

Analiza elemenata prometnih priključaka i križanje u nivou

Rezo, Stjepan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:635800>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-24**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Odjel za Graditeljstvo

Diplomski rad br. 92/GRD/2023

Analiza elemenata cestovnih priključaka i križanja u razini

Student

Stjepan Rezo 1190/336D

Mentor

Izv. prof. dr. sc. Milan Rezo, dipl. ing. geodezije

Varaždin, rujan 2023. godine

Zahvala

Zahvaljujem se mentoru, izv. prof. dr. sc. Milanu Rezo, dipl. ing. geodezije na ukazanoj pomoći, strpljenju i trudu tijekom izrade ovog diplomskog rada te mojem obrazovanju na Sveučilištu Sjever. Također se zahvaljujem i svim profesorima, stručnom kadru i drugim zaposlenicima Sveučilišta Sjever na prenesenom znanju i ukazanoj pomoći. Najveću zahvalu dugujem svojoj obitelji koji su mi bili neizmjerena podrška, što su vjerovali u moj uspjeh te mi bili životni oslonac.

Zahvaljujem se kolegama i prijateljima koje sam stekao tijekom moga studija, kao i kolegi/cimeru koji je prolazio svakodnevne čari studiranja u Varaždinu sa mnom.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

STUDIJ: diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK: Stjepan Rezo

MATIČNI BROJ: 0336012096

DATUM: 20.09.2023

KOLEGIJ: Gradske prometnice i kolni ke konstrukcije

NASLOV RADA: Analiza elemenata prometnih priključaka i križanja u nivou

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Analysis of elements of traffic connections and level crossings

MENTOR: dr. sc. Milan Rezo

ZEMNJE: izv. prof.

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof. dr. sc. Božo Soldo
2. izv. prof. dr. sc. Milan Rezo
3. izv. prof. dr. sc. Bojan Urin
4. doc. dr. sc. Danko Markovinović
- 5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ: 92/GRD/2023

OPIS

Zadatak diplomskog rada je analizirati elemente prometnih priključaka i križanja u nivou. Rad treba obuhvatiti funkcionalne kriterije kao prihvatljivost lokacije uz analizu prostornog plana (odabir lokacije), kriterij propusnosti prometa te prometno sigurnosni kriterij. Opisati vrste prometnih križanja i priključnih točaka u razini kao i razraditi prometno sigurnosne uvjete na križanju. Detaljno opisati projektno-tehničke elemente kao i horizontalno i vertikalnu prometnu opremu. U području križanja i priključaka razraditi profile s prikazima javne rasvjete i komunalne infrastrukture. Praktični dio rada odnosi se na razradu vertikalno i horizontalno vođenje linija s iscrtanim građevinskim situacijama, uzdužnim i poprečnim profilima trokrakog i četverkrakog križanja s priključcima.

1. Uvod
2. Kriterij za uvođenje cestovnih raskrižja ili priključaka
3. Vrste raskrižja i priključaka u razini
4. Prometna sigurnost na raskrižjima i priključnim točkama
5. Projektno-tehnički elementi raskrižja i priključnih točaka
6. Kružna raskrižja
7. Zaključak; Literatura

ZADATAK PRIJAVLJEN

28.09.2023

POTPIS MENTORA



Uldarjević

Zahvala	2
1. UVOD	1
2. KRITERIJI ZA UVOĐENJE CESTOVNIH RASKRIŽJA ILI PRIKLJUČAKA	2
3. VRSTE RASKRIŽJA I PRIKLJUČAKA U RAZINI	4
3.1. Raspodjela prometa na raskrižjima.....	4
3.2. Podjela i uređenje križanja obzirom na kategoriju prometnica koje se križaju.....	4
3.3. Načela projektiranja raskrižja	5
3.3.1. Prometni tokovi na raskrižjima	5
3.3.2. Način vođenja prometnih tokova na raskrižjima	6
3.4. Usmeravanje prometnih tokova.....	7
3.4.1. Opća načela usmeravanja na raskrižjima i priključnim točkama.....	11
3.4.2. Podjela raskrižja i priključaka u razini.....	13
3.4.3. Osnove tipskih rješenja raskrižja i priključnih točaka	17
3.4.4. Dozvoljene vrste raskrižja i priključnih točaka.....	23
4. PROMETNA SIGURNOST NA RASKRIŽJIMA I PRIKLJUČNIM TOČKAMA	24
4.1. Konflikti između motoriziranih sudionika u prometu	24
4.2. Konflikti između motoriziranih i drugih sudionika u prometu.....	25
5. PROJEKTNO-TEHNIČKI ELEMENTI RASKRIŽJA I PRIKLJUČNIH TOČAKA	27
5.1. Projektni elementi.....	27
5.1.1. Elementi horizontalnog smjera ceste u području raskrižja i priključne točke	27
5.1.2. Elementi vertikalnog smjera ceste u području raskrižja i priključne točke	30
5.1.3. Elementi poprečnog profila ceste u raskrižju.....	32
5.1.4. Usmeravajuće prometne trake.....	33
5.1.5. Prometni otoci na raskrižjima	39
5.1.6. Odvodnja raskrižja u razini	46
5.1.7. Vođenje pješaka u zoni raskrižja	47
5.1.8. Vođenje biciklista u području raskrižja	49
5.1.9. Autobusna stajališta unutar raskrižja	50
5.1.10. Horizontalna preglednost na raskrižju i priključnim točkama u razini	51
6. KRUŽNA RASKRIŽJA	52
6.1. Područje primjene.....	52
6.2. Osnovni elementi kružnog raskrižja	52
6.3. Karakteristike kružnih raskrižja.....	57
6.3.1. Posebne karakteristike kružnih raskrižja	57

6.3.2. Prednosti i nedostaci kružnih raskrižja	58
6.3.3. Sigurnost prometa na kružnim raskrižjima	59
6.4. Kategorije kružnih raskrižja	67
6.4.1. Podjela kružnih raskrižja prema lokaciji i veličini	67
6.4.2. Podjela kružnih raskrižja po pravcu pružanja priključnih prometnica	68
6.5. Kapacitet kružnog raskrižja	69
6.5.1. Pojam kapaciteta kružnog raskrižja	70
6.5.2. Utjecaj biciklističkog i pješačkog prometa na kapacitet kružnog raskrižja	71
6.6. Određivanje projektno-tehničkih elemenata kružnog raskrižja	74
6.6.1. Odabir vanjskog radijusa (R) i širine kružne trake	75
6.6.2. Pravac pružanja priključnih prometnica u odnosu na kružna raskrižja	77
6.6.3. Širina priključne trake prije kružnog raskrižja	78
6.6.4. Širina na ulazu i dužina ulaznog lijevak proširenja	78
6.6.5. Ulazni radijus u ulaznom kutu	78
6.6.6. Širina izlaza iz kružnog raskrižja	78
6.6.7. Izlazni radijus	78
6.6.8. Dimenzije razdjelnog prometnog otoka	79
6.7. Horizontalno i vertikalno vođenje linije kružnog raskrižja	81
6.7.1. Horizontalno vođenje osi kružnog raskrižja	81
6.7.2. Vertikalno/visinsko vođenje linije prometnice	82
6.7.3. Uvjeti koji vrijede za nagibe prilaznih prometnica	82
6.8. Pregledna udaljenost	84
6.8.1. Visina linije preglednosti i prepreke	85
6.8.2. Pregledna udaljenost s lijeve strane	86
6.8.3. Prilazna pregledna udaljenost na ulazu	87
6.8.4. Pregledna udaljenost u kružnom toku	88
6.8.5. Pregledna udaljenost na pješačkim prijelazima	89
6.8.6. Prepreke preglednosti	89
6.8.7. Pregledna udaljenost na izdignutim kracima kružnog raskrižja	90
6.9. Oprema ceste	90
6.9.1. Razdjelni prometni otoci – pješački otoci	90
6.9.2. Pješački i biciklistički prijelazi	90
6.9.3. Vozni dio središnjeg prometnog otoka	91
6.9.4. Rubnjaci u kružnom raskrižju	91

6.9.5. Osvjetljenje kružnog raskrižja	92
7. ZAKLJUČAK	94
8. LITERATURA.....	95
9. POPIS SLIKA	97
10. POPIS TABLICA.....	100
11. PRILOZI.....	101

1. UVOD

Cilj ovog diplomskog rada je analizirati elemente cestovnih priključaka i križanja u razini. U Republici Hrvatskoj, svake godine bilježi se sve veći broj stanovnika, veći životni standard, a posljedično i povećanje stupnja motorizacije. Sve gušći promet na određenim dionicama tijekom dana, kolone na raskrižjima, duže vrijeme putovanja, kao i potpuni zastoji ukazuju na to da je potrebno djelovanje kako bi se pronašli odgovori za ublažavanje, odnosno uklanjanje takvih prometnih problema. Jedan od kompleksnijih zadataka za rješavanje prometnih zagušenja javlja se na raskrižjima u gradovima u vrijeme vršnih perioda, kada na raskrižje dolazi velik broj vozila koja usporavaju promet i izazivaju zastoje unutar raskrižja. Kako je cestovni promet najznačajnija prometna grana u Republici Hrvatskoj te predstavlja bitan element za rast i gospodarski razvoj države, potrebno je razviti kvalitetnu cestovnu infrastrukturu koja je u stanju odgovoriti na sva prometna opterećenja i trenutačne uvjete u okolini. Prometna infrastruktura mora osigurati kvalitetan prijevoz ljudi i dobara uz visoku razinu funkcionalne učinkovitosti i prometne sigurnosti. Potrebno je neprestano ulagati u razvoj i održavanje cestovne infrastrukture, odnosno provoditi mjere za povećanje razine usluge i sigurnosti na raskrižjima i dionicama cesta koje predstavljaju povećanu opasnost prometovanja za sve sudionike u prometu, kao i na lokacijama na kojima se pojavljuju zagušenja zbog nedovoljne protočnosti prometnih traka. Zbog navedenih razloga cilj je ovoga rada analizirati elemente prometnih priključaka i raskrižja u razini.

2. KRITERIJI ZA UVOĐENJE CESTOVNIH RASKRIŽJA ILI PRIKLJUČAKA

Postoji nekoliko kriterija za uvođenje cestovnih raskrižja ili priključaka, koji se po svojoj prirodi razlikuju. Stoga, prilikom utvrđivanja primjerenosti uvođenja novog cestovnog raskrižja potrebno je provjeriti usklađenost sa sljedećim kriterijima: [1]

- funkcionalni kriteriji,
- kriteriji propusnosti,
- prostorni kriterij,
- prometno-sigurnosni kriterij.

Pod funkcionalnim kriterijem se podrazumijeva prikladnost lokacije i položaja predviđenog raskrižja u globalnoj cestovnoj mreži nekog naselja, s obzirom na njenu funkciju i značaj. Dakle, riječ je o procjeni lokacije i vrste predviđenog raskrižja sa stajališta funkcije samog raskrižja (namjene/značaja).

Pod kriterijem propusnosti podrazumijeva se osiguravanje nivoa prometne propusnosti predviđenog raskrižja na kraju planiranog razdoblja kao i odgovarajuća kontrola i odabir elemenata raskrižja (broj prometnih traka, provjera potrebe za trakama za usmjeravanje, odabir načina za usmjeravanje prometnih tokova). Sastavni dio procjene kriterija koji se odnose na prometnu propusnost raskrižja u urbanom području je provjera udaljenosti od prethodnog do sljedećeg raskrižja i provjera kriterija postavljanja raskrižja između dva postojeća (ili planirana) uzastopna raskrižja. Usljed činjenice da su raskrižja usporavajući elementi koji utječu na prometni tok, potrebno ih je međusobno što je moguće više udaljiti na cestama viših kategorija. Dalje se u radu prikazuju preporučene udaljenosti između raskrižja u nivou, koje proizlaze iz opće funkcije raskrižja, njihove namjene i značaja u globalnoj cestovnoj mreži, karakteristika upravljanja prometom, kao i zahtjeva koji se odnose na prometnu signalizaciju (usmjeravajuću – "cestovna" signalizacija). Izvan urbanih područja udaljenosti između raskrižja, do opsega do kojih ih je moguće slobodno izabrati, treba odrediti tako da je između raskrižja moguće ispunjavanje zahtjeva koji proizilaze iz minimalne udaljenosti za pretjecanje ili željene udaljenosti za pretjecanje. U slučaju da ispunjavanje gore navedenih zahtjeva nije moguće, potrebno je provjeriti mogućnost udruživanja pojedinih parova raskrižja (takozvani "par raskrižja") kao i dionica između pojedinih raskrižja ili je parove raskrižja potrebno formirati tako da je na njima omogućeno pretjecanje. Najmanju udaljenost između dva raskrižja koje

predstavljaju dio "para raskrižja" dobivamo uzimajući u obzir elemente raskrižja (npr. dužinu kolničkog traka za skretanje lijevo). U takvom slučaju, za oba raskrižja potrebno je upotrebljavati jedinstvenu usmjeravajuću signalizaciju. Odvojeno postavljanje prometne (usmjeravajuće) signalizacije je moguće ukoliko uzmemo minimalne udaljenost između susjednih raskrižja, koje su prikazane u tablici 1, gdje se udaljenost mjeri od sjecišta osi.[17]

Tablica 1. Minimalna udaljenost između raskrižja [17]

Vk [km/h]	50	60	70	80	90
Preporučena udaljenost između raskrižja	140	170	205	235	270

Generalno govoreći, u urbanim područjima nije neophodno (niti je poželjno) omogućiti pretjecanje između pojedinih raskrižja i prometnica s dvije trake. U nekim slučajevima, željene udaljenost između raskrižja, koje proizilaze iz prometno-tehničkih zahtjeva, moguće je izvesti samo u slučaju koordinacije svjetlosno-signalnih uređaja, potrebnih udaljenosti za čekanje vozila i potrebnih razmaka za promjenu smjera. Utjecaj postavljanja raskrižja između dva postojeća (ili predviđena) uzastopna raskrižja procjenjuje se prometnom studijom.

Vrsta i način raspodjele prometa na raskrižjima i priključnim točkama u nivou, broj prometnih traka, izvođenje traka za usmjeravanje, utječu na izbor projektno-tehničkih elemenata raskrižja kao i na upotrebu prostora koji je potreban za izvođenje raskrižja. Dakle, riječ je o provjeri prikladnosti prostora za izvođenje predviđenog raskrižja sa elementima koji odgovaraju kriteriju propusnosti.

Prometno-sigurnosni kriteriji se odnose na procjenu nivoa prometne sigurnosti predviđenog raskrižja, koje bi ponudili vrsta i način raspodjele prometa, upotrebljeni projektno-tehnički elementi raskrižja i raspoloživi prostor. Dakle, riječ je o procjeni upotrebljenih elemenata za ispunjavanje funkcionalnih i prostornih kriterija i kriterija koji se odnose na propusnost, sa stajališta prometne sigurnosti. Gore navedene globalne kriterije potrebno je provjeriti bez obzira na činjenicu je li riječ o rekonstrukciji ili novogradnji. Značaj i redosljed navedenih globalnih kriterija ovisi od stvarnih okolnosti i razlikuje se od slučaja do slučaja. [17]

3. VRSTE RASKRIŽJA I PRIKLJUČAKA U RAZINI

Namjena raskrižja i priključnih točaka u razini je omogućavanje osigurane, udobne, brze i ekonomične raspodjele prometnih tokova (raskrižje, preplitanje, udruživanje ili odvajanje).

3.1. Raspodjela prometa na raskrižjima

Na čvorištima, raskrižjima i priključnim točkama u razini ili u više razina u ovisnosti od značaja raskrižja u putnoj mreži, tj. od kategorije prometnica koje se križaju, upotrebljavaju se sljedeće podijela prometnih tokova: [17]

- prostorna podjela:
 - horizontalna
 - verikalna
- vremenska podjela.

Prostorna podjela prometnih tokova utječe na građevinsko-tehničko oblikovanje raskrižja, a vremenska podjela utječe na prometno-tehničko uređenje raskrižja. Horizontalna podjela se izvodi dodavanjem posebnih prometnih traka u razini raskrižja, usmjeravajući na taj način pojedine prometne tokove. Vertikalna podjela se izvodi dovođenjem u pravac pojedinih prometnih tokova na različitim razinama, čime se eliminira križanje prometnih tokova. Vremenska podjela predstavlja umjetni prekid pojedinih prometnih tokova, s namjerom da se u navedenim tokovima stvori dovoljna vremenska praznina koju upotrebljavaju vozila iz drugog prometnog toka. Vremenska podjela se regulira svjetlosnim signalnim uređajima ili je izvodi prometni policajac. Vrsta i način podjele prometa na raskrižjima i priključnim točkama u razini utječu na izbor projektno-tehničkih elemenata raskrižja kao i na utvrđivanje prometno-tehničkih elemenata i opreme raskrižja. Prometno-tehnički elementi (broj prometnih traka, potreba za trakama za usmjeravanje, način vođenja prometnih tokova) nisu predmetom ovoga rada.

3.2. Podjela i uređenje križanja obzirom na kategoriju prometnica koje se križaju

Osnovu za podjelu raskrižja i priključnih točaka u razini na različite vrste, predstavlja kategorizacija prometnice koja je određena Zakonom o cestama Republike Hrvatske. Prilikom ove podjele u obzir je uzet prijedlog nove podjele javnih cesta u Republici Hrvatskoj. Pojedine vrste raskrižja i priključnih točaka zahtijevaju različito uređenje. Predviđeni element i oprema križanja uglavnom se koriste za novogradnju i rekonstrukcije. Odstupanje od uvjeta dozvoljeno

je u izuzetnim slučajevima, ukoliko je odstupanje dodatno i stručno utemeljeno. Predviđeni elementi i oprema križanja ovise od lokacije raskrižja (u naselju ili izvan naselja). Kod raskrižja koja se nalaze izvan naselja dozvoljena su odstupanja koja su stručno utemeljena. Za ceste na kojima PGDP iznosi ≥ 3500 vozila/dan potrebno je pripremiti analizu prometa koja se koristi kao osnova za određivanje uređenja i odabir tehničkih elemenata. Kada je priključni trak za dvije ili više kategorija niži od kategorije glavnog prometnog smjera, potrebno je prilikom određivanja lokacije i tehničkog rješavanja izvođenja raskrižja u obzir uzeti posebne uvjete.

3.3. Načela projektiranja raskrižja

Raskrižja i priključne točke su površine na kojima se prometni tokovi križaju, priključuju, odvajaju ili prepliću. Stoga moraju biti projektirani tako da se konflikti između sudionika u prometu pojavljuju što je rjeđe moguće te da se u isto vrijeme prometni tokovi usporavaju što je manje moguće. Navedena dva uvjeta moraju biti ispunjena sa što je manje moguće financijskih sredstava. Za realizaciju prethodno navedenih načela upotrebljavaju se sljedeći opći principi projektiranja raskrižja u razini:[17]

- uvjeti vožnje na raskrižjima trebaju biti što je više moguće jednaki uvjetima na dionici ceste prije raskrižja,
- uvjeti prometne sigurnosti na raskrižju trebaju biti optimalni,
- propusnost raskrižja ne smije utjecati na propusnost dionice između dva uzastopna raskrižja.

3.3.1. Prometni tokovi na raskrižjima

U načelu, postoje tri vrste prometnih tokova na raskrižjima: [17]

- neprekinuti prometni tokovi,
- prekinuti prometni tokovi,
- kombinirani prometni tokovi.

Neprekinuti prometni tok čine vozila koja se ne zaustavljaju na raskrižju, a prekinuti prometni tok čine vozila koja se zaustavljaju na raskrižju, što predstavlja rezultat vanjskih faktora: prometni znakovi, svjetlosno signalni uređaji i slično. Kod kombiniranog načina upravljanja određeni prometni tokovi prilikom vožnje kroz raskrižja zadržavaju kvalitetu neprekinutog prometnog toka, dok drugi dobivaju kvalitete prekinutog prometnog toka.

Na raskrižjima između dva prometna toka različitih smjerova javljaju se sljedeće prometne operacije:

- križanje,
- razdvajanje,
- spajanje,
- preplitanje.

3.3.2. Način vođenja prometnih tokova na raskrižjima

Različite prometne tokove na raskrižjima moguće je voditi upotrebom različitih načina, u ovisnosti od vrste raskrižja i kategorije cesta koje se križaju. Odabir načina vođenja prometnih tokova na raskrižju određuje razina prometne sigurnosti na raskrižju (broj konfliktnih točaka, njihov intenzitet, veličinu konfliktnog područja) i obuhvata građevinsko-tehničkog rješenja (financijska sredstva). Neprekinuto vođenje prometnih tokova podrazumijeva da svi prometni tokovi zadržavaju kvalitetu neprekinutog prometnog toka pri direktnoj vožnji kroz raskrižje (npr. spajanje i odvajanje s autoceste). To znači da se sve prometne operacije razdvajanja, spajanja i preplitanja odvijaju bez zaustavljanja. Ovaj način vođenja je moguć ukoliko su ispunjeni sljedeći uvjeti [17]:

- prometni tokovi su približno jednakih brzina,
- između vozila koja se kreću jedno iza drugoga postoji dovoljno vremenskih praznina,
- osigurana je dovoljna preglednost,
- odvajanje i priključenje se izvode pod ostrim kutem,
- na konfliktnim površinama dozvoljen je samo jednosmjerni promet.

Prednosti neprekinutog upravljanja su sljedeća:

- siguran i slobodan protok prometa koji osigurava velike kapacitete,
- mali vremenski gubici.

Nedostaci su sljedeći:

- potreban je visok nivo koncentracije sudionika u prometu,
- velika opasnost u slučaju nepravilnih prometnih radnji,
- visoki troškovi realizacije.

Pri prekinutom načinu vođenja svi prometni tokovi na raskrižju dobivaju kvalitetu prekinutog prometnog toka. To znači da prilikom ulaska u raskrižje, svi tokovi smanjuju brzinu kretanja ili se čak zaustavljaju, a zatim slijede sve druge prometne radnje. [17]

Prednosti prekinutog upravljanja su sljedeće:

- siguran protok prometa,
- potreban niži nivo koncentracije sudionika nego u slučaju neprekinutog upravljanja,
- niži troškovi realizacije nego u slučaju neprekinutog upravljanja.

Nedostaci su sljedeći:

- veliki vremenski gubici prometnih tokova,
- mala propusnost,
- nepotrebno zaustavljanje vozila na strani prometnih smjerova.

Kombinirano vođenje je najčešći način vođenja prometnih tokova koji se primjenjuje u praksi. Pri tom načinu vođenja određeni prometni tokovi pri vožnji kroz raskrižje zadržavaju kvalitete neprekinutog prometnog toka (glavni prometni smjer – GPS), dok drugi dobivaju kvalitetu prekinutog prometnog toka (sporedni prometni smjer – SPS).

Ovaj način vođenja prometnih tokova ima svoje prednosti, i to:

- način upravljanja pojedinim tokovima je u funkciji njihovog značaja,
- male konfliktne površine.

Nedostaci su sljedeći:

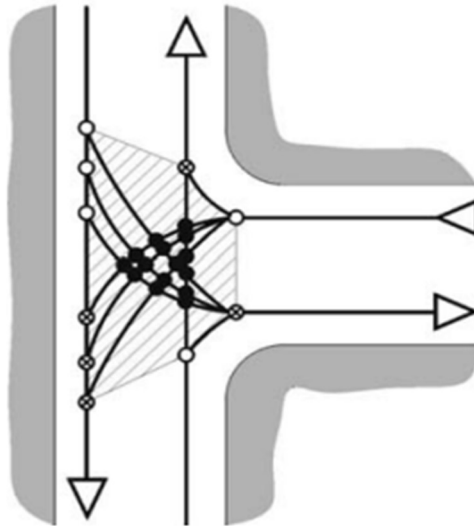
- povremeno nepotrebno zaustavljanje vozila na strani prometnih smjerova,
- potrebna veća koncentracija sudionika u prometu.

Za koji od navedenih načina vođenja će se projektant odlučiti u procesu pripreme rješenja ovisi od kriterija. Značaj i redoslijed navedenih globalnih kriterija ovisi od stvarnih okolnosti na terenu i razlikuje se od slučaja do slučaja.

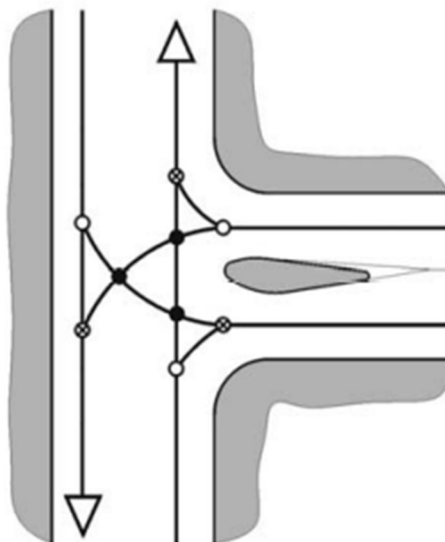
3.4. Usmjeravanje prometnih tokova

Usmjeravanje prometnih tokova (vidjeti sliku 1.) podrazumijeva kontrolirano vođenje prometnih tokova između ili duž elemenata za usmjeravnje, koji mogu biti denivelirani ili koji su odgovarajućom horizontalnom signalizacijom označeni na kolniku. Usmjeravnje predstavlja princip uređenja raskrižja u razini, gdje svaki prometni tok (ili bar neki od njih) ima u području raskrižja osigurano posebno prometno područje. Usmjeravanjem se smanjuje broj stvarnih konfliktnih točaka kao i veličina konfliktnog područja. Usmjeravanjem raskrižja omogućuje se

bolja preglednost i opažanje od strane sudionika u prometu te je stoga i manja mogućnost nepravilnih reakcija vozača prilikom prolaska kroz raskrižje. Usmjeravanje može biti djelomično ili potpuno. Potpuno usmjeravanje raskrižja je takvo uređenje raskrižja da je svakom prometnom toku osigurana posebna prometna traka. [17]



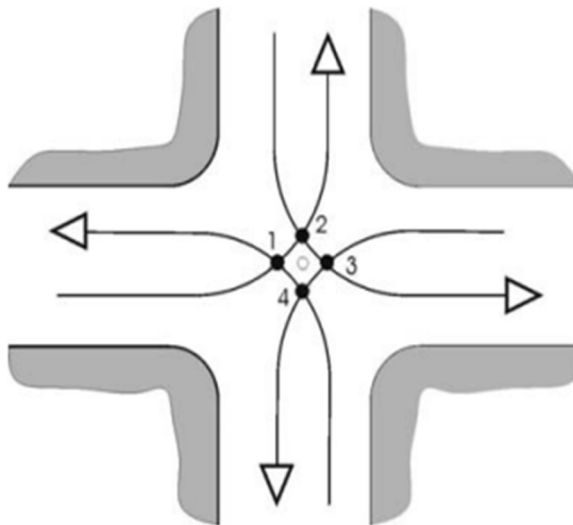
Slika 1. Nekanalizirano trokrako T raskrižje [17]



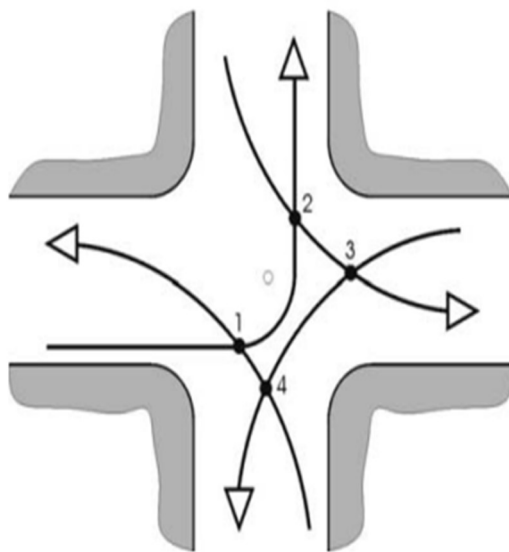
Slika 2. Kanalizirano trokrako T raskrižje [17]

Mjerama usmjerenja nekontrolirano vođenje prometnih tokova (Slika 2) mijenja se u kontrolirano (Slika 3). Usmjerenje mora biti provedeno tako da je vozaču koji vozi preko

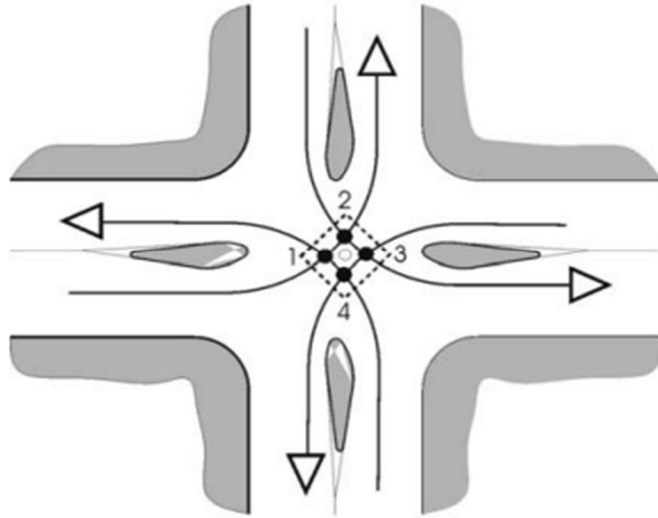
položaja konfliktne točke omogućena vožnja kroz raskrižje bez ikakvih iznenađenja tijekom kretanja.



