

# Raskrižja izvan razine s analizom odabranih raskrižja na Riječkoj obilaznici

---

**Devčić, Filip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**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:157:265752>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*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**

**Filip Devčić**

**Raskrižja izvan razine s analizom odabranih raskrižja na Riječkoj  
obilaznici**

**Završni rad**

**Rijeka, 2020**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**  
**Preddiplomski sveučilišni studij Građevinarstva**  
**Ceste**

**Filip Devčić**  
**JMBAG: 0114028175**

**Raskrižja izvan razine s analizom odabranih raskrižja na Riječkoj**  
**obilaznici**

**Završni rad**

**Rijeka, 2020**

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**  
Znanstveno područje: Tehničke znanosti  
Znanstveno polje: Građevinarstvo  
Znanstvena grana: Prometnice

Tema završnog rada

**RASKRIŽJA IZVAN RAZINE S ANALIZOM ODABRANIH RASKRIŽJA NA RIJEČKOJ  
OBILAZNICI**  
**INTERCHANGES DESIGN WITH ANALYSES OF SELECTED INTERCHANGES AT RIJEKA  
RING**

Kandidat: **FILIP DEVČIĆ**

Kolegij: **CESTE**

Završni rad broj: **20-P-44**

**Zadatak:**

U završnom radu je potrebno prikazati osnove planiranja i projektiranja raskrižja izvan razine te analizirati raskrižja na Riječkoj obilaznici te detaljnije analizirati geometrijske elemente odabranih raskrižja.

Rad treba sadržavati:

1. Pregled tipova i osnove projektiranja raskrižja
2. Pregled tipova, geometrije i načina odabira oblikovnih elemenata raskrižja izvan razine
3. Analizu raskrižja izvan razine na Riječkoj obilaznici sa posebnim osvrtom na analizu geometrijskih elemenata za čvorove Draga i Sv. Kuzam

**Tema rada je uručena: 24. veljače 2020.**

**Mentorica:**

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

## **IZJAVA**

Završni rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom 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.

---

Filip Devčić

U Rijeci, 14.lipnja 2020.

## **SAŽETAK**

Raskrižja povezuju dviju ili više prometnica te smatraju se najosjetljivijim područjima u prometnoj mreži zbog smanjene sigurnosti i kapaciteta prometa. Za izradu novih ili rekonstrukciju starih raskrižja projektanti moraju zadovoljiti sve propisane uvijete i zakone o gradnji cesta.

Rad se bavi podjelom i opisom osnovnih tipova raskrižja. Analiziraju se elementi i projektiranje raskrižja izvan razine. Opisuje se Riječka obilaznica s analizom čvorova Draga i Sv. Kuzam i proračunom potrebne duljine rampa za uključivanje i isključivanje.

**KLJUČNE RIJEČI:** promet, raskrižja, Riječka obilaznica, rampa za uključivanje, rampa za isključivanje

## **ABSTRACT**

Intersections connect two or more roads and are considered the most sensitive areas in the transport network due to reduced safety and traffic capacity. For the construction of new or reconstruction of old intersections, designers must fulfill all the prescribed conditions and laws on road construction.

The final paper deals with the division and description of the basic types of intersections. Elements and design of off-level intersections are analyzed. The Rijeka bypass is described with an analysis of the intersections Draga and Sv. Kuzam and the calculation of the required length of the ramp for on and off.

**KEY WORDS:** traffic, intersections, Rijeka bypass, on ramp, off ramp

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. RASKRIŽJA.....	2
2.1. Podjela raskrižja .....	2
2.1.1. Raskrižja u razini .....	3
2.1.2.. Raskrižja izvan razine (denivelirana raskrižja) .....	6
2.1.3. Kombinirana raskrižja .....	7
2.2. Prometni tokovi .....	8
2.3. Prometne radnje.....	10
2.4. Potencijalne konfliktne točke .....	12
2.5. Sigurnost i propusna moć raskrižja .....	13
3. RASKRIŽJA IZVAN RAZINE .....	16
3.1. Vrste raskrižja.....	18
3.2. Glavni faktori.....	19
3.3. Geometrijsko-oblikovni elementi .....	20
3.3.1. Spojne rampe .....	21
3.3.2. Uljevi i izljevi / uvozi i izvozi .....	23
3.3.3. Trakovi za preplitanje.....	25
3.4. Projektiranje raskrižja izvan razine .....	26
3.4.1. Duljina izljeva i uljeva.....	26
3.4.2. Dostatna preglednost .....	28
4. RIJEČKA OBILAZNICA .....	30
4.1. Vremenski slijed izgradnje .....	31
4.2. Raskrižja na Riječkoj obilaznici .....	32
4.2.1. Analiza geometrijskih elemenata čvora Draga.....	35
4.2.2. Analiza geometrijskih elemenata čvora Sv. Kuzam.....	36
5. ZAKLJUČAK.....	39
6. LITERATURA:.....	40

## POPIS SLIKA:

Slika 1: Podjela raskrižja [2] .....	3
Slika 2: Primjer kanaliziranja raskrižja na glavnom pravcu [1] .....	4
Slika 3: Konfliktne točke u kružnom toku [2] .....	4
Slika 4: Prikaz autoceste (lijeva) i brze ceste (desna slika) [8] .....	7
Slika 5: Primjer kombiniranog raskrižja [1] .....	7
Slika 6: Neprekinuti prometni tokovi [1], [8] .....	8
Slika 7: Prekinuti prometni tokovi [1] .....	9
Slika 8: Shema razdjeljivanja prometnih tokova [4] .....	10
Slika 9: Vrste prometnih radnji [4] .....	11
Slika 10: Klasifikacija prometnih radnji (deblja crta - glavni prometni tok, tanja crta - sporedni prometni tok) [2] .....	12
Slika 11: Prikaz potencijalnih konfliktnih točaka za različita raskrižja .....	13
Slika 12: Ovisnost srednje duljine putovanja i razmak raskrižje u ovisnosti .....	16
Slika 13: Odnos funkcionalne razine raskrižja o prometnim parametrima [2] .....	17
Slika 14: Najčešće korišteni tipovi trokrakih raskrižja izvan razine [8] .....	18
Slika 15: Osnovni tipovi četverokrakih raskrižja izvan razine [8] .....	18
Slika 16: Najmanji razmak između raskrižja [2] .....	19
Slika 17: Dijelovi rampe .....	20
Slika 18: Vrste rampi na raskrižjima izvan razine [2] .....	21
Slika 19: Kapacitet spojnih rampi .....	22
Slika 20: Prikaz broja prometnih nesreća na milijun stanovnika s obzirom na rješenje i pozicioniranje uljevno - izljevni mjesta [2] .....	23
Slika 21: Vrste izvoza [4] .....	24
Slika 22: Vrste uvoza [4] .....	25
Slika 23: Duljina trakova za preplitanje [2] .....	26
Slika 24: Osnovni elementi za dimenzioniranje izvoza i uvoza [2] .....	27
Slika 25: Tlocrtno alociranje raskrižja [2] .....	28
Slika 26: Vidno polje za preglednost kod uplitanja [2] .....	29
Slika 27: Riječki cestovni prometni čvor [11] .....	30
Slika 28: Prikaz trase buduće ceste D403 [13] .....	32
Slika 29: Čvorišta Matulji (lijevo) i Škurinje (desno) [8] .....	32
Slika 30: Čvorišta Orehovica (lijevo) i Draga (desno) [8] .....	33
Slika 31: Čvor Hreljin (lijevo) i Sv. Kuzam (desno) [8] .....	33
Slika 32: Čvor Rujevica [8] .....	34
Slika 33: Čvor Križišće [8] .....	34
Slika 34: Raskrižje Diračje [8] .....	34
Slika 35: Čvor Draga [14] .....	35
Slika 36: Čvor Sv. Kuzam [14] .....	37
Slika 37: Pogled na čvor Sv. Kuzam i bakarski zaljev [15] .....	38



**POPIS TABLICA:**

<i>Tablica 1: Podjela izvan-urbanih kružnih raskrižja [6] .....</i>	<i>5</i>
<i>Tablica 2: Podjela urbanih križnih raskrižja [6] .....</i>	<i>5</i>
<i>Tablica 3: Podjela cesta prema [7].....</i>	<i>6</i>
<i>Tablica 4: Razine uslužnosti signaliziranih raskrižja i prosječno kašnjenje vozila po.....</i>	<i>15</i>
<i>Tablica 5: Odnos tipa i funkcionalne razine te brzine na rampi [2].....</i>	<i>22</i>
<i>Tablica 6: Odnos mjerodavnih brzina i duljina uvoza i izvoza [2].....</i>	<i>27</i>

## 1. UVOD

Raskrižja predstavljaju područja unutar prometne cestovne mreže na kojem se sijeku dvije ili više prometnica. Osnovna svrha raskrižja je omogućiti vozilima promjenu smjera kretanja uslijed čega dolazi do križanje, preplitanje, isplitanja ili uplitanje prometnih tokova. U odnosu na otvorene dijelove cestovne mreže na raskrižjima opada sigurnost i propusna moć prometa. Raskrižja izvan razine isključuju prometnu radnju križanja čime se uvelike povećava sigurnost i propusnu moć raskrižja.

Razvoj hrvatskog gospodarstva u uskoj je vezi s razvojem turizma koji ovisi o razvitku hrvatske prometne mreže. Na Riječku obilaznicu priključuje se promet iz četiri osnovna pravca: Zagreba, Splita, Istre i sjeverozapadne Europe. Riječka obilaznica je jedan od najopterećeniji prometni pravaca u Hrvatskoj s prosječnim godišnjim dnevnim prometom veći od 35 000 vozila. Obilaznica je strateški važna prometnica za grad Rijeku zbog preusmjeravanja tranzitnog prometa izvan ionako napučenog grada. Zbog složene konfiguracije terena (velik broj tunela, mostova, vijadukata) kao i politike i nedostatka novca, građani grada Rijeke čekali su više od 30 godina za izgradnju punoga profila obilaznice.

Cilj ovog rada je opis i analiza Riječke obilaznice s posebnim naglaskom na čvorišta Draga i Sv. Kuzam. Rad je podijeljen u 3 dijela od kojih prvi dio opisuje stručne pojmove za bolje shvaćanje prometa u raskrižju, podjelu raskrižja i njihove karakteristike. Nakon toga slijedi opis raskrižja izvan razine, njihova podjela te opisi geometrijsko-oblikovnih i projektnih elemenata. Treći dio opisuje Riječku obilaznicu i pobliže analizira čvorove Draga i Sv. Kuzam.

## **2. RASKRIŽJA**

Raskrižja predstavljaju područje unutar prometne mreže ne kojem se sijeku 2 ili više cesta te od vozača traže donošenje odluka u vrlo kratkom vremenskom intervalu.

Osnovna svrha raskrižja je omogućiti vozilima promjenu smjera kretanja, zbog čega na raskrižjima opada sigurnost u prometu i pojavljuju se potencijalne konfliktne točke.

Promet u raskrižju treba se odvijati kvalitetno (brzo) i sigurno za sve sudionike od vozača do pješaka. Svako raskrižje treba zadovoljiti određene građevinske uvijete koji utječe na sigurnost prometa u raskrižju, kapacitet raskrižja, kao i na uredno odvijanje prometa. [1]

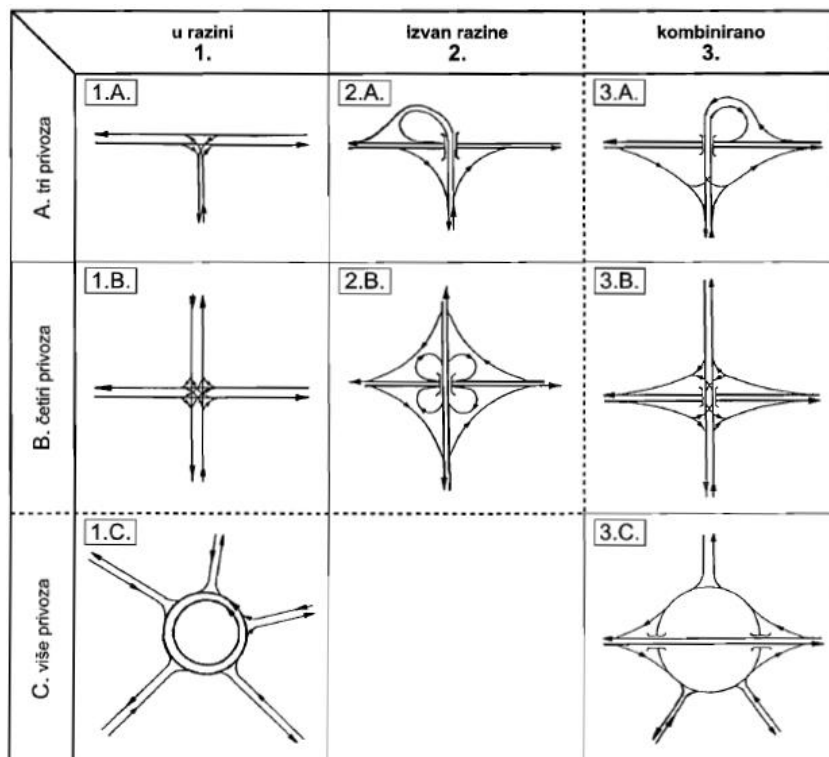
### **2.1. Podjela raskrižja**

Faktori koji presudno utječu na izbor raskrižja su propusna moć i sigurnost obavljanja prometa. Zbog izbjegavanja potencijalnih prometnih nesreća i preopterećenja raskrižja projektiraju se u smislu smanjenja konfliktnih točaka i površina pomoću vremenskog i prostornog razdjeljivanja dijelova raskrižja. Raskrižja možemo podijeliti na temelju više faktora: po broju privoza, kutu križanja cesta, prema dozvoljenim smjerovima kretanja, po prometnom režimu itd. Najvažnija podjela je podjela po razinama razdjeljivanja prometnih tokova:

- raskrižja u razini
- raskrižja izvan razine
- kombinirana raskrižja i posebna raskrižja [2]

Najčešću primjenu u praksi imaju raskrižja u razini koja se primjenjuju kod križanja klasičnih cesta s pripadnim prometnim opterećenjem, dok se raskrižja izvan razine koriste kod cestovnih dionica s velikim prometnim opterećenjem, kao što su brze ceste i autoceste. Na površini cestovnih čvorišta prometne radnje znatno su složenije nego na otvorenim dijelovima trase. [3]

Na slici 6. prikazana je podjela raskrižja s obzirom na broj privoza i razina razdjeljivanja prometnih tokova.



