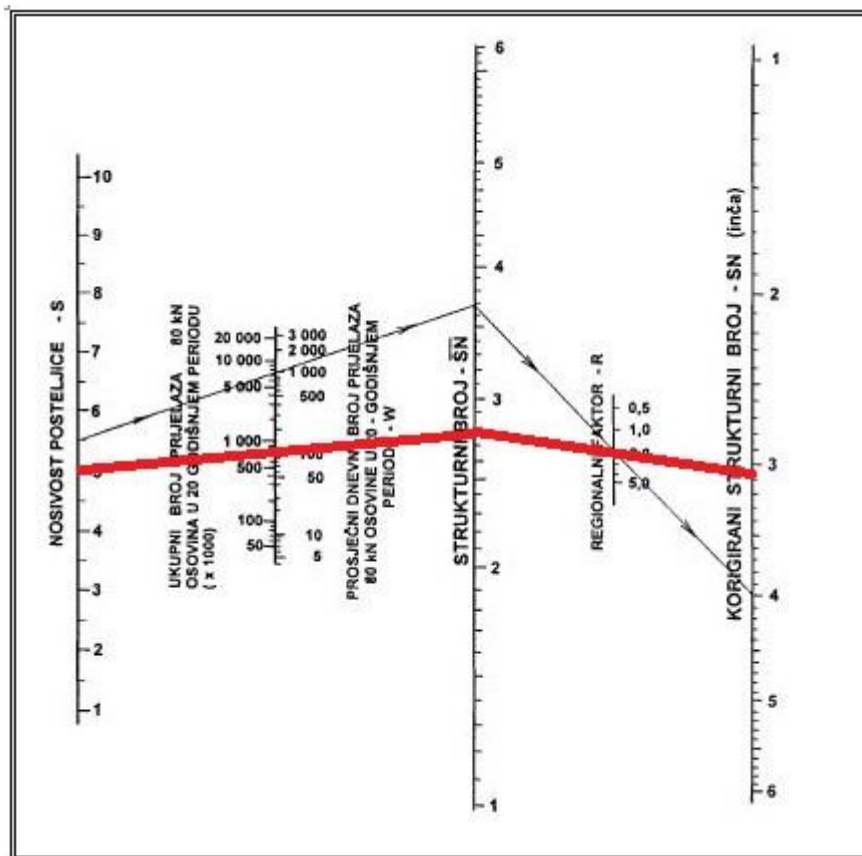
Utjecaj klimatsko – hidroloških uvjeta na nosivost kolničke konstrukcije uzima se u obzir preko regionalnog faktora „R“. Vrijednost regionalnog faktora „R“ za kontinentalni dio Hrvatske iznosi  $R=2,0$ .

• **Elementi za dimenzioniranje**

- prometno opterećenje .....  $T_u^{20god} = 7,15 \times 10^5$  prijelaza 80kN osovina
- nosivost materijala posteljice .....  $S = 5,0$
- regionalni faktor .....  $R = 2,0$
- vozna sposobnost kolnika na kraju projektnog perioda.....  $p = 2,0$



Slika 26. Korelacijski nomogram za određivanje nosivosti tla S[4]



Slika 27. Nomogram za dimenzioniranje asfaltnih kolničkih konstrukcija prema AASHTO metodi, za konačnu voznu sposobnost kolnika  $PI = 2,0$ [4]

Korištenjem nomograma za dimenzioniranje savitljivih kolničkih konstrukcija prema AASHO metodi se uz ove parametre iz nomograma za dimenzioniranje dobiva potrebni indeks debljine kolničke konstrukcije (strukturni broj):  $SN_{potr} = (3.1inch) = 7,9$  cm.

Izabiremo standardnu kolničku konstrukciju za srednje prometno opterećenje slijedećeg sastava:

- za habajući sloj asfalta AC 11 SURF ukupne debljine .....d = 4,0cm
- za nosivi sloj asfalta AC 22 BASE ukupne debljine .....d = 6,0 cm
- za nosivi sloj od mehanički zbijenog kamenog materijala... d = 40 cm

Strukturni broj predstavljene konstrukcije izračunava se po formuli:  $SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + \dots$  gdje su:

$a_{1,2,3}$  – koeficijenti zamjene koji ovise o vrsti i kakvoći materijala u pojedinim slojevima konstrukcije.