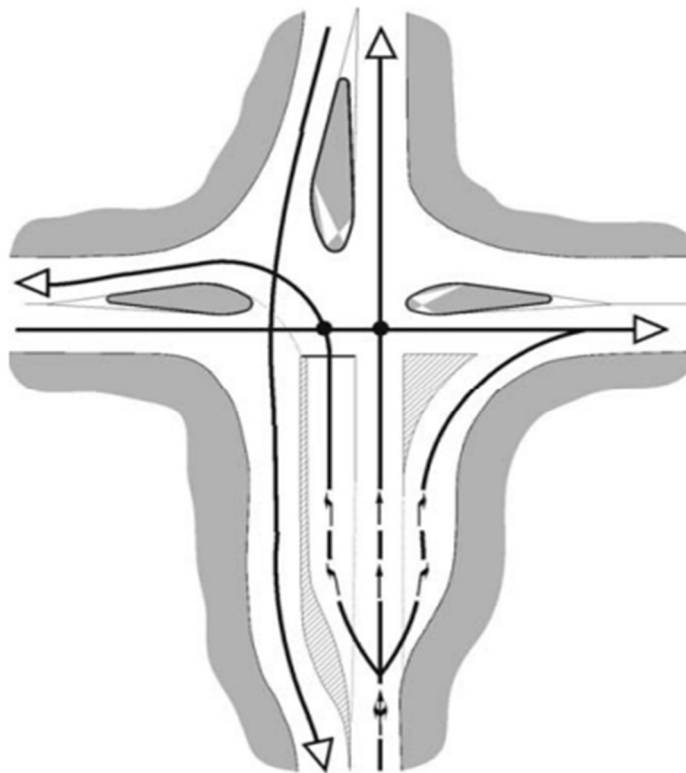
Slika 3. Nekanalizirano vođenje lijevog skretanja na četverokrakom raskrižju [17]



Slika 4. Nekanalizirano vođenje lijevog skretanja na četvorokrakom raskrižju [17]



Slika 5. Kontrolirano vođenje lijevog skretanja na kanaliziranom četvorokrakom raskrižju [17]



Slika 6. Kontrolirano vođenje lijevog skretanja na kanaliziranom četverokrakom raskrižju [17]

3.4.1. Opća načela usmjeravanja na raskrižjima i priključnim točkama

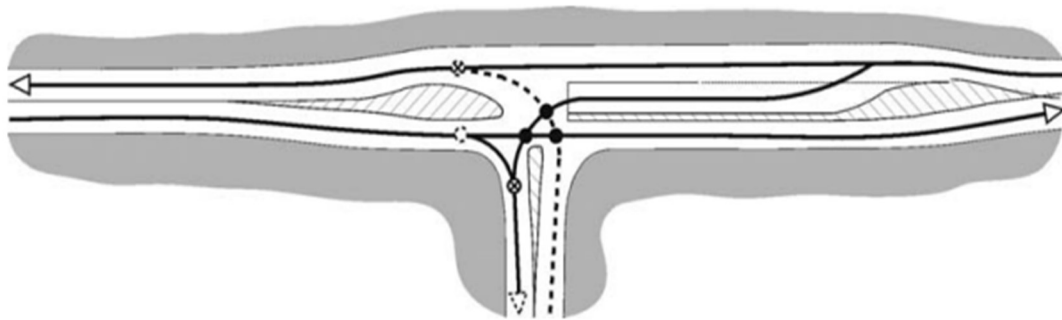
Opća načela koja se koriste za usmjeravanja prometnih tokova na raskrižjima i priključnim točkama su sljedeća :

- usmjeravanje slijedi podsvjesne reakcije vozača prilikom vožnje kroz raskrižje, međutim ne smije biti elemenata ograničenja ili nelogične prisile,
- usmjeravanje mora biti jasno i razumljivo,
- usmjeravanje je usklađeno s karakteristikama cesta koje se križaju i karakteristikama prometnih tokova (raspoloživo područje, količina prometnog opterećenja, struktura prometnog toka, brzina kretanja),
- troškovi realizacije (i održavanja) elemenata usmjerenja moraju biti usklađeni sa očekivanjima korisnika.

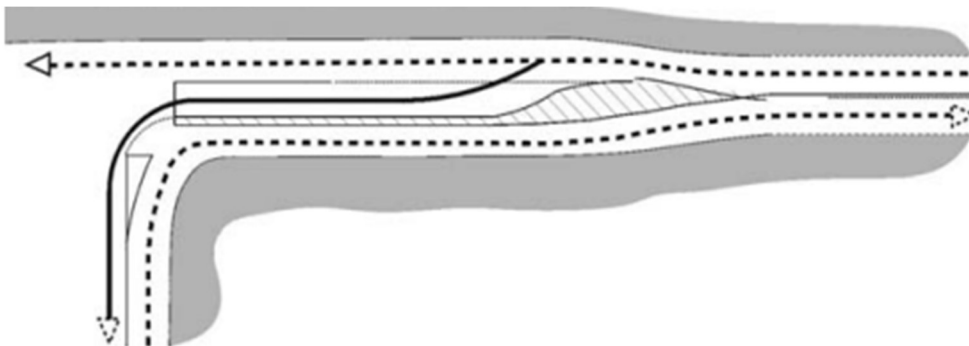
Iz prethodno navedenog potrebno je slijediti pravila tehničko-prometne struke kao što su [17]:

- prometne tokove koji se na raskrižju sijeku treba voditi kroz raskrižje po najkraćem mogućem putu i tako da se što je moguće više sijeku pod pravim kutem,
- elementi usmjeravanja moraju biti uređeni tako da sprječavaju nepravilnu vožnju,
- glavni prometni tokovi mogu za vrijeme vožnje biti ometani samo onoliko koliko je nužno neophodno,
- za sporedne prometne smjerove (skretanja) potrebno je predvidjeti odgovarajuće usmjeravajuće trake s dionicama predviđenim za čekanje vozila,
- ograničenja brzine na raskrižjima i sprječavanje pretjecanja postižu se ispravnim vođenjem pojedinih prometnih traka i pravilnim dimenzijama pojedinih elemenata usmjeravanja,
- usmjeravanje mora biti izvedeno na način da postoji dovoljan razmak između konfliktnih točaka, tako da se vozači prilikom prolaska kroz raskrižje suočavaju s donošenjem samo jedne odluke,
- usmjeravanje izvesti tako da su konfliktne točke što je moguće više fiksne (tj. ne mijenjaju svoj položaj) te da vozači mogu točno utvrditi njihov položaj, pri tome je pravilna horizontalna i vertikalna prometna signalizacija od iznimnog značaja,
- usmjeravanje osigurava zaštitu vozaču od drugih prometnih smjerova na raskrižju,
- elementi usmjeravanja treba izvesti tako da omogućavaju ispravno postavljanje prometne signalizacije, putokaza, svjetlosno signalnih uređaja i javne rasvjete,

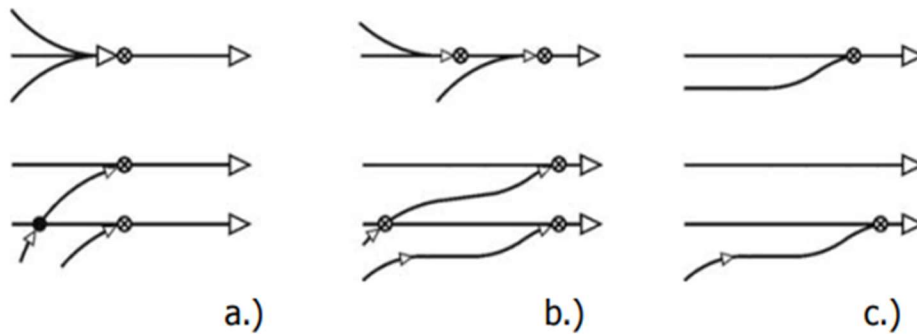
- svi navedeni elementi moraju biti postavljeni tako da ne ometaju promet (tako da vozila ne oštete navedene elemente) te da ne smanjuju preglednost,
- na raskrižjima s većim prometnim opterećenjem (naručito u slučaju gdje raskrižja nisu regulirana semaforima), potrebno je osigurati odgovarajući razmak između glavnih prometnih tokova, kako bi se dobio odgovarajući prostor za prisilno zaustavljanje vozila,
- usmjeravanje mora biti prilagođeno načinu vođenja prometa i karakteristikama prometnih smjerova.[17]



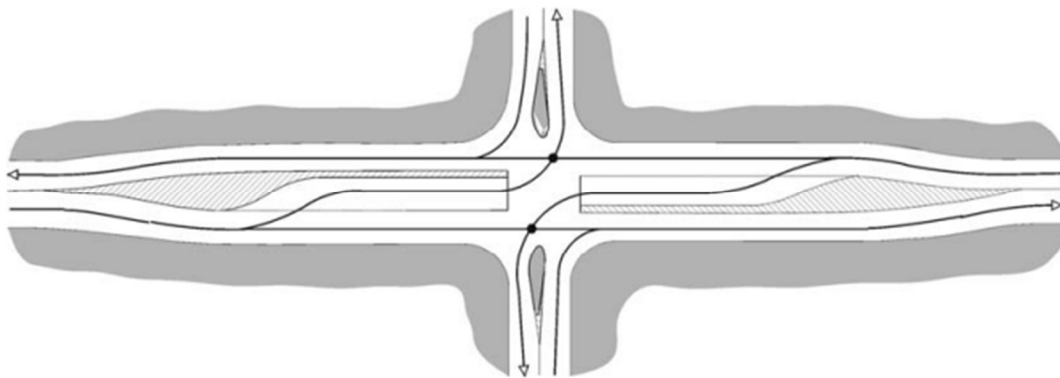
Slika 7. Usmjeravanje vozila mjerama usmjerenja – otoka [17]



Slika 8. Traka za usmjeravanje sa površinom za usmjeravanje (ili prometnim otokom) za skretanje lijevo na glavni prometni smjer (GPS) [17]



Slika 9. Udaljenost između konfliktnih točaka: a) bez razmaka, b) djelomičan razmak, c) dovoljan razmak [17]



Slika 10. Udaljenost između glavnih prometnih smjerova [17]

3.4.2. Podjela raskrižja i priključaka u razini

Raskrižja u razini se prema obliku dijele na:

- trokraka raskrižja,
- četverokraka ili višekraka raskrižja,
- kružna raskrižja.

Priključne točke se dijele na:

- trokrake priključne točke,
- četverokrake priključne točke,
- priključne točke pod kutem – odvajanje jednosmjernog puta od GPS.

S obzirom na broj prometnih krakova, raskrižja u razini dijelimo na:

- raskrižja s tri kraka (trokraka),
- raskrižja s četiri kraka (četvorokraka),

- raskrižja s više od pet krakova (višeokraka).

Upravljanje prometom na prometnom kraku može biti jednosmjerno ili dvosmjerno. Dozvoljena raskrižja u razini na javnim i nerazvrstanim cestama koje se koriste za cestovni promet su sljedeće:

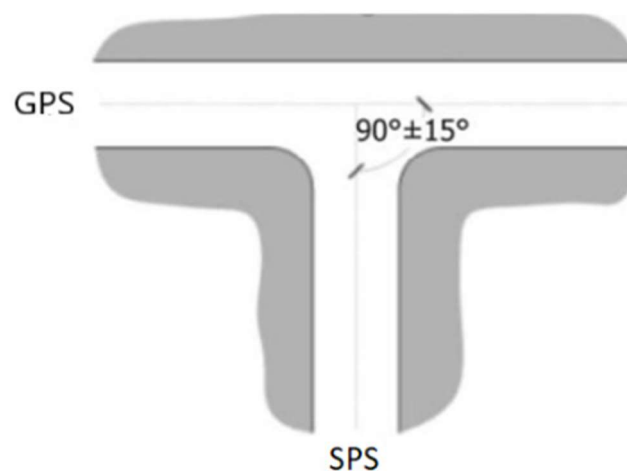
- trokraka raskrižja i priključne točke,
- četverokraka raskrižja,
- trokraka, četverokraka i višeokraka kružna raskrižja.

Bez obzira na oblik i broj prometnih krakova, raskrižje i priključne točke prema lokaciji dijele se na:

- raskrižja u urbanim područjima,
- raskrižja izvan urbanih područja.

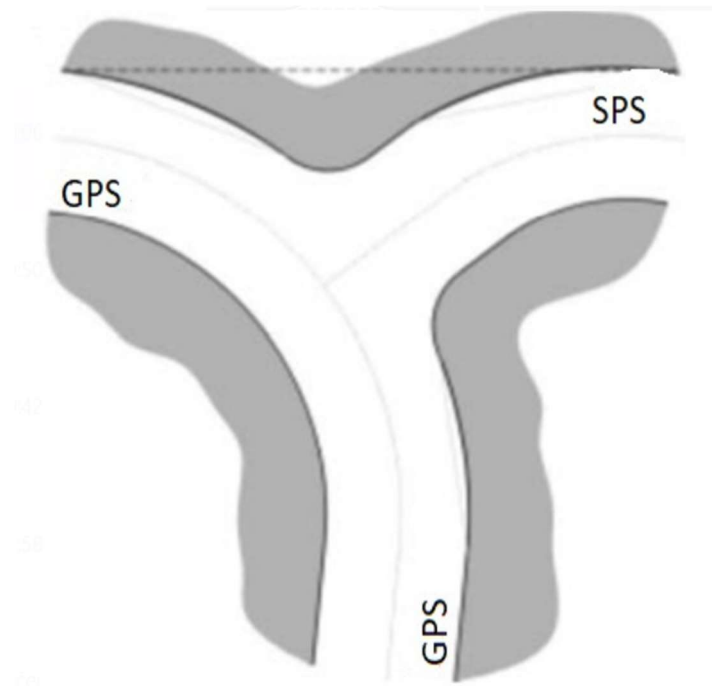
3.4.2.1. Trokraka raskrižja i priključne točke

Trokrako raskrižje je ono na kojem se sporedni prometni smjer (SPS) križa s glavnim prometnim smjerom (GPS) pod pravim kutem ($\alpha = 90^\circ \pm 15^\circ$), s tim da vozila na GPS nastavljaju voziti kroz raskrižje u smjeru kretanja, kako prikazuje slika 11.[17]

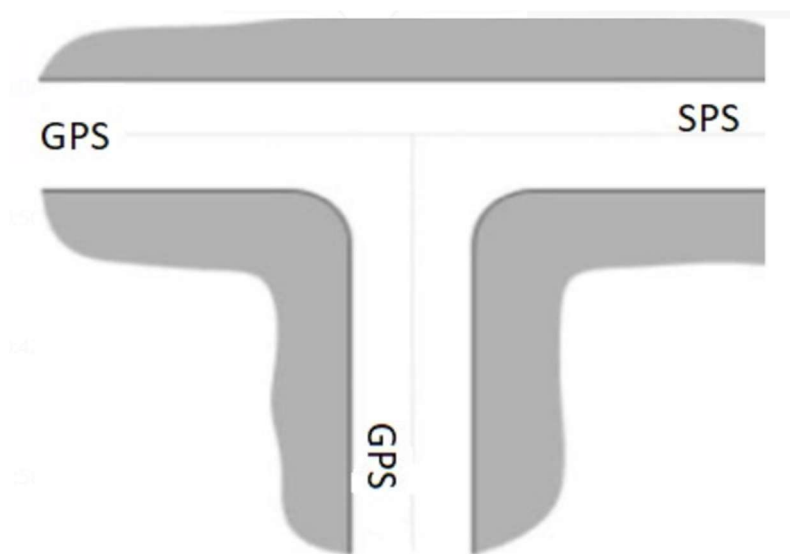


Slika 11. Trokrako raskrižje [17]

Ukoliko je GPS izveden tako da vozila na raskrižju uglavnom skreću, tok SPS je potrebno izvesti tako da je tok GPS nedvosmislen, slika 12. Rješenje prikazano na slici 13. je dozvoljeno u urbanim područjima.[17]



Slika 12. Pravilno vođenje GPS na trokrakom raskrižju [17]



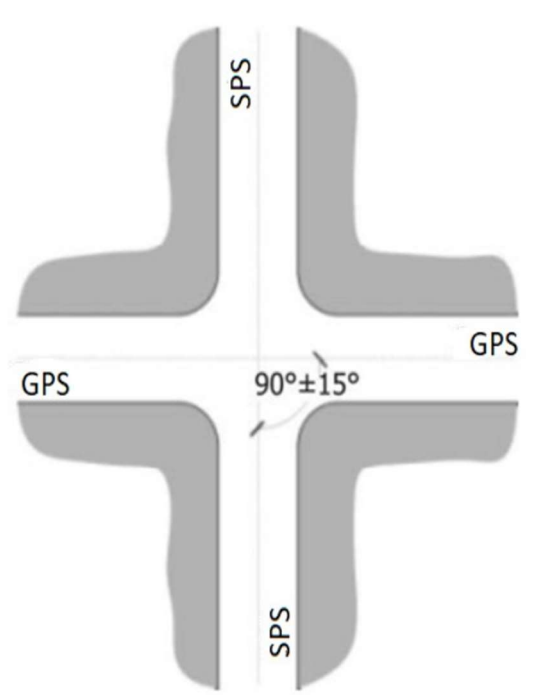
Slika 13. Nepravilno vođenje GPS na trokrakom raskrižju [17]

3.4.2.2. Četvorokraka raskrižja i priključne točke

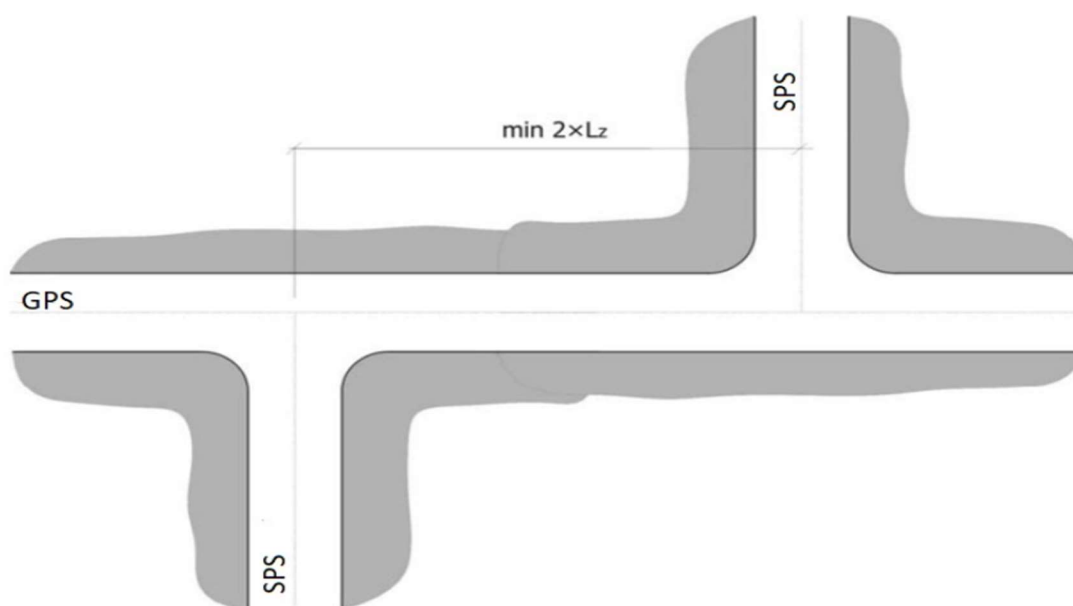
Četvorokrako raskrižje je ono na kojem se SPS križa s GPS pod pravim kutem ($\alpha = 90^\circ \pm 15^\circ$) uz uvjet da vozila na GPS nastavljaju kretanje kroz raskrižje, slika 14.

U slučaju da je GPS izveden tako da većina vozila skreće na raskrižju, ukoliko je veliki broj skretanja desno smisleno je izvođenje trake za skretanje desno ili kružnog raskrižja, a ukoliko je veliki broj skretanja lijevo potrebno je izvršiti izmjenu smjera vođenja osi GPS i SPS. [17]

Par raskrižja je moguće izvesti samo u urbanim područjima gdje je količina prometnog toka na glavnom prometnom smjeru manji ili jednak 3500 vozila/dnevno, a udaljenost između osi cesta koji se križaju je veća ili jednaka dvostrukoj zaustavnoj dužini (Slika 10.b).[17]



Slika 14. Četvorokrako raskrižje [17]



Slika 15. Uzastopna cestovna raskrižja u urbanim područjima [17]

3.4.2.3. Kružna raskrižja

Kružna raskrižja su usmjerena raskrižja sa središnjim otokom i kružnom prometnom površinom kojom se povezuje tri ili više krakova prometnih smjerova i kojim se odvija promet suprotno smjeru kretanja kazaljke na satu. Kružna raskrižja su raskrižja s kombinacijom neprekidnih i isprekidanih prometnih smjerova, gdje GPS predstavlja kružni prometni tok, a SPS prometnih tokove na ulazu i izlazu iz kružnog raskrižja. Načela i uvjeti za projektiranje kružnih raskrižja su obrađeni u poglavlju 2. [17]

3.4.3. Osnove tipskih rješenja raskrižja i priključnih točaka

U nastavku ovog rada navode se tipska rješenja raskrižja i priključnih točaka s opisom prikladnosti njihove upotrebe. S obzirom na način vođenja prometa u raskrižju načine priključnih točaka možemo podijeliti u tri skupine:

- priključna točka tip I,
- priključna točka tip II,
- priključna točka tip III.

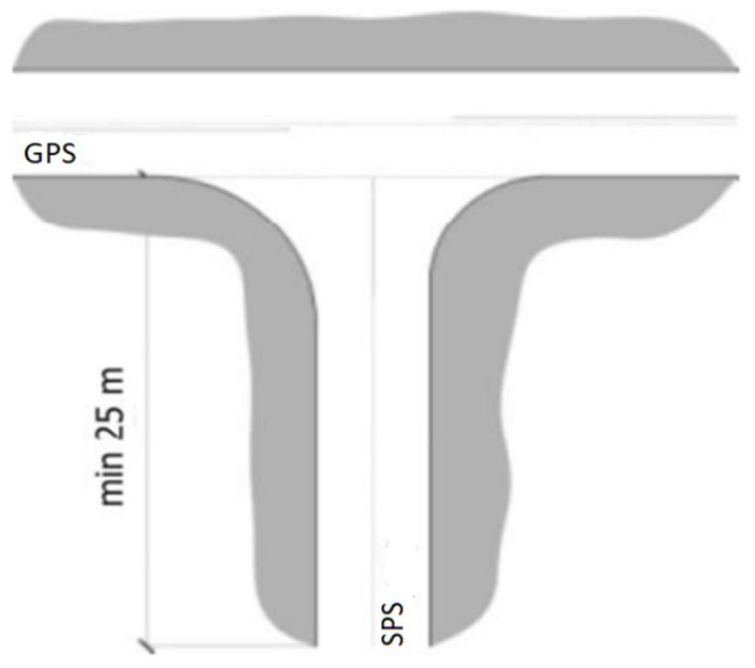
3.4.3.1. Priključna točka tip I

Priključak sporednog prometnog smjera (SPS) na glavni prometni smjer (GPS) oblikuje se u skladu s tipom I u slučajevima kada na glavnom prometnom smjeru nije potrebna posebna traka za skretanje lijevo.[17] Bez obzira na upotrebene projektno-tehničke elemente sporednog

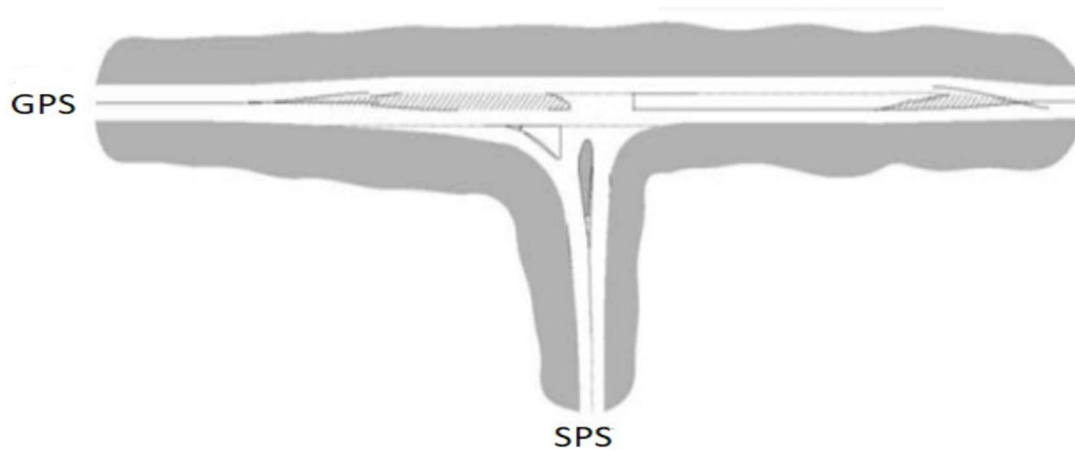
prometnog smjera, preporuka je projektirati voznu traku za skretanje u dužini priključnog traka najmanje dužine 25 m, slika 16.