Slika 1: Podjela raskrižja [2]

### 2.1.1. Raskrižja u razini

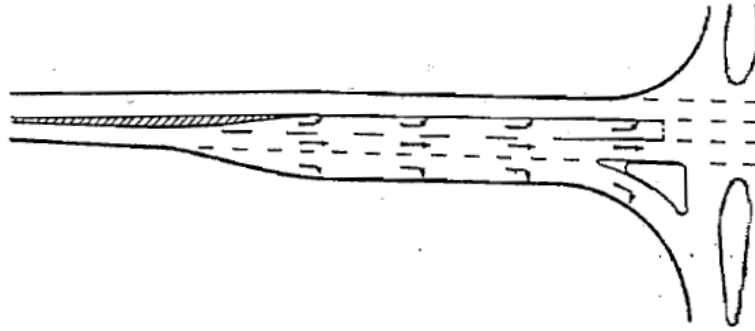
Raskrižja u razini ili površinska raskrižja su najrašireniji način povezivanja cestovnog prometa. Karakteristične prometne radnje su križanje, preplitanje, isplitanje i uplitanje.

Primjenjuju se kod raskrižja kojima prometno opterećenje nije veće od 800 vozila/sat po jednom smjeru. Iz gore navedenog uvjeta, raskrižja u razini primjenjuju se kod regionalnih i lokalnih cesta. Karakterizira ih vođenje prometnih tokova i građevinska rješenja koja se nalaze na istoj prometnoj plohi. Broj konfliktnih točaka ovisi o: broju prometnih traka, načinu signalizacije, intenzitetu prometa i postotku lijevih i desnih skretača. [2], [4]

Površinska raskrižja mogu biti izvedena kao kanalizirana ili nekanalizirana. Kanalizirana raskrižja imaju veću sigurnost i propusnu moć.

Kanaliziranje prometnih tokova ostvaruje se:

- smanjenje konfliktne zone
- dobra orijentiranost u svim situacijama
- koncentracija i precizno određivanje mjesta konflikta
- prisilno i jasno vođenje prometnih tokova [5]

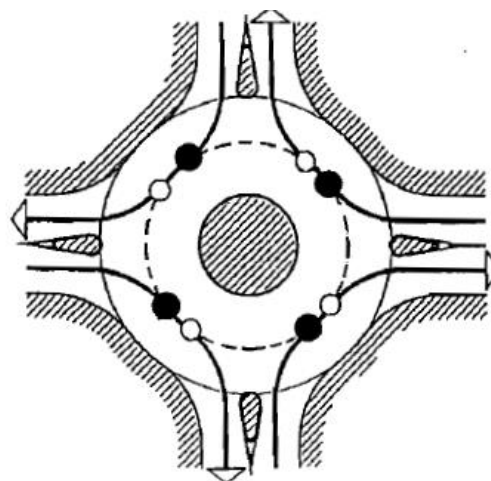


Slika 2: Primjer kanaliziranja raskrižja na glavnom pravcu [1]

Raskrižja u razini dijele se na klasična i raskrižja s kružnim tokom. Klasična površinska raskrižja dobro pokrivaju sve vrste cesta (osim autocesta) te su neusporedivo najkorištenije u mreži javnih cesta.

Površinska kružna raskrižja je kanalizirano raskrižje kružnog oblika s provoznim ili neprovoznim središnji otokom na kojem se križaju 3 ili više cesta. Kretanje vozila se odvija na kružnom voznom traku u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu.

Glavna prednost kružnih raskrižja je smanjenje konfliktnih točaka te je samim time povećana sigurnost odvijanja prometa. Klasičnog četverokrako površinsko raskrižje ima 3. konfliktna točke, dok rješenje s kružnim tokom prikazano na slici 3. samo 8 (4 točke isplitanja i 4 točke uplitanja). [6]



○ - isplitanje  
● - uplitanje

Slika 3: Konfliktna točka u kružnom toku [2]

Prema veličini i lokaciji gdje se nalaze kružna raskrižja možemo ih podijeliti na urbana (gradska) i izvan-urbana (izvan gradska) raskrižja. U *tablici 1.* navedena je podjela izvan-urbanih raskrižja s obzirom na veličinu vanjskog polumjera i kapacitet raskrižja.

Tip kružnog raskrižja	Vanjski polumjer (m)	Okvirni kapacitet (voz/dan)
Srednje veliko izvanurbano	17,5 – 22,5	22.000 (24.000)
Veliko izvanurbano	>25	-

*Tablica 1: Podjela izvan-urbanih kružnih raskrižja [6]*

Srednje velika kružna raskrižja grade se na križanjima javnih cesta izvan naselja te na prometno opterećenim raskrižjima na kojima izgradnjom rotora povećavamo sigurnost i propusnu moć. Biciklistički promet potrebno je voditi na posebno izdvojenim biciklističkim stazama, dok pješački promet nije predviđen.

Velika kružna raskrižja se izvode u posebnim slučajevima, obično na gradskim zaobilaznicama (brzim cestama) ili križanju dviju autocesta. Pješački i biciklistički promet nije sastavni dio velikih kružnih raskrižja te se vodi odvojeno. [6]

Podjela urbanih (gradskih) kružnih raskrižja navedena je u *tablici 2.*

Tip kružnog raskrižja	Vanjski polumjer (m)	Okvirni kapacitet (voz/dan)
Mini urbano	7,0-12,5	10.000 (15.000)
Malo urbano	11,0-17,5	15.000 (18.000)
Srednje veliko urbano	15,0-20,0	20.000 (22.000)

*Tablica 2: Podjela urbanih križnih raskrižja [6]*

Mini kružna raskrižja izvode se u urbanoj sredini pretežno zbog smirivanja prometa. Uspoređujući ga s nesemaforiziranim raskrižjem ima veću propusnu moć i sigurnost prometa. Brzina vozila je do 25 km/h.

Mala urbana kružna raskrižja često se izvode na ulazima u manja naselja. Uobičajena brzina na ovom tipu raskrižja je 30 km/h. Srednje velika urbana kružna raskrižja primjenjuju se na raskrižjima s većim prometnim intenzitetom u gradskoj sredini, gdje su dopuštene brzine do 40 km/h. [6]

Prednosti kružnih raskrižja naspram ostalih tipova su niža razina buke i emisije štetnih plinova, manje materijalne štete kod sudara vozila, mogućnost propuštanja prometnih tokova velikih intenziteta, kraće čekanje na privozima, veća sigurnost prometa itd.

Mane kružnih raskrižja su pojava problema kod povećane količine biciklističkog i pješačkog prometa, poteškoće s osiguravanjem dovoljne veličine središnjeg otoka u već izgrađenim prostorima, loše rješenje kod velike količine lijevih skretača itd. [6]

### 2.1.2.. Raskrižja izvan razine (denivelirana raskrižja)

Raskrižja izvan razine primjenjuju se u slučaju kada rješenje običnog raskrižja u razini nema zahtijevanu propusnu moć ili je potrebna veća sigurnost sudionika u prometu.

Potreba za navedenim tipom raskrižja je na onim čvorištima gdje ukupno prometno opterećenje sa sporednog i glavnog smjera premašuje 12000 vozila/dan te kod raskrižja dviju autocesta na kojima će se osigurati neprekidne tokove u svim smjerovima. Navedene brojke odgovaraju opterećenju prometa autocesta i brzih cesta opisanih u *tablici 3*. [2]

Kategorija ceste	Društ. gospod. značenje (1.1.1.)	Vrsta prometa (1.1.2.)	Veličina prometa (1.1.3.)	Zadaća povezivanja (1.1.4.)	Srednja duljina putovanja (km)
AC	Državna	Prom. mot. vozila	>14000	Međudržavno i državno	>100
1. kat.	Državna	Prom. mot. vozila	>12000	Međudržavno i državno-regionalno	50-100
2. kat.	Državna	Prom. mot. v. mješoviti prom.	7000-12000	Državno i županijsko	20-50
3. kat.	Državna; županijska	Mješoviti promet	3000-7000	Međuopćinsko	5-50
4. kat.	Županijska; lokalna	Mješoviti promet	1000-3000	Općinsko	5-20
5. kat.	Lokalna	Mješoviti promet	<1000	Općinsko-lokalno	<5

*Tablica 3: Podjela cesta prema [7]*



Slika 4: Prikaz autoceste (lijeva) i brze ceste (desna slika) [8]

Više o raskrižjima izvan razine govori se u *Poglavlju 3*.

### ***2.1.3. Kombinirana raskrižja***

Uz prije spomenute grupe raskrižja u praksi se pojavljuje mnogo posebnih oblika i kombinacija raskrižja. Kombinirana raskrižja nastaju ponajviše kao mješavina varijante između raskrižja u razini i izvan razine te su vrlo često primjenjivana u praksi, a uzrokovana su prostornim zahtjevima, izgrađenošću, osobitostima prometnih tokova, križanju cesta različitog ranga itd. [2]



Slika 5: Primjer kombiniranog raskrižja [1]

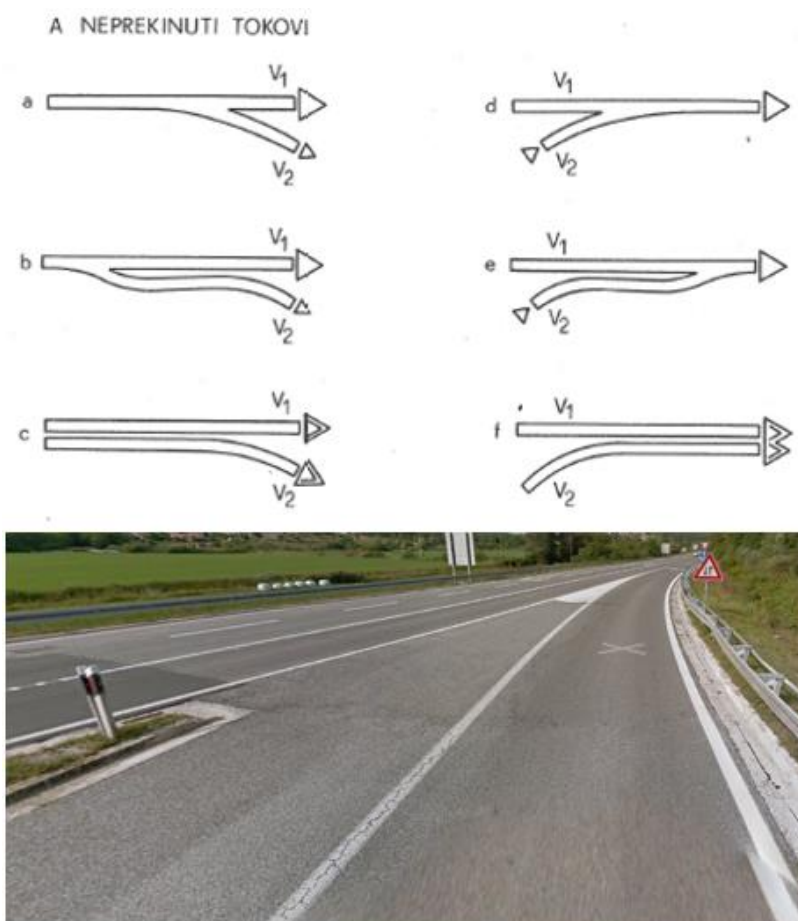


## 2.2. Prometni tokovi

Osnovni faktor koji određuje vrstu prometnih radnji je način vođenja prometnih tokova u zoni raskrižja.

Podjela prometnih tokova u zoni raskrižja:

- neprekinuti tok – vozilo koje prolazi dionicom ceste može se zaustaviti zbog čimbenika prouzročnog unutar prometnog toka. Primjer neprekinutog toka su ponajprije autoceste i duže relacije dvosmjernih cesta između raskrižja itd. Prometni tokovi se dijele ili spajaju sa sličnim brzinama ( $V_1 \approx V_2$ ) pod oštrim kutom bez zaustavljanja vozila. Potrebno je osigurati dovoljnu duljinu preglednosti zbog sigurnosti obavljanja prometa. U nadređenom prometnom toku potrebne prostorne i vremenske praznine su relativno male. Primjenom navedenog toka namećuju se povećani zahtjevi za sposobnost i obučenost vozača. Neprikladni su za uvođenje svjetlosnih signala zbog duljih putanja vozila i većih brzina.