$D_{1,2,3}$  - debljine pojedinih slojeva konstrukcije

Iz odgovarajućih dijagrama su s obzirom na predviđenu kakvoću odabranih materijala određeni koeficijenti zamjene materijala koji iznose:

Dijelovi kolničke konstrukcije	Koeficijent zamjene		
	$a_1$	$a_2$	$a_3$
Kolnički zastor -Asfalt koji se radi na cestama (mala stabilnost) -Asfalt proizveden u asfaltnoj bazi (visoka stabilnost) -Pješčani asfalt	0,20 0,44 0,40		
Gornji nosivi sloj -Pjeskoviti šljunak -Drobljeni kamen -Materijal stabiliziran cementom s tlačnom čvrstoćom nakon 7 dana >4,5 MN/m <sup>2</sup> 2,8 – 4,5 MN/m <sup>2</sup> <2,8 MN/m <sup>2</sup> -Stabilizacija znatog materijala bitumenom -Stabilizacija tla bitumenom -Stabilizacija tla vapnom		0,07 0,14  0,23 0,20 0,15 0,30 0,25 0,15-0,30	
Donji nosivi sloj -Pjeskoviti šljunak -Pijesak ili pjeskovita glina			0,11 0,05-0,10

Tablica 5. Koeficijenti zamjene materijala[4]



Iz odgovarajućih dijagrama AASHO su s obzirom na predviđenu kakvoću odabaranih materijala isčitan koeficijenti zamjene materijala koji iznose:

- habajući sloj asfalta ..... $a_1 = 0,44$
- nosivi sloj asfalta ..... $a_2 = 0,44$
- sloj mehanički zbijenog kamenog materijala..... $a_3 = 0,14$

Pretpostavljena kolnička konstrukcija uvažavajući navedene vrijednosti ima slijedeći indeks debljine (strukturni broj):

- habajući sloj asfalta ..... = 1,76
- nosivi sloj asfalta ..... = 2,64
- sloj mehanički zbijenog kamenog materijala..... = 5,60
- $SN_{konst}$  ..... = 10,00

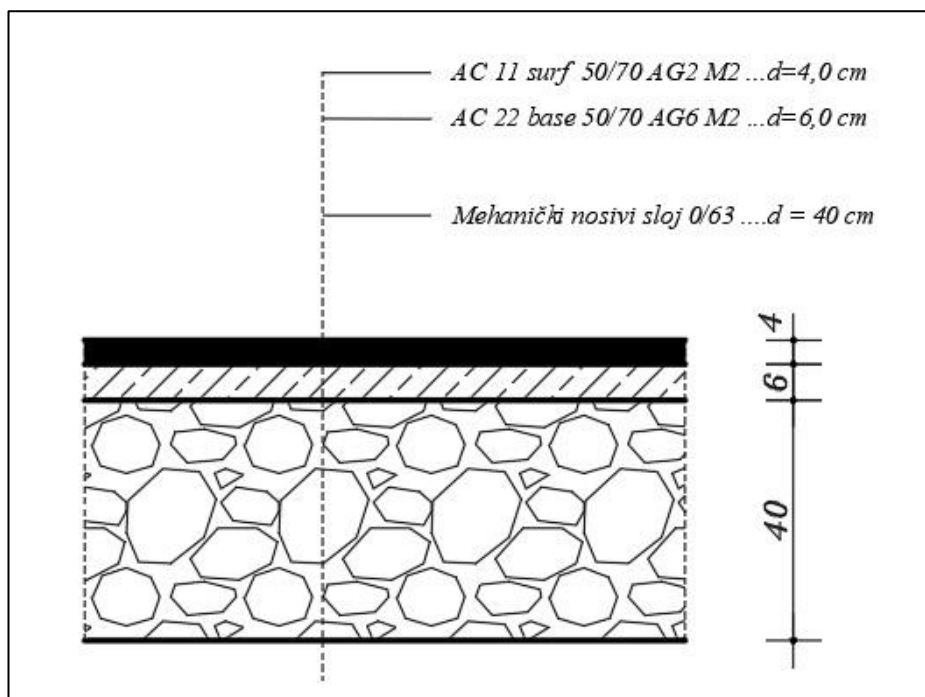
$$SN_{konstr} = 10,00 > SN_{potr} = 7,90$$

Pretpostavljena kolnička konstrukcija zadovoljava kriterije nosivosti.