3.4.3.2. Priključna točka tip II

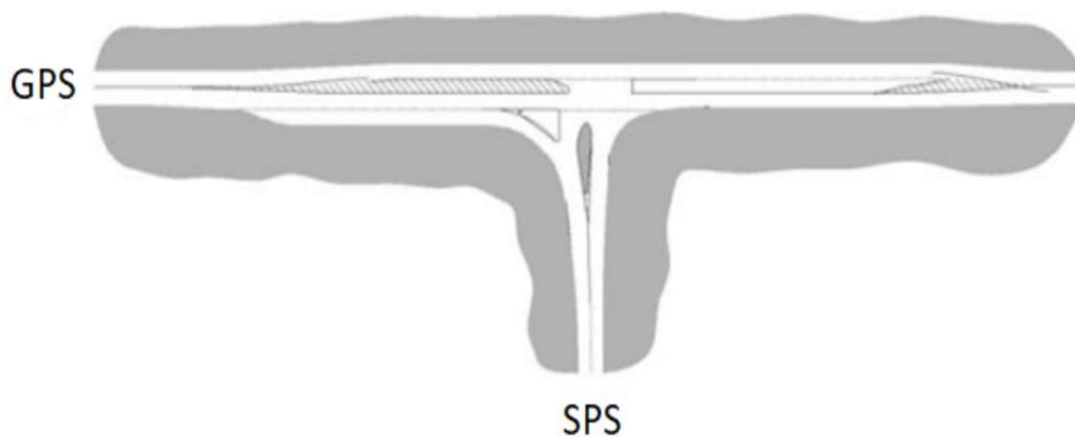
Priključnu točku tip II (slike 17 i 18) biramo u slučaju kada je na GPS potrebna posebna vozna traka za skretanje u lijevo. U tom slučaju, na sporednom prometnom smjeru je potrebno izvesti usmjeravajući otok u obliku kaplje, a lijevo od sporednog prometnog smjera, prometni otok u obliku trokuta. Traka za skretanje desno se predviđa po potrebi – uzimajući u obzir potrebnu razinu propusnosti priključne točke na kraju planiranog vijeka trajanja.[17]



Slika 16. Priključna točka tip I bez mjera za usmjeravanje [17]



Slika 17. Priključna točka tip II (bez trake za skretanje desno) [17]

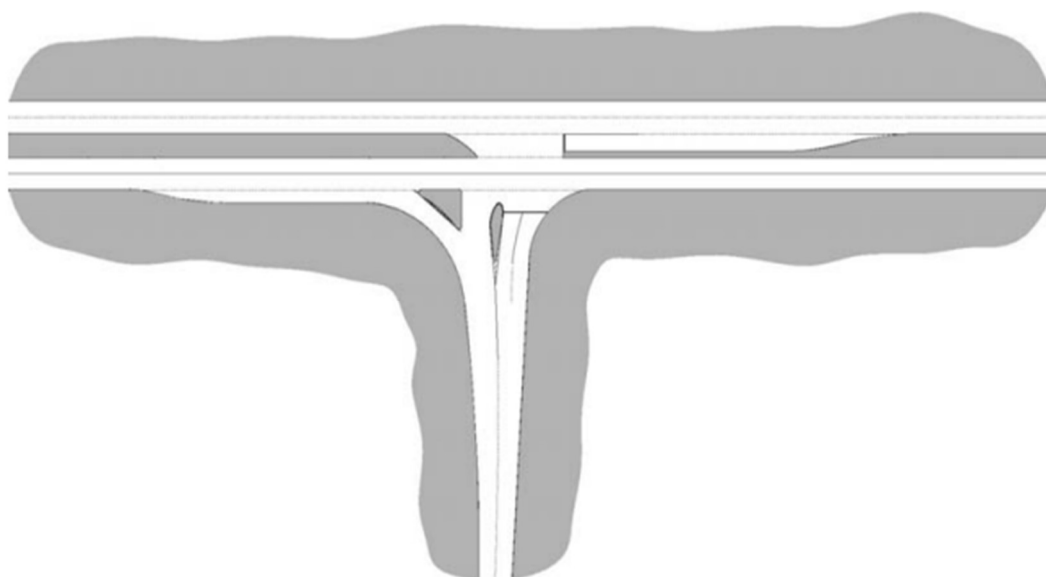


Slika 18. Priključna točka tip II (s trakom za skretanje desno) [17]

3.4.3.3. Priključna točka tip III

Priključak se oblikuje u skladu s tipom III u slučaju kada se kolnik GPS sastoji od dvije ili više voznih traka suprotnih smjerova, slika 19. Ovaj tip priključne točke uređuje se u skladu s načelima vremenske raspodjele prometnih smjerova, tj. svjetlosnim signalnim uređajima.

Na glavnom prometnom smjeru (GPS) moraju postojati posebne vozne trake za skretanje u lijevo ili desno na sporedni prometni smjer (SPS), slika 19.[17]



Slika 19. Priključna točka tip III [17]

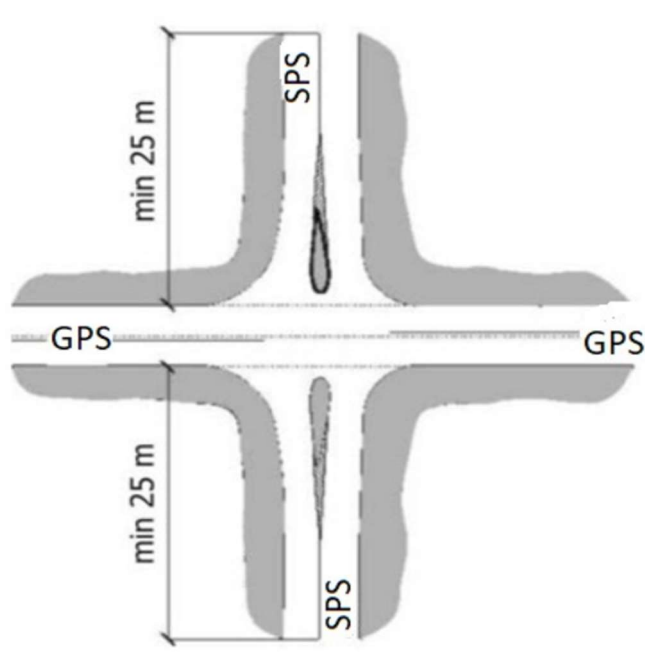
S obzirom na tipska rješenja raskrižja ista se mogu podijeliti u četiri skupine:

- raskrižje tip I
- raskrižje tip II
- raskrižje tip III
- raskrižje tip IV

3.4.3.4. Raskrižje tip I

Raskrižje je uređeno u skladu s tipom I u slučajevima kada na glavnom prometnom smjeru (GPS) nije potrebna posebna vozna traka za skretanje lijevo. Elementi vođenja prometa se ne uzimaju u obzir na raskrižju koje je oblikovano u skladu s ovim tipom.

Jedini izuzetak predstavljaju otoci koji imaju oblik kaplje, a koji se nalaze u osima sporednih prometnih smjerova, slika 20.[17]

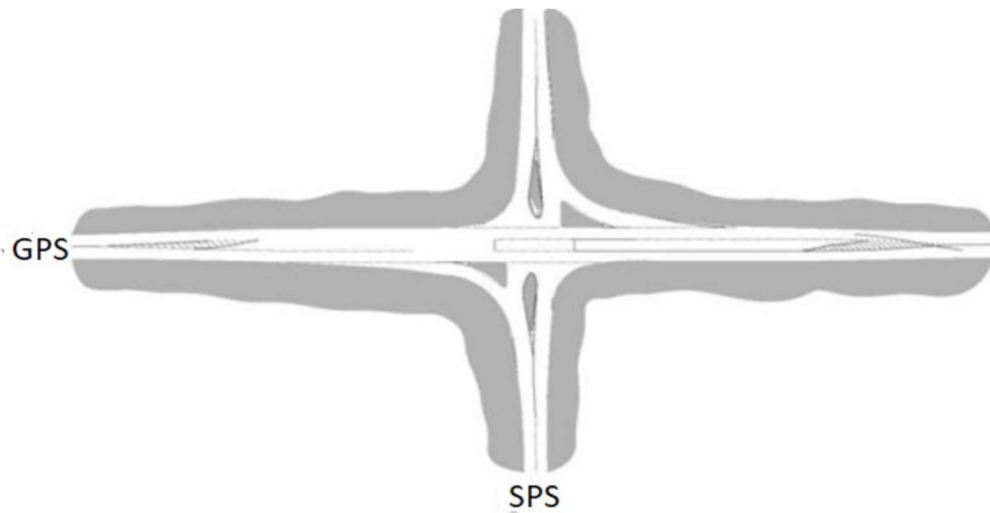


Slika 20. Raskrižje tip I s kapljom [17]

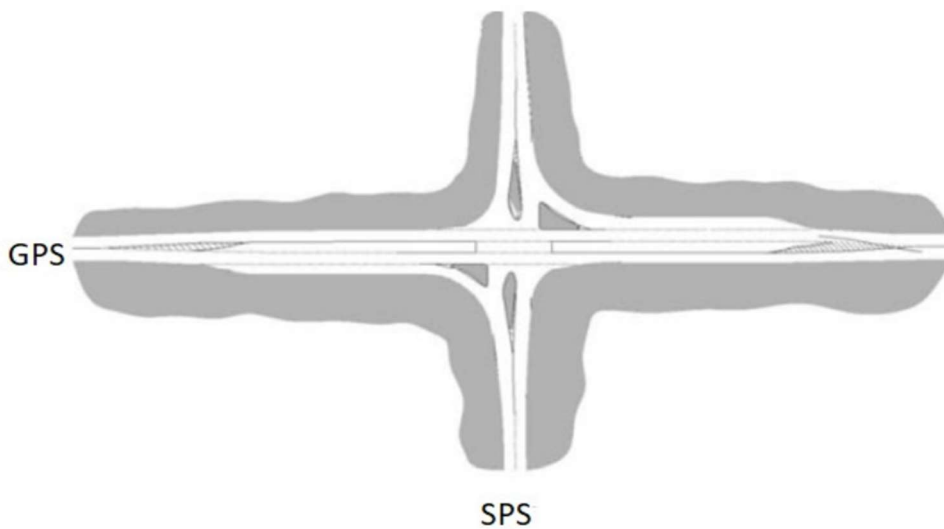
U slučaju maksimalnog satnog prometa na sporednom prometnom smjeru manjeg od 20 vozila na sat, uz uvjet da širina sporednog prometnog smjera ne prelazi 4.5 m, kaplju je moguće izostaviti. Bez obzira na upotrebene projektno-tehničke elemente sporednih prometnih smjerova, potrebno je da ceste s dvije prometne trake budu u dužini kraka priključne točke.

3.4.3.5. Raskrižje tip II

Raskrižje tip II, prikazano na slikama 21. i 22., biramo u slučaju kada je na glavnom prometnom smjeru (GPS) potrebna posebna traka za skretanje lijevo. U tom slučaju na sporednoj cesti je potrebno izvesti usmjeravajući otok u obliku kaplje, a lijevo od sporednog puta prometni otok u obliku trokuta. Traka za skretanje desno se predviđa po potrebi, uzimajući u obzir potrebnu razinu propusnosti raskrižja na kraju planiranog vijeka trajanja.[17]



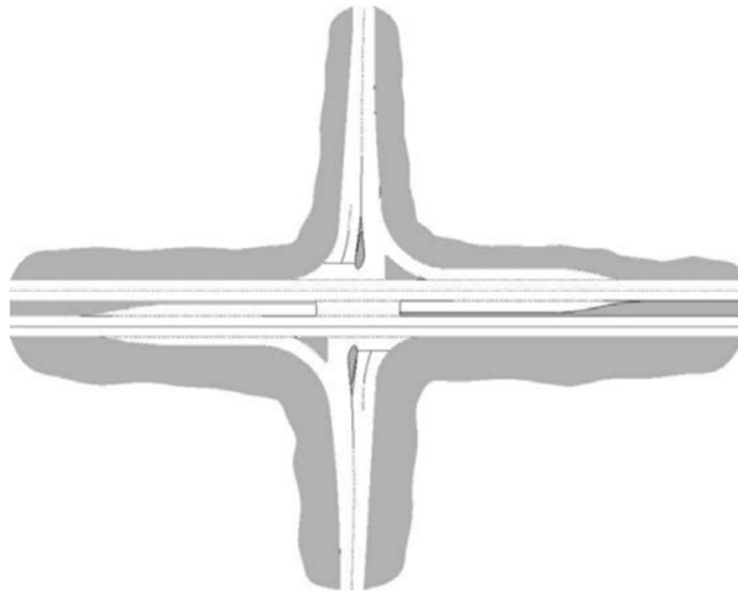
Slika 21. Raskrižje tip II (bez trake za skretanje desno) [17]



Slika 22. Raskrižje tip II (s trakom za skretanje desno) [17]

3.4.3.6. Raskrižje tip III

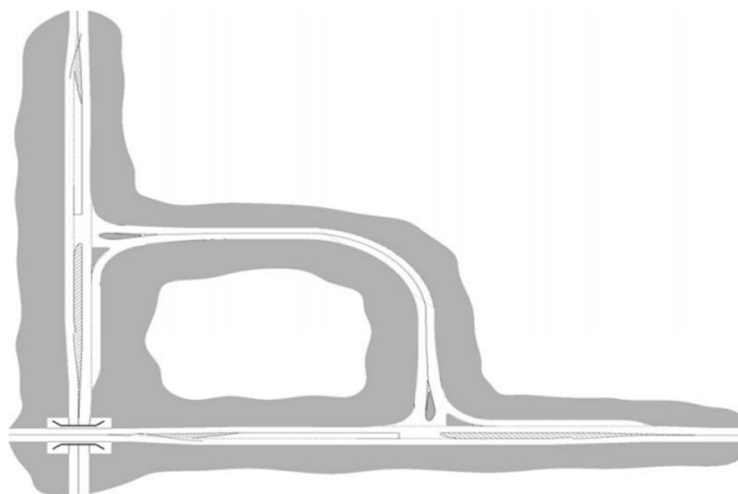
Raskrižje na slici 23. oblikuje se prema tipu III, u slučaju kada se kolnik GPS sastoji od dvije ili više voznih traka suprotnim smjerovima kretanja vozila. Ovaj tip raskrižja uređuje se u skladu s načelima vremenske raspodjele prometnih smjerova, tj. svjetlosnim signalnim uređajima. Na GPS moraju postojati posebne trake za skretanje lijevo i desno.[17]



Slika 23. Raskrižje tip III [17]

3.4.3.7. Raskrižje tip IV

Raskrižja se projektiraju u skladu s tipom IV, slika 24. ukoliko se ceste koje se križaju nalaze na različitim razinama i ukoliko je količina prometa velika. Ovaj tip raskrižja koristi se i za povećanje prometne sigurnosti, kao i zbog nepovoljne konfiguracije terena za izvođenje raskrižja u razini. [17]
























Slika 24. Raskrižje tip IV [17]

3.4.4. Dozvoljene vrste raskrižja i priključnih točaka

Radi opažanja i razumijevanja kao i sigurnog upravljanja prometom nije dozvoljeno planiranje drugih vrsta raskrižja i priključnih točaka u obliku slova Y, X, A, K. Postojeće nedozvoljene vrste raskrižja (slika 25.) potrebno je prilikom rekonstrukcije preurediti u jednu od dozvoljenih vrsta raskrižja koje su opisane u prethodnim poglavljima vezanim za kružna raskrižja. Preuređenje se postiže križanjem pod pravim kutem ($\pm 15^\circ$), pri čemu je pregledno područje najpravilnijeg oblika.[1]

U slučaju da se izvodi rekonstrukcija postojeće nedozvoljene vrste raskrižja, odluku o odabiru jedne od dozvoljenih vrsta raskrižja potrebno je donijeti na temelju zahtijevane propusnosti raskrižja na kraju planiranog vijeka trajanja na osnovu usmjeravanja glavnog prometnog smjera, okolnih zgrada, raspoloživog prostora i analize prometne sigurnosti.

NEDOZVOLJEN OBLIK	DOZVOLJEN OBLIK			
				
				
				
				
				

Slika 25. Načini preuređenja postojećih nedozvoljenih vrsta raskrižja u dozvoljene vrste [1]

4. PROMETNA SIGURNOST NA RASKRIŽJIMA I PRIKLJUČNIM TOČKAMA

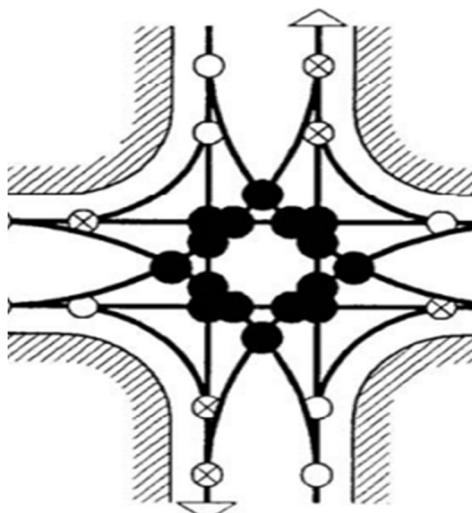
4.1. Konflikti između motoriziranih sudionika u prometu

Konfliktom na raskrižju ili priključnoj točki smatra se svaki događaj nastao prilikom vožnje na raskrižju, gdje usljed nepravilnog reagiranja ili nereagiranja jednog ili više sudionika u prometu može doći do opasnog događaja – prometne nesreće. Konflikti na raskrižjima i priključnim točkama se uglavnom događaju na unaprijed poznatim mjestima koje nazivamo konfliktne točke. Konfliktne točke su mjesta na raskrižju ili priključnim točkama, gdje je usljed različitih prometnih manevara moguće očekivati opasne situacije. Područje koje je ograničeno vanjskim konfliktnim točkama nazivamo konfliktnim područjem. Konflikti u području raskrižja ili priključnih točaka se uglavnom javljaju u točkama gdje se prometni smjerovi presjecaju, dijele (odvajaju), spajaju ili prepliću. U skladu s tim, konfliktne točke se dijele na:

- presjecanje,
- isplitanje (izlijevanje),
- uplitanje (ulijevanje).

Načelno, broj konfliktnih točaka ovisi od vrste raskrižja i broja priključnih krakova koji čine raskrižje, kao i od drugih faktora (prometnog opterećenja raskrižja, mjera koje se upotrebljavaju za usmjeravanje prometa u raskrižju, broja voznih traka na kružnom raskrižju i sl.).

Područje raskrižja ili priključne točke, koje je ograničeno vanjskim konfliktnim točkama, naziva se konfliktnim područjem. To bi konkretno značilo sljedeće: četverokraka raskrižja dvosmjernih smjerova (slika 26.) imaju 32 konfliktne točke (16 presjecanja, 8 isplitanja i 8 uplitanja), dok kružna raskrižja s jednom trakom imaju 8 točaka nižeg reda (4 isplitanja i 4 uplitanja).[17]



Slika 26. Konfliktne točke na četvorokrakom raskrižju [14]

Razinu prometne sigurnosti na raskrižjima i priključnim točkama moguće je povećati smanjenjem broja konfliktnih točaka kao i smanjenjem veličine konfliktnog područja, i to uglavnom poduzimajući sljedeće:

- ukidanje pojedinih krakova raskrižja, promjena četvorokrakog u trokrako,
- uvođenje jednosmjernih cesta,
- zabrana skretanja i/ili okretanja na raskrižju;
- usmjeravanje raskrižja;
- promjena vrste raskrižja (s manje konfliktnih točaka).

Opravdanost predviđenih mjera za poboljšanje prometne sigurnosti potrebno je provjeriti analizom prometne optimalnosti susjednih raskrižja i priključnih točaka.

4.2. Konflikti između motoriziranih i drugih sudionika u prometu

Konflikti između motoriziranih sudionika u prometu te pješaka i/ili biciklista javljaju se na mjestima križanja smjerova te isplitanja i uplitanja prethodno spojenog prometnog smjera, ukoliko se upotrebljavaju iste prometne površine.

Konflikti križanja nastaju na mjestima gdje se križaju tokovi motoriziranih i drugih sudionika u prometu (npr. pješački i/ili biciklistički prijelazi). Konflikti odvajanja nastaju na mjestima gdje se tokovi nemotoriziranih sudionika u prometu odvajaju od zajedničkog toka motoriziranih i drugih sudionika u prometu (npr. početak biciklističke staze).[14]

Konflikti uplitanja nastaju na mjestima gdje se odvojeni tok drugih sudionika u prometu udružuje s tokom motoriziranih sudionika u prometu (npr. kraj biciklističke staze).

Navedene konfliktne točke između motoriziranih i drugih sudionika u prometu praktično nije moguće eliminirati (izuzev u slučaju vođenja prometa izvan razine), te je stoga projektiranju konfliktnih točaka potrebno posvetiti veliku pažnju.

5. PROJEKTNO-TEHNIČKI ELEMENTI RASKRIŽJA I PRIKLJUČNIH TOČAKA

Projektno-tehnički elementi raskrižja i priključnih točaka su elementi s kojima se projektiraju raskrižja i priključne točke. Navedeni elementi obuhvaćaju sve projektne elemente raskrižja ili priključne točke koji omogućavaju sigurnu, udobnu i ekonomičnu vožnju kroz raskrižje ili priključnu točku.

5.1. Projektni elementi

Projektni elementi u području raskrižja i priključnih točaka mogu se podijeliti na:

- elemente horizontalno vođene linije,
- elemente vertikalno vođene linije.

5.1.1. Elementi horizontalnog smjera ceste u području raskrižja i priključne točke

U neposrednom području raskrižja preglednost je od presudnog značaja. Preglednost se osigurava odabirom odgovarajućih elemenata horizontalno vođenih osi ceste koje se križaju.

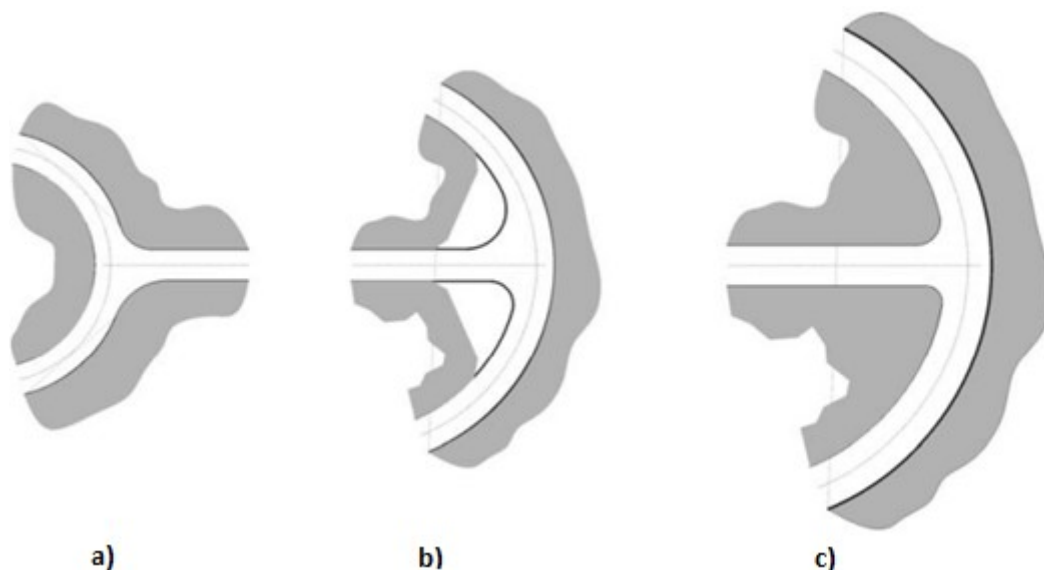
Odgovarajući elementi su pravci i kružni lukovi odgovarajućih radijusa i duljina.

Odgovarajuća veličina radijusa proizilazi iz projektirane brzine kretanja na raskrižju, uz napomenu da se prometnim znakovima ista može i ograničiti.[17]

Pri horizontalnom vođenju trase cesta (osi) koje se križaju u obzir je potrebno uzeti sljedeće:

- osi cesta koje se križaju ili priključnih točaka trebaju se sijeći što je moguće više pod pravim kutom ($90^\circ \pm 15^\circ$),[17]
- osi cesta koje se križaju trebaju biti pravci na završnim dijelovima, pred samim križanjem,[17]
- u izuzetnim slučajevima, kada se raskrižje nalazi na zavoju, centar raskrižja treba biti postavljen na prijevojnoj točki zavoja,[17]
- idealno je da u neposrednom području križanja osi cesta koje se križaju budu pravci,[17]
- kod priključnih točaka je moguća kombinacija, ukoliko je jedna os pravac, druga bi trebala biti u kružnom luku. U takvom slučaju, priključna točka se nalazi na vanjskoj strani zavoja. Priključivanje s unutarnje strane zavoja nije dozvoljeno ili je dozvoljeno samo u slučaju da su ispunjeni uvjeti koji se odnose na preglednost, slika 27. Isto se primjenjuje i za raskrižja. U slučaju da navedene uvjete nije moguće ispuniti, potrebno

je odabrati drugu lokaciju raskrižja ili izvesti rekonstrukciju raskrižja u jedan od dozvoljenih tipova raskrižja, kako je prethodno prikazano na slici 25.



Slika 27. Priklučivanje u zavoju: a) primjereno, b) djelomično primjereno i c) neprimjereno [17]

Elementi kružnih lukova skretanja na raskrižjima i priključnim točkama u razini moraju se sastojati od tri luka, čije veličine su u međusobnom razmjeru $R1 : R2 : R3 = 2 : 1 : 3$ gdje $R2$ predstavlja minimalnu vrijednost radijusa skretanja, koji zahtijevaju konstruktivne karakteristike vozil, a razlikuju se obzirom na vrstu vozila. Minimalne vrijednosti lukova skretanja za različite vrste vozila su prikazane u tablici 2.

Tablica 2. Minimalne vrijednosti lukova skretanja za različite vrste vozila [17]

Vrste vozila	Radijus luka skretanja $R2$ [m]		
	Skretanje lijevo	Skretanje desno	
		S odvajajućim otokom	Bez odvajajućih otoka
Automobili	6	10	6
Autobusi i kamioni	10	12	10
Traktori i kamioni s prikolicama	12	15	12
Zglobni autobusi	15	25	15

Na kružnim raskrižjima lukovi zavoja se ne upotrebljavaju za oblikovanje ulaza i izlaza u raskrižju. Veličina radijusa ulaza i izlaza ovisi o veličini kružnog raskrižja, broju traka u

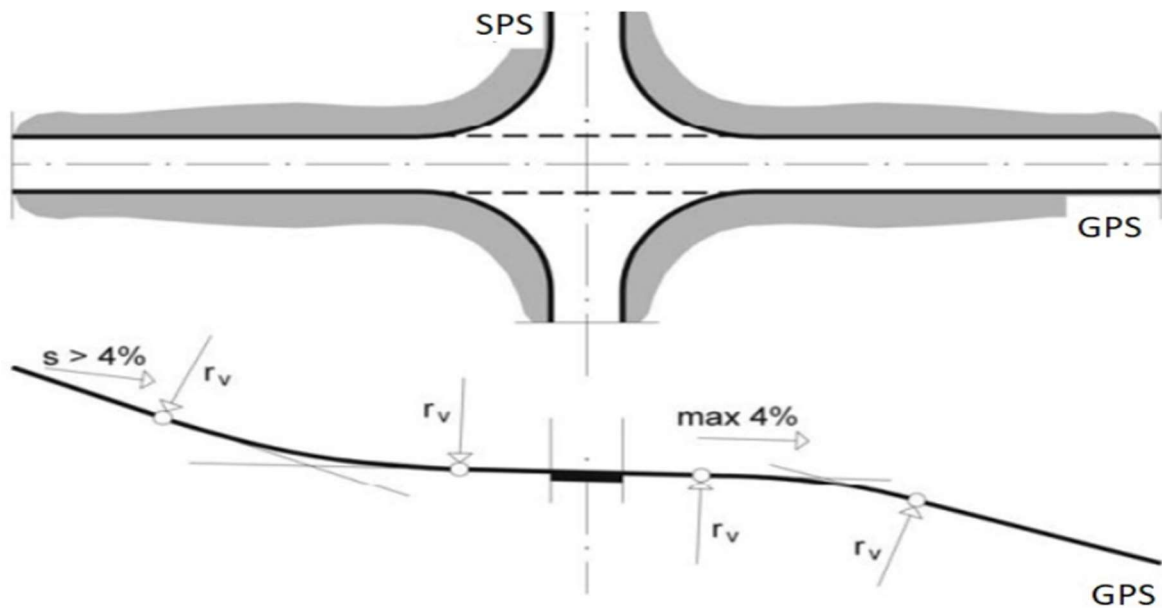
kružnom toku i obliku razdjelnog otoka. Detaljniji opis ulaza i izlaza iz kružnih raskrižja opisani su u poglavlju o kružnim raskrižjima.

Bez obzira na činjenicu projektiraju li se kružna raskrižja ili neki drugi tip raskrižja u razini, potrebno je programskim alatima provjeriti prikladnost upotrebljenih kružnih lukova skretanja i pokrivenih područja, i to za relevantne vrste vozila i sve smjerove vožnje, kroz mogućnosti provoznosti mjerodavnih vozila [7].

5.1.2. Elementi vertikalnog smjera ceste u području raskrižja i priključne točke

5.1.2.1. Uzdužni i poprečni nagibi cesta koje se križaju

Maksimalni uzdužni nagib (s) nivelete (GPS) u području križanja ne smije prijeći vrijednost $S_{\max} \leq 4\%$. U slučaju gdje je u području neposrednog križanja na GPS $S_{\max} > 4\%$, potrebno ga je u području križanja smanjiti na 4%, slika 28.[17]



Slika 28. Smjer nivelete GPS u području neposrednog križanja [17]

Idealna je situacija ukoliko je uzdužni nagib jedne ceste koja se križa jednak poprečnom nagibu druge ceste koja se križa ili priključne točke.