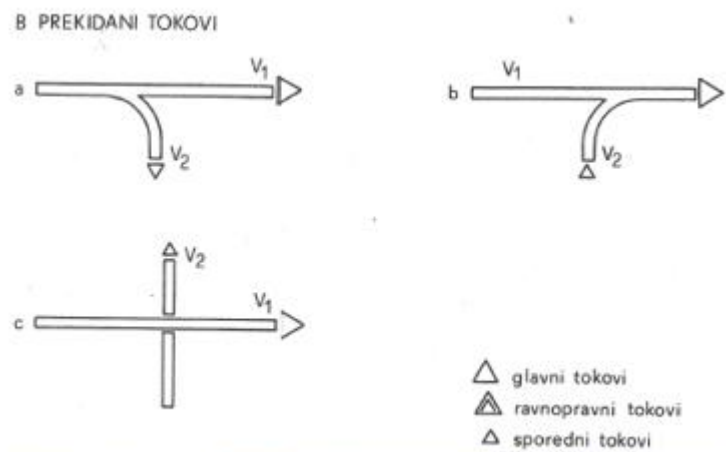


Slika 6: Neprekinuti prometni tokovi [1], [8]

- prekinuti tok – vozilo koje prolazi dionicom ceste mora se zaustaviti ili proći malom brzinom ( $V_1 \gg V_2$ ) zbog signalizacije ili prometnih znakova. Ceste se trebaju sjeći pod što okomitijem kutu zbog zahtijeva preglednosti raskrižja.

Jasno treba biti definirana prednost prolaska, to jest glavni smjer ceste.

U raskrižjima s prekinutim tokovima zone konflikta može se ograničiti na malu površinu s kratkim putevima vozila, što je pogodno za uvođenje svjetlosne signalizacije. Kod povećanog prometnog opterećenja sporedni tokovi zapinju, a nužne prostorne tj. vremenske praznine otprilike su dvaput veće nego kod neprekinutih prometnih tokova. [4]



Slika 7: Prekinuti prometni tokovi [1]

Postoje i kombinacije dvaju prometnih tokova koje su prisutne kod projektiranja raskrižja u jednoj razini. U praksi se sporedni prometni tokovi vode kao prekinuti, a glavni kao neprekinuti prometni tokovi. Veći broj smjerova kretanja situaciju čini složenijom. [4]

Kao što je već ranije spomenuto, sigurnost vozača u prometu i kapacitet raskrižja su najbitniji elementi pri odabiru vrste raskrižja. Razdjeljivanjem prometnih tokova pokušava se smanjiti broj konfliktnih točaka u prometu, što ima za cilj izbjegavanje zagušenja u raskrižju. Način razdjeljivanja prometnih tokova podrazumijeva vremensko i prostorno (horizontalno i vertikalno) razdjeljivanje koje je prikazano na slici 8.



Slika 8: Shema razdjeljivanja prometnih tokova [4]

Vremensko razdjeljivanje uključuje sve radnje koje su ovisne o vremenskom slijedu (uplitanje i isplitanje, pretjecanje, promjena voznih trakova...). Koncept vremenskog razdjeljivanja najviše je prisutan kod rješavanja raskrižja u razini s korištenjem horizontalne, vertikalne i svjetlosne prometne signalizacije.

Prostorno razdjeljivanje koristi se kod deniveliranih raskrižja i direktno utječe na njihovo građevinsko oblikovanje koje je posljedica vremenskog razdjeljivanja. [3]

Prostorno razdjeljivanje dijeli se na:

- vertikalno – obilježje ove vrste razdjeljivanja prometa je vođenje prometnih trakova u različitim razinama čime se bitno smanjuje broj konfliktnih točaka.
- horizontalno – predstavlja primjenu prometnih trakova za usmjeravanje prometnih tokova i posebnih trakova za različite kategorije vozila ( vozila gradskog prometa, biciklistički i pješački promet).

Kod intenzivnog prometnog opterećenja raskrižja, vremensko razdjeljivanje postiže se postavljanjem pravilne i efikasne prometne signalizacije. [4]

### 2.3. Prometne radnje

Osnovne prometne radnje koje potenciraju konfliktne situacije prvenstveno nastaju zbog promjene smjera kretanja i brzine jednog ili više vozila.

Podjela prometnih radnji :

- a) isplitanje (izlijevanje)
- b) uplitanje (ulijevanje)
- c) preplitanje
- d) križanje (presjecanje)

Svaku od navedenih radnji ocjenjuje se s obzirom na međusobni odnos glavnog i sporednog pravca (slika 9). [4]



Slika 9: Vrste prometnih radnji [4]

a) Isplitanje je prometna radnja koja označava dijeljenje prometnih tokova.

Najpovoljnije su prometne radnje pod slučajem a i b. Rješenje e povoljno je kod dijeljenja prometnog toka na dva toka podjednakih intenziteta, a primjenjuje se kod glavnih i sporednih kolnika. Rješenja f i g uobičajena su kod rampi kod kojih se računaju prometni tokovi s većim razlikama u intenzitetu prometa te kod računjanja glavnih i sporednih prometnih tokova na prolaznim kolnicima.

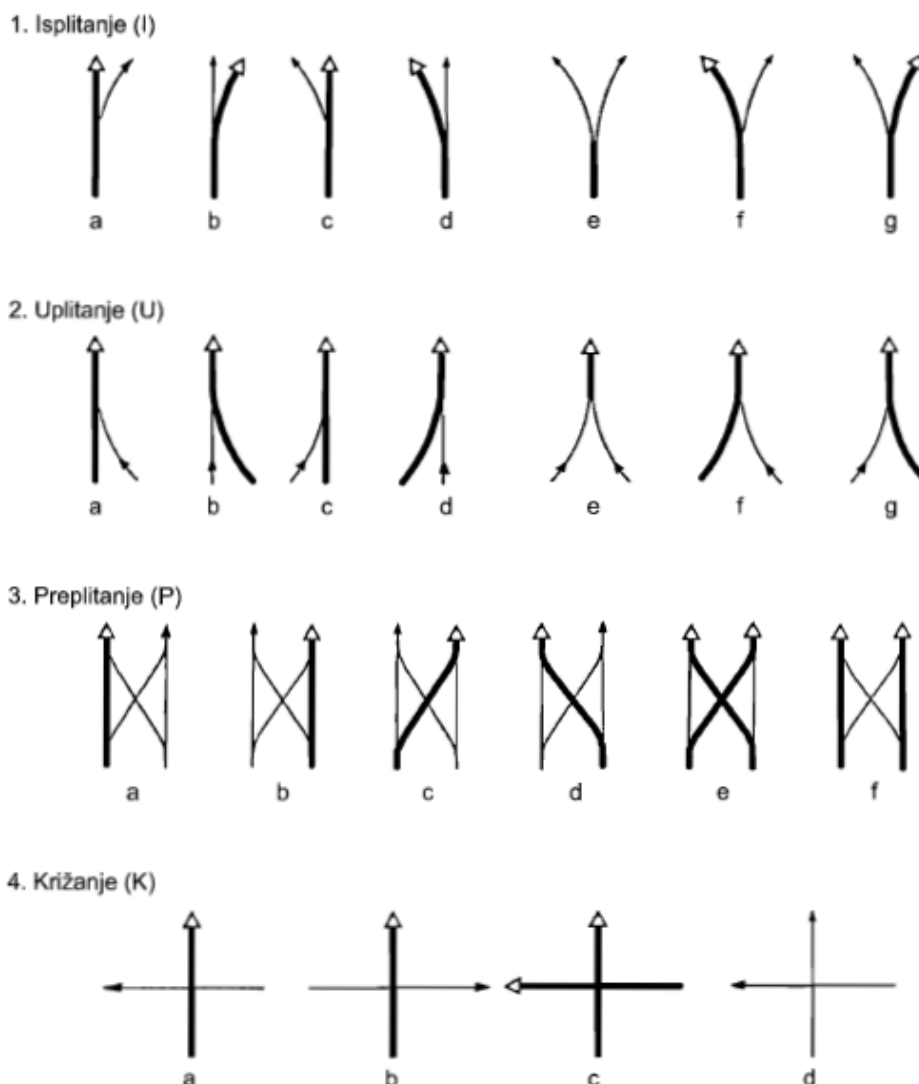
b) Uplitanje je prometna radnja koja označava sjedinjavanje prometnih tokova te je složenija od isplitanja. Najpovoljniji je slučaj a koji s direktnom rampom ima najveću sigurnost prometa. Kod sjedinjavanja ravnopravnih prometnih tokova pod slučajem e moguća su rješenja s i bez redukcije prometnih trakova.

c) Preplitanje je prometna radnja koja označava međusobnu izmjenu prometnih trakova.

Najpovoljnija radnja prometnog isplitanja je slučaj a te nakon njega slučaj b. Preplitanje glavnih prometnih tokova ocjenjuju se kao najnepovoljniji.

d) Križanje predstavlja međusobno križanje prometnih tokova te je ujedno najteža prometna radnja.

Prisutna je kod raskrižja u razini, a u raskrižjima izvan razine samo kod 3. kategorije gdje se križaju sporedni prometni tokovi na rampama.



Slika 10: Klasifikacija prometnih radnji (deblja crta - glavni prometni tok, tanja crta - sporedni prometni tok) [2]

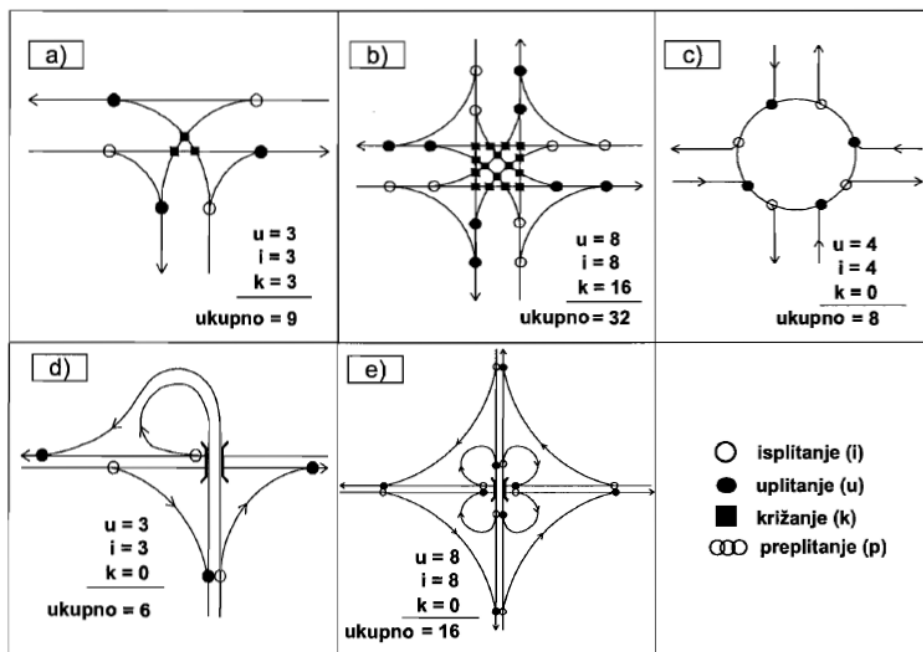
## 2.4. Potencijalne konfliktne točke

Potencijalne konfliktne točke su prouzročene prometnim radnjama isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova u razini raskrižja.

Broj potencijalnih konfliktnih točaka ovisi o geometriji, tipu, vrsti raskrižja te o količini prometnog opterećenja i vrsti signalizacije. [4]

Standardna trokraka raskrižja u razini imaju ukupno 9 potencijalnih konfliktnih točaka od kojih su isplitanje, uplitanje i križanje dozvoljene prometne radnje. Denivelirana trokraka raskrižja imaju samo 6 potencijalnih konfliktnih točaka te kod ovog tipa raskrižja onemogućena je prometna radnja križanja prometnih tokova.

Najviše potencijalnih konfliktnih točaka imaju četverokraka raskrižja u razini i to čak 32, a za usporedbu četverokraka denivelirana raskrižja (tip djetelini list) imaju upola manje to jest 16 potencijalnih konfliktnih točaka.



Slika 11: Prikaz potencijalnih konfliktnih točaka za različita raskrižja [2]

## 2.5. Sigurnost i propusna moć raskrižja

Budući da je sigurnost odvijanja prometa najvažniji čimbenik projektiranja raskrižja, potrebno je poduzeti određene mjere za osiguravanje sigurnosti prometa u raskrižju. Dobro projektirano raskrižje je ono koje u cijelosti ili djelomično zadovoljava faktore sigurnosti prometa:

- pravovremenu prepoznatljivost – ima svrhu da vozači budu spremni za prometne situacije koje slijede. Prepoznatljivost mora biti osigurana sa svih privoza.
- preglednost – treba biti osigurana kako bi vozač pravovremeno uočio raskrižje i adekvatno uspio reagirati na situaciju u raskrižju. Treba biti osigurana dobra preglednost lijevih skretača, biciklističkog i pješačkog prometa.
- shvatljivost – podrazumijeva da svi vozači unutar raskrižja jasno razumiju koji su mogući konflikti, koji su dozvoljeni i zabranjeni smjerovi, u kojem se trenutku potrebno pravovremeno prestrojiti itd.

- dovoljnu provoznost (prohodnost u slučaju pješačkog prometa) – realizira se usklađivanjem oblikovno-geometrijskih svojstva raskrižja s vozno-dinamičkim osobinama vozila i zahtjevima pješačkog prometa. [4]

Veliki utjecaj na sigurnost prometa ima dozvoljena brzina kretanja vozila. Na svakom raskrižju potrebno je osigurati dovoljnu preglednost kao i opremljenost signalizacijom kako bi vozač mogao pravovremeno reagirati te prilagoditi vožnju uvjetima na cesti. Sigurnost prometa ovisi o vrsti čvorišta, to jest o načinu i položaju vođenja prometnih tokova i propusnoj moći (kapacitetu) čvorišta. [2]

Bitan faktor koji treba osigurati na raskrižju je odvijanje prometa je propusna moć.

Propusna moć ili kapacitet raskrižja pokazuje koji broj vozila može proći u jedinici vremena kroz jedan privoz ili cjelokupno raskrižje. Kapacitet ovisi o građevinskim karakteristikama raskrižja, način regulacije uvjetima koji vladaju u samome raskrižju.