Usvojena kolnička konstrukcija

Na osnovi obavljenog dimenzioniranja prema nosivosti usvaja se slijedeći sastav i debljina kolničke konstrukcije:

- habajući sloj AC11 surf 50/70 AG M2.....4,0 cm
- nosivi sloj AC 22 base 50/70 AG6 M2.....6,0 cm
- nosivi sloj od mehanički zbijenog kamenog materijala (0-63mm) MNS (Ms>80MN/m<sup>2</sup>).....min 40cm
- uređeno temeljno tlo ..... (Ms>40MN/m<sup>2</sup>)
- Ukupno.....50 cm



Slika 28. Sastav i debljina usvojene kolničke konstrukcije

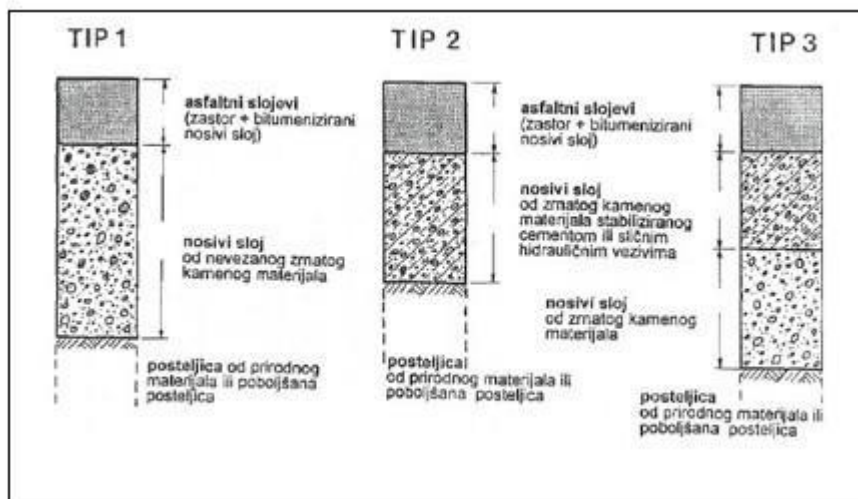
Grupa prometnog opterećenja	Oznake tipa bitumenske mješavine i primjenska oznaka agregata						
	Habajući sloj				Vezni sloj		Nosivi sloj
	AC surf	SMA	BBTM	PA	AC bin	PA	AC base
Vrlo lako	M4-E AG1 do AG4	-	M4 AG1 do AG4	M2 AG2 do AG4	-	-	M2-E AG6 do AG8
Lako		-			-	-	
Srednje	M1-E, M1-F M2-E, M2-F M3-E, M3-F AG1 do AG3	M1, M2 AG1, AG2	M1, M2, M3 AG1 AG2	M1, M2 AG1 do AG4	-	M1 AG1 do AG2	M2-E, M2-F AG6
Teško	M1-E, M1-F M2-E, M2-F AG1, AG2, AG5	M1, M2 AG1 AG2	M1, M2 AG1 AG2	M1, M2 AG1, AG2	-	M1 AG1 do AG2	M2-E, M2-F AG6
Vrlo teško	M1-E, M1-F AG1 do AG2	M1 AG1	M1, M2 AG1, AG2	M1 AG1, AG2	M1-E, M1-F AG6	M1 AG1, AG2	M1-E, M1-F AG6
Izuzetno teško							

Slika 29. Oznake tipa bitumenske mješavine i primjenske oznake agregata[2]

Ako se na posteljici ne može postići modul stižljivosti  $M_s$   $40\text{MN/m}^2$  pristupa se uređenju temeljnog tla pomoću nasipnog (zamjenskog) nekoherentnog materijala (0 -63 mm) minimalne debljine 40 cm. Debljinu nasipnog (zamjenskog) sloja potrebno je utvrditi na probnoj dionici. Modul stižljivosti na nasipnom materijalu u tom slučaju treba iznositi  $M_s \geq 40\text{MN/m}^2$ .