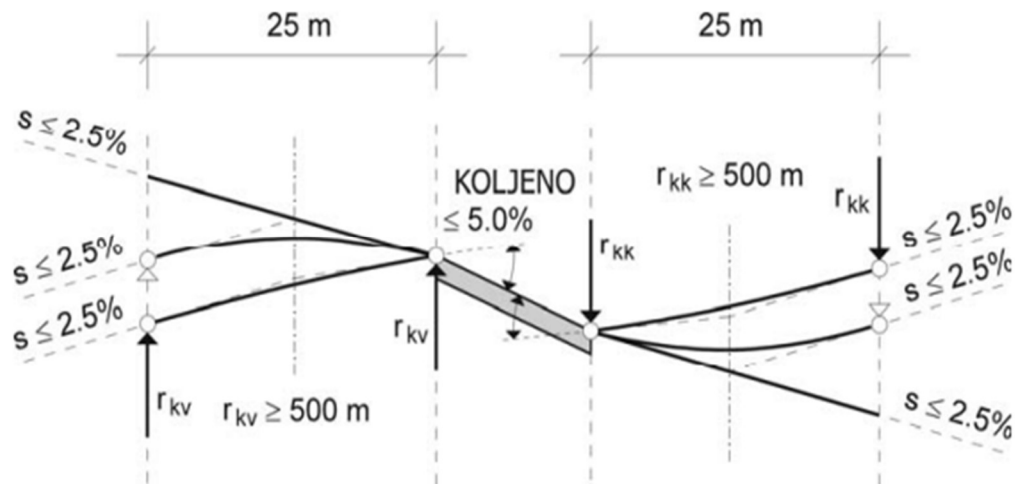
Za određivanje vertikalnog toka GPS mjerodavan je poprečni nagib kolnika GPS. Područje vertikalnog loma nivelete, koje nastaje usljed uzdužnog nagiba GPS, potrebno je prilagoditi poprečnom nagibu kolnika GPS. U području neposrednog križanja ne bi trebala prelaziti 2.5%, ukoliko je tok trase GPS pravac. [17]

Ukoliko je tok trase GPS u zavoju, ne bi trebalo prelaziti 4%, što je također jednako vrijednosti maksimalnog nagiba GPS u području neposrednog križanja.

U drugim primjerima je dozvoljeno izvođenje koljena (slika 29.), uz tri uvjeta koja moraju biti ispunjena:

- Uzdužni nagib SPSa mora biti manji ili jednak $s_{STD} \leq 2,5\%$;

- Radijus vevrtikalnog zavoja mora biti veći ili jednak $R_v \geq 500$;
- Zbroj poprečnog nagiba GPS i uzdužnog nagiba SPS mora biti $q_{MTD} + s_{STD} \leq 5\%$.



Slika 29. Izvođenje koljena na SPS u području neposrednog križanja [17]

Na raskrižjima s više prometnih tokova, poprečni nagib može biti manji od q_{min} , međutim ne smije biti manji od $q_{min} = 1.0\%$. Kod kružnih raskrižja potrebno je ispuniti uvjet da je uzdužni nagib nivelete priključnih cesta jednak poprečnom nagibu kolnika kružnog raskrižja, barem u području neposrednog priključenja.

Radijus vevrtikalnog zaobljenja na GPS u načelu određujemo tako da je $R_v \geq R_{v,min}$ te da vevrtikalni zavoj ne ulazi u područje kolnika SPS-a ili u područje kružnog raskrižja.

Minimalni uzdužni nagib cesta u području neposrednog križanja uvjetovan je predviđenim sustavima za odvodnju. Minimalni uzdužni nagib sustava za odvodnju u području neposrednog križanja ne bi trebao biti manji od 0.5%. [3]

U izuzetnim slučajevima potpuno horizontalnih niveleta cesta koje se križaju, potrebno je predvidjeti posebne mjere za odvodnju kolnika. Uzdužni profil po rubu kolnika u području raskrižja predstavlja sastavni dio projektne dokumentacije svake rekonstrukcije ili novogradnje raskrižja.

5.1.2.2. Vevrtikalni zavoji

Zavoji lomova niveleta na raskrižjima izvode se na jednak način kao i na dionicama otvorenih cesta: $r_{min} = 0,25 \times P_z^2$ (m)

gdje je P_z u funkciji brzine na cesti koja se križa i predstavlja zaustavnu preglednost.

5.1.2.3. Vertikalno vođenje osi trase

Opća načela oblikovanja vertikalnog toka trasa cesta koje se križaju su sljedeća:[17]

- pravci, kao elementi uzdužnog toka cesta koji se križaju, predstavljaju odgovarajuće elemente za lokaciju raskrižja ili priključnih točaka,
- konkavne vertikalne krivine na cestama koji se križaju predstavljaju odgovarajuće elemente za lokaciju raskrsnica ili priključnih točaka,
- konkavne vertikalni zavoji na GPS u kombinaciji s pravcem na SPS predstavljaju manje odgovarajuće elemente za lokaciju raskrižja ili priključnih točaka,
- konveksni zavoji, kao elementi uzdužnog toka ceste koja se križa, predstavljaju neodgovarajuće elemente za lokaciju raskrsnica ili priključnih točaka, i treba ih izbjegavati,
- konveksne vertikalne zavoje na GPS u kombinaciji s pravcem na SPS predstavljaju neodgovarajuće elemente za lokaciju raskrižja ili priključnih točaka, i treba ih izbjegavati,
- u neposrednom području raskrižja potrebno je izbjegavati prevelike uzdužne nagibe jer zrokuju duže vremensko trajanje prolaska vozila, negativne poprečne nagibe traka za skretanje, opasnost od klizanja vozila pri manjoj hrapavosti kolnika kao i jači dotok vode po kolniku u područje raskrižja,
- ukoliko je na GPS dvostrani poprečni nagib, potrebno ga je u neposrednom području križanja smanjiti na 1.5%,
- lom nivelete se izvodi s takvim radijusom R_v da u području od 25 metara od ruba kolnika GPS uzdužni nagib SPS ne prelazi 2.5%.

5.1.3. Elementi poprečnog profila ceste u raskrižju

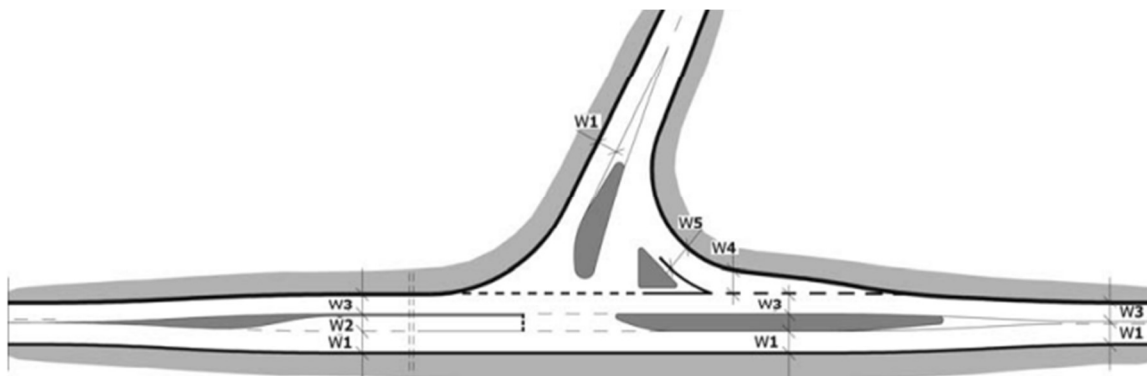
Elementi poprečnog profila ceste koja se križa u području raskrižja i priključnih točaka u razini, u načelu su jednaki elementima izvan područja raskrižja.[4]

Njihove dimenzije ovise od dozvoljene brzine kretanja na raskrižju i posebnih zahtjeva vožnje u području raskrižja, reguliranu vertikalnom i horizontalnom signalizacijom, tj. prometnom opremom.

Elementi poprečnog profila puta u raskrižja detaljnije su obrađeni u tehničkoj smjernici pod nazivom Elementi poprečnog profila ceste.

5.1.4. Usmjeravajuće prometne trake

Širina traka za usmjeravanje određuje se na isti način kao i na dionicama cesta izvan naselja u području raskrižja, uzimajući u obzir da su širine navedenih prometnih traka veće u slučaju da se trake izvode u drugoj usmjeravajućoj traci na prometnom otoku u području lukova skretanja. Širine pojedinih tipova prometnih traka na raskrižjima u razini (slika 30.) predstavljene su u tablici 3.[17]



Slika 30. Tipovi traka na raskrižjima [17]

Tablica 3. Širine pojedinih tipova prometnih traka [17]

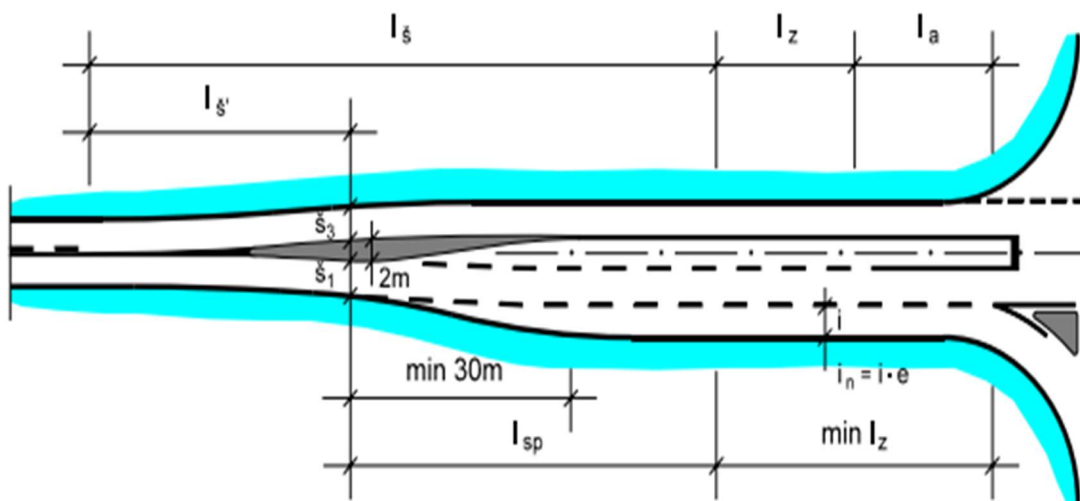
Tip prometne trake	Širina prometne trake	
	Preporučena (m)	Minimalna (m)
W1 (m)	Jednaka širina izvan područja raskrižja	2,75 (2,5)
W2 (m)	Zavisi od W1 ($W2=W1$)	$W2=W1-0,25$
W3 (m)	Jednaka širina izvan područja raskrižja	2,75 (2,5)
W4 (m)	Zavisi od relevantnog vozila	-
W5 (m)	5,5	4,5

Napomena: Vrijednosti koje su navedene u zagradama moguće je upotrebljavati samo u izuzetnim slučajevima, zašto je potrebno navesti dodatno obrazloženje. Širine ulaznih, izlaznih i kružnih traka u kružnim križanjima ovisi o unutarnjem i vanjskom radijusu kružnog raskrižja.

Trake za skretanje lijevo su usmjeravajuće prometne trake koje su namjenjene vozilima koja na raskrižju skreću lijevo. Počinju pije raskrižja i završavaju izlazom iz raskrižja, tako da se u području neposrednog križanja s drugim trakama zadržava samo isprekidana lijeva linija vodilja.

U slučaju da u području raskrižja nema dovoljno prostora za izvođenje odvojenih traka za skretanje lijevo i desno, prednost će imati trake za skretanje lijevo. Traka za skretanje lijevo (slika 31.) se sastoji od tri dionice:[17]

- l_a dužina dionice za čekanje [m],
- l_z dužina dionice za kočenje [m],
- l_{sp} dužina dionice za promjenu smjera gibanja vozila u prometnim trakama [m],
- l_s' dužina izmještanja [m],
- l_s dužina dionice na kojoj se izvodi proširenje [m].



Slika 31. Elementi traka za skretanje [1]

Dionica za kočenje l_z namjenjena je kočenju vozila od brzine V_z do potpunog zaustavljanja ($V_K = 0$). Dionica za kočenje počinje u zadnjoj točki dionice za promjenu smjer kretanja vozila u trakama i završava u prvoj točki dionice za čekanje (zaustavljanje).

Dužina dionice za kočenje izračunava se po sljedećoj formuli:

$$l_z = \frac{v_K^2 - v_D^2}{2 \cdot g \cdot \left(f_{TD} \pm \frac{s}{100} \right)} \quad [m]$$

gdje je:

v_K - projektirana brzina u području raskrižja [m/s],

v_D - konačna brzina na kraju trake za skretanje [m/s],

s - uzdužni nagib sporednog prometnog smjera [%],

f_{TD} - dozvoljena tangencijalna komponenta koeficijenta prionljivosti između guma i kolnika ($f_{TD} = 80\% f_{TM}$).

Dužina za kočenje ovisi o brzini kretanja na raskrižju, uzdužnog nagiba osi ceste i gustoće prometnog toka od kojeg se odvaja skretanje lijevo (tablica 4.). Dionica za promjenu prometnih traka l_{SP} namjenjena je prometnim operacijama promjene prometnih traka tj. prijelazu vozila s prometne trake za vožnju u pravcu prometne trake za skretanje u lijevo. Dužine navedenih dionica određuju se uzimajući u obzir minimalne radijuse skretanja iz jedne prometne trake u drugu i uzimajući u obzir maksimalnu vrijednost bočnog ubrzanja a_r . Dužine dionica za promjenu prometnih traka u odnosu na brzinu kretanja u području raskrižja, prikazane su u tablici 5.[14]

Tablica 4. Dužina dionice za kočenje (l_z) [14]

Količina prometa od kojeg se odcjepljuje skretanje u lijevo (vozila/h)	Uzdužni nagib [%] i brzina na raskrižju V_k [km/h]											
	$s \leq -4\%$				$(-4\% < s < 4\%)$				$s \geq 4\%$			
	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
<400	0	0	10	20	0	0	10	15	0	0	5	10
<400	0	0	25	40	0	0	20	30	0	0	15	20

Tablica 5. Zaokružene vrijednosti širina dionice za promjenu prometnih traka (l_s) [14]

V_k [km/h]	40	50	60	70
l_{sp} [m]	25	30	35	40

Proširenje kolnika koje je potrebno radi dodavanja trake za skretanje lijevo treba izvesti u dužini l_s .

Dužinu l_s najlakše izračunavamo ukoliko je element osi u dijelu pružanja kraka raskrižja ili priključne točke na koji se dodaje usmjeravajuća prometna traka:

$$l_s = v_k * \sqrt{\frac{i}{3}} \quad [\text{m}]$$

gdje je:

l_s - dužina na kojoj se izvodi proširenje [m],

v_k - računaska brzina na raskrižju [km/h],

i - veličina proširenja [m], ukoliko je proširenje jednostrano $i = w_2$ (širina trake za skretanje lijevo), ukoliko je proširenje obostrano, $i = w_2/2$, u slučaju da se razdjelna prometna traka nalazi na rubu prometne trake za skretanje, njena širina se dodaje na širinu (i).

U slučaju da krak na koji dodajemo traku za skretanje lijevo prolazi kroz zavoj radijusa R , dužina l_s se izračunava upotrebom sljedećeg obrasca:

$$l_s = v_k * i * e \quad [\text{m}]$$

gdje je:

l_s - dužina na kojoj se izvodi proširenje [m],

v_k - računaska brzina na raskrižju [km/h],

i - veličina proširenja [m],

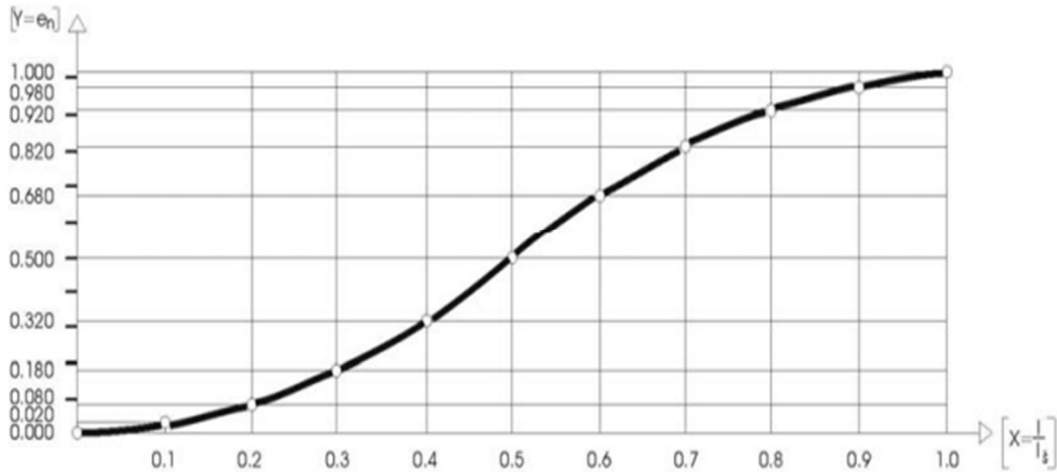
e - faktor koji ovisi o vrsti elementa trase kraka i položaja (sa strane) proširenje, čije vrijednosti su prikazane u tablici 6.

Tablica 6. Vrijednosti faktora e

Element trase	e u proširenju	
	sa vanjske strane	sa unutarnje strane
Kružni luk	2.6.	3.0.
Klotoida	3.0.	5.0.

U načelu, kolnik bez nagiba proširujemo s obje strane, dok se u zavoju kolnika proširuje duž vanjskog ruba. Središnje koordinate i_n proširenja u središnjoj točki n , koja je za l_n udaljena od početka proširenja dužine l_s dobivaju se pomoću podataka za e_n , koji su navedeni u tablici 7. i na slici 32. Proširenje i_n izračunava se upotrebom sljedeće formule:[17]

$$i_n = e_n * i \quad [\text{m}]$$



Slika 32. Proširenje u srednjoj točki [17]

Tablica 7. Vrijednosti u središnjim točkama proširenja [17]

$\frac{l_n}{l_s}$	e_n	$\frac{l_n}{l_s}$	e_n	$\frac{l_n}{l_s}$	e_n
0.00	0.0000	0.35	0.2450	0.70	0.8200
0.05	0.0050	0.40	0.3200	0.75	0.8750
0.10	0.0200	0.45	0.4050	0.80	0.9200
0.15	0.0450	0.50	0.5000	0.85	0.9550
0.20	0.0800	0.55	0.5950	0.90	0.9800
0.25	0.1250	0.60	0.6800	0.95	0.9950
0.30	0.1800	0.65	0.7575	1.00	1.0000

Kako se u radovima proširenja kolnika na unutarnjoj strani zavoja radijusa R ne bi prešla vrijednost minimalnog radijusa R_{min} , koji se primjenjuje za predviđenu računsku brzinu, potrebno je ispuniti sljedeće uvjete:

$$\frac{R}{R_{min}} > \frac{1}{R} + \frac{4 * i}{I_s^2}$$

Ukoliko navedeni uvijet nije ispunjen, u skladu s tim potrebno je povećati dužinu na kojoj se kolnik proširuje. Bolje rješenje u takvom slučaju je da rub proširenog kolnika oblikujemo kao dio luka s dovoljno dugim prijelazom. [6]

Dionica za vozila l_A namijenjena je za zaustavljanje vozila za vrijeme vremenske praznine između vozila iz suprotnog smjera, koja prolaze ravno kroz raskrižje. Dužina dijela prometne

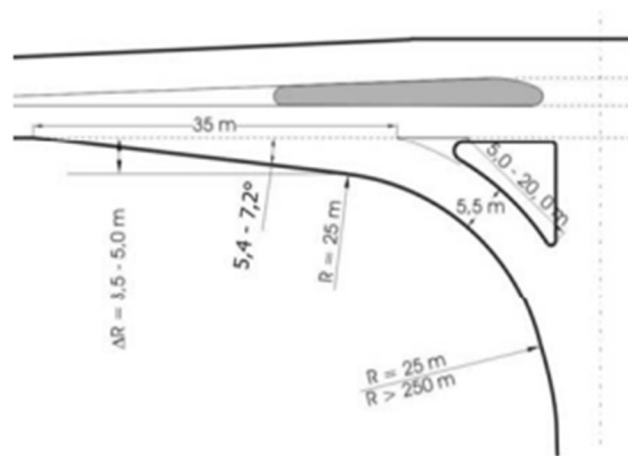
trake za zaustavljanje mora iznositi najmanje 20 m, ali ne više od 40 m, što ovisi o gustoći i strukturi prometnog toka koji mijenja smjer kretanja. [17]

Prometne trake za skretanje desno namjenjene su vozilima koja na raskrižju skreću desno. Prilikom postavljanja navedenih prometnih traka u elemente poprečnog profila prometnice na raskrižju pojavljuju se odvajajući otoci i pješački otoci na sredini kolnika.

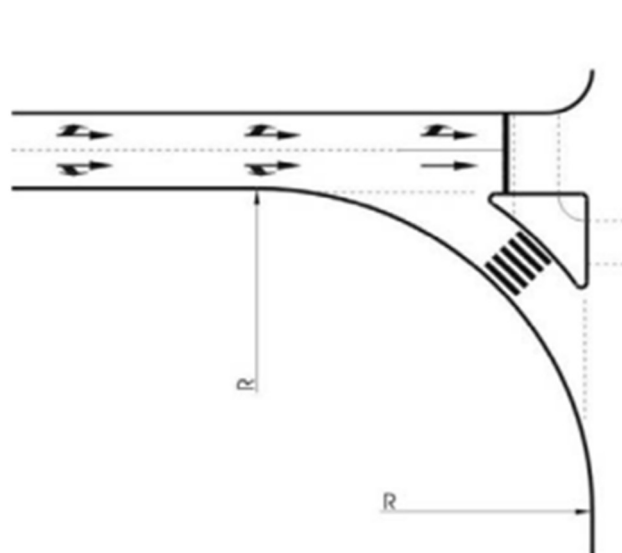
Prometna traka za skretanje desno sastoji se od dijela za promjenu prometnih traka, zatim dijela za kočenje i konačno dijela za skretanje. Dio prometne trake za promjenu prometnih traka projektira se na isti način kao i za trake za skretanje lijevo. [17]

Dio prometne trake za kočenje projektira se na isti način kao i za trake za skretanje lijevo, s tim da se njena dužina određuje na osnovu vrijednosti početne i krajnje brzine. U slučaju da se pješački prijelaz nalazi na dijelu prometne trake za kočenje, krajnja brzina je jednaka nuli. U slučaju da poslije dijela prometnog traka za skretanje, vozila imaju posebnu prometnu traku također na izlazu iz raskrižja te ukoliko se na dijelu prometnog traka za skretanje ne nalazi pješački prijelaz, vrijednost konačne brzine je veća od nule.[6]

Prometna traka za skretanje desno može biti i skromnijeg oblika. U tom slučaju, postupak izgradnje je nešto drugačiji, slike 33. i 34.



Slika 33. Izgradnja trake za skretanje desno na raskrižjima izvan urbanih područja [17]



Slika 34. Izgradnja trake za skretanje desno na raskrižjima u urbanim područjima [17]

Izvođenje prometne trake za skretanje desno u svrhu usporavanja i ubrzavanja kretanja vozila prije/poslije benzinske pumpe je obavezno u slučajevima kada je cesta kategorizirana kao glavni prometni smjer (GPS). Bez obzira na činjenicu je li se projektira kružno raskrižje ili neki drugi tip raskrižja u razini, potrebno je programskim alatom provjeriti prikladnost upotrebljenih radijusa skretanja i pokrivenih područja proširenja i to za mjerodavne vrste vozila u svim smjerovima vožnje. [6]

Izvedene provjere proвозnosti grafički se dokumentiraju. Pokrivene površine koje su rezultat proвозnosti mjerodavnog vozila ne smiju biti izvan ruba prometne površine. Dokumentirana grafička provjera predstavlja sastavni dio projektne dokumentacije (glavni projekt). [6]

Rubne trake na raskrižjima izvode se duž vanjskih rubova kolničke konstrukcije. Širina rubne trake duž prometne trake u području raskrižja jednaka je širini rubne trake na dionici prometnice izvan područja raskrižja i ovisi o širini prometne trake na raskrižju.

Rubna traka se također izvodi duž razdjelnih otoka na području raskrižja, u slučaju da su navedeni otoci denivelirani. Širine rubnih traka definirane su pravilnikom.

5.1.5. Prometni otoci na raskrižjima

Prometni otoci su dio prometnog raskrižja koje nisu namjenjene za promet motornih vozila. Otoci se izvode kao denivelirane površine ili kao površine koje su označene samo horizontalnom signalizacijom (površine zabrane).

Namjena prometnih otoka je odvajanje motoriziranih i nemotoriziranih sudionika u prometu ili odvajanje pojedinih smjernih tokova motoriziranih vozila.

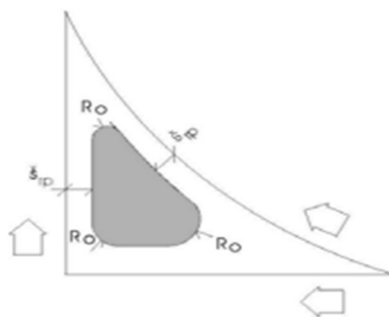
Na raskrižjima su moguće sljedeće vrste prometnih otoka[1]:

a) otoci za motorizirane sudionike u prometu:

- usmjeravajući otoci,
- razdjelni prometni otoci,

b) otoci za pješake i biciklistički prijelazi.

Usmjeravajući otoci predstavljaju glavni element usmjeravanja prometnih tokova motoriziranih vozila. Postoje dva moguća oblika otoka: trokut (slike 35. i 36.) ili kapljica (slika 38.), a moguće ih je realizirati kao denivelirane ili označene horizontalnom signalizacijom.



Slika 35. Usmjeravajući otok trokutastog oblika [17]



Slika 36. Usmjeravajući otok trokutastog oblika [17]

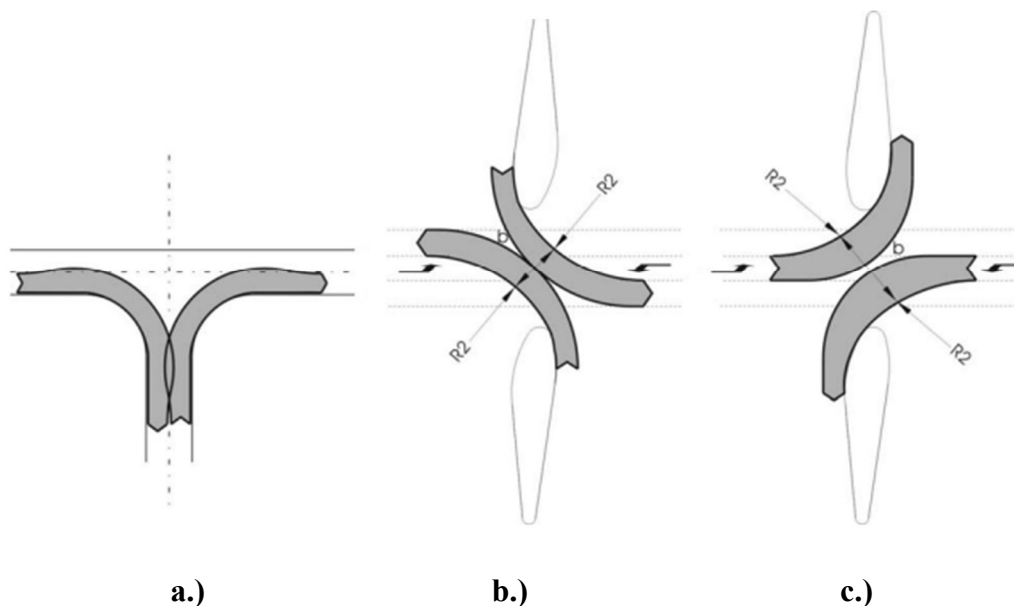
Usmjeravajući otok trokutastog oblika se projektira crtajući paralelne linije konstrukcijskim linijama, uz uvjet da se od građevinske linije odmaknu za širinu rubne trake. Tako dobivena linija predstavlja konture deniveliranog otoka, gdje je točke loma i križanja potrebno zaokružiti

lukom odgovarajućeg radijusa (R_0). Veličina radijusa zaobljenja ovisi o kutu križanja linija, s time da radijus zaobljenja nikako ne smije biti manji od 0.5 m.