Djelovanjem na uvijete u raskrižju mogu se postići kvalitetniji i ekonomski isplativiji rezultati od mjere djelovanja samo u građevinskom smislu, a to su :

- zabranom lijevih skretača iz zajedničkog traka može se postići bolji rezultati u propusnoj moći raskrižja
- izostavljanjem određenih pješačkih prijelaza ili drugačijim položajem smanjuje se broj konfliktnih točaka unutar pješačkog i motoriziranog prometa
- prenamjenom voznih trakova; u praksi se obično za dva traka na privozu jedan ostavlja na lijeve skretače, a drugi za skretanje desno i nastavak kretanja ravno. Izrazito mali broj vozila iz suprotnog smjera i veliki broj desnih skretača daje puno bolje rezultate u propusnosti prometa, prenamjenom trakova u zasebnu traku za desno skretanje, a drugi trak za lijevo i ravno. [2]

Propusna moć raskrižja predstavlja najveći broj vozila koji može proći određenom cestovnom dionicom bez obzira na važne faktore kao što su: udobnost prometa, brzinu vozila, trajanje putovanja, stanja prometnog toka itd. Iz tog razloga uvodi se podjela raskrižja po razini uslužnosti.

Razina uslužnosti raskrižja predstavlja odnos između kapaciteta i stvarnog opterećenja na raskrižju, te se dijeli u 6 kategorija označenih slovima od A-F. Kategorija A označava najpovoljniju, a F kategorija najnepovoljniju razinu uslužnosti. [2]

Na razinu uslužnosti i kapaciteta raskrižja utječu:

- geometrijski uvjeti
- prometni uvjeti
- uvjeti signalizacije u raskrižju [9]

U *tablici 4.* navedene su kategorije razine uslužnosti i njihove karakteristike te prosječno vrijeme kašnjenja vozila na signaliziranim raskrižjima.

<i>Razina usluge</i>	<i>Značenje kategorije</i>	<i>Prosječna vremena kašnjenja [s/voz]</i>
<i>A</i>	Slobodan prometni tok, s velikim brzinama i malom gustoćom	0 – 10
<i>B</i>	Slobodan prometni tok, s brzinama koje su djelomično ograničene gustoćom prometa	10 - 15
<i>C</i>	Stabilan prometni tok s ograničenim brzinama i mogućnošću manevriranja	15 – 25
<i>D</i>	Približavanje nestabilnom toku, bitno ograničena brzina i mala mogućnost manevriranja	25 – 35
<i>E</i>	Nestabilan prometni tok s vožnjom u nizu, protok jednak propusnoj moći, izgledni povremeni zastoji	35 – 50
<i>F</i>	Ubrzani, prisilni tok, brzine manje od kritičnih, protok manji od propusne moći	> 50

*Tablica 4: Razine uslužnosti signaliziranih raskrižja i prosječno kašnjenje vozila po HCM metodi [2]*



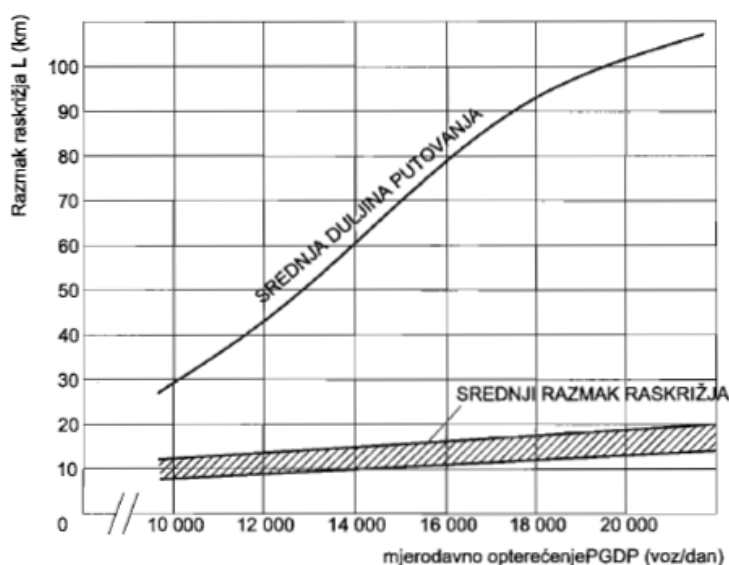
### 3. RASKRIŽJA IZVAN RAZINE

Raskrižja izvan razine su građevine za povezivanje dvaju cestovnih pravaca pod kriterijem održavanja režima neprekinutih prometnih tokova. Primjenjuju se u grupi javnih cesta s najvećim prometnim učinkom, to jest prostorno razdvajanje prometnih tokova ima značajan utjecaj na sigurnost i propusnu moć raskrižja.

Kao što je ranije navedeno primjenjuju se kod raskrižja čije prometno opterećenje premašuje 12000 vozila/dan. Statističkim praćenjem prometa utvrđeno je kako se 20-30% ukupnih prometnih nesreća događa u raskrižjima u razini, što ih čini najnesigurnijim točkama cestovnog prometa te kako raskrižja izvan razine imaju 2-2,5 puta veću propusnu moć od raskrižja u razini. Što se tiče investicijskih troškova omjer je također 2-2,5 puta kod deniveliranih raskrižja naspram raskrižja u razini. [2]

Izvedbom raskrižja izvan razine nema izravnog križanja prometnih tokova, a poveznica između dviju prometnica ostvaruje se priključnom rampom. Osnovni elementi ovog tipa raskrižja su: priključne rampe i trakovi za preplitanje, ubrzavanje i usporavanje.[5]

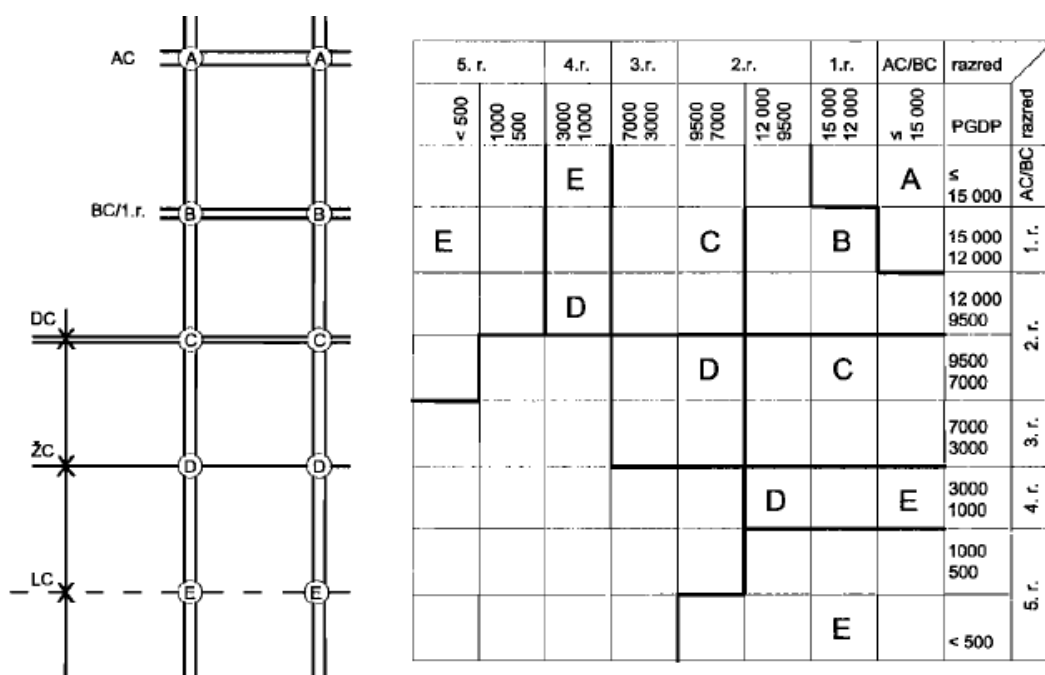
Međusobni razmak raskrižja treba se uskladiti sa značajkama i osobina glavnoga pravca. Gustoća raskrižja treba opadati po duljini puta, kao što je prikazano na slici 11. Iz grafa se zaključuje da je za standardne dvosmjerne ceste (s PGDP-om 9 000-20 000 vozila/dan) preporučljiv razmak 9-18 km, dok je za autoceste (s PGDP-om većim od 20 000 vozila/dan) optimalan razmak 12-20 km. [2]



Slika 12: Ovisnost srednje duljine putovanja i razmak raskrižje u ovisnosti o količini prometnog opterećenja [2]

U zavisnosti o rangu prometnice i njihove uloge u cestovnoj prometnoj mreži proistječe projektno rješenje, značaj i veličina raskrižja. Ovisno o prometnom opterećenju i razredu ceste, raskrižja možemo razvrstati u 5 razina u rasponu od A do E (*prikazanih na slici 13*):

- A – predstavlja puni koncept prostornog kanaliziranja prometnih tokova na raskrižjima dviju autocesta
- B – označava odnose cesta istog prometnog režima, a različitog prometnog opterećenja
- C – ceste različitog prometnog režima i opterećenja (rješenje kombinirano)
- D – predstavlja ceste različitog ranga i pozamašne razlike u prometnom opterećenju (rješenje kombinirano)
- E – svojstvena je kod cesta višeg razreda s lokalnim , a rezultat je prostorno razdvajanje pravaca bez izgradnje priključnih veza [2]



Slika 13: Odnos funkcionalne razine raskrižja o prometnim parametrima [2]

### 3.1. Vrste raskrižja

Raskrižja izvan razine mogu biti veća ili manja, što ovisi od značaja prometnice i njegovih geometrijskih oblika. Raskrižja autocesta najčešće su modeli raskrižja s tri ili 4 privoza. Najčešće korišteni tipovi trokrakih raskrižja su prikazani na *slici 14*, a to su: truba, kruška, trokut i rascjep. [2]

KRUŠKA



TRUBA



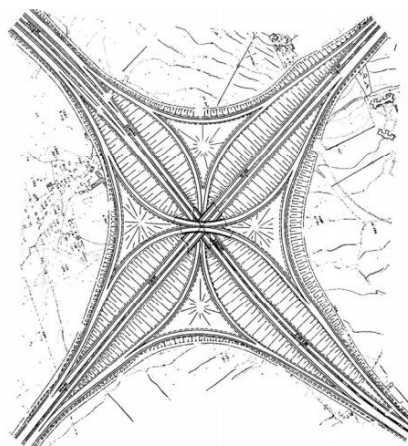
Slika 14: Najčešće korišteni tipovi trokrakih raskrižja izvan razine [8]

Osnovni oblici četverokraka raskrižja su djetelin list i malteški križ. Iz osnovnih oblika razvijeno je mnoštvo posebnih i kombiniranih raskrižja koja su nastala zbog zahtjeva koja se prilikom projektiranja i gradnje moraju zadovoljiti.

DJETELIN LIST



MALTEŠKI KRIŽ



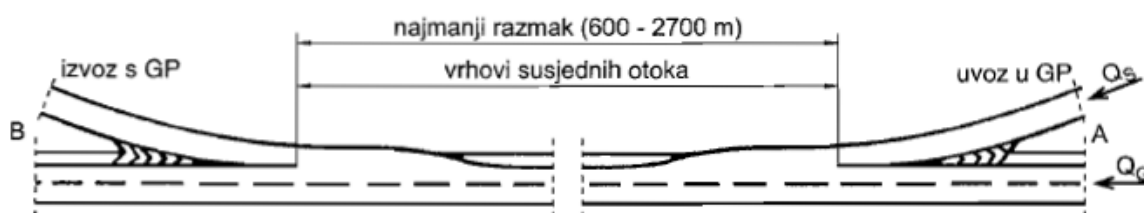
Slika 15: Osnovni tipovi četverokrakih raskrižja izvan razine [8]

Prednosti raskrižja u obliku djetelinoga lista su: izbjegnuta sva lijeva skretanja, nepotrebni su prometni znakovi, kretanje prometnih tokova je prirodno i kontinuirano, broj uvoznih i izvoznih točaka sveden je na samo 4 ili 8 i moguća je eventualna izgradnja u etapama. Nedostaci su: zauzimanje velike površine terena, nedovoljan razmak između spojnih rampi, vrijeme putovanja na spojnim rampama i nedovoljna sigurnost prometa. [10]

### 3.2. Glavni faktori

U racionalnom pogledu potrebno je definirati faktore koje utječu na propusnu moć i sigurnost samoga raskrižja:

- a) Odabir polaznog kolnika – ima veliku važnost u svim sljedećim koracima projektiranja, a ovisi o količini prometnog opterećenja, položaju u prometnoj mreži, ispruženosti trase itd. Na raskrižjima dviju autocesta glavni pravac je većinom pravac s većim prometnim opterećenjem i s ispruženo trasom ceste.
- b) Projektna brzina u raskrižju – na određenom glavnom pravcu treba biti ista kao i na otvorenom dijelu trase. Do smanjenja brzine na glavnom prometnom pravcu doći će zbog zona preplitanja, te u slučajevima većeg prometnog opterećenja na izvozima i uvozima priključnih rampi. Na sporednim projektna brzina ovisi o određenim elementima te je manja nego na glavnome pravcu.
- c) Razmak raskrižja – u uskoj je vezi s prostorno prometnim prilikama i funkcionalne uloge ceste u cjelokupnoj mreži. Najmanji dopušteni razmak može biti uvjetovan prometnom signalizacijom. Najmanji razmak je 600 m, a optimalan razmak između vrhova susjednih otoka raskrižja iznosi 2700 m.