### 8.3. Dimenzioniranje kolničke konstrukcije prema HRN UC4.012

Prema ovoj metodi dimenzioniranje kolničke konstrukcije obavlja se pomoću dijagrama direktno iz nanesenih vrijednosti ekvivalentnog prometnog opterećenja u projektnom periodu i mjerodavne nosivosti posteljice CBR.

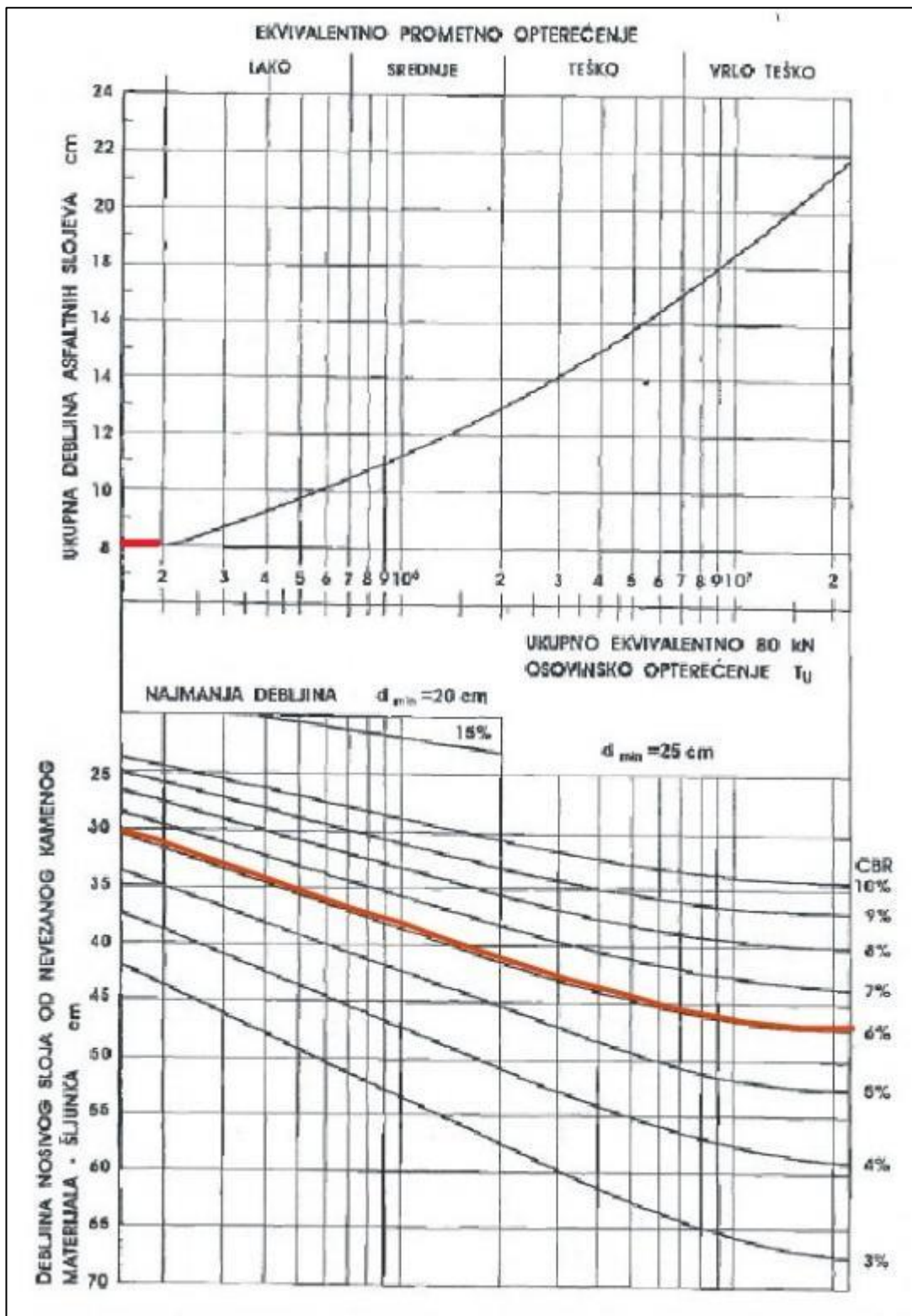


Slika 30. Tipovi rješenja kolničkih konstrukcija po HRN metodi[4]

Za 20 – godišnji period ukupno proračunato ekvivalentno prometno opterećenje iznosi:

Prometno opterećenje:..... $T_u = 7,15 \times 10^5$  prijelaza 80 kN osovina

Prema tipovima rješenja kolničkih konstrukcija po HRN metodi usvojen je TIP 1.



Slika 31. Dijagram za dimenzioniranje kolničkih konstrukcija koje se sastoje od asfaltnih slojeva i nosivih slojeva od nevezanih, mehanički zbijenih zrnatih kamenih materijala po HRN – metodi (tip 1)[4]

Za usvojenu vrijednost nosivosti posteljice CBR = 6%, dobiven je slijedeći globalni sastav kolničke konstrukcije:

Ukupna debljina asfaltnih slojeva .....d = 8,0 cm

Ukupna debljina sloja od nevezanog kamenog materijala .....d = min. 31 cm

Vrsta materijala	Prosječni koeficijent zamjene materijala	Sastav i svojstva prema HRN
Asfaltbeton	0,42	U.E.4.014
Bitumenizirani drobljeni kameni material	0,35	U.E.9.021
Bitumenizirani šljunak s dodatkom kamene sitneži (min. 30%)	0,33	U.E.9.021
Bitumenizirani šljunak	0,28	U.E.9.021
Bitumenizirani material za donje nosive slojeve	0,24	U.E.9.028
Stabilizacija cementom	0,20	U.E.9.024
Stabilizacija vapnom	0,17	U.E.9.026
Tucanik	0,14	U.E.9.020
Drobljeni kameni material	0,12	U.E.9.020