U načelu, kapljice se dijele na one koje se upotrebljavaju na raskrižjima gdje na GPS ne postoje posebne trake za skretanje lijevo i na kapljice koje se upotrebljavaju na raskrižjima gdje na GPS postoje posebne trake za skretanje lijevo.[1]

Bez obzira na činjenicu je li na prometnim raskrižjima na GPS postoje trake za skretanje lijevo, pokrivenne površine odgovarajućih vrsta vozila prilikom skretanja lijevo mogu se dodirivati (Slika 37. b.) ili biti odvojene jedna od druge (Slika 37. c.). Prilikom skretanja lijevo sa SPS na GPS, $b_{min} = 6.0$ m, a prilikom skretanja lijevo s GPS na SPS, $b_{min} = 8.0$ m (za $R_2 \geq 15$ m), i $b_{min} = 10.0$ m (za $R_2 < 15$ m). [1]

Samo na cestama i priključnim točkama s manjim prometnim opterećenjem ($PGDP \leq 1500$ vozila/dnevno i $PGDP \leq 500$ vozila/dnevno), provodne površine mjerodavnih vrsta vozila koja skreću s GPS na SPS mogu obuhvatiti prometno područje koje je predviđeno za skretanje lijevo sa SPS na GPS (Slika 37 a.). Jednako se primjenjuje za provodne površine mjerodavne vrste vozila koja skreću sa SPS na GPS.

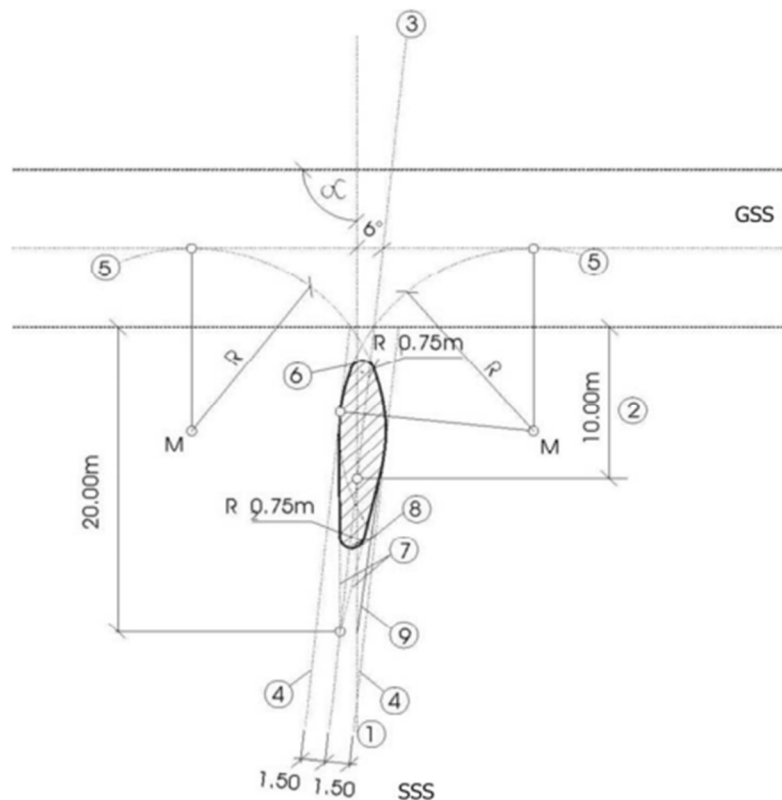


Slika 37. Površine provodnosti mjerodavnih vrsta vozila prilikom skretanja lijevo/desno [17]

Postupci izgradnje se razlikuju s obzirom na kut križanja dviju osi (α). Dalje u tekstu ovog rada prikazana je izgradnja kapljica za dozvoljeni kut križanja. U slučaju da je kut križanja veći ili manji od dozvoljenog, potrebno je preprojektirati os SPS tako da je pod pravim kutom u odnosu na GPS, pri čemu mora biti upotrijebljen radijus zaobljenja $R \geq 50$ m. [17]

Da bi se kod četvorokrakih raskrižja postiglo da kaplje budu postavljene jedna nasuprot druge, osi moraju biti zamijenjene za širinu kaplji. U slučaju da na GPS ne postoje posebne trake za skretanje lijevo, te ukoliko kut križanja α iznosi između 75° i 105° , postupak izgradnje usmjeravajućeg otoka u obliku kaplje je sljedeći (slika 38.) [17] :

1. odrediti osi sporednog prometnog smjera,
2. na osi SPS odrediti točku koja je 10 m udaljena od ruba GPS,
3. kroz točku (2) nacrtati os kaplje, koja je nagnuta za 5.4° u desno,
4. lijevo i desno od osi kaplje nacrtati dvije pomoćne linije, u udaljenosti od 1.5 m od osi,
5. konstruirati kružni luk radijusa $R = 12$ m, koji tangira pomoćne linije (4) i dodiruje rub prometne trake na koju skreću vozila koja sa SPS skreću lijevo i unutarnji rub prometne trake za skretanje lijevo na GPS,
6. u sjecištu kružnih lukova (5), oblikovati glavu kaplje sa kružnim lukom $R=0.75$ m,
7. na osi kaplje odrediti točku koja je 20 m udaljena od ruba GPS. Iz te točke crtamo tangente na kružni luk (5),
8. na mjestu gdje između tangenti (7) pravokutna udaljenost do osi kaplje iznosi 1.5 m, oblikovati suprotnu glavu kaplje sa radijusom $R=0.75$ m,
9. zatvorenu površinu odrediti pomoću linije između osi puta SPS i desnog ruba kaplje.

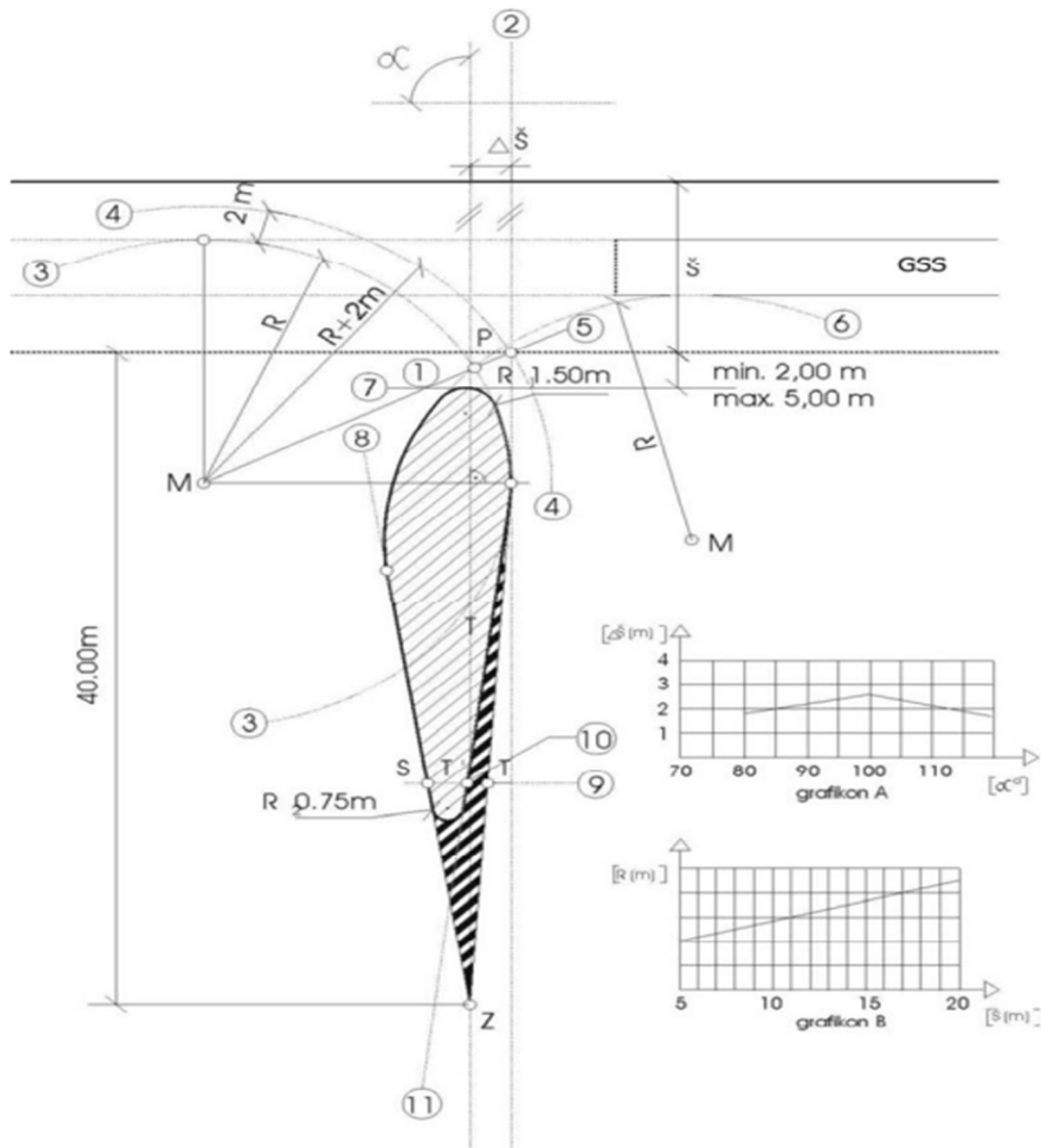


Slika 38. Projektiranje usmjeravajućeg otoka u obliku kaplje ukoliko na GPS ne postoje posebne prometna trake za skretanje lijevo [17]

U slučaju da na GPS postoje posebne trake za skretanje lijevo, te ukoliko kut križanja α iznosi između 75° i 105° , postupak izgradnje usmjeravajućeg otoka u obliku kaplje je sljedeći (slika 39.):

1. odrediti sjecište osi priključka (osi SPS) – osi kaplje – sa rubom krajnje prometne trake puta koji se presjeca (GPS),
2. nacrtati paralelnu liniju s osi kaplje na udaljenosti od Δw , čija se vrijednost očitava iz grafikona A,
3. nacrtati kružni luk s radijusom R (njegovu veličinu – (R) – očitavamo s grafikona B), koji tangira liniju paralelnu (2) s osi kaplje i tangira rub prometne trake na koju prelaze vozila koja skreću lijevo sa priključka ceste SPS,
4. iz istog središta iz kojeg je nacrtan kružni luk s radijusom R (3) nacrtati pomoćni kružni luk čiji je radijus za 2 m veći od radijusa R,
5. označiti točku "P" na spojnici središta oba pomoćna luka sa sjecištem drugog pomoćnog luka (4) sa rubom krajnje prometne trake na cesti GPS,
6. nacrtati kružni luk radijusa R, koji prolazi kroz točku P i tangira unutarnji rub prometne trake za skretanje lijevo na cesti GPS. Ovaj luk već ograničava dio područja kaplje,
7. konstruirati glavu kaplje s lukom $R_1=1.5$ m. Provjeriti li je glava kaplje više od 2 m, a manje od 5 m udaljena od ruba krajnje prometne trake na GPS,
8. nacrtati tangente iz tačke Z do oba pomoćna kružna luka s radijusom R,
9. na tangentama (8) odrediti točke "I" i "S", udaljenost između navedenih tačaka mjerena pod pravim kutom na osi kaplje treba da iznosi 2.9 m,
10. od točke "I" odmjeriti u lijevo 1 m i tako dobiti točku "I' ",
11. iz točke "I' " povući novu tangentu na kružni luk 3,
12. suprotnu glavu kaplje zaokružiti s kružnim lukom radijusa $R_2 = 0.75$ m ili 0.5 m.

Površinu između kaplje i obje tangente 8 označiti kao površinu za usmjeravanje prometa (zatvorena površina ili polje ispred otoka za razdvajanje prometnih smjerova).



Slika 39. Projektiranje usmjeravajućeg otoka u obliku kaplje ukoliko na putu GPS postoje posebne prometna trake za skretanje lijevo [17]

Pored konstrukcijskih načela za projektiranje tipskih otoka u obliku kaplje za vođenje prometnih tokova, potrebno je prilikom njihove uporabe u obzir uzeti sljedeća načela[17]:

- na raskrižju s kapljom mora se osigurati istovremeno kretanje vozila koja skreću lijevo. U tu svrhu potrebno je osigurati minimalnu udaljenost od 8 m između unutarnjih usmjeravajućih linija vodilja (skretanja), koje pokazuju put vozilima koja skreću lijevo, krećući se s glavne ceste (GPS) na sporednu cestu (SPS),
- potrebno je osigurati udaljenost između lukova skretanja koji pokazuju smjer vozilima koja skreću lijevo, krećući se s sporednog prometnog smjera (SPS) na glavni prometni

smjer (GPS). Navedena udaljenost mora iznositi najmanje 5.0 m ukoliko na raskrižju nije postavljen semafor, odnosno najmanje 7.5 m ukoliko je raskrižje regulirano semaforom,

- na raskrižjima reguliranim semaforima, na sporednom prometnom smjeru (SPS) predviđene su dvije prometne trake s desne strane kaplje: prometna traka namjenjena za vozila koja se kreću ravno bez promjene smjera kretanja ili koja skreću desno i prometna traka namijenjena vozilima koja skreću lijevo. Na takvim raskrižjima potrebno je osi jedne od prometnica SPS pomaknuti za 3 m u desno, tako da traka za skretanje lijevo u svom produžetku dođe do suprotno postavljene kaplje. Na taj način je osigurano da traka za kretanje vozila ravno bude postavljena između kaplje i otoka,
- ukoliko je kut između GPS i SPS različit od $90^{\circ} \pm 15^{\circ}$, trasa prometnice SPS mora biti preprojektirana. U obzir se uzima načelo da radijus kružnog zavoja, koji se koristi za ispravljanje linije ceste SPS ne treba biti manji od 150 m u urbanim područjima.

U cilju izvođenja deniveliranih otoka mora biti ispunjen uvjet koji se odnosi na potrebnu širinu istih, odnosno širina ne treba biti manja od 0.5 m (s rubom).

Za ozelenjavanje usmjeravajućih otoka moraju biti ispunjena dva uvjeta:

- širina otoka ne smije biti veća od 1.5 m,
- ozelenjavanjem (grmovi, visoke biljke i sl.) ne smije se smanjiti vidljivost.

Razdjelni otoci izvode se duž kolnika, obično u osi kolnika ili paralelno s njom.

Njihova namjena je odvojiti usmjeravajuće trake, čime se postiže poboljšana zaštita vozila od prometa iz suprotnog smjera, a u isto vrijeme se nemotoriziranim sudionicima u prometu pruža bolja prometna sigurnost prilikom prelaska raskrižja. Minimalna širina razdjelne trake iznosi 1.2 m.

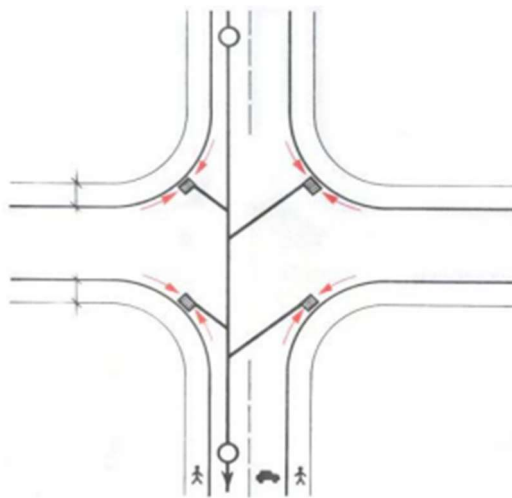
Prometni otoci za pješake i bicikliste zaštićuju iste od udara vozila pravilnim iscrtavanjem horizontalne signalizacije. Njihova dužina za zaustavljanje vozila mora iznositi najmanje 15 m. Dužina uzdignutog dijela otoka, od područja za zaustavljanje do sredine raskrižja, mora iznositi najmanje 2 m. Ukupna minimalna dužina stoga iznosi 21 m. Zaštitni dio otoka mora biti prikladno uređen.[17]

Za brzinu kretanja do 70 km/h dovoljno je uređenje bez denivelacije, dok je pri većim brzinama kretanja potrebno postavljanje udarnih barijera (prepreka) u vidu nadogradnje rubnjaka na cesti.

5.1.6. Odvodnja raskrižja u razini

Uvjete odvodnje raskrižja određuje odgovarajuće horizontalno i vertikalno vođenje smjerova koji se križaju kao i odabir odgovarajućih elemenata horizontalnog i vertikalnog vođenja smjerova koji se križaju. Na svim površinama raskrižja mora biti rješana kolnička odvodnja. Površinsku vodu koju nije moguće disperzno odvesti potrebno je prikupljati pored rubnjaka (s bez kanala, a u izuzetnim slučajevima pomoću jarka), a zatim putem kanalizacije odvoditi s kolnika. Voda sa sporednih prometnih smjerova (SPS) nikako ne smije dotjecati preko glavnog prometnog smjera (GPS) tj. raskrižja. Na dionicama s uzdužnim nagibom $\geq 0.2\%$, odvodnjavanje se izvodi uvažavajući mjerodavan nagib na GPS, dok se SPS priključuje kao sporedni.[8]

Na dionicama s uzdužnim nagibom $< 0.2\%$, odvodnja se izvodi putem slivnika na svim rubovima raskrižja (slika 40.).



Slika 40. Odvodnja raskrižja s minimalnim uzdužnim nagibom [17]

Slivnici pored rubnjaka imaju bočni ulaz, a u nekim slučajevima montažnu rešetku. Za kanal ili za jarak predviđa se slivnik s montažnom rešetkom. Revizijska okna se nalaze izvan područja kolnika, kako bi se mogla izvoditi redovna kontrola i održavanje kanalizacije bez ometanja prometa. Rješenje odvodnje s površine raskrižja i priključka prikazano je na situaciji odvodnje s prikazom konturnih linija i linija toka vode za pojedine smjerove oticanja vode. Plan odvodnje predstavlja sastavni dio glavnog projekta.

5.1.7. Vođenje pješaka u zoni raskrižja

Prilikom projektiranja raskrižja u razini potrebno je u najvećoj mogućoj mjeri u obzir uzeti zahtjeve pješaka i biciklista, a prije svega zahtjeve za jasno, jednostavno, razumljivo i sigurno tehničko uređenje raskrižja.[17]

Prilikom određivanja lokacije pješačkog prijelaza, prometne opreme raskrižja u slučaju pješačkog prijelaza i uvijeti svjetlosno-signalnih uređaja, potrebno je u obzir uzeti važeće pravilnike koji uređuju područje vezano uz pješačke prijelaze.

Pješački prijelazi na kolnicima moraju biti na odgovarajući način osvijetljeni, a na kolnicima izvan urbanih područja moraju biti označeni propisanim prometnim znakovima. Na pješačkim prelazima, na kolnicima s dvije ili više prometnih traka za vožnju u jednom smjeru, promet mora biti uređen svjetlosnim prometnim znakovima.[2]

Navedeni zahtjev ne primjenjuje se za kružna raskrižja s ulazima/izlazima s dvije trake.

Ukoliko se na raskrižju pojavljuju pješaci za njih je potrebno osigurati posebna odvojena područja kako bi im se omogućilo što sigurnija kretanje, odnosno prijelaz preko prometnih traka namijenjenim za motorna vozila.

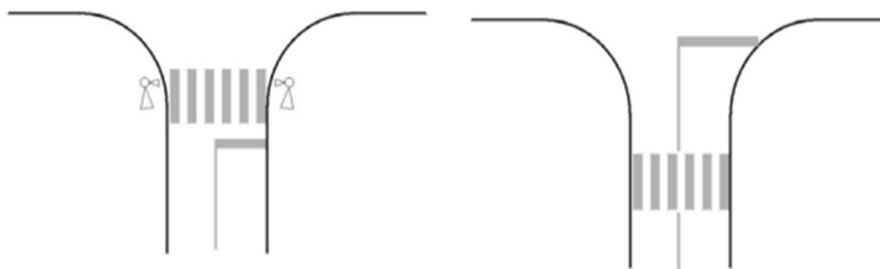
U području raskrižja pješaci se kreću pješačkim prijalazom i stazom koja je paralelna s kolnikom i biciklističkom stazom.

Uglavnom se upotrebljava dupla staza (širine 2.0 m), a jednostavno rješenje upotrebljava se samo u izuzetnim slučajevima (prostorna ograničenja).

Nadalje, u ovom radu navedena su načela za projektiranje pješačkih prijelaza u području raskrižja i priključnih točaka koja se primjenjuju ukoliko se navedena raskrižja i priključne točke nalaze u urbanim područjima pa se upotrebljavaju takođe i za raskrižja izvan urbanih područja (ukoliko je u tom slučaju potrebno poštivati promet pješaka).

Osnovna pravila koja je potrebno razmotriti prilikom određivanja lokacije pješačkog prijelaza su sljedeća (slika 41.):

- u slučaju da se radi o raskrižju u razini koje je regulirano semaforom, lokacija pješačkog prijelaza treba biti prije horizontalne oznake na kolniku koja označava oduzimanje prednosti,
- u slučaju da se radi o raskrižju u razini koje nije regulirano semaforom, lokacija pješačkog prelaza treba biti poslije horizontalne oznake (debeli crta) na kolniku koja označava oduzimanje prednosti, odnosno usporavanje i po potrebi zaustavljanje vozila.

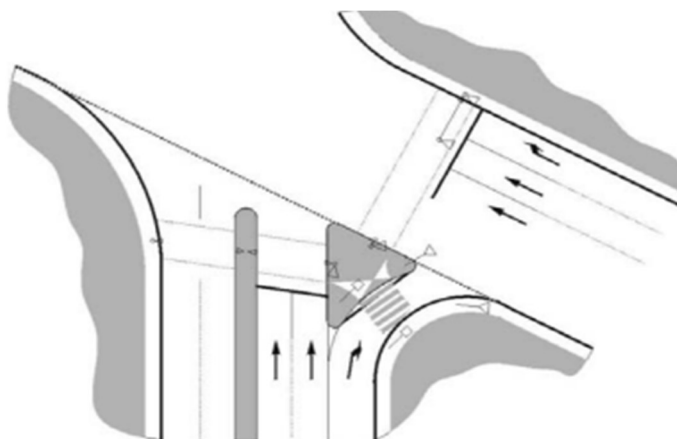


Slika 41. Lokacija pješačkog prelaza na raskrižju koje je regulirano i koje nije regulirano semaforom [17]

Od navedenih pravila moguće je odstupiti u slučaju da su u okruženju zgrade gusto postavljene, čime se ometa, odnosno smanjuje preglednost, kao i na raskrižjima s velikim brojem nemotoriziranih sudionika u promet iz najugroženijih skupina (raskrižja ispred vrtića, škola i drugih područja na kojima je velik broj djece, ispred ustanova za slijepce i osobe s oštećenim vidom, ispred ustanova za osobe sa oštećenim sluhom, staračkih domova, bolnica i dr.).

Od navedenih pravila se također odstupa u slučaju kružnih raskrižja. Bez obzira je li raskrižje opremljeno svjetlosno-signalnim uređajima, u području pješačkog prelaza je potrebno osigurati dovoljno prostora za čekanje pješaka. Promet na pješačkim stazama ne smije biti ometan.

Na raskrižjima koja su regulirana semaforom, gdje se pješački prelaz izvodi preko otoka oblika trokuta (slika 42.), ali nije opremljen svjetlosno-signalnim uređajima, pješački prijelaz je potrebno locirati na mjestu s najboljom preglednošću.



Slika 42. Vođenje pješaka preko trake za skretanje desno [17]

5.1.8. Vođenje biciklista u području raskrižja

Na cestama za mješani promet, potrebno je na raskrižjima pored osiguranja pravilnog toka motornog prometa osigurati pravilno odvijanje i biciklističkog prometa.

Prilikom projektiranja područja za bicikliste na raskrižjima potrebno je u cilju osiguranja odvijanja sigurnog motornog i biciklističkog prometa uzeti u obzir sljedeće uvjete[2]:

- sigurno odvajanje biciklističkog prometa od drugih vrsta prometa,
- jasno i nedvosmisleno vođenje prometa u djelu raskrižja,
- razumljivo označavanje prednosti prolaza,
- osiguravanje dovoljne preglednosti.

Biciklistička područja prije raskrižja u slučaju neznatnih biciklističkih tokova ili u slučaju manjeg prometnog smjera motoriziranih sudionika u prometu za bicikliste se ispred raskrižja ne predviđaju posebne prometne površine.

U tom slučaju biciklisti se vode zajedno s motoriziranim sudionicima u prometu i za njih vrijede ista prometna pravila.

U slučaju znatnijih prometnih smjerova ili u slučaju gušćeg prometnog toka motoriziranih sudionika u prometu, za bicikliste je potrebno osigurati posebna područja prije raskrižja, što su biciklističke staze.

Mogu se javiti dvije mogućnosti:

- biciklistički promet prije raskrižja odvija se po istim prometnim površinama kao motorni promet (takozvano područje mješovitog prometa ili biciklistička traka),
- biciklistički promet prije raskrižja odvija se na posebnim prometnim površinama koje su predviđene za bicikliste (biciklistička staza, biciklistički kolnik).

Ukoliko se biciklistički promet izvan područja raskrižja izvodi na prometnim površinama predviđenim za mješoviti promet, potrebno je u području raskrižja, ukoliko se radi o većem protoku biciklističkog prometa ili o većem protoku motornog prometa, osigurati posebne biciklističke površine (biciklističke staze).

U području prometnog raskrižja bicikliste je moguće voditi na nekoliko načina, u ovisnosti od gustoće prometnog toka biciklističkog i motornog prometa:

- zajedno s motoriziranim sudionicima u prometu (tzv. površine mješovitog prometa),
- biciklističkom stazom (na kolniku, koja je odvojena od motoriziranog prometa neprekidnom bijelom linijom), upotreba biciklističke staze je dozvoljena samo u slučajevima kada nije moguće osigurati nivoom odvojene biciklističke površine. U tom

slučaju potrebno je ograničenje brzine kretanja motornih vozila na 40 km/h. Takođe se preporučuje da biciklističke staze budu obojane crvenom bojom. Širine biciklističkih staza definirane su slobodnim i prometnim profilom za jedan i dva bicikla,

- biciklistička staza proteže se duž kolnika ili duž pješačke staze i odvojena je s ili bez razdjelne zelene površine. Širina jednosmjerne biciklističke staze koja se proteže s obje strane ceste (tzv. dvosmjerne biciklističke staze) iznosi 2.0 m. U područjima autobusnih stajališta, zgrada ili u drugim slučajevima kada na raspolaganju nema dovoljno prostora, jednosmjerna biciklistička staza s dva traka može biti široka 1.75 m, te je preticanje biciklista još uvijek moguće izvesti. Uže biciklističke staze (njihova širina ne smije biti manja od 1 m) su dozvoljene na kraćim dionicama (npr. duž zgrada) gdje nedostatak prostora onemogućava realizaciju šire biciklističke staze (u tom slučaju preticanje biciklista nije izvodljivo). Dvosmjerna biciklistička staza mora biti široka 2.0 m. U izuzetnim slučajevima (duž autobusnih stajališta, zgrada, prostornih ograničenja), širina može biti manja, ali ne manja od 2.0 m.

Potrebna udaljenost biciklističkih staza od:[17]

- fiksnih kratkih prepreka (npr. stupova javne rasvjete, prometnih znakova, drveća) ne treba biti manja od 0.25 m,
- fiksne duge prepreke (npr. zidovi zgrada, podvožnjaci, ograde) treba iznositi najmanje 0.25 m,
- niše za parking, najmanje 0.6 m.

Bez obzira na vrstu raskrižja i prometnih pravila na raskrižju, prijelazi za bicikliste izvode se s unutarnje strane pješačkog prelaza.

U područjima prijelaza i prilikom vođenja biciklista preko prometnog otoka, rubnjake je potrebno spustiti na razinu kolnika u cilju osiguravanja lakše, sigurnije i udobnije vožnje bicikla, tj. najveća dopuštena visina upuštenog rubnjaka ne smije iznositi 3 cm.

Instrukcije za projektiranje pješačkih i biciklističkih prijelaza na kružnim raskrižjima detaljno su obrađene u Pravilniku o biciklističkoj infrastrukturi.