Slika 16: Najmanji razmak između raskrižja [2]

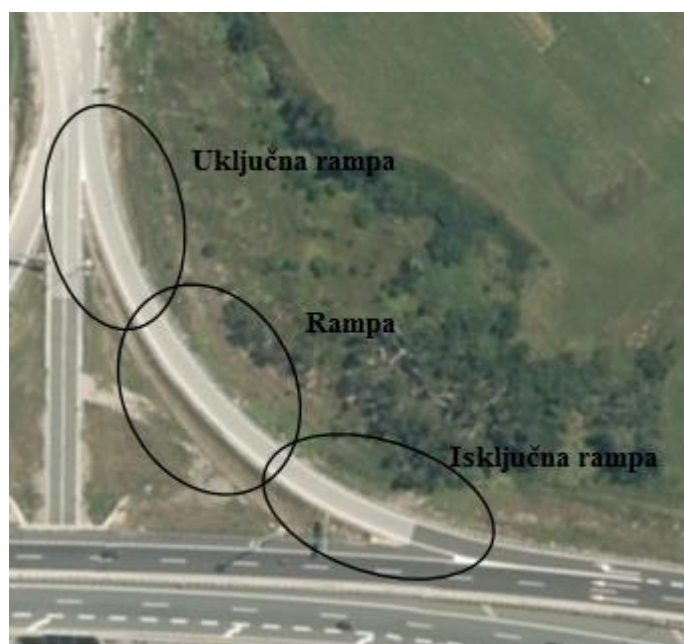
- d) Položaj raskrižja – kod projektiranja treba obratiti pozornost na tlocrtnu i visinsku dispoziciju raskrižja.

Preporuke:

- lokacija uvoza i izvoza trebaju biti na ispruženoj dionici trase glavnoga pravca, ponajprije zbog bolje preglednosti kod uvoza.
- dobra preglednost bit će na konkavnom položaju trase
- uzdužni nagib glavnog i sporednog pravca more biti što manja
- u slučaju nemogućnosti izbjegavanja izvoza iz lijevog zavoja, polazni kolnik mora biti prepoznatljiv, a izvozna rampa napravljena tako da se odvojak rampe naglasi [2]

### 3.3. Geometrijsko-oblikovni elementi

Povezivanje prometnih tokova unutar raskrižja izvan razina ostvaruje se preko priključnih rampi. U narednim potpoglavljima navode se i opisuju oblikovni elementi deniveliranih

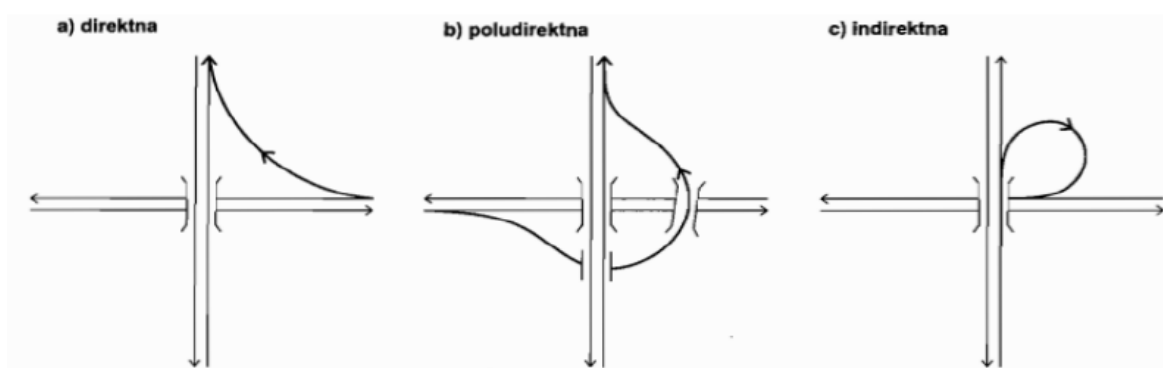


Slika 17: Dijelovi rampe

raskrižja. Svaka priključna rampa sastoji se 3 djela koji se razlikuju oblikovanju i prometnoj svrsi. Prvi dio je rampa za isključivanje na kojem se odvija dijeljenje prometnih tokova, drugi dio je sama trase rampe, a treći dio je rampa za uključivanje na kojem se odvija spajanje prometnih tokova.

### 3.3.1. Spojne rampe

Primjena spojnih rampi u čvorištima izvan razine omogućuje se promjene smjera kretanja. Općenita podjela je na lijeve i desne rampe. Prema načinu isplitanja i uplitanja na glavne kolnike razlikujemo 3 oblika rampi: direktne (lokacijski su u istom kvadrantu), poludirektne (u nasuprotnim kvadrantima) i indirektne (u susjednom kvadrantu). Odabir vrste rampe utječe na uspješnost provedbe prometnih radnji, propusnu moć, brzinu vožnje unutar rampe te na sigurnost i ekonomičnost prometa kao i na broj razina u raskrižju, broj i veličinu građevinsko-prometnih objekata [2]



Slika 18: Vrste rampi na raskrižjima izvan razine [2]

Direktne rampe osiguravaju prometni standard i sigurnost prometa na najvišoj razini. U praksi najčešća promjena je desnih direktnih rampi. Poludirektne rampe koriste se samo kao lijeve spojne rampe. Ovaj tip rampi se primjenjuje kada se želi postići veći prometni standard kod lijevih skretanja. Prolaze kroz više kvadranta što prouzrokuje problem kod visinskog i

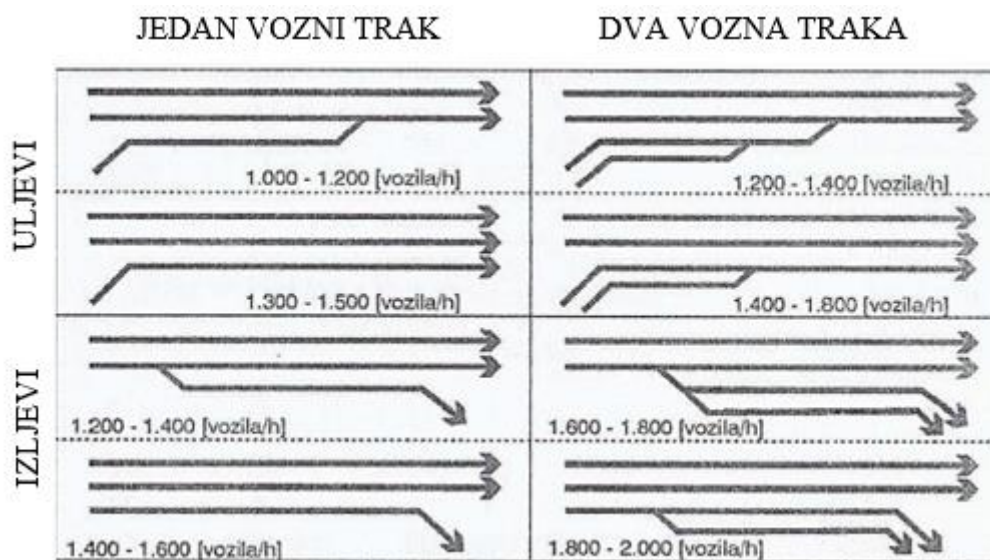
tlocrtnog vođenja rampe. Indirektne rampe su prometne građevine s najvišim geometrijskim i prometnim standardom. Ove rampe vode se samo u jednom kvadrantu te se primjenjuju kod lijevih skretanja, a nije potrebna upotreba objekata. [4]

U tablici 5 prikazan je odnos između tipa rampe, projektne brzine i funkcionalne razine rampe.

Rampe \ $V_p$ [km/h] i funkc. razine	Projektna brzina $V_p$			
	A	B	C	D
Direktne/izravne	80	70	60	50
Poludirektne	70	60	50	-
Indirektne/neizravne	50	40	30	30

Tablica 5: Odnos tipa i funkcionalne razine te brzine na rampi [2]

Najveći dopušteni nagib kod rampi u usponu je 6%, a kod rampa u padu 7%. Najmanja visinska razlika između razina u križanju je 5,5 m (4,5 m slobodnog visinskog profila i oko 1 m konstruktivne visine nadvožnjaka). Zbog savladavanje visinskih razlika duljina spojne rampe mora biti 180-200 m kod raskrižja u dvije razine, a 300 m kod raskrižja u tri razine. [4]



Slika 19: Kapacitet spojnih rampi [10]

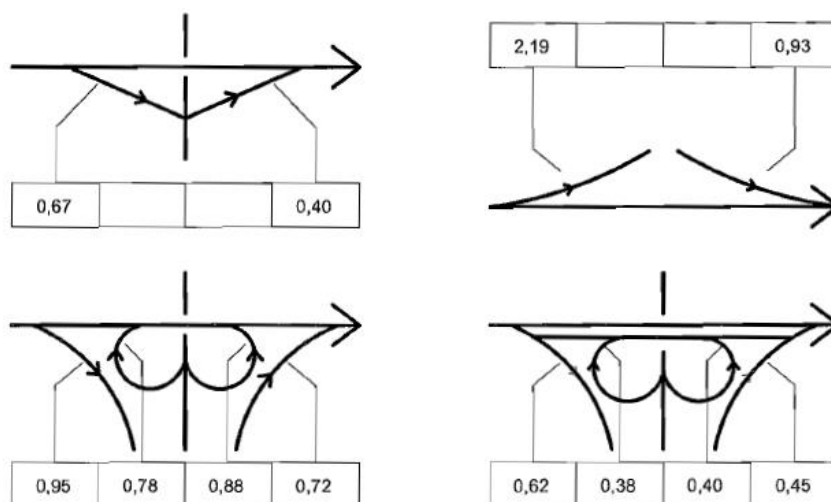
### 3.3.2. Uljevi i izljevi / uvozi i izvozi

Prometna radnje izlivanja i ulijevanja (isplitanje i uplitanje) predstavljaju promjenu prometnog traka uz prilagođavanje brzine vožnje. Kod obje radnje ne smije se remetiti promet na glavnom pravcu, pa je potrebno građevinski urediti i opremiti odgovarajućom signalizacijom uljevno-izljevna mjesta. [4]

Rezultati istraživanja pokazuju stupanj rizika i uzajamne odnose broja nesreća za odgovarajuća prometna rješenja i spojne rampe raskrižja prikazanih na *slici 20*.

Sukladnu istraživanju preporučuje se:

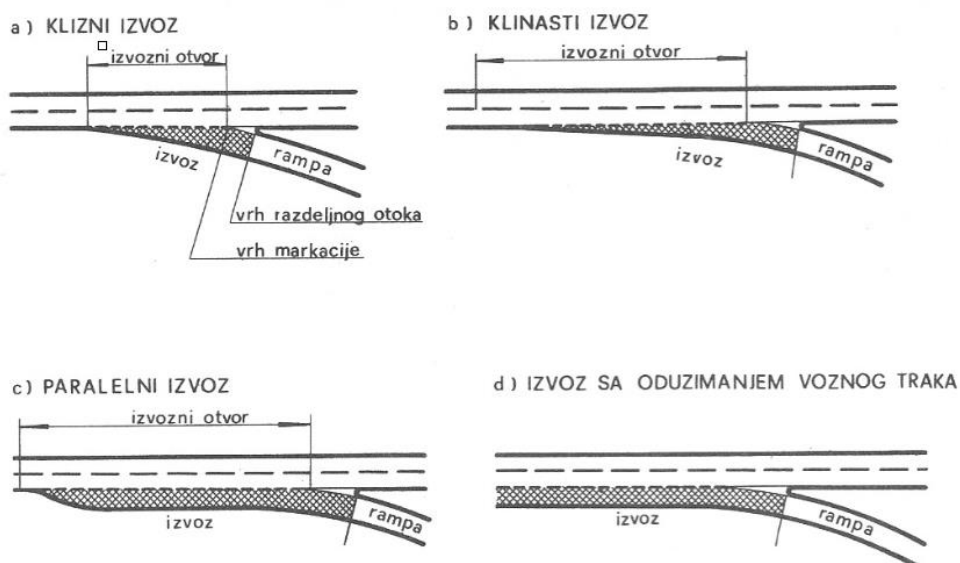
- izvoze i uvoze predvidjeti s desne strana, a u iznimnim slučajevima s lijeve
- po pravilnom redosljedu prvo su izvozi, a nakon uvozi
- svaki cestovni smjer trebao bi imati samo jedan uvoz i jedan izvoz [2]



Slika 20: Prikaz broja prometnih nesreća na milijun stanovnika s obzirom na rješenje i pozicioniranje uljevno - izljevni mjesta [2]

Početni vrh spojnih rampi je izljev, na kojem se prometnom radnjom isplitanja odvajaju prometni tokovi na glavnom kolniku. Izljev mora biti konstruiran tako da se odvajanje prometnih tokova odvija bez znatnijeg smanjenja brzine vozila. Građevinsko oblikovanje izljeva ponajprije ovisi o brzini na glavnom kolniku, te o veličini i značenju oba prometna toka. Kao što je prikazano na *slici 21* izvozi mogu biti oblikovani kao klizni, klinasti paralelni i s oduzimanjem voznog traka. [4]





Slika 21: Vrste izvoza [4]