Pjeskoviti prirodni šljunak	0,11	U.E.9.020
Drobljeni prirodni šljunak	0,11	
Prirodni šljunkoviti pijesak	0,07	

Tablica 6. Prosječni koeficijenti zamjene HRN metoda [4]

Za usvojenu debljinu habajućeg sloja  $d_1 = 4,0$  cm, debljina nosivog sloja bitumeniziranog drobljenog materijala  $d_2$  određena je slijedećim omjerom:

$$(d_1 \times 0,42) \times (d_2 \times 0,33) = 8,0 \times 0,38$$

$$d_2 = 1,76 / 0,33 = 5,30 \text{ cm}$$

Usvojena debljina nosivog sloja  $d_2$  je 6,0 cm.

Kod nosivog sloja od nevezanog zrnatog kamenog materija ne usvaja se minimalna debljina očitana sa dijagrama, nego se usvaja sloj debljine 40 cm, kako bi se što bolje homogenizirala posteljica i dobila što kvalitetnija podloga za relativno zahtjevne slojeve.

## 9. Zaključak

U današnje vrijeme sve većeg prometnog opterećenja, pogotovo u urbanim sredinama, njihovim starim gradskim jezgrama, postaje sve veći problem vođenje prometa. To se posebno odnosi na problem sigurnog odvijanja prometa, brže protočnosti, samim time i zaštite okoliša. Većinom u tim gradskim sredinama postoje stare gradske jezgre koje su u pravilu obogaćene raznim spomenicima kulture, koji spadaju u kulturnu baštinu te je vrlo teško pronaći adekvatno prometno rješenje kako se ne bi zadiralo u prostor u kojem se isti nalaze.

Izuzetno je važno da se prilikom izrade idejnih varijantnih rješenja za vođenje prometa uključe uz prisutne prometnu, građevinsku i arhitektonsko – urbanističku struku i lokalna samouprava te tijela koja su zadužena za zaštitu i očuvanje kulturne baštine.