5.1.9. Autobusna stajališta unutar raskrižja

Raskrižja i priključne točke u razini prikladna su mjesta za autobusna stajališta iz sljedećih razloga[17]:

- u raskrižju se mijenjaju smjerovi putovanja,

- brzina kretanja u raskrižju manja je nego na dionicama otvorene ceste te je u skladu s tim povećana razina sigurnosti putnika, tj. pješaka koji prelaze cestu,
- na raskrižjima dolazi do koncentracije i grupiranja sudionika u prometu,
- pješački prijelazi su u području raskrižja lakši za projektiranje i izvođenje te su vidljiviji i prema tome sigurniji.

Autobusna stajališta na raskrižjima su u načelu locirana poslije područja direktnog križanja smjerova sukladno Pravilniku o autobusnim stajalištima. Samo u izuzetnim slučajevima ih je moguće postaviti prije raskrižja, ukoliko ne postoji prometna traka za skretanje desno ili ukoliko autobusi na raskrižju mijenjaju smjer vožnje. [17]

5.1.10. Horizontalna preglednost na raskrižju i priključnim točkama u razini

Osiguravanje površine preglednosti odgovarajućih dimenzija i pregledne udaljenosti u svim mogućim smjerovima vožnje na raskrsnicama nužno je i sa stajališta sigurnosti kao i sa stajališta propusnosti raskrižja/priključne točke.

Vozač koji se raskrižju približava po sporednim prometnim smjerovima mora imati osigurano pregledno polje. Dimenzije preglednog polja ovise o vrsti raskrižja, prometnim pravilima na glavnom prometnom smjeru i dozvoljenoj brzini na raskrižju.

Ukoliko je i pored toga što su ispunjeni pravni zahtjevi, smanjena ili ometena preglednost na raskrižju ili na priključnoj točki (usljed djelovanja više sile) rješenje problema nedovoljne preglednosti je potrebno potražiti između sljedećih mogućnosti [8]:

- promjena lokacije raskrižja ukoliko dozvoljavaju prostorni i financijski parametri,
- promjena vrste raskrižja,
- uklanjanje pojedinih prometnih smjerova,
- uklanjanje pojedinih krakova raskrižja,
- opremanje raskrižja semaforima,
- uvođenje mjera za usporavanje prometa i postavljanje ogledala,
- uvođenje ograničenja brzine,
- zabrana upotrebe za određenu vrstu sudionika u prometu,
- bilo koje drugo rješenje koje omogućuje siguran promet.

6. KRUŽNA RASKRIŽJA

6.1. Područje primjene

Ovim radom opisuje se izrada projektnog i tehničkog rješenja kružnih raskrižja na javnim cestama, obuhvata korištenja kružnih raskrižja, metode prikupljanja podataka za izračunavanje kapaciteta, metode za izračunavanje i dimenzioniranje, utjecaje pojedinih elemenata kružnog raskrižja na promet, utjecaj biciklista i pješaka na protok kružnog raskrižja, kao i prometnih elemenata kružnog raskrižja, koji predstavljaju prometnu cjelinu.

Ovim radom obrađuju se samo ona kružna raskrižja koja su u praksi najčešće zastupljena:

- kružna raskrižja, vanjskog radijusa (radijus upisanog kruga) manjeg od 50-100 m,
- kružna raskrižja bez regulacije semaforom,
- kružna raskrižja s maksimalno tri prometna trake u kružnom toku.

Kružna raskrižja s montažnim središnjim prometnim otokom, kružna raskrižja s voznim središnjim prometnim otokom (dvostruka kružna raskrižja) i kružna raskrižja vanjskog radijusa većeg od 50-100 m nisu opisane u ovom radu.[16]

6.2. Osnovni elementi kružnog raskrižja

Kružno raskrižje je kanalizirano raskrižje sa zatvorenim, djelomično prolaznim ili prolaznim središnjim prometnim otokom i kružnim kolnikom koji veže tri ili više krakova preko kojih promet teče u smjeru obrnutom od kazaljke na satu.[16]

Kružno raskrižje s jednom trakom je kružno raskrižje s jednom ulaznom i izlaznom trakom i kolnikom s jednim prometnim trakom.

Kružno raskrižje s više traka je kružno raskrižje s jednom ili više traka na ulazima/izlazima, s dijelom kružnog kolnika ili kompletnim kružnim kolnikom s više prometnih traka.

Kružni kolnik je kolnik kojim se vozila voze oko središnjeg prometnog otoka u smjeru obrnutom od kazaljke na satu. Vozila u kružnom toku imaju pravo prednosti nad vozilima koja se uključuju u kružno raskrižje.

Središnji prometni otok je uzvišena fizička prepreka kružnog ili ovalnog oblika, smještena u središtu kružnog raskrižja. Ono sprječava vožnju kroz raskrižje i ograničuje raskrižje s unutarne strane.

Montažno kružno raskrižje je kružno raskrižje koje se kategorizira kao privremeno rješenje. Postavljeno je u gabaritu postojećeg klasičnog raskrižja, a izvodi se u građevinsko-prometnom smislu prema svim pravilima projektiranja kružnih raskrižja.

Vanjski radius (radijus upisanog kruga) je radijus vanjskog (najvećeg) kruga kružnog raskrižja, tj. radijus između vanjskih rubova kružnog kolnika. Unutarnji radijus je radijus srednjeg prometnog otoka, tj. između unutarnjih rubova.[17]

Krakovi kružnog raskrižja su ulazni smjerovi ili prometne trake s obje strane uzvišenog otoka ili otoka označenog horizontalnim oznakama namijenjenim pješacima, koje određuju promet istog ili suprotnog smjera (ulaz – izlaz) u/iz kružnog raskrižja.

Ulaz je dio kružnog raskrižja gdje ulazna traka ulazi u kružno raskrižje, od koje je odvojena stop-linijom (linijom razdvajanja). Ulaz može biti u obliku lijevka (zvona) ili s paralelnim rubovima. U ovoj zoni vozila moraju usporiti ili se zaustaviti dok se ne pojavi dovoljno razmaka između vozila u kružnom toku, koji omogućuje ulazak u kružno raskrižje.

Izlaz je dio kružnog raskrižja gdje vozila izlaze iz kružnog raskrižja.[17]

Broj traka na mjestu gdje svaki krak ulazi u kružno raskrižje i broj traka unutar kružnog raskrižja predstavljaju osnovne parametre za izračun protoka kružnog raskrižja. Broj ulaznih traka i traka u kružnom kolniku predstavlja osnovu za klasifikaciju kružnih raskrižja, tj. raskrižje s jednom i više prometnih traka. Ako je kružni segment, dio kružnog toka između dva uzastopna ulaza ili ako je cijeli kružni kolnik s dvije ili više prometnih traka, onda je kružno raskrižje dvotračno ili višetračno.[16]

Ulazni prometni trak predstavlja površinu kojom vozila ulaze u kružno raskrižje.

Izlazni prometni smjer predstavlja prometnu površinu kojom vozila izlaze iz kružnog raskrižja. Kružni prometni tok predstavlja prometnu površinu kojom vozila kruže trakama oko središnjeg prometnog otoka.

Traka za čekanje je prostor između unutarnjeg ruba označenog pješačkog ili biciklističkog prijelaza i vanjskog ruba kružnog kolnika. Namijenjen je za vozila koja čekaju uključenje između vozila koja se kreću unutar kružnog raskrižja.

Ulazni radijus je radijus desnog ruba kolnika na ulazu u kružno raskrižje, za usmjeravanje vozila ka kružnom kolniku.

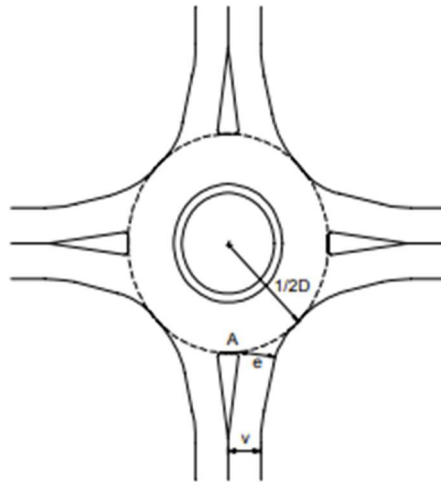
Izlazni radijus je radijus desnog ruba kolnika na izlazu iz kružnog raskrižja, za usmjeravanje vozila sa kružnog raskrižja.

Razdjelni prometni otok – pješački otok je izdignuti element kružnog raskrižja, kojim se razdvaja ulazni i izlazni promet, a vozila se propisno usmjeravaju da uđu i izađu iz kružnog

raskrižja. Osim toga, takvi otoci osiguravaju veću sigurnost prometa za pješake i bicikliste koji prelaze prometni krak kružnog raskrižja. Oblik otoka ovisi od veličine kružnog raskrižja (trokutasti ili u obliku kaplje).

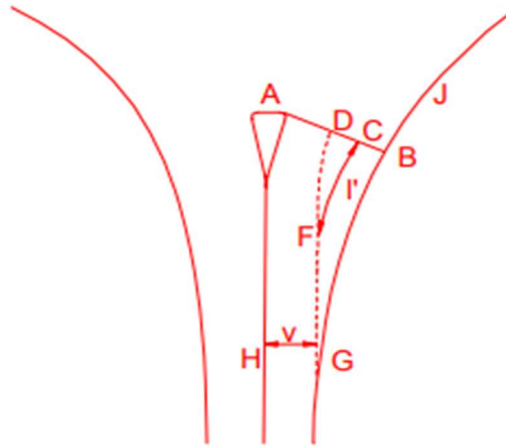
Ulazna širina (e) je širina ulaza u obliku lijevka (slika 43.), a mjeri se pod pravim kutem od ulaznog radijusa do križanja između izduženog desnog ruba prometnog otoka i horizontalnih oznaka vanjskog ruba kružnog kolnika.

Širina trake (v) je širina priključne trake u kružnom raskrižju (slika 43.).



Slika 43. Ulazna širina (e) i širina priključne trake (v) [16]

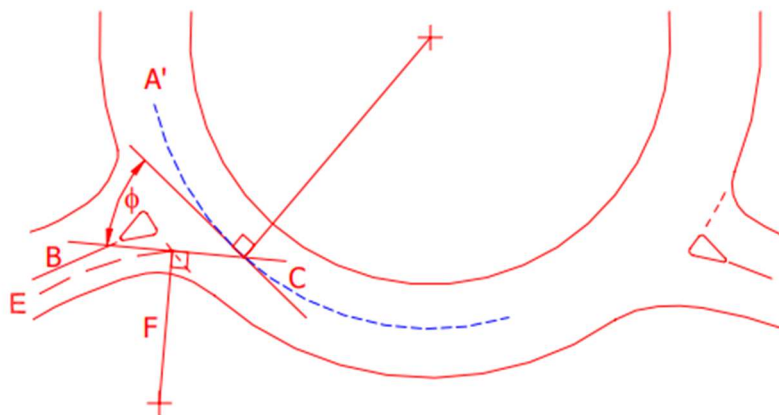
Srednja efektivna dužina zvonastog proširenja (l') je srednja dužina proširenja na ulazu u kružno raskrižje (slika 44.). Ako na ulazu nema proširenja, desni rub kolnika na ulazu prati liniju GFD (slika 44.), pri čemu je širina ulaza jednaka širini kolnika. Linija (BA) pod pravim kutem na ulazni zavoaj ima dužinu e . Dužina linije BD je $e-v$, a dužina linije BC je $(e-v)/2$. Srednja efektivna dužina zvonastog proširenja je CF, s udaljenosti od desnog ruba kolnika $(e-v)/2$. Vrijednost CF (udaljenost), koja odgovara l' , naziva se srednja efektivna dužina zvonastog proširenja.



Slika 44. Srednja efektivna dužina zvonastog proširenja [17]

Oštrina (koeficijent) proširenja definiran je formulom $S=1.6(e-v)/l'$ (slika 45.). Predstavlja mjeru koeficijenta pri kojem se na ulaznom proširenju dobiva izuzetna širina, od v do e , duž srednje efektivne dužine zvonastog proširenja l' . Visoke vrijednosti odgovaraju kratkim i ostrim proširenjima. Niske vrijednosti predstavljaju duga postepena proširenja.[17]

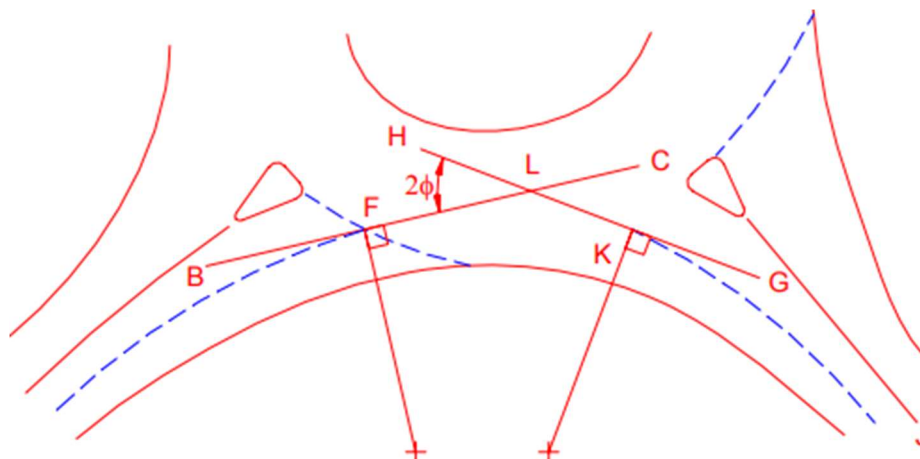
Ulazni kut (Φ) je kut određen tangentama na središnjoj liniji ulazne trake i kružnog kolnika, na mjestu gdje središnja linija ulazne trake presijeca vanjski radijus kružnog raskrižja s kružnim smjerom prometa ili na mjestu gdje produžetak prve tangente presijeca središnju liniju kružnog kolnika. U praksi mogu postojati dva slučaja, ovisno od dužine kružnog segmenta između dva uzastopna ulaza. Primjer jedan: velika dužina kružnog segmenta (slika 45.).



Slika 45. Elementi kružnog segmenta, velika dužina [17]

Linija BC je tangenta krive EF (središnja linija kolnika na ulazu) na mjestu gdje luk EF presijeca vanjski radijus kružnog raskrižja. Kut Φ predstavlja kut između BC i tangente do središnje linije kružnog prometa, na mjestu gdje se BC siječe sa A'D'.

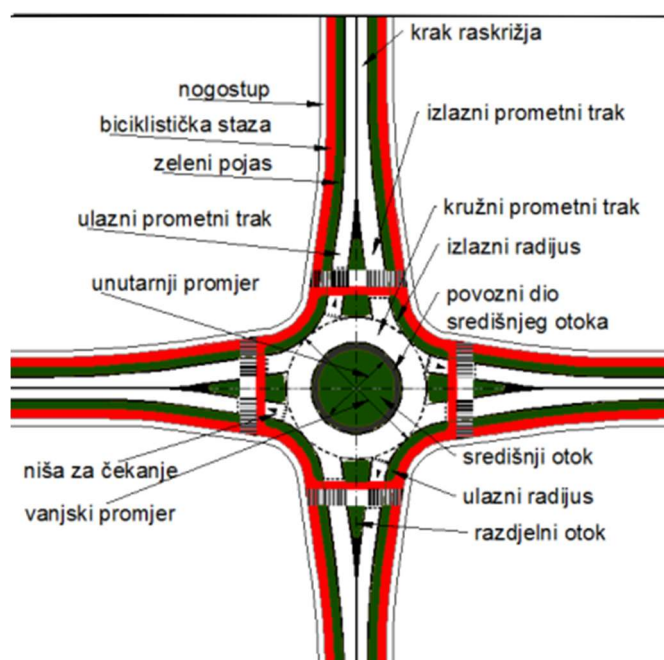
Primjer dva: mala dužina kružnog segmenta (slika 46.).



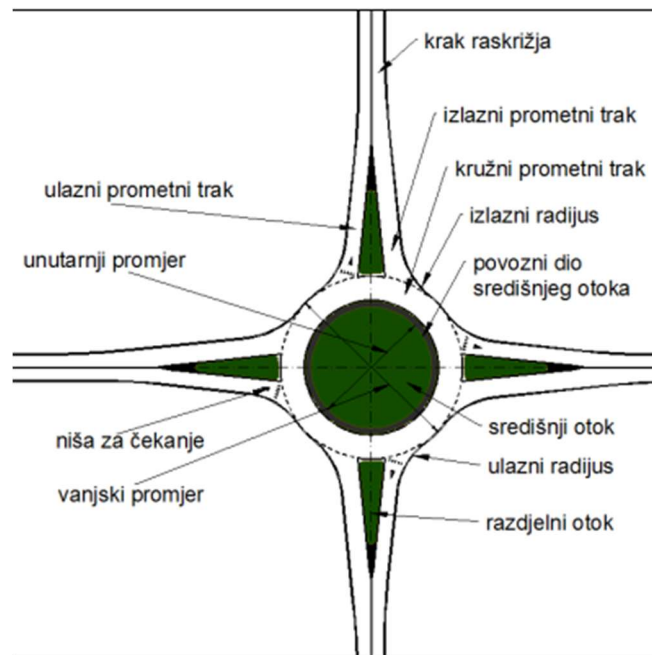
Slika 46. Elementi kružnog segmenta, mala družina [17]

Linija BC je jednaka liniji iz slučaja velike dužine kružnog segmenta. Linija GH je tangenta luka JK, koja je središnja linija kolnika na izlazu. Tangenta GH dodiruje na mjestu gdje središnja linija kolnika na izlazu presijeca vanjski radijus kružnog raskrižja. Točka presjeka (L) između BC i GH, BLH čini kut 2Φ , a polovica kuta je kut Φ .

Osnovni elementi kružnog raskrižja predstavljeni su na slikama 47. i 48.



Slika 47. Osnovni elementi kružnog raskrižja u urbanim sredinama [17]



Slika 48. Osnovni elementi kružnog raskrižja izvan urbanih sredina [17]

6.3. Karakteristike kružnih raskrižja

6.3.1. Posebne karakteristike kružnih raskrižja

Posebne karakteristike kružnih raskrižja, a koje ih razlikuju od klasičnih raskrižja u razini su [17]:

- kružna raskrižja su raskrižja kombiniranog neprekinutog i prekinutog smjera,
- vozila u kružnom toku prometa imaju pravo prednosti nad vozilima koja ulaze u kružno raskrižje (pravilo „pravo prednosti desne strane“ ne primjenjuje se u kružnim raskrižjima),
- vozilo koje ulazi u kružno raskrižje ne zaustavlja se ako ima slobodan ulaz, već ulazi u kružno raskrižje smanjenom brzinom,
- u malim kružnim raskrižjima u urbanim sredinama moguće je prometovati samo malom brzinom od 40 km/h,
- pješaci i biciklisti u kružnim raskrižjima poštuju ista pravila kao u klasičnim raskrižjima,
- zabranjena je vožnja unazad u kružnim raskrižjima,
- dugim vozilima dozvoljeno je koristiti i vozni dio središnjeg prometnog otoka, dok mala vozila nemaju potrebe za tim.

6.3.2. Prednosti i nedostaci kružnih raskrižja

U odnosu na klasična raskrižja u razini, prednosti kružnih raskrižja su sljedeće:[17]

- velika sigurnost prometa (manje konfliktnih točaka nego na klasičnim raskrižjima u razini, eliminacija konfliktnih točaka na križanjima, nemogućnost voženja kružnim raskrižjem bez smanjenja brzine, itd.),
- mogućnost velike gustoće prometa,
- manje kolone (neprekidan promet),
- manje buke i emisije štetnih plinova,
- manja potreba za prostorom (za razliku od raskrižja u razini s posebnim trakama za okretanje vozila,
- istog su kapaciteta,
- dobro rješenje križanja u slučaju jednake gustoće prometa na glavnom i sporednom prometnom pravcu,
- dobro rješenje višekrakah kružnih raskrižja (pet ili više),
- manje posljedice prometnih nesreća (nema frontalnog sudara i sudara pod pravim kutom),
- manji troškovi održavanja,
- dobro rješenje usporavanja prometom u urbanim područjima,
- estetska vrijednost.

Nedostaci kružnih raskrižja su sljedeći:

- što je više traka u kružnom raskrižju, to je manja prometna sigurnost (za razliku od klasičnih raskrižja u razini),
- kod uzastopnih kružnih raskrižja ne može se postići sinkronizacija („zeleni val“),
- problem nedostatka mjesta za središnji prometni otok u izgrađenim područjima,
- prometom u kružnim raskrižjima ne može upravljati prometna policija, ali se ista mogu semaforizirati,
- kružna raskrižja se ne preporučuju ispred institucija za slijepo osobe i osobe oštećenog vida i sluha, staračkih domova, bolnica i zdravstvenih ustanova, kao i ispred svih drugih lokacija gdje su nemotorizirani sudionici u prometu, usljed privremenih ili stalnih nedostataka ne mogu sigurno prijeći prometnicu bez prometne signalizacije,
- velika kružna raskrižja se ne preporučuju ispred škola, kao i ispred drugih lokacija gdje je veća prisutnost djece kao pješaka u prometu,

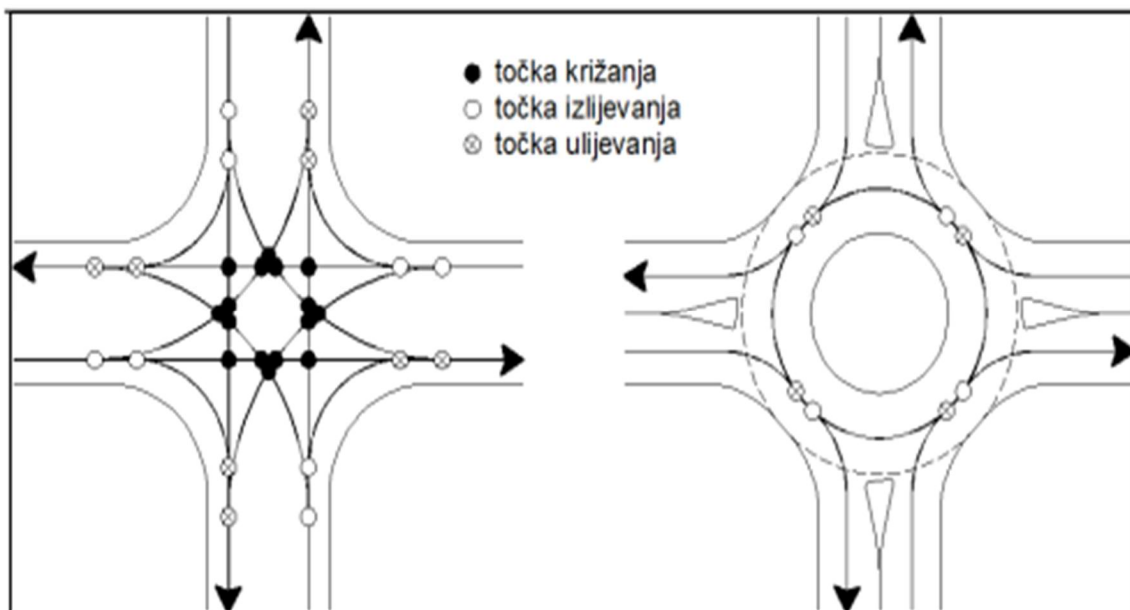
- problem se javlja u slučaju gustog biciklističkog ili pješačkog prometa, koji presijeca jedan ili više krakova kružnog raskrižja,
- loše rješenje kod velikog toka vozila koja skreću ulijevo,
- naknadno postavljanje semafora ne utječe bitno na kapacitet.

Imajući u vidu sve gore navedeno, opravdanost izgradnje kružnih raskrižja treba se razmatrati za svaki poseban slučaj. Kružna raskrižja su stoga prikladna i preporučljiva uglavnom na sljedećim križanjima:

- oblika slova X, Y, K (oštri kut križanja),
- višekraka križanja (pet ili više),
- koja su posebno izložena prometnim nesrećama s teškim posljedicama,
- na koja se ulazi u velikoj brzini,
- gdje se mijenjaju uvjeti vožnje (npr. na završecima brze prometnice, na ulazima u urbana područja, na izlazima s autoceste),
- s velikom brzinom na glavnoj prometnici, koja sprječava siguran ulazak vozila sa sporedne prometnice,
- tamo gdje nema osnove za postavljanje semafora, ali gdje je kapacitet prometa veći od kapaciteta raskrižja koje nije regulirano semaforom,
- kao sredstvo usporavanja prometa.

6.3.3. Sigurnost prometa na kružnim raskrižjima

Analizirajući kružna raskrižja iz kuta prometne sigurnosti, glavna prednost jednokrakih kružnih raskrižja (u odnosu na klasična trokraka ili četverokraka raskrižja) je eliminacija konfliktnih točaka prvog (presjecanja), drugog (isplitanja) i trećeg (uplitanja) koraka (slika 49.) [7]. Teoretski, klasična četverokraka raskrižja imaju 32 konfliktna točke (16 presjecanja, 8 isplitanja i 8 uplitanja), dok kružno raskrižje s jednim prometnim trakom u koji se slijeva promet iz četverokrakog križanja u razini ima 8 konfliktnih točaka nižeg stupnja (4 razdvajanja i 4 spajanja).



Slika 49. Konfliktne točke na klasičnom četverokrakom raskrižju (lijevo) i kružnom raskrižju s jednim prometnim trakom (desno) [17]

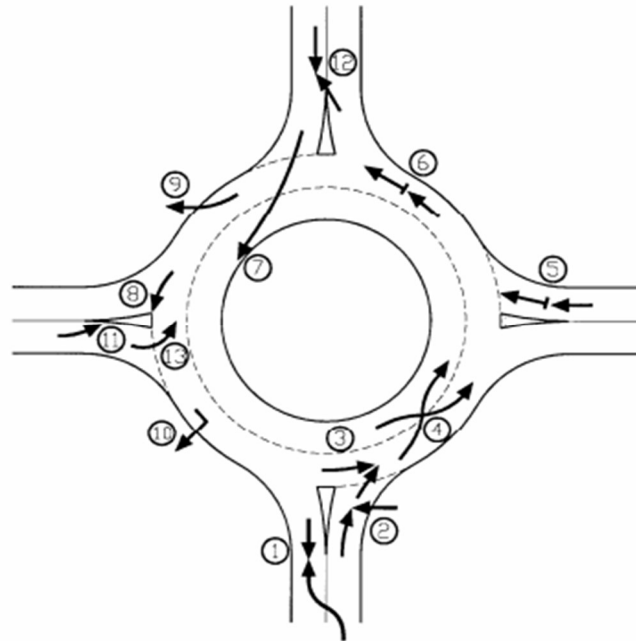
Ako se kružni tok sastoji od dvije prometne trake, broj konfliktnih točaka se povećava razmjerno broju konfliktnih točaka prestrojavanja, što je u teoriji jednako broju priključnih prometnica, ali ipak manje od 32. Sigurnost prometa značajno opada uvođenjem dodatnih traka (tri ili više).

Praktično gledano, kružna raskrižja s dvije ili više prometnih traka nemaju samo konfliktne točke, već i konfliktne dijelove kružnog toka, obzirom da ne usmjerava vozača gdje se prestrojiti (slika 50.). Ovaj problem se kod urbanih kružnih raskrižja rješava s razdjelnim rubnjacima.[17]

Ovo je, uz obično veću dozvoljenu brzinu, jedan od glavnih tehničkih razloga zašto su velika kružna raskrižja manje sigurna od malih kružnih raskrižja.

Prema tome razlog se pronalazi u osnovnim karakteristikama kružnih raskrižja. Štoviše, postoji nekoliko tipova nesreća koje se događaju u kružnim raskrižjima, dok se iste u klasičnim raskrižjima ne događaju. (slika 50.). Također, posljedice prometnih nesreća u kružnim raskrižjima bitno se razlikuju od nesreća u klasičnim raskrižjima. Povrh svega, manje su teške i obično ne završavaju smrću ili teškim tjelesnim ozljedama iz razloga što nema frontalnog sudara u kružnim raskrižjima (koji predstavlja uzrok najozbiljnijih posljedica) što ukazuje na višu razinu sigurnosti u prometu. U kružnim raskrižjima vozila se obično bočno sudaraju, pod oštrim kutom ili se sudaraju u sustizanju. Sudari motornih vozila i biciklista (pješaka) koji

prelaze krak kružnog raskrižja isti su kao i kod klasičnih raskrižja, samo što su manje posljedice, uzimajući u obzir manju brzinu na ulazu i izlazu koja je ograničena na 40 km/h.