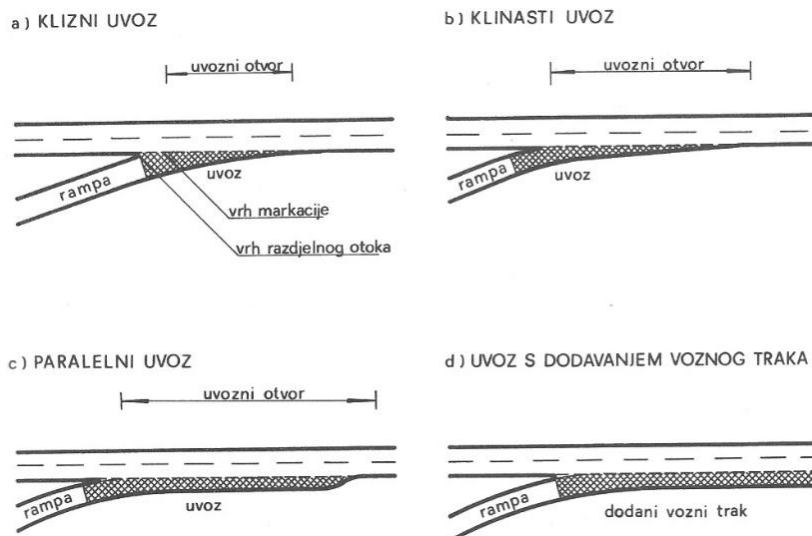
Kod kliznog izvoza desni rub rampe vodi se direktno iz ruba kolnika uz upotrebu klotoide i kružnoga luka. Ovim tipom rješenja dobiva se kratak otvor izljeva koji se primjenjuje kod indirektnih rampi. Klinasti izljev sličan je kliznom samo je razlika što je kod klinastog umetnut tanki prijelazni trokut, čime je povećana duljina otvora izvoza. Izvoza s paralelnim trakom uz glavni kolnik započinje kraćim prijelaznim područjem za manevriranje te ovim rješenje daje dovoljnu duljinu izvoznog otvora. Izljev s oduzimanjem prometnog traka se primjenjuje kod raskrižja izvan razine, čime presjek glavnog kolnika nakon izljeva smanjuje se za jedan vozni trak. [4]

Uvoz je završni dio spojnih rampi na kojem se spajaju prometni tokovi rampe i glavnog kolnika. Prometne radnje na uvozima znatno su složenije nego kod izvoza s izrazitim naglaskom na propusnost i sigurnost prometa. Za uplitanje vozila u glavni prometni trak potreban je dulji trak za ubrzavanje zbog ograničene mogućnosti ubrzavanja teretnih vozila, te zbog činjenice da se prometna radnja uplitanja mora ujednačiti s prisutnošću slobodnih vremenskih praznina na glavnom pravcu. Kod raskrižja izvan razine položaj uvoza u pravilu je s desne strane, a samo u posebnim slučajevima je s lijeve.

Uplitanje s desne strane pogodnije je zbog sljedećih razloga:

- najveća brzina vozila je na zadnjem lijevom prometnom traku
- vozači ne očekuju prometne smetnje s lijeve strane
- preglednost kod uplitanja vozila s lijeve strane je manja
- vozači imaju više iskustva i navika na uplitanje s desne strane [4]

Postoje 4 vrste uvoza: klizni, klinasti, paralelni i s dodavanjem voznog traka koji su prikazani na slici 22.



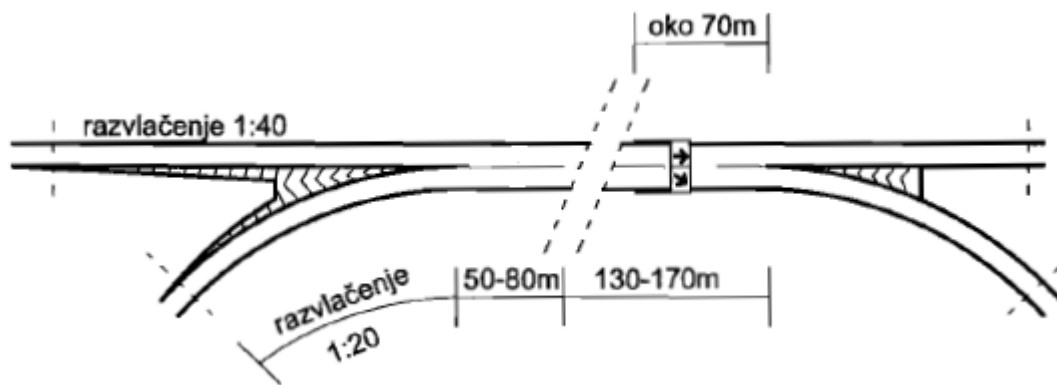
Slika 22: Vrste uvoza [4]

U području uvoza moraju biti odabrani takvi građevinski i geometrijski elementi koji će osigurati potrebne uvjete da vozila s rampe dostignu približno istu brzinu kao ona na glavnom kolniku. U tome slučaju uplitanje se sastoji samo od promjene prometnog traka uz uvjet da na glavnom pravcu ima dovoljno vremenski praznina za sigurno i nesmetano izvođenje prometne radnje. [4]

### 3.3.3. Trakovi za preplitanje

Trakovi za preplitanje pojavljuju se u nekim rješenjima raskrižja izvan razine, kao na primjer oblika djeteline o kojem će se govoriti u nastavku. Duljine trakova za preplitanje na glavnim kolnicima i rampama su vrlo ograničene, te često ne zadovoljavaju sigurnosne i vozdinamičke potrebe. Teoretski gledano treba ih predvidjeti za slučajeve kad nedostaju minimalni potrebni razmak između dva vrha otoka uvoza i izvoza. [2], [4]

Preplitanje na glavnim kolnicima primjenjuje se u slučaju prometnih tokova manjeg intenziteta. U slučajevima gdje je razmak između vrhova otoka kraći od 500 metara, brzine vozila treba smanjiti na 80-100 km/h, a optimalna duljina kolnika za preplitanje je 300 metara što je teško za postići. [2]



Slika 23: Duljina trakova za preplitanje [2]

### 3.4. Projektiranje raskrižja izvan razine

Kao što je prije navedeno, povezivanje prometnih tokova sporednog i glavnog pravca unutar raskrižja izvan razine, ostvaruje se preko spojnih rampi. Potrebno je definirati dovoljne preglednosti u najrizičnijim dijelovima raskrižja, potrebna duljine izljeva i uljeva,

#### 3.4.1. Duljina izljeva i uljeva

Prikaz izračuna potrebne duljine izljeva prikazan je na slici 24. Vozilo koje skreće s glavnog kolnika i prelazi u izljevnu zonu do traka za usporavanje prilagođenom brzinom od  $V = 0,8V_p^{GP}$  (80% brzine na glavnim pravcu) kroz vrijeme prelaza  $t = 3$  sekunde.

Prijelaz do traka za usporavanje ostvaruje se na duljini  $l_c$  koje se proračunava prema formuli (1) preuzetoj iz [2]:

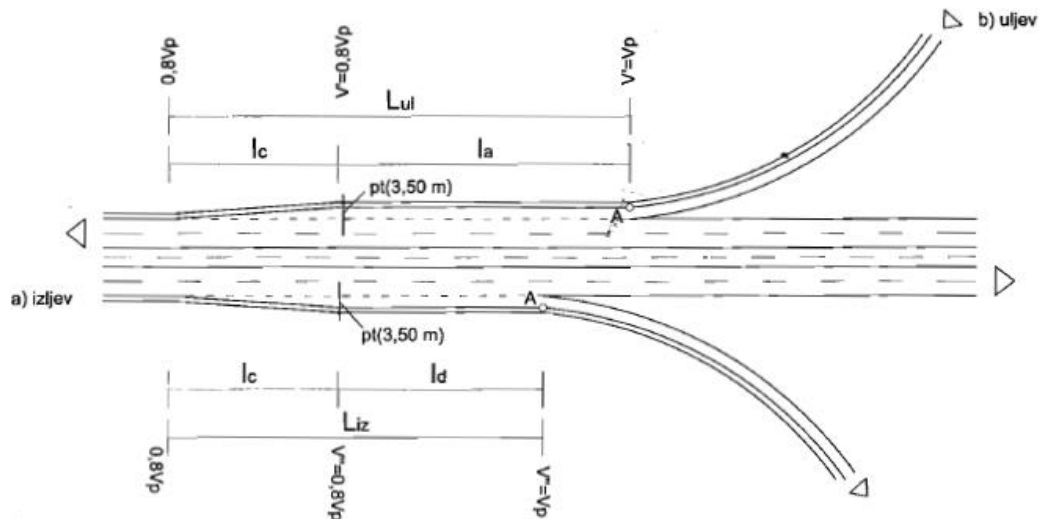
$$l_c = \frac{t \cdot V}{3,6} = 0,66V_p^{GP} \text{ [m]} \quad (1)$$

Na duljini  $l_d$  vozilo ubrzava do veće brzine  $V = 0,8V_p^{GP}$  do brzine na samoj rampi  $V'' = V_p^r$ . Iz činjenice da je usporavanje  $d$  (1,2-1.5  $m/s^2$ ) konstantno proizlazi da je :

$$l_d = \frac{V'^2 - V''^2}{26d} \text{ [m]} \quad (2)$$

Ukupna duljina prema [2] iznosi:

$$L_{iz} = l_c + l_d = \frac{t \cdot V}{3,6} + \frac{V'^2 - V''^2}{26d} = 0,66V_p^{GP} + \frac{V'^2 - V''^2}{26d} \text{ [m]} \quad (3)$$



Slika 24: Osnovni elementi za dimenzioniranje izvoza i uvoza [2]

Postupak dimenzioniranja duljine uljeva  $L_{ul}$  prema [4] zrcalno je preslikan prijašnjem za izljev:

$$L_{ul} = l_c + l_a = \frac{t \cdot V}{3,6} + \frac{V'^2 - V''^2}{26a} = 0,66V_p^{GP} + \frac{V'^2 - V''^2}{26a} \quad (4)$$

od čega je vrijednost za ubrzavanje  $a$ , uzima u vrijednostima od  $0,8-1,0 \text{ m/s}^2$

U tablici 6 prikazane su duljine uljeva i izljeva na rampama ovisno o brzinama vozila izračunate po prije navedenim formulama.

$V_p^{GP}$ [km/h]	$V'=0,8V_p^{GP}$ [km/h]	$l_c$	Duljine $l_a$ za brzine $V''=V_p'$ [km/h]					
			30	40	50	60	70	80
80	64	55	80 120	65 100	60 90	60 90	-	-
90	72	60	110 165	90 135	70 105	60 90	60 90	-
100	80	65	140 210	125 185	100 150	70 105	60 90	60 90
110	88	75	175 265	160 240	135 200	105 160	75 110	60 90
120	96	80	215 320	195 290	170 260	145 215	110 165	70 105

Tablica 6: Odnos mjerodavnih brzina i duljina uvoza i izvoza [2]

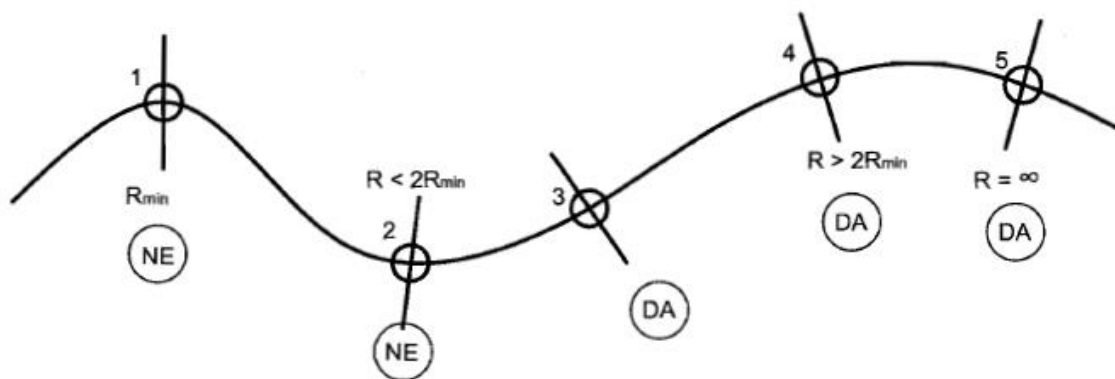
U slučaju priključivanja više uljevnih tokova na glavni kolnik potrebno je omogućiti dovoljan razmak trakova za ubrzavanje i adekvatnu prometnu signalizaciju. Kod manje prometno opterećenih uvoza dovoljna je uobičajena duljina od 250 metara i otprilike 150 metara za sljedeći vrh uvoznog otoka. [2]

### 3.4.2. Dostatna preglednost

Dovoljnu preglednost u najrizičnijim dijelovima raskrižja potrebno je osigurati za postizanje nužne sigurnosti prometa i propusne moći. Zbog ovih razloga vrhovi razdjelnih otoka i prometna signalizacija moraju biti vidljivi s udaljenosti barem od 180 metara, a točke razdvajanja kolnika na spojnim rampama s razdaljine od minimalno 100 metara.

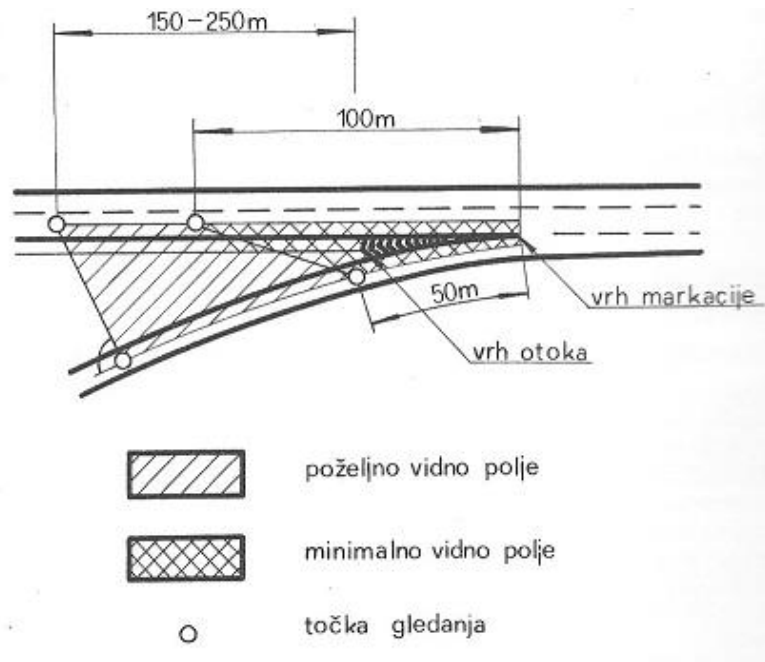
Prilikom projektiranja uvijek treba dobro analizirati tlocrtnu i nacrtanu (visinsku) projekciju. Raskrižje treba biti vidljivo s glavnoga pravca na minimalnoj udaljenosti od  $4V_r$  (četiri puta brzina vozila u raskrižju). Ovaj uvjet smanjuje mogućnosti lokacije raskrižja s nedovoljnom preglednosti kao npr. one u zavoju s polumjerom  $R < 2R_{min}$  i  $R = R_{min}$  (slučaj 1 i 2 na slici 25). Položaj raskrižja preporučuje se na ispruženim dijelovima trase i segmentima s minimalnim stupnjem zakrivljenosti cestovne trase (slučaj 3, 4 i 5).