U cilju pronalaženja najprihvatljivijih idejnih varijantnih rješenja u urbanim sredinama vrlo često ćemo biti onemogućeni pronaći rješenje koje će se riješiti na mikrolokaciji, nego će biti potrebno sagledati širu sliku vođenja prometa, uz poneke restrikcije što se tiče uvođenja jednosmjernog prometa ili potpune zabrane za promet kroz gradske jezgre.

Iz ponuđenih varijantnih rješenja koje sam obradio u ovom Diplomskom radu, čak tri od ponuđena četiri, predviđaju djelomično ukidanje dvosmjernog prometa, što posebno ukazuje na problematiku vođenja prometa u gradskim sredinama, uz nedostatak prostora u odnosu na sve veće prometno opterećenje i prometnu potražnju.

Jedino varijantno rješenje koje je ponudilo zadržavanje postojećih prometnih tokova je semaforizacija raskrižja, po kojoj nismo postigli nikakvo smanjenje konfliktnih točaka i nije omogućena veća propusnost, što opet nije ni poboljšalo uvjete za zaštitu i očuvanje okoliša.

U ovim in situ mjerenjima i brojanju prometa razvidno je vidljivo da stanje današnjih gradskih prometnica uglavnom nije u skladu sa propisanim elementima, stoga je izuzetno važno da prilikom rekonstrukcije istih pristup bude u skladu sa pravilima struke, tj. da se svi elementi projektiraju i izvedu sukladno važećim pravilnicima i smjernicama.

Potrebno je osigurati da iste prometnice zaista budu i dimenzionirane kako bi za projektirani vijek trajanja bile u funkciji za sigurno i normalno korištenje, uz sve veće prometno opterećenje, a bez većih ulaganja.





IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Marijan Bertić (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Analiza varijantnih rješenja raskrižja županiške i nerazvrstane ceste (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Marijan Bertić

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Marijan Bertić (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Analiza varijantnih rješenja raskrižja županiške i nerazvrstane ceste (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Marijan Bertić

(vlastoručni potpis)

## 10. Literatura

1. Izrada prometnog (idejnog) rješenja raskrižja županijske ceste ŽC2210 (Ulica Tadije Smičiklase i Potočka ulica) i nerazvrstane ceste (Ulica Franje Račkoga i Ulica I.Z. Dijankovečkog) u Križevcima, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti - 2018.
2. Gradske prometnice, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, prof.dr.sc. Ivan Legac i koautori
3. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama 2014., Sveučilište u Rijeci.
4. Projektiranje kolničkih konstrukcija, dr.sc. Branimir Babić, 1997.
5. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. 2005. Narodne novine br. 33/2005.
6. Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa, Narodne novine br. 110, 2001.
7. Opći tehnički uvjeti za radove na cestama – Hrvatske ceste, 2001.