Slika 50. Vrste prometnih nesreća u kružnom raskrižju s dvije prometne trake [17]

Prema oznakama na slici 50., sljedeće su vrste prometnih nesreća u kružnom raskrižju s dvije prometne trake:

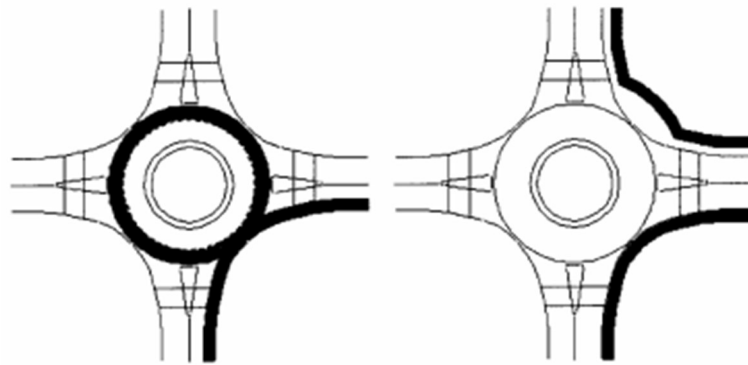
1. pretjecanje prije križanja,
2. sudar sa pješakom/biciklistom,
3. sudar na ulazu,
4. sudar pri prestrojavanju,
5. sudar u sustizanju prije ulaza,
6. sudar u sustizanju prije izlaza,
7. sudar sa središnjim prometnim otokom,,
8. sudar sa razdjelnim prometnim otokom na izlazu
9. proklizavanje iz kružnog raskrižja,
10. skretanje,
11. sudar sa razdjelnim prometnim otokom na ulazu,
12. proklizavanje na izlazu,
13. vožnja u suprotnom smjeru.

6.3.3.1. Pješaci i biciklisti

Sigurnost pješaka i biciklista u prometu ovisi uglavnom od odgovarajuće vertikalne i horizontalne signalizacije i razdjelnih prometnih otoka, kao i primijenjenih metoda upravljanja biciklističkim prometom u zoni kružnog raskrižja. [2]

U osnovi postoje dva načina usmjeravanja biciklističkog prometa u zoni kružnog raskrižja (slika 51.):

- paralelno usmjeravanje biciklističkog prometa (duž vanjskog ruba kružnog kolnika) (rijetko primjenjivo),
- nezavisno usmjeravanje, paralelno s rubnjacima ili u obliku koncentričnog kruga, kao prihvatljivije rješenje



Slika 51. Dva moguća načina usmjeravanja biciklističkog prometa u zoni kružnog raskrižja [16]

Usmjeravanje biciklističkog prometa u zoni kružnog raskrižja koristeći nezavisnu metodu je sigurnije. Sva križanja prometa motornih vozila i pješaka ili biciklista moraju biti pod pravim kutem, što kao rezultat ima najpravilniji oblik vidnog polja svih sudionika na križanju.

Također, rezultat toga je i činjenica da su konfliktne točke samo na prijelazima preko prometnih krakova kružnog raskrižja, ali da su čak i tu pješaci i biciklisti djelomično zaštićeni razdjelnim prometnim otocima. Paralelno usmjeravanje biciklističkog prometa je manje sigurno, a izuzeci su kružna raskrižja s jako malom količinom motornih vozila, obzirom da je biciklist u direktnom kontaktu s motoriziranim sudionicima u prometu, tj. nalaze se na istoj površini, bez deniveliranja.[17]

Kako bi se postigla veća sigurnost i bolja zaštita biciklista, preporučljivo je u takvim slučajevima da se izdignuti elementi postave na produžecima razdjelnih prometnih otoka. U kružnim križanjima izvan urbanih područja bicikliste treba usmjeravati posebno, tj. nezavisno. Jednako tako, ova metoda je preporučljiva i u kružnim križanjima u urbanim područjima, a

paralelna metoda se treba koristiti samo ako je maksimalna dozvoljena brzina 40 km/h i u ograničenim prometnim zonama.

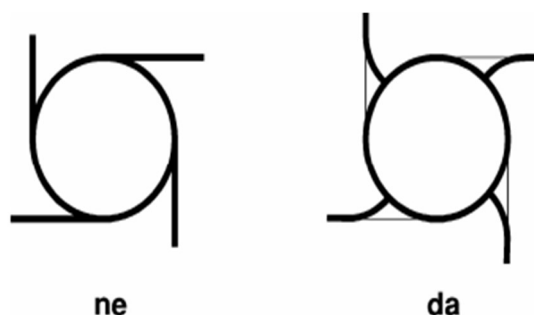
U slučaju kada prije kružnog raskrižja biciklisti prometuju kolnikom, u zoni kružnog raskrižja treba im se osigurati posebni kolnički trak (staza). Jedna od dvije metode usmjeravanja biciklističkog prometa u zoni kružnog raskrižja u urbanim područjima određuje se na osnovu količine i strukture prometa motornih vozila, količine biciklističkog prometa i pozicije kružnog raskrižja u mreži urbanih prometnica.

6.3.3.2. Mjere za postizanje prometno sigurnog kružnog raskrižja

Nakon provjere jesu li lokacija i pozicija kružnog križanja u mreži urbanih prometnica odgovarajuća, prilikom projektiranja kružnog raskrižja potrebno je u što većoj mjeri razmotriti sve navdenu u nastavku.

Pravac pružanja kraka treba biti pod pravim kutem na kružnom raskrižju. Odgovarajući ulazak vozila u kružni tok postiže se odabirom odgovarajućeg ulaznog radijusa, što znači da je brzina na ulazu u kružno križanje u direktnoj vezi s ulaznim radijusom. Ako je pristup tangentan u odnosu na kružno raskrižje, pravilo na osnovu kojeg vozila u kružnom toku imaju pravo prednosti nad vozilima na ulazu nije logičan, brzina na ulazu je velika, vozila koja ulaze u kružno raskrižje nemaju vidno polje i može doći do sudara u sustizanju. Pozicija tangente izlaznih traka iz kružnog raskrižja zahtijeva potrebu za učestalim skretanjima i rezultira velikom potrebnom površinom, slika 52. [17]

Stoga prometni krakovi trebaju biti projektirani pod pravim kutem što je više moguće. Projektantski zahjev bio bi da se produžene osi prometnih krakova kružnog raskrižja trebaju presjeći u jednoj točki, centru kružnog raskrižja.

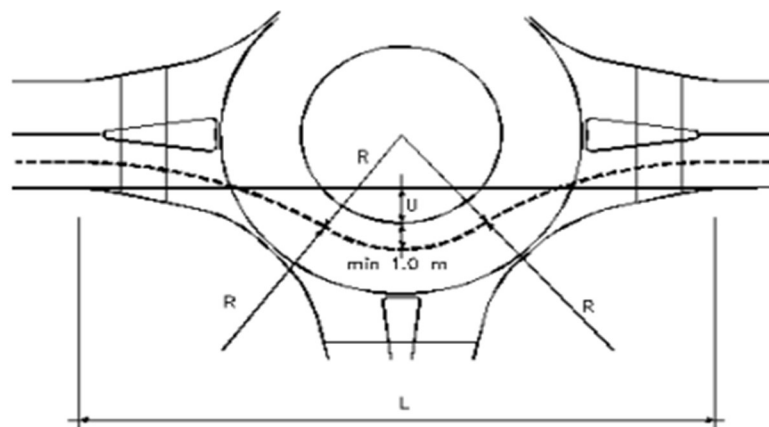


Slika 52. Pramac pružanja kraka kružnog raskrižja [17]

Posebnu pozornost potrebno je obratiti i na širinu ulaza u kružno raskrižje te dužinu zvonastog proširenja jer najopasniji manevar u kružnom raskrižju je ulaz kojeg treba izvesti u prilično malom prostoru. Iz tog razloga jako je bitan njegov oblik, kako za sigurnost prometa uz vožnju minimalnom brzinom i kraće čekanje dok se ne pojavi odgovarajući razmak kako bi se vozilo uključilo u kružni tok, tako i kapacitet prometa koji zahtijeva vrijeme zaustavljanja [17].

Skretanje putanje vozila u kružnom raskrižju (slika 53.) jedan je od elemenata s najviše utjecaja na sigurnost prometa u kružnom raskrižju. Zavoj mora biti oblikovan kao S krivulja, sastavljena od tri radijusa, s međusobno usklađenom veličinom. Što su lukovi bliže, to je brzina na ulazu manja i veća je sigurnost prometa u kružnom raskrižju. Na skretanje u kružnom raskrižju može se utjecati na dva načina:

- promjenom veličine središnjeg prometnog otoka što je popularnije, ali u praksi često neizvedivo zbog ograničenja prostora,
- oblikom razdjelnih prometnih otoka, što je manje popularno, ali češće izvedivo.



Slika 53. Skretanje putanje vozila u kružnom raskrižju [17]

Prilikom projektiranja vanjskog ruba trake na ulazu i izlazu iz kružnog raskrižja, potrebno je poštovati opća pravila za projektiranje osi i rubnog traka ceste.

Ulazni i izlazni radijusi kao parametar ovise o veličini kružnog raskrižja, broju traka u kružnom raskrižju i obliku središnjeg prometnog otoka. Veličina izlaznog radijusa uvijek treba biti veća od veličine ulaznog radijusa, a samo u izuzetnim slučajevima mogu biti jednake.

U slučaju malih kružnih raskrižja s jednim prometnim trakom ($8\text{ m} \leq R_n \leq 14.5\text{ m}$) i kružnih raskrižja srednje veličine ($14.5\text{ m} \leq R_n \leq 21\text{ m}$) sa središnjim prometnom otoku u obliku stošca, izlazni radijus treba biti 12 m ili 15 m. [17]

U slučaju velikih kružnih raskrižja s jednim prometnim trakom ($21\text{ m} \leq R_n \leq 31\text{ m}$) sa središnjim prometnim otocima u obliku stošca, izlazni radijus treba biti 15 m. U slučaju velikih

kružnih raskrižja s jednim prometnim trakom ($21 \text{ m} \leq R_n \leq 31 \text{ m}$) sa središnjim prometnim otokom u obliku lijevka, izlazni radijus može biti od 15 m do 18 m.

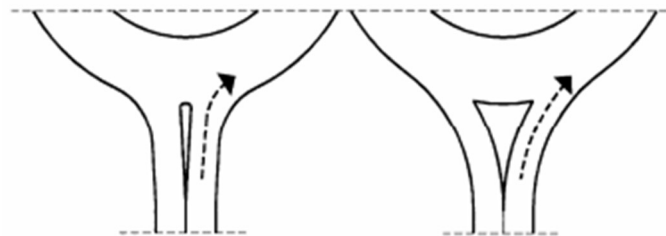
U slučaju velikih kružnih raskrižja s više prometnih traka sa središnjim prometnim otokom u obliku lijevka, izlazni radijus može biti od 12 m do 21 m, ovisno o veličini kružnog raskrižja i željene brzine (30 ili 40 km/h).[17]

Pješачki i biciklistički prijelazi moraju biti izmješteni izvan kružnog raskrižja za dužinu jednog ili dva vozila (prostor za zaustavljanje). Dužina tog dijela ovisi o veličini kružnog raskrižja i veličini središnjeg prometnog otoka.

Minimalna dužina prostora za zaustavljanje treba biti 4.5 m, a maksimalna 10 m. Ove vrijednosti odgovaraju dužini jednog ili dva putnička vozila ili jednom dugom vozilu.

Primjenom prostora za zaustavljanje povećava se prometna sigurnost nemotoriziranih sudionika u prometu i protok kroz kružno raskrižje, obzirom da biciklisti i pješaci predstavljaju manju smetnju vozilima koja se uključuju u kružni tok.[17]

Razdjelne prometne otoke treba prilagoditi veličini kružnog raskrižja: u slučaju velikih kružnih raskrižja, razdjelni prometni otoci trebaju biti u obliku trokuta, a u slučaju malih kružnih raskrižja, trebaju biti u obliku kaplje (slika 54.).



Slika 54. Oblik razdjelnog prometnog otoka ovisno o veličini kružnog raskrižja (mala kružna raskrižja = kaplja, velika kružna raskrižja = trokut) [17]

Odvodnja površinskih voda s kolničke konstrukcije kružnog raskrižja podrazumijeva vanjski poprečni nagib kružne trake, s obzirom da je lakše izvodljiv između priključnih točaka i prometnih traka kružnog raskrižja. Nedostaci vanjskog (negativnog) poprečnog nagiba očituju se u smanjenom koeficijentu trenja guma-tlo, koji nije dovoljan ako se uzme u obzir centrifugalna sila koja utječe na vozila u kružnom toku. Imajući na umu sve gore navedeno, u takvim slučajevima potrebno je provjeriti stabilnost vozila u velikim kružnim raskrižjima, koje omogućavaju vožnju u kružnom toku većim brzinama. S tehničkog aspekta unutarnji poprečni nagib kružne trake je pravilniji, dok je izvođenje odvodnje na priključnoj točki više zahtjevnije.

Vozni dio središnjeg prometnog otoka treba se projektirati tako da se spriječi promet vozila preko njega (grubi materijal, asfalt), a istovremeno dužim vozilima omogući kretanje kroz kružno raskrižje. Središnji prometni otok postoji samo kod malih i srednjih kružnih raskrižja, u širini od 1 - 2 m, tj. ovisno o veličini unutarnjeg radijusa.[17]

Osvjetljenje kružnog raskrižja uvjetuje sigurnost prometovanja raskrižjem tijekom noći. Kada se radi o kružnim raskrižjima, važno je osvijetliti sve ulaze, središnji prometni otok i izlaze iz kružnog raskrižja.[9]

Kontrola brzine vožnje kroz kružno raskrižje glavni je podatak na osnovu kojeg se procjenjuje stupanj sigurnosti prometa. Manja brzina prometa motornih vozila rezultira sporijim tokom prometa i u tom slučaju više pažnje može se posvetiti drugim sudionicima u prometu, dok se istovremeno može smanjiti mogućnost prometne nesreća s teškim posljedicama.

Kriterij koji treba zadovoljiti prilikom neometanog prijelaza (pola kružnog toka) brzina treba biti ispod 30 km/h ili 35 km/h. [17]

Prije kontrole, potrebno je definirati dva elementa, među prvim dužinu L između početka zavoja (skretanja) na ulazu i završetka zavoja na izlazu. Element L ovisi o veličini radijusa zavoja i vanjskog radijusa kružnog raskrižja.

Drugi element je U (skretanje), koji predstavlja udaljenost između ruba središnjeg prometnog otoka i desnog ruba kolnika na izlazu (mjereno na početku krivine). Veći U, što se odnosi na veći radijus srednjeg prometnog otoka, ima veći utjecaj na kontrolu brzine od dužine L u slučaju oštrijih zavoja.[17]

Kako bi se postigao isti utjecaj, veličinu L potrebno smanjiti više nego što U treba povećati, a sve u približnom odnosu jednakom 8. Istovremeno, poboljšana je prolaznost dužih vozila uslijed većeg radijusa zavoja (skretanja) nego u slučaju manjeg radijusa središnjeg prometnog otoka, koji ne uvjetuje smanjenje brzine.

Veći radijus zavoja (skretanja) vodi ka većem protoku na izlazu i usljed toga bržem izlazu iz prometa.

Radijus zavoja jednak je [17]:

$$R = \frac{(0.25 \cdot L)^2 + (0.5 \cdot (U + 2))^2}{U + 2}$$

Dobra rješenja su ona kod kojih je vrijednost R između 22 i 23 m. U slučaju malog radijusa zavoja, veza između brzine prolaza kroz kružno raskrižje i radijusa zavoja je [17]:

$$V = 7.4 \cdot \sqrt{R}$$

gdje je V [km/h] i R [m].

Kod dobrih rješenja, brzina kretanja kroz kružno raskrižje je 40 km/h. Ako je u malim kružnim raskrižjima rezultat veći od 45 km/h, potrebno je korigirati projektne elemente. Nakon svake izmjene projektnih elemenata, potrebno je ispitati utjecaj te promjene, tj. provesti postupak provoznosti mjerodavnog vozila.

Ako se ne može primijeniti niti jedna od gore navedenih parametara za postizanje sigurnog kružnog raskrižja, odstupanje od takve mjere treba posebno opravdati, kroz prometnu signalizaciju.

6.2.3.3. Podvožnjaci i nadvožnjaci kao mjera poboljšanja sigurnosti pješaka i biciklista

U kružnim raskrižjima s dvije ili više ulaznih traka (veliki kapacitet – velika kružna raskrižja – velika očekivana brzina), nije preporučljiv prijelaz u razini za pješake i bicikliste.

U takvim slučajevima potrebno je provjeriti i dokazati utemeljenost i opravdanost projektiranja podvožnjaka ili nadvožnjaka, zavisno od količine i strukture prometa motornih vozila, broja i strukture pješaka i pozicije kružnog raskrižja u putnoj mreži [1].

Druga mogućnost je postavljanje svjetlosnih znakova upozorenja.

Nije preporučljivo postavljati semafore na pješačkim prelazima novih kružnih raskrižja.

6.4. Kategorije kružnih raskrižja

6.4.1. Podjela kružnih raskrižja prema lokaciji i veličini

U osnovi kružna raskrižja mogu se podijeliti prema lokaciji i veličini kako je navedeno u tablici 8.

Tablica 8. Podjela kružnih raskrižja prema lokaciji i veličini [17]

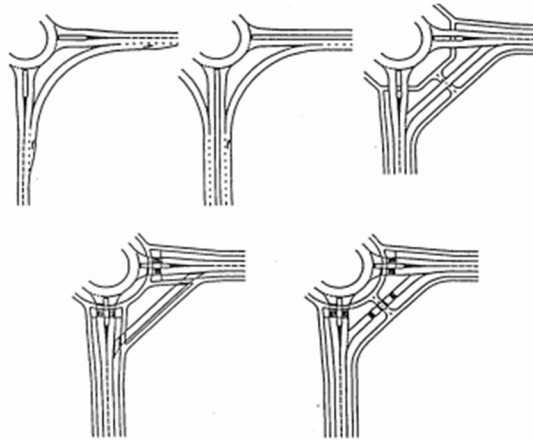
Vrste kružnih raskrižja	Vanjski radius [m]	Približni kapacitet [vozilo/dan]
Mini urbana	7 - 12.5	10 000
Mala urbana	11 - 17.5	15 000
Srednje urbana	15 - 20	20 000
Srednje (jednokraka) izvanurbana	35 - 45	22 000
Srednje (dvokraka) izvanurbana	40 - 70	–
Velika izvanurbana	> 70	–

Napomena: Kapaciteti u stupcu 3 su navedeni kao približne vrijednosti za četverokraka kružna raskrižja s istom raspodjelom prometnih smjerova. U tablici su navedene samo informativne vrijednosti, a kada je potrebno riješiti konkretan problem, svaka kružna raskrižja treba ispitati u pogledu stvarnog smjera prometa i primijenjenih projektno-tehničkih elemenata.[17]

6.4.2. Podjela kružnih raskrižja po pravcu pružanja priključnih prometnica

U slučaju da su krakovi kružnih raskrižja postavljeni u razini, postoje dva načina usmjeravanja priključnih prometnica:

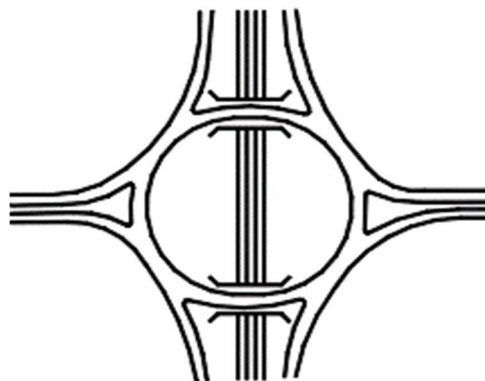
- priključne prometnice usmjerene u kružno raskrižja,
- priključne prometnice usmjerene pored kružnog raskrižja (direktno) (slika 55.)



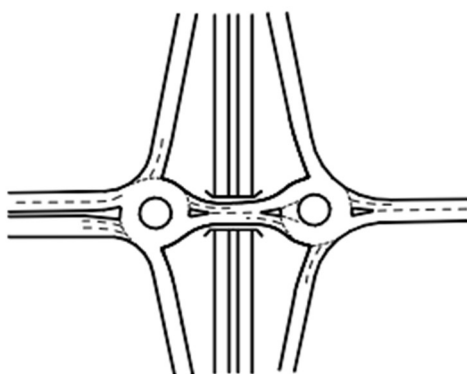
Slika 55. Priključne prometnice usmjerene pored kružnog raskrižja (direktno)[17]

U slučaju da su kraci kružnih raskrižja postavljeni izvan razine (npr. umjesto petlje oblika "dijamanta") razlikuju se dva glavna tipa kružnih raskrižja:

- jedno kružno raskrižje većeg radijusa (slika 56.),
- dva kružna raskrižja manjih radijusa (slika 57.).



Slika 56. Jedno kružno raskrižje većeg radijusa [17]



Slika 57. Dva kružna raskrižja manjih radijusa[17]

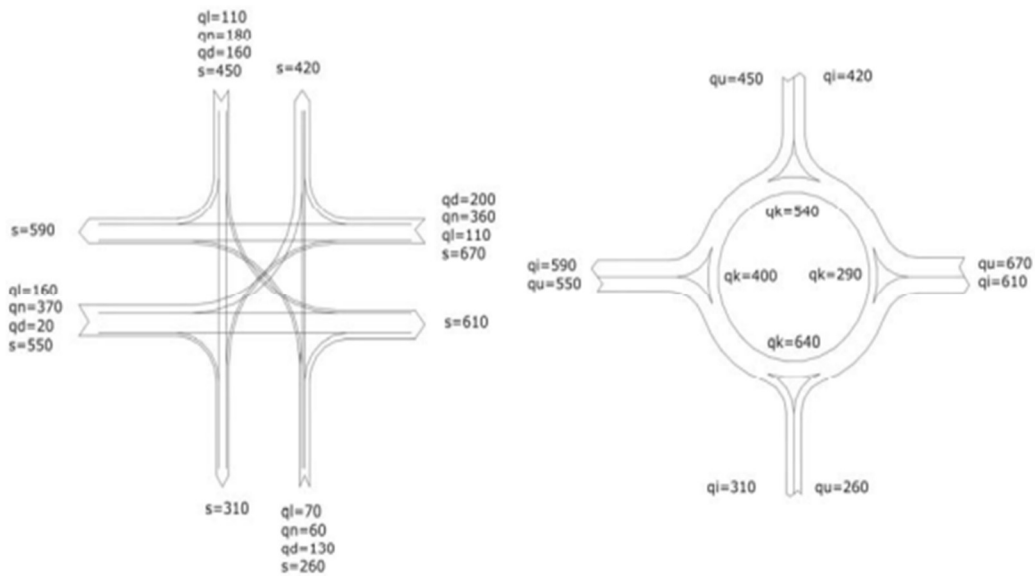
6.5. Kapacitet kružnog raskrižja

Potrebno je ispitati sve parametre propusne moći i kvalitete protoka prometa svakog novog ili rekonstruiranog kružnog raskrižja.

Protok se može izračunati na dva načina [11]:

- prvi način je iterativan, metoda ponavljanja gdje se ispituje preporučeni oblik, dimenzija kružnog raskrižja, koji je izabran na osnovu prostornog, urbanističkog i/ili drugog kriterija. Na osnovu proračuna kapaciteta mogu se mijenjati projektni elementi, sve dok rezultati proračuna ne pokažu dovoljan protok na kraju planiranog perioda.
- druga metoda računanja je traženje optimalnih projektnih elemenata, uzimajući u obzir poznati kapacitet prometa, a kako bi se osigurao dovoljan protok. Ova metoda prati prostorne, urbanističke i/ili druge kriterije.

Kada je potrebno odrediti gustoću protoka novog kružnog raskrižja, potrebno je uzeti u obzir očekivanu gustoću prometa na kraju planiranog perioda. Proračun treba provesti za maksimalno prometno opterećenje, izraženo u postotku prosječnog dnevnog prometnog opterećenja. Postotak se određuje na osnovu poznatih podataka o promjeni u količini prometa u relevantnom području.



Slika 58. Primjer pretvaranja količine prometa klasičnog četverokrakog raskrižja u količinu kružnog raskrižja [11]

U slučaju da se postojeća kružna raskrižja rekonstruiraju u nova kružna raskrižja, potrebno je provesti proračun protoka za dva ili više maksimalnih prometnih opterećenja (bar za jutarnje i poslijepodnevno maksimalno prometno opterećenje). Također, u ovom slučaju treba uzeti u obzir planirano povećanje količine prometa do kraja planiranog perioda.

Za razliku od izgradnje novih kružnih raskrižja, rekonstrukcija tradicionalnih (klasičnih) raskrižja u kružna raskrižja zahtijeva također i pretvaranje količine prometa klasičnog raskrižja u količinu prometa kružnog raskrižja (slika 58.).[17]

6.5.1. Pojam kapaciteta kružnog raskrižja

Kapacitet kružnog raskrižja C predstavlja broj vozila koja prođu kroz kružno raskrižje u datoj jedinici vremena.

Računa se kao zbroj ulaznih prometnih tokova Q_{Ei} u kružno raskrižje [11]:

$$C = \sum_1^n Q_{Ei}, n - \text{broj ulazaka}$$

Ulazni prometni smjer Q_E određuje koliko vozila uđe u kružno raskrižje kroz jedan ulaz u datoj jedinici vremena:

$$Q_E = f(Q_C \text{ geometrija})$$

gdje je Q_C kružni smjer prometa

Rezultati komparativnog proračuna postojećih kružnih raskrižja u Sloveniji pokazali su da su australske i austrijske metode u većini slučajeva bile najbliže stvarnim vrijednostima protoka. Rezultati proračuna koristeći njemačku metodu bili su u svim slučajevima manji od stvarnih vrijednosti protoka na ulazima u kružno raskrižje (čak i za više od 50%), te se iz tog razloga ne preporučuje ova metoda. [17]

Rezultati dobiveni primjenom engleske metode bili su negdje između austrijske, australske i njemačke metode, uzimajući u obzir parametre koji se koriste za proračun kapaciteta, odgovarajući za određivanje optimalnih geometrijskih elemenata kružnih raskrižja.

Ako se primjeni engleska metoda, potrebno je provesti komparativni proračun koristeći austrijsku i australsku metodu. Metode koje su najpogodnije za kalibriranje slovenskim okolnostima su austrijske i australske metode.

Treba izabrati jednu od ove dvije metode, ovisno o veličini kružnog raskrižja i/ili dostupnosti odgovarajućeg kompjuterskog programa za proračun:

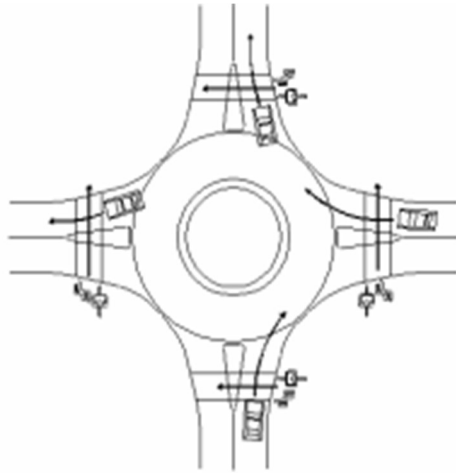
- u slučaju kompleksnijih kružnih raskrižja, gdje se uz proračun kapaciteta zastoja proračunavaju i broj zaustavljanja i dužina kolone, proračun se vrši primjenom nelinearne australske metode. Preporučljivo je korištenje računalnih programa.
- za mala i srednja kružna raskrižja dovoljno je koristiti austrijsku metodu.

6.5.2. Utjecaj biciklističkog i pješačkog prometa na kapacitet kružnog raskrižja

Biciklistički i pješački promet smanjuje kapacitet kružnog raskrižja. Ako je količina biciklističkog i/ili pješačkog prometa velika, potrebno je ispitati utjecaj ove vrste prometa na kapacitet kružnog raskrižja. [11]

Potrebno je pripremiti analize uticaja pješaka i biciklista u slučaju velike količine biciklističkog i/ili pješačkog prometa (stambena naselja, škole, sportski centri, itd.). Ovo se posebno odnosi na kružna raskrižja s jednom prometnom trakom i kružna raskrižja s jednim ulazom, bez desnih skretanja.