U visinskom pogledu najpovoljnija lokacija raskrižja je na najbolje preglednim dionicama, a to je dio trase s manjim uzdužnim nagibom ( $< 3\%$ ) i tjeme okomitog konkavnog zaobljenja niveleta. [2]



Slika 25: Tlocrtno alociranje raskrižja [2]

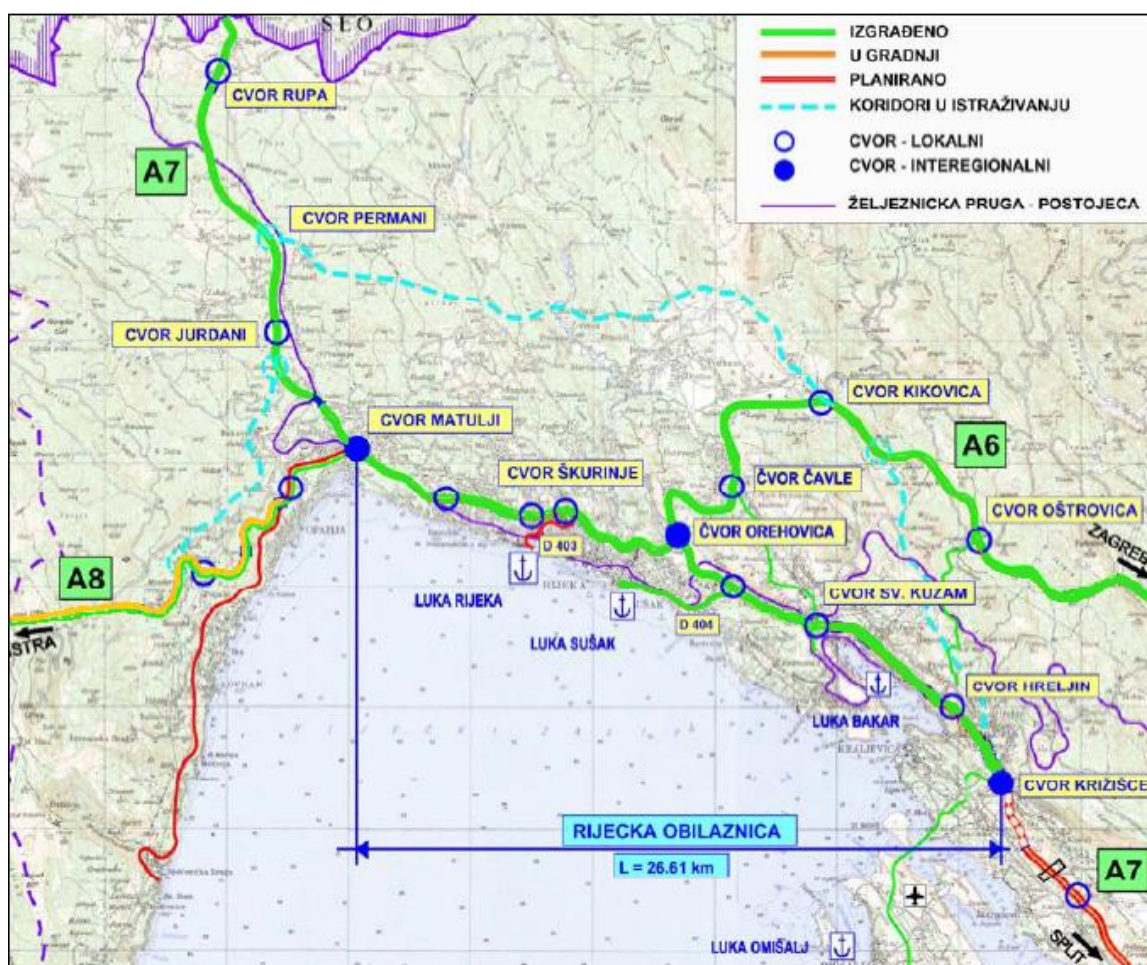
Privozna preglednost (preglednost unatrag) odnosi se na vozača koji se nalazi na uvoznom traku. Ova vrsta preglednosti mora biti osigurana na svima uvoznim područjima. Duljina preglednosti mora biti tolika da se osigura sigurno uplitanje za vremensku prazninu od 4 sekunde. Prikaz preglednosti nalazi se na slici 26. [4]



Slika 26: Vidno polje za preglednost kod uplitanja [2]

## 4. RIJEČKA OBILAZNICA

Mreža autocesta, državnih i županijskih cesta na širem riječkom području prihvaća promet iz četiri pravaca: Zagreba, Splita, Istre i sjeverozapadne Europe preko graničnih prijelaza Rupe i Pasjaka. Najvažnija dionica riječkog cestovnog prometa je obilaznica Rijeke koja je planirana još 70-ih godina prošlog stoljeća : Matulji – Orehovica – Križišće s duljinom od 26,61 km. Obilaznica je projektitana kao četverotračna prometnica s fizički odvojenim kolnicima i cestovim raskrižjima u dvije i više razina. Na ukupnoj dionici počevši od istoka prema zapadu imamo tri interregionalna čvorišta: Križišće, Orehovica i Matulji, a između njih nalaze se lokalna čvorišta Hreljin, Sv. Kuzam, Draga, Škurinje, Rujevica i Diračje. Na čvorište Orehovica priključuje se autocesta A6 Rijeka – Bosiljevo, čime je obilaznica podijeljena na dva dijela; istočni dio D8 Orehovica – Križišće i zapadni dio D3 Matulji – Orehovica. Na sjeverozapadu nastavak riječke obilaznice je autocesta A7 Rijeka – Rupa i autocesta A8 tunal Učka – Matulji. [11]



Slika 27: Riječki cestovni prometni čvor [11]

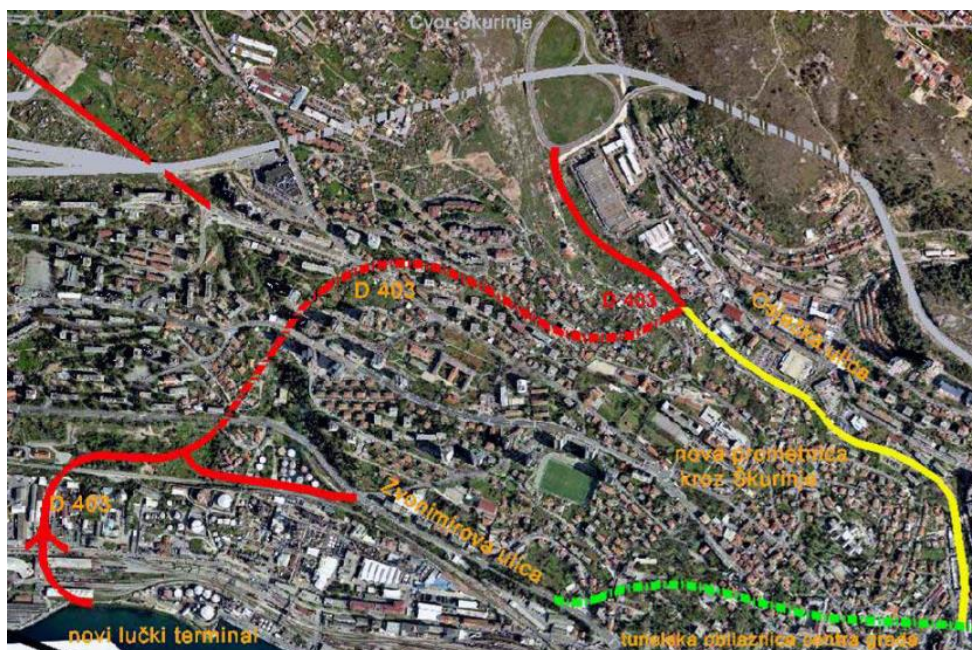
Riječka obilaznica je jedna od najopterećenijih prometnih pravaca u državi s prosječnim godišnjim dnevnim prometom (PGDP) za 2018. godinu 35 555 vozila na dan dok prosječni ljetni dnevni promet (PLDP) iznosi 47 492 vozila. Projekcija PGDP-a za 2031. godinu je 40 639 vozila, a PLDP-a je 51 092 vozila na dan na riječkoj obilaznici. Količina PDGP-a veća od 14000 vozila dostatna je za autocestu. Kao što je navedeno ranije Riječka obilaznica ima znatno veću količinu prometa od te vrijednosti. [11], [12]

#### **4.1. Vremenski slijed izgradnje**

- 1974. – usvojen je GUP grada Rijeka s određenim koridorom i čvorištima planirana riječke obilaznice u duljini od 26,61 km
- 1977. – početak gradnje prve faze dionice Orehovica – Diračje
- srpanj 1988. – dovršetak gradnje i puštanje u promet dionicu Orehovica – Diračje duljine 8,3 km.
- rujana 1990. – završene četverotračni dionica Diračje – Matulji bez zaustavnih trakova duljine 4,0 km.
- studeni 1991. – puštena u promet dionica Matulji – Jušići također četverotračni profil bez zaustavnog traka
- rujana 2003. – počinje izgradnja dionice Orehovica – Sv. Kuzam
- svibanj 2006. – završena i puštena u promet dionica Orehovica – Sv. Kuzam u duljini od 6,36 km i spojna cesta D404 od čvora Draga do čvora Gornja Vežica
- prosinac 2009. – završena gradnja južnog kolnika dionice Orehovica – Diračje u duljini od 8,85 km
- veljača 2010. – izgradnja spojne ceste D404 u cijelosti od čvora Gornja Vežica do kontejnerskog terminala Brajdica na istoku
- prosinac 2013. – puštena u promet dionica Sv. Kuzam – Križišće u duljini od 8,4 km

Početak gradnje spojne ceste D403 od čvora Škurinje do bazena riječke luke na zapadu u duljini od 3km planirana je u 2021. godini. [11]





Slika 28: Prikaz trase buduće ceste D403 [13]

#### 4.2. Raskrižja na Riječkoj obilaznici

Na cijeloj dionici obilaznice ima 9 čvorova. Promatrajući redosljedom od zapada prema istoku nalaze se čvorovi Matulji, Dirače, Rujevica, Škurinje, Orehovica, Draga, Sv. Kuzam, Hreljin i Križišće.

Čvorovi Matulji, Škurinje, Orehovica, Draga i Hreljin izvedeni su kao trokraka raskrižja izvan razine oblika truba. To je najbolje rješenje raskrižja kada ima dovoljno prostora za njegovu izgradnju.



Slika 29: Čvorišta Matulji (lijevo) i Škurinje (desno) [8]



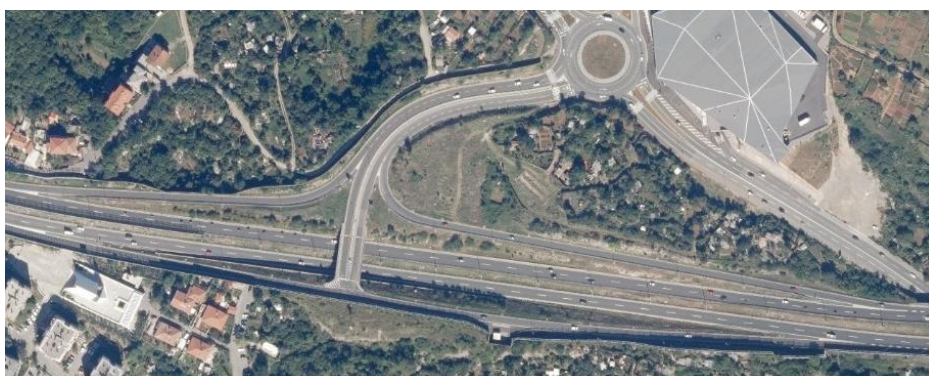
Slika 30: Čvorišta Orehovica (lijevo) i Draga (desno) [8]



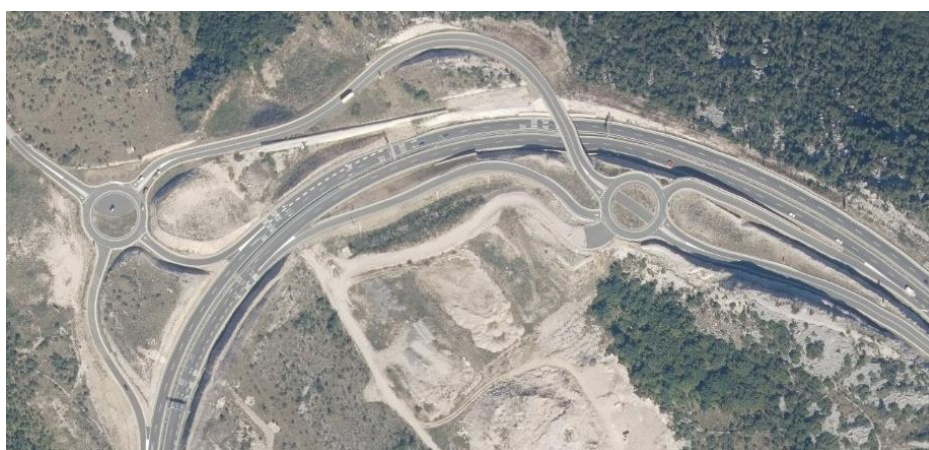
Slika 31: Čvor Hreljin (lijevo) i Sv. Kuzam (desno) [8]

Zbog svoje konfiguracije terena građevinski najzahtjevniji čvor je Sv. Kuzam koji je izgrađen kao trokrako raskrižje izvan razine tipa poludjetelina. Čvor Rujevica i Križišće su trokraka raskrižja oblika dijamant.