# 11. POPIS ILUSTRACIJA

## 11.1. Popis slika

Slika 1.	Makro dispozicija raskrižja ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) .....	5
Slika 2.	Mikro dispozicija raskrižja ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) .....	5
Slika 3.	„Daničićev zid“ .....	6
Slika 4.	Mjerodavno vozilo – autobus za prijevoz školske djece za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) iz baze AutoTURN, Izvor: prema FGSV 2001.[1] .....	11
Slika 5.	Mjerodavno vozilo – vatrogasno vozilo za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) iz baze AutoTURN, Izvor: prema CERTU-AFNOR 2013.[1] .....	11
Slika 6.	Analiza konfliktnih točaka na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) [1] .....	17
Slika 7.	Privoz 1, zaustavna preglednost i provjera trokuta preglednosti .....	18
Slika 8.	Privoz 2, zaustavna preglednost i provjera trokuta preglednosti .....	19
Slika 9.	Privoz 3, zaustavna preglednost i provjera trokuta preglednosti .....	20
Slika 10.	Zaustavna preglednost i provjera trokuta preglednosti.....	20
Slika 11.	Postojeće stanje raskrižja .....	22
Slika 12.	Trajektorije mjerodavnog vozila – postojeće stanje.[1].....	22
Slika 13.	Skica idejnog idejnog varijantnog rješenja varijante 1.[1].....	23
Slika 14.	Analiza konfliktnih točaka Varijante 2. na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) [1] .....	25
Slika 15.	Skica idejnog idejnog varijantnog rješenja varijante 2.[1].....	25
Slika 16.	Trajektorije mjerodavnog vozila za varijantno rješenje 2.[1].....	26
Slika 17.	Analiza konfliktnih točaka Varijante 3. na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) [1] .....	27
Slika 18.	Skica idejnog idejnog varijantnog rješenja varijante 3.....	27
Slika 19.	Trajektorije mjerodavnog vozila za varijantno rješenje 3.[1].....	28
Slika 20.	Analiza konfliktnih točaka Varijante 4. na raskrižju ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) [1] .....	29
Slika 21.	Skica idejnog idejnog varijantnog rješenja varijante 4.[1].....	29
Slika 22.	Osnovni oblikovni elementi manjeg kružnog raskrižja[2].....	31

Slika 23.	Elementi za provjeru provoznosti[4].....	55
Slika 24.	Raspodjele opterećenja po osovinama[4] .....	46
Slika 25.	Uređaj za ispitivanje CBR .....	48
Slika 26.	Korelacijski nomogram za određivanje nosivosti tla S[4] .....	52
Slika 27.	Nomogram za dimenzioniranje asfaltnih kolničkih konstrukcija prema AASHO metodi, za konačnu voznu sposobnost kolnika PI = 2,0[4].....	52
Slika 28.	Oznake tipa bitumenske mješavine i primjenske oznake agregata[2].....	55
Slika 29.	Sastav i debljina usvojene kolničke konstrukcije.....	55
Slika 30.	Tipovi rješenja kolničkih konstrukcija po HRN metodi[4].....	56
Slika 31.	Dijagram za dimenzioniranje kolničkih konstrukcija koje se sastoje od asfaltnih slojeva i nosivih slojeva od nevezanih, mehanički zbijenih zrnatih kamenih materijala po HRN – metodi (tip 1)[4] .....	57

## 11.2. Popis tablica

<i>Tablica 1. Zaposjednutost javnog parkirališta - Križevci[1].....</i>	<i>17</i>
<i>Tablica 2. Okvirni oblikovni elementi kružnih raskrižja[2].....</i>	<i>33</i>
<i>Tablica 3. Tablica 3. Faktori ekvivalencije u odnosu na osovinsko opterećenje[4].....</i>	<i>42</i>
<i>Tablica 4. Podjela po prometnom opterećenju[4].....</i>	<i>44</i>
<i>Tablica 5. Koeficijenti zamjene materijala[4].....</i>	<i>52</i>
<i>Tablica 6. Prosječni koeficijenti zamjene po HRN metodi .....</i>	<i>57</i>

## 11.3. Popis grafikona

<i>Grafikon 1. Ukupan broj vozila u EJA za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) .....</i>	<i>13</i>
<i>Grafikon 2. Ukupan broj vozila i pješaka za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) .....</i>	<i>13</i>
<i>Grafikon 3. Opterećenje poprečnog presjeka svakog privoza (EJA/h) za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.).....</i>	<i>14</i>
<i>Grafikon 4. Podjela strukture prometnih tokova po vrsti vozila za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) .....</i>	<i>15</i>

<i>Grafikon 5. Podjela prometnih tokova po smjerovima kretanja za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) u jutarnjem vršnom opterećenju .....</i>	<i>15</i>
<i>Grafikon 6. Podjela prometnih tokova po smjerovima kretanja za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) u popodnevnom vršnom opterećenju .....</i>	<i>16</i>
<i>Grafikon 7. Procjena PGDP-a za 2018.g. za raskrižje ŽC2210 (Smičiklasova i Potočka ul.) i nerazvrstane ceste (Ul. F. Račkoga i Zakmardijeva ul.) u popodnevnom vršnom opterećenju.....</i>	<i>16</i>