Raskrižje Dirače je četverokrako raskrižje tipa dijamant. Ovaj tip raskrižja se najčešće izvodi na mjestima gdje nema dovoljno prostora pa se rampe izvode paralelno sa glavnom cestom.



Slika 32: Čvor Rujevica [8]



Slika 33: Čvor Križišće [8]



Slika 34: Raskrižje Diračje [8]

U nastavku detaljnije su analizirani geometrijski elementi raskrižja Draga i Sv. Kuzam.

#### 4.2.1. Analiza geometrijskih elemenata čvora Draga

Čvor Draga priključuje se na spojnu cestu D404 koja obilaznicu spaja s istočni dijelom grada i kontejnerskim terminalom Brajdica. Kolnici rampa projektirani su kao osnovni vozni trak širine 3,5 m i dodatni trak širine 1,5 m. Čvor Draga je trokrako raskrižje u dvije razine tipa tuba. Od čvora Orehovica udaljeno je 2,6 km, a od čvora Sv. Kuzam 3,5 km.

Regulirana brzina na glavnom pravcu je 80 km/h, a na rampama 40 km/h. Svi primijenjeni radijusi krivina rampi zadovoljavaju računsku brzinu  $V_p^r=40$  km/h ( $R_{min} = 40m$ ). Primijenjeni radijusi rampi prikazani su na slici 35.

Proračun duljine uvoza i izvoza:

$$V_p^{GP} = 80 \frac{km}{h} ; V_p^r = 40 \frac{km}{h}$$

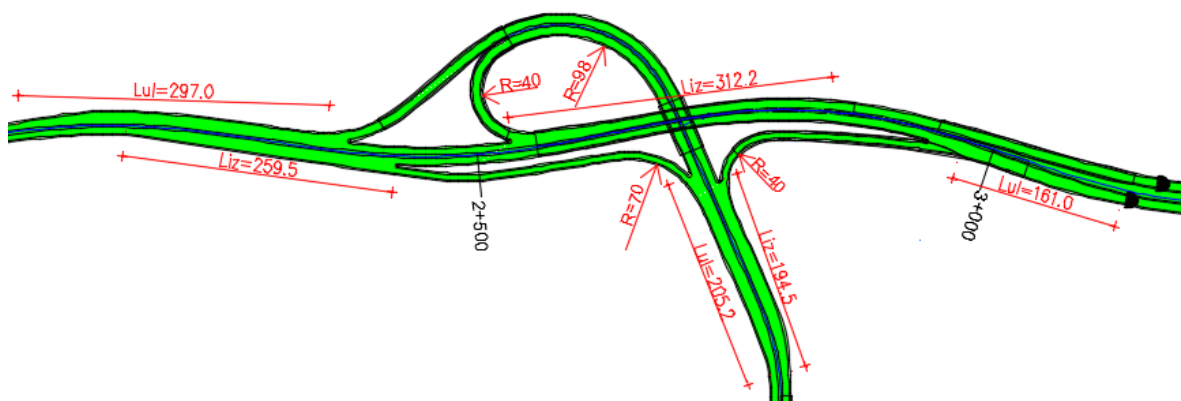
$$V' = 0,8 * V_p^{GP} ; V'' = V_p^r$$

$$L_{iz} = l_c + l_d = 0,66V_p^{GP} + \frac{V'^2 - V''^2}{26d} = 0,66*80 + \frac{(0,8*80)^2 - 40^2}{26*1,4} = 121,4 \text{ m}$$

$$L_{ul} = l_c + l_a = 0,66V_p^{GP} + \frac{V'^2 - V''^2}{26a} = 0,66*80 + \frac{(0,8*80)^2 - 40^2}{26*0,9} = 159,5 \text{ m}$$

Proračunska duljina rampe za isključivanje je 121,4 m, a rampe za uključivanje 159,5 m.

Kao što je vidljivo sa slike 35 stvarne duljine rampi za uključivanje i isključivanje zadovoljavaju proračunske vrijednosti.



Slika 35: Čvor Draga [14]

Proračunske duljine uvoza i izvoza ako je dozvoljena brzina 120 km/h:

$$L_{iz} = l_c + l_d = 0,66V_p^{GP} + \frac{V^2 - V_n^2}{26d} = 0,66*120 + \frac{(0,8*120)^2 - 40^2}{26*1,4} = 288,4 \text{ m}$$

$$L_{ul} = l_c + l_a = 0,66V_p^{GP} + \frac{V^2 - V_n^2}{26a} = 0,66*120 + \frac{(0,8*120)^2 - 40^2}{26*0,9} = 404,7 \text{ m}$$

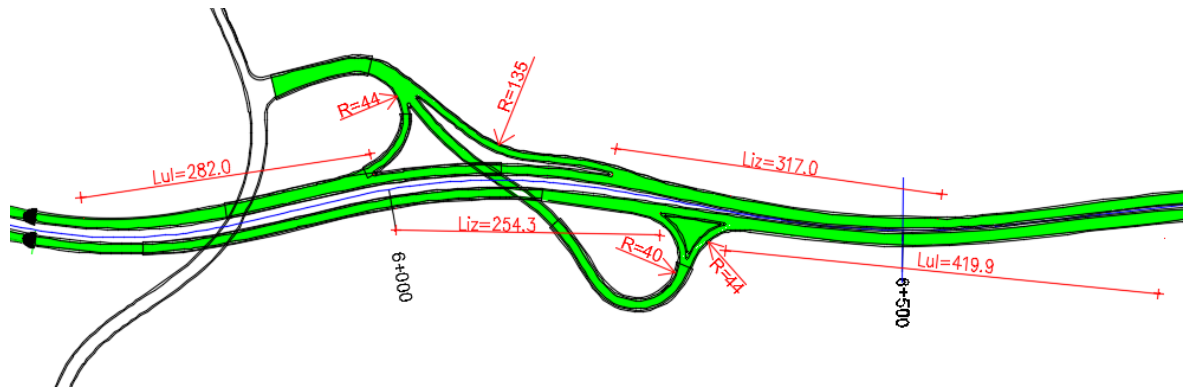
Iz proračuna vidljivo je da su duljine rampi za isključivanje i uključivanje kod proračunske brzine od 120 km/h dvostruko veće nego potrebne duljine rampi za brzinu na glavnom pravcu od 80 km/h. Što znači da povećavanjem projektne brzine na glavnom pravcu znatno povećavamo duljinu samih rampi i rampi za isključivanje i uključivanje.

#### **4.2.2. Analiza geometrijskih elemenata čvora Sv. Kuzam**

Čvor Sv. Kuzam predstavlja priključak industrijske zone istočnog dijela grada (luka Barak, rafinerije, industrijska zona Kukuljanovo i dr.) i Jadranske turističke ceste na riječku obilaznicu. Da je to bilo mogu ostvariti bilo je potrebno rekonstruirati postojeću cestu Bakar – Čavle te iznad grada Bakra izgraditi petlju u dvije razine.

Zbog položaja prometnice Bakar – Čavle i konfiguracije terena čvor Sv. Kuzam izveden je u obliku poludjeteline s rampama koje se povezuju na cestu nižega ranga pomoću dva raskrižja u razini. Izvedena ja kao prometnica sa dva dvotračna kolnika s voznim trakovima širine 3,5 metara s rubnim trakom širini 0,5 m, te zelenim razdjelnim pojasom promjenjive širine 3-4 metara, bez zaustavnih trakova.

Regulirana brzina na glavnom pravcu iznosi 100 km/h. Svi radijusi krivina rampi zadovoljavaju računsku brzinu  $V_p^r = 40$  km/h. Primijenjeni radijusi prikazani su na *slici 36*.



Slika 36: Čvor Sv. Kuzam [14]

Proračun duljine uvoza i izvoza:

$$V_p^{GP} = 100 \frac{km}{h} ; V_p^r = 40 \frac{km}{h}$$

$$V' = 0,8 * V_p^{GP} ; V'' = V_p^r$$

$$L_{iz} = l_c + l_d = 0,66V_p^{GP} + \frac{V'^2 - V''^2}{26d} = 0,66*100 + \frac{(0,8*100)^2 - 40^2}{26*1,4} = 197,9 \text{ m}$$

$$L_{ul} = l_c + l_a = 0,66V_p^{GP} + \frac{V'^2 - V''^2}{26a} = 0,66*100 + \frac{(0,8*100)^2 - 40^2}{26*0,9} = 271,1 \text{ m}$$

Proračunska duljina rampe za isključivanje je 197,9 m, a rampe za uključivanje 271,1 m.

Kao što je vidljivo sa *slike 36* stvarne duljine rampi za uključivanje i isključivanje zadovoljavaju proračunske vrijednosti.

Proračunske duljine uvoza i izvoza ako je dozvoljena brzina 120 km/h:

$$L_{iz} = l_c + l_d = 0,66V_p^{GP} + \frac{V'^2 - V''^2}{26d} = 0,66*120 + \frac{(0,8*120)^2 - 40^2}{26*1,4} = 288,4 \text{ m}$$

$$L_{ul} = l_c + l_a = 0,66V_p^{GP} + \frac{V'^2 - V''^2}{26a} = 0,66*120 + \frac{(0,8*120)^2 - 40^2}{26*0,9} = 404,7 \text{ m}$$

Iz proračuna vidljivo je da su duljine rampi za isključivanje i uključivanje kod proračunske brzine od 120 km/h otprilike 1,5 puta veće nego potrebne duljine rampi za brzinu na glavnom pravcu od 100 km/h. Što znači da povećavanjem projektne brzine na glavnom pravcu znatno potrebnu povećavamo duljinu samih rampi i rampi za isključivanje i uključivanje.



Slika 37: Pogled na čvor Sv. Kuzam i bakarski zaljev [15]

## 5. ZAKLJUČAK

Pojavom različitim tipovima prometnih radnji na raskrižju rezultira velikim brojem konfliktnih točaka. Prilikom izgradnje raskrižja potrebno je odabrati optimalno rješenje s obzirom na smanjenje propusne moći i sigurnosti prometa.

Riječka je obilaznica Matulji – Orehovica – Križišće najvažniji dio riječkog cestovnog pravca. Dopršetkom obilaznice osigurana je brza i kvalitetna cestovna mreža te rasterećenje riječke gradske prometna mreža prvenstveno od tranzitnog prometa. Za sve vrste prometa osigurana je veća sigurnost prometa i uvelike se smanjilo vrijeme putovanja.

Izgradnjom i otvaranjem zadnje dionice D403 od čvora Škurinje s lučkim bazenom Rijeke na zapadu znatno će se rasteretiti centar grada.

Na obilaznici ima ukupno 9 čvorova, primijenjena su čvorišta izvan razine tipa truba i dijamant. Na taj se način omogućava sigurnije odvijanje prometa s većom propusnom moći raskrižja.

U rada su posebno analizirani geometrijski elementi čvora Draga i Sv. Kuzam. Utvrđeno je da zadovoljavaju minimalne radijuse krivina rampa i proračunate duljine rampi za isključivanje i isključivanje čime su zadovoljeni preduvjeti za sigurno odvijanje prometa, tj. uključivanje i isključivanje vozila na ovim čvorištima

Postojeća i prognozirana količina prometa na Riječkoj obilaznici nadilazi očekivane količine za ovaj tip ceste te postoje planovi za izgradnju nove obilaznice izvan urbanog područja grada Rijeka čime bi se postojeća obilaznica rasteretila.



## 6. LITERATURA:

- [1] Deluka-Tibljaš, A.: kolegij *Ceste*, predavanja, Građevinski fakultet, Rijeka, 2017.
- [2] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [3] Kolaret, Ž.: Uvod u projektiranje i gradnju cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1995.
- [4] Klemenčić, A.: Oblikovanje cestovnih čvorišta izvan razine, Građevinski institut Zagreb, 1982.
- [5] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [6] Hrvatske ceste d.o.o.: Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Građevinski fakultet sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014.
- [7] Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa, NN 110/2001
- [8] <https://www.google.hr/maps> Preuzeto: svibanj 2020
- [9] Deluka-Tibljaš, A.: kolegij *Gradske ceste*, predavanja, Građevinski fakultet, Rijeka
- [10] Cvetanović, A.: Osnovi puteva, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [11] Čapalija, K. B., Šarar, R.: Riječka obilaznica – izgradnja i dovršetak, *GRAĐEVINAR*, 60 (2008) 1
- [12] <https://hrvatske-ceste.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> Preuzeto: svibanj 2020.
- [13] <http://forum.rijecani.com/index.php?topic=98.0> Preuzeto: listopad 2020
- [14] Glavni projekt obilaznice Rijeka – Arhiva Rijekaprojekt d.d
- [15] [http://www.rijekaprojekt.hr/reference.php?vrsta\\_id=4&projekt\\_id=113](http://www.rijekaprojekt.hr/reference.php?vrsta_id=4&projekt_id=113) Preuzeto: listopad 2020.