U kružnim raskrižjima s jednom prometnom trakom može doći do problema prilikom ulaza i izlaza iz kružnog raskrižja usljed gustog toka pješačkog i/ili biciklističkog prometa. Vozila moraju propustiti pješake/bicikliste prilikom ulaska ili izlaska iz kružnog raskrižja. Ovo rezultira prekinutim tokovima i gužvama (slika 53)[11].

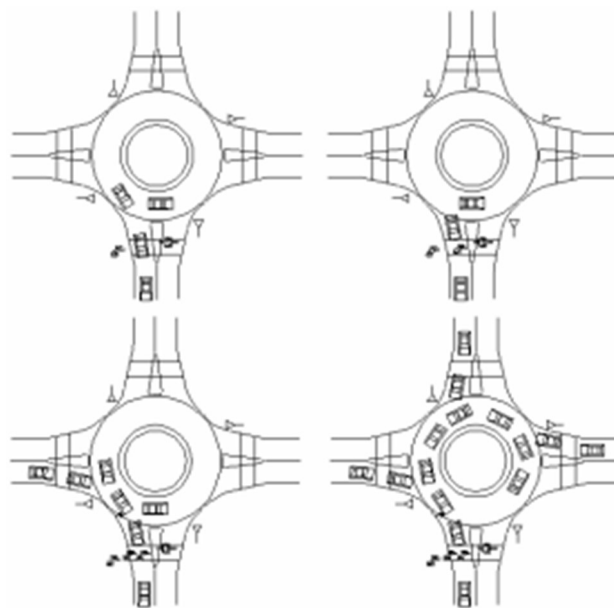


Slika 59. Prekinuti tokovi u kružnom raskrižju [11]

Ako je tok prometa motornih vozila usmjeren ka ulazu, upitno je hoće li se postići minimalan kapacitet protoka kružnog križanja.

Ako je promet motornih vozila usmjeren ka izlazu, maksimalan kapacitet će biti veći od očekivanog.[11]

U slučaju da je red vozila na izlazu iz kružnog raskrižja tako dug da se pruža do ulaza prije datog izlaza, dolazi do problema prilikom ulaza u kružno raskrižje te je postizanje minimalnog kapaciteta upitno. Trenutak kada je kružno raskrižje u potpunosti blokirano (slika 60.) ovisi o tome kako su tokovi raspodijeljeni na ostalim ulazima u kružnom raskrižju.



Slika 60. Blokada kružnih raskrižja [11]

U kružnom raskrižju s jednim prometnim trakom s prostorom za čekanje koja može primiti jedno vozilo, moguće su tri situacije:

- prostori između pojedinačnih jedinica poprečnog toka omogućavaju prolazak vozila, tako da nema vozila koja čekaju u prostoru za čekanje,
- prostori između pojedinačnih jedinica poprečnog toka i dalje omogućavaju prolazak vozila, premda vozila moraju čekati u prostoru za čekanje,
- prostori između pojedinačnih jedinica poprečnog toka su tako mali, prostor za čekanje je zauzet i sva dolazeća vozila čekaju u prostoru za čekanje.

Nadalje, ovaj rad predstavlja metode proračuna smanjenja kapaciteta ulaza u kružno raskrižje koji je posljedica pješačkog/biciklističkog smjera prometa.

6.4.2.1. Utjecaj biciklističkog i pješačkog prometa na protok ulaza u kružno raskrižje

Ulazni protok više ovisi o vremenu tijekom kojeg je ulazni tok prometa prekinut pješacima ili biciklistima, nego od broja pješaka i biciklista.

Primjerice, ako je analiza prometnog toka pokazala da je pješački prijelaz prešlo 150 pješaka i 25 biciklista, ova informacija ne pomaže puno pri utvrđivanju utjecaja pješaka i biciklista na ulazni protok kružnog raskrižja, obzirom da nam nije poznata struktura biciklističkog i pješačkog prometa.[17]

Bitna je razlika ako pješaci i biciklisti prelaze pješački prijelaz jedan po jedan ili odjednom. Više nam govori informacija da je pješački prijelaz bio zauzet 10 minuta tijekom jednog sata. Ovo znači da su vozila koja ulaze u kružno raskrižje mogla ući u kružno raskrižje bez prekida cijelih 50 minuta u toku jednog sata, pod pretpostavkom da su biciklisti i pješaci jedina prepreka neprekidnom ulasku vozila u kružno raskrižje.

Utjecaj biciklističkog i pješačkog prometa na ulazni protok se smanjuje kako se povećava kružni tok i na određenoj razini kružnog toka potpuno nestaje.

Teoretski, najveći utjecaj pješaka i biciklista na ulazni protok kružnog raskrižja primjećuje se pri iznosu brojčane vrijednosti "0" u kružnom toku prometa prije ulaza u kružno raskrižje, tj. ulazni kapacite (PCE/h) jednak je nula "0". U ovom slučaju, svaki pješak ili biciklist koji prelazi ulazni krak kružnog raskrižja smanjuje ulazni protok.

Pri povećanju kružnog toka, vozila koja ulaze u kružno raskrižje nailaze na dodatnu prepreku, uz prepreke u smislu pješaka i biciklista na ulazu. Kako kružni tok nastavlja rasti, tako se smanjuje utjecaj pješaka i biciklista na ulazni protok kružnog raskrižja, u trenutku kada kružni

tok dođe do određene točke. Od tog datog trenutka, jedinu prepreku koja utječe na ulazni protok kružnog prometa predstavljaju vozila u kružnom toku.[17]

Usprkos većim količinama biciklističkog i pješačkog prometa, njihov utjecaj na ulazni protok kružnog raskrižja smanjen je u slučaju velike količine prometa kružnog toka.

Na osnovu analize prometa bilo je nemoguće točno utvrditi na kojoj je razini opsega kružnog prometa smanjen utjecaj pješaka i biciklista na ulazni protok. Primjerice, ako pješački prijelaz u toku jednog sata pređe 100 pješaka, njihov utjecaj je smanjen pri manjem volumenu kružnog toka, nego ako prijelaz u toku jednog sata pređe 200 pješaka. Pješaci koji prelaze prijelaz u trenutku kada vozilo u kružnom toku sprječava ulazak drugog vozila u kružno raskrižje, ne predstavljaju dodatno smanjenje ulaznog protoka kružnog raskrižja. U slučaju takvog kružnog toka, u jednoj stotini je manje pješaka koji dodatno ometaju promet u toku jednog sata, nego u dvije stotine. Stoga, utjecaj 100 pješaka na ulazni protok kružnog raskrižja manji je pri manjoj ustoći kružnog toka, nego utjecaj 200 pješaka.

Ako je količina biciklističkog i pješačkog prometa jednaka, onda njihov utjecaj na ulazni protok kružnog raskrižja ovisi o tome radi li se o kružnim raskrižjima s jednom, dvije ili tri prometne trake.

Analiza prometa i praćenje prometnih tokova pokazali su da, ako je prijelaz prešlo, na primjer, 100 pješaka na sat, onda to ima drugačiji utjecaj na ulazni protok kružnog raskrižja ako se radi o kružnim raskrižjima s jednom, dvije ili tri prometne trake, uz jednak volumen kružnog smjera prometa u sva tri tipa kružnih raskrižja[11].

6.6. Određivanje projektno-tehničkih elemenata kružnog raskrižja

Svako raskrižje je specifično i iz tog razloga projektno-tehnički elementi mogu biti predstavljeni samo u okviru određenih preporučenih granica, koje su rezultat prometno-tehničkih ili sigurnosnih aspekata.

Projektant treba odabrati optimalne vrijednosti elemenata za specifične prometne i prostorne uvjete iz okvira preporučenih granica.

Tablica 9. Granične i preporučene vrijednosti individualnih geometrijskih elemenata [17]

Element	Simbol	Mjerna jedinica	Granične dimenzije	Preporučene dimenzije
Ulazna širina	e	m	3.6 - 16.5	4.0 - 15.0
Širina (priključne) trake	v	m	2.75 - 12.5	3.0 - 7.3

Dužina proširenja	Γ	m	12 - 100	30.0 - 50.0
Radijus	D	m	27 - 172.0	27 - 100.0
Ulazni kut	\emptyset	°	0.0 - 77.00	10.0 - 60.0
Ulazni radijus	R	m	6.0 - 100	8.0 - 45.0
Širina kružne trake	u	m	4.5. - 25.0	5.4 - 16.2
Oštrina proširenja	S	-	0 - 2.9	0 - 2.9

Vrijednosti obuhvaćene tablicom 9. dobivene su empirijskom metodom, pa zbog toga svako odstupanje od ovih vrijednosti treba biti dobro razmotreno, obzirom da može imati nepovoljne posljedice, prvenstveno u smislu sigurnosti kružnog raskrižja. [17]

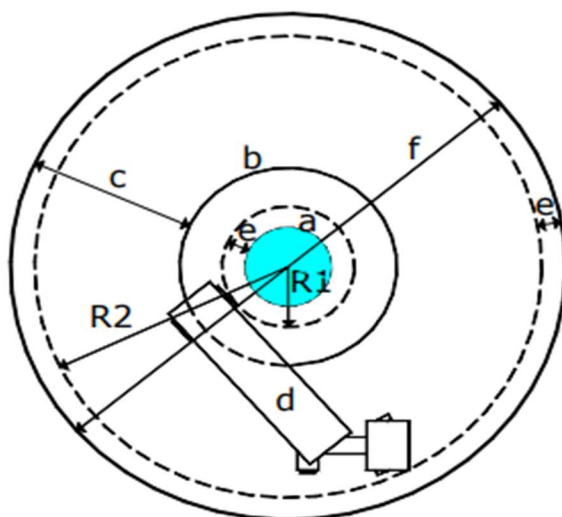
Također, tablica 9. ne sadrži vrijednosti koje se odnose na mini kružna raskrižja. Kako bi se dobila geometrijski optimalna kružna raskrižja, potrebno je proučiti utjecaj pojedinačnih promjena na ulazni protok, kao i sigurnost.

6.6.1. Odabir vanjskog radijusa (R) i širine kružne trake

Odabir vanjskog radijusa uvjetovan je uglavnom lokacijom budućeg kružnog raskrižja. U stambenim naseljima, kružna raskrižja se većinom projektiraju kako bi usporila promet uz odgovarajući protok, dok je na glavnim cestama glavni zadatak kružnih raskrižja osiguravanje dovoljnog protoka uz osiguranje sigurnosti sudionika u prometu.[17]

Vanjski radijus R i širina kružne trake međusobno su povezani. Najprije je potrebno odrediti broj traka u kružnom toku. Iz razloga sigurnosti prometa, preporučljive su samo dvije trake. Preporučene vrijednosti za širinu trake (5.4 - 16.2 m), dane u tablici 9. primjenjuju se za jednu sporu kružnu traku i nekoliko brzih traka[17].

Prolaznost mjerodavnog vozila provjerava se za sva kružna raskrižja. Kako bi se osigurala prolaznost mjerodavnog vozila (zglobnog vozila) u malom i srednjem kružnom raskrižju (R=14-18 m) glavni projektni elementi moraju biti u određenom omjeru i propisane minimalne veličine (slika 61.).



Slika 61. Elementi prolaznosti kružnog raskrižja [17]

Značenje oznaka navedenih na slici 61.:

- a** središnji prometni otok
- b** središnji prometni otok + vozni dio središnjeg prometnog otoka
- d** mjerodavno vozilo
- e** sigurnosna udaljenost (u kojoj ne smije biti fizičkih prepreka) = 1.0 m
- f** vanjski radijus kružnog raskrižja

Tablica 10. Vrijednosti pojedinih radijusa za kružno raskrižje

Radijus središnjeg prometnog otoka [m]	Radijusi vezani za mjerodavno vozilo		Minimalni vanjski radijus kružnog raskrižja [m]
	R1 [m]	R2 [m]	
6	4	13.4	28.8
8	5	13.9	29.8
10	6	14.4	30.8
12	7	15.0	32.0
14	8	15.6	33.2
16	9	16.3	34.6
18	10	17.0	36.0

Ako je mjerodavno vozilo kamion s prikolicom u određenim uvjetima obvezno je korištenje sljedećih vrijednosti, ovisno o veličini kružnog raskrižja (tablica 11.).

Tablica 11. Vrijednosti pojedinih elemenata kružnog raskrižja kada je mjerodavno vozilo kamion

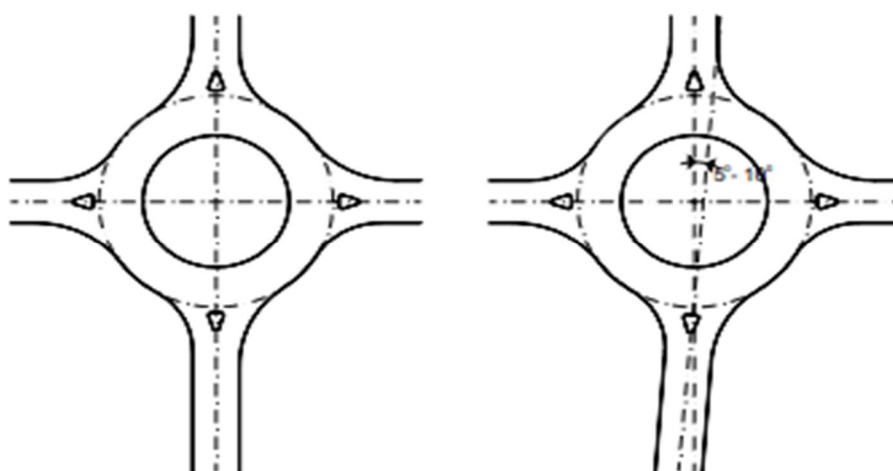
Vanjski radijus [m]		27 - 35	35 - 45
Širina kružne trake [m]		6.5 - 8.0	5.75 - 6.5
Obavezni uvjeti	Širina trake na ulazu [m]	3.25 - 3.5	3.5 - 4.0
	Širina trake na izlazu [m]	3.5 - 3.75	3.5 - 4.25
	Ulazni radijus [m]	10 - 12	12 - 14
	Izlazni radijus [m]	12 - 14	14 - 16

Posebnu pažnju treba posvetiti malim kružnim raskrižjima kroz koja prolaze vozila javnog prometa. U takvim slučajevima, razumno je izgraditi posebnu traku za vozila javnog prometa. Brzina kojom se vozila kreću u kružnom raskrižju može se kontrolirati i primjenom drugih parametara.

6.6.2. Pravać pružanja priključnih prometnica u odnosu na kružna raskrižja

Iz sigurnosnih razloga priključne prometnice su što je više moguće postavljene pod pravim kutem na kružno raskrižje (slika 62.), obzirom da tangentan položaj ima kao posljedicu preveliku brzinu na ulazu, kompliciran ulazak u kružno raskrižje, i sudaranje u sustizanju po ulasku. [17]

Uvjeti za dobar ulazak vozila u kružno raskrižje stvaraju se odgovarajućim odabirom ulaznog radijusa R , ulazne širine e i dužine lijevak proširenja l' .



Slika 62. Optimalan (lijevo) i dopušten (desno) pravać pružanja priključnih prometnica u odnosu na kružno raskrižje [16]

6.6.3. Širina priključne trake prije kružnog raskrižja

Širina priključne trake prije kružnog raskrižja je važan element koji bitno utječe na ulazni protok. Ako se radi o rekonstrukciji, širina priključne trake uvjetovana je širinom trake koja je postojala prije rekonstrukcije.

6.6.4. Širina na ulazu i dužina ulaznog lijevak proširenja

Najkritičnija radnja u kružnom raskrižju je ulazak i iz tog razloga je jako važno optimalno projektirati ovu malu površinu te je isto definirano je na temelju dva elementa[17]:

- širina na ulazu e ,
- dužina ulaznog lijevak proširenja l' .

Dužina ulaznog lijevak proširenja l' definirana je kao dužina srednje linije koja povezuje luk ulaza normalne širine i luk lijevak proširenja. Veće vrijednosti od preporučene širine na ulazu e podrazumijevaju i veći broj prometnih traka.

6.6.5. Ulazni radijus u ulaznom kutu

Ulazni radijus R u ulaznom kutu Φ nemaju bitan utjecaj na protok, ali su bitni za osiguravanje sigurnosti prometa na ulazu u kružno raskrižje i u kružnom toku. Veličina ulaznog radijusa ovisi o veličini kružnog raskrižja. Iskustva u projektiranju pokazuju da je optimalan ulazni kut 30° .

6.6.6. Širina izlaza iz kružnog raskrižja

Prilikom izračuna ulaznog protoka, jedna od glavnih pretpostavki je da ne dolazi do prekida prometa u kružnom raskrižju. U cilju postizanja toga, izlaz mora biti dovoljno širok.

6.6.7. Izlazni radijus

Kao i za izlaz, slično vrijedi i za izlazni radijus. Izlazni radijus treba osigurati odgovarajući izlazni protok i sigurnost pri izlaznoj brzini. Izlazni radijus treba biti veći ili jednak ulaznom radijusu, ali nikako ne manji.

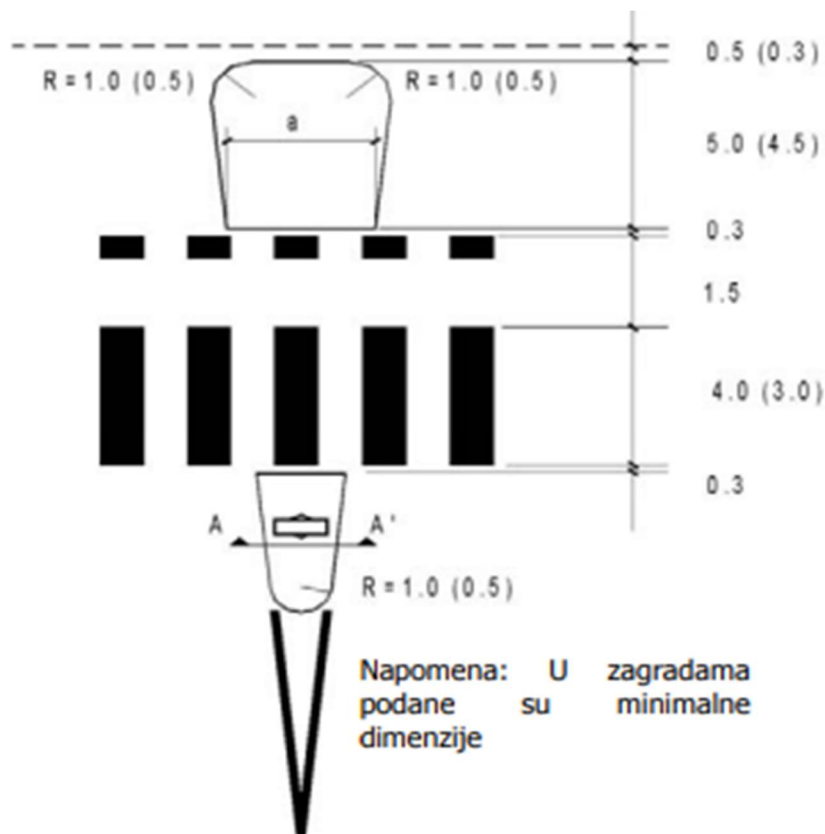
6.6.8. Dimenzije razdjelnog prometnog otoka

Ako se radi o velikim kružnim raskrižjima, preporučljivo je da razdjelni prometni otoci budu u obliku trokuta, a u malim kružnim raskrižnicama u obliku kaplje.

Minimalne dimenzije trokutastog razdjelnog prometnog otoka ovise o veličini kružnog raskrižja i ulaznog radijusa, a s obzirom na veličinu kružnog raskrižja nije ih teško projektirati i izvesti.

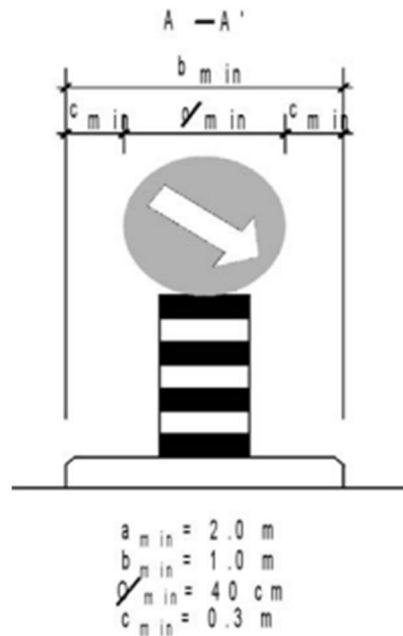
Minimalne dimenzije razdjelnog prometnog otoka u obliku kaplje ovise o vrsti sudionika u prometu koji prelaze prometni otok (pješaci i biciklisti ili samo pješaci).

Preporučljivo je da je razdjelni prometni otok na širem dijelu, gdje ga presijeca biciklistička staza, bude širine najmanje 2 m (dužina bicikla + sigurnosna udaljenost), dok minimalna širina gdje su postavljeni prometni znakovi "obavezna vožnja desnom stranom" i znak koji označava razdjelni prometni otok treba biti najmanje 1.0 m (slika 63.).



Slika 63. Minimalne dimenzije razdjelnog prometnog otoka [17]

Preporučljivo je da razdjelni prometni otok na širem dijelu, gdje ga presijeca biciklistička staza, bude širine najmanje 2 m (dužina dječijih kolica i osobe koja ih gura + sigurnosna udaljenost), dok minimalna širina gdje su postavljeni prometni znakovi "obavezna vožnja desnom stranom" i znak koji označava prometni otok treba biti najmanje 1.0 m.[17]



Slika 64. Minimalne dimenzije razdjelnog prometnog otoka [17]

Isto se odnosi i na kružno raskrižje bez biciklista. U takvim slučajevima, razdjelni prometni otok se projektira od drugačijih materijala i segmentnih oblika.

6.7. Horizontalno i vertikalno vođenje linije kružnog raskrižja

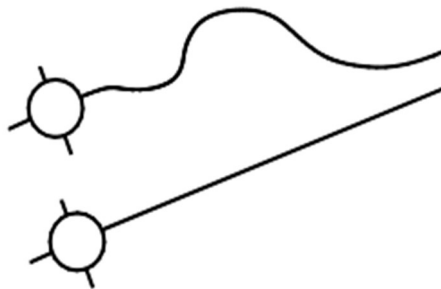
6.7.1. Horizontalno vođenje osi kružnog raskrižja

Pojam horizontalnog vođenja osi ceste odnosi se na dovođenje ceste u pravac u širem i užem smislu. Vođenje osi ceste u širem smislu označava elemente horizontalnog pravca ceste na dužoj dionici prije i poslije kružnog raskrižja. [1]

6.7.1.1. Pravac osi ceste na dužoj dionici

Smanjenjem radijusa uzastopnih zavoja prije kružnih raskrižja, brzina se prije kružnog raskrižja postepeno smanjuje, što sprječava prekasno opažanje kružnog raskrižja od strane vozača i sudare u sustizanju.

Pravac, kao element duže dionice prije kružnih raskrižja nije zabranjen, ali nije preporučljiv i u osnovi se koristi samo kod rekonstrukcije postojećih klasičnih križanja ili u urbanim sredinama, gdje je prethodno već određen pravac osi ceste zbog postojanja okolnih zgrada (slika 65.). U takvim slučajevima, posebna pažnja posvećuje se javnoj rasvjeti.[1]



Slika 65. Osi ceste na dužoj dionici prije kružnog raskrižja [1]

6.7.1.2. Pravac osi ceste u zoni kružnog raskrižja

Preporučljivo je da su posljednji i prvi elemenat, direktno prije i poslije kružnog raskrižja pravci, premda to nije neophodno.

Pravac osigurava priključenje kraka kružnoj prometnici pod pravim kutom, što je prikladno s aspekta sigurnosti prometa. Također, poželjno je da se produžeci osi krakova kružnog raskrižja presijecaju u jednoj točki.

Najbolje je ako je ta točka presjeka u središtu kružnog raskrižja. Manje je prikladno ako je točka presjeka lijevo od središta luka (gledajući s ulaza). U takvim slučajevima maksimalno

dozvoljeno odstupanje je manje od 15° . Najgori slučaj je kada je točka presjeka desno od središta kružnog raskrižja jer kao posljedicu ima povećanu maksimalnu moguću ulaznu brzinu.

6.7.2. Vertikalno/visinsko vođenje linije prometnice

Pri projektiranju kružnih raskrižja, posebnu pažnju treba posvetiti vertikalnom vođenju osi ceste, tj. uzdužnim nagibima cesta koje se križaju, vertikalnim kružnim elementima i poprečnim nagibima kružne prometne trake[16].

Granične vrijednosti gore navedenih elemenata definirane su na osnovu dinamičkih pravila vožnje, psiholoških i psihičkih pravila, a posebno na osnovu građevinskih mogućnosti i zahtjeva. Ovo posljednje naročito obuhvaća zahtjeve dinamike vožnje i efikasnu površinsku odvodnju s područja kružnog raskrižja[16].

Osnovni principi za dovođenje u pravac trasa prometnica koje se križaju, sve u smislu vertikalne projekcije su kako slijedi: trase prometnice koje prilaze kružnom raskrižju ne smiju prolaziti kroz kružno raskrižje stvarajući uzvišenja koja smanjuju preglednu udaljenost na ulazu u kružno raskrižje; priključni nagibi trebaju se uzdizati/padati na $\leq 4\%$, inače zavoje treba izvesti sa najmanje R500. Radijus vertikalnog zavoja ne može se protezati na kružnu traku.

Cjelokupna površina ograničena vanjskim radijusom kružnog raskrižja ili vanjskim radijusom pješačke staze, u slučaju da je kružno raskrižje predviđeno za bicikliste i pješake, mora biti u jednoj osi.

6.7.3. Uvjeti koji vrijede za nagibe prilaznih prometnica

Maksimalni uzdužni nagib prilaznih prometnica u kružnom raskrižju ne treba biti veći od $s_{max} = 3\%$ direktno ispred vertikalnog zavoja. Ako je pad nagiba priključnih prometnica direktno ispred vertikalnog zavoja veća od s_{max} , ona se mora smanjiti na $s = 3\%$. [17]

Odabire se takav radijus vertikalnog zavoja koji opisuje novi prijelom i on je veći ili jednak R_{min} i ne nalazi se u području vertikalnog zavoja priključenja kružnoj prometnici. Minimalan uzdužni nagib priključnih prometnica kružnom raskrižju određen je načinom odvodnje. Zatim, u zoni kružnog raskrižja uzdužni padovi priključnih prometnica ne bi trebali biti karakterizirani uzdužnim nagibom ruba ceste manjim od 0.5% , premda su dionice u razini također moguće.

6.7.3.1. Uvjeti koji vrijede za vertikalne zavoje priključnih prometnica kružnim raskrižjima

U slučaju da se priključne prometnice priključuju kružnom raskrižju u usponu ili padu, potrebno je izgraditi platformu direktno ispred ulaza, s uzdužnim nagibom od maksimalno $\pm 3.5\%$.

Dužina platforme je minimalno 6 m ili više, u slučaju gustih prometnih smjerova i velikog broja kamiona. U takvim slučajevima, poželjno je da vertikalni zavoji počinju tek nakon 12 m mjereno od horizontalne signalizacije koja označava prestanak prioriteta. Uzdužni pad na platformi, na udaljenosti od 6 m (ili 12 m) ne smije biti veći od $\pm 3.5\%$. Ako na toj lokaciji postoji vertikalni zavoj, mjeri se tangentan nagib[17].

Za druge segmente vertikalnog vođenja priključnih prometnica ka kružnom raskrižju vrijede isti uvjeti kao i za klasična raskrižja.

6.7.3.2. Poprečni nagib kružnog raskrižja

Namjena poprečnog nagiba kružnog raskrižja je uglavnom sljedeća[17]:

- adekvatna odvodnja,
- omogućavanje izmjena u sastavnim nagibima u prijelazu između priključnih prometnih traka i kružne trake.

Razlikujemo dvije vrste poprečnog nagiba kružnog raskrižja:

- vanjski poprečni nagib (negativni)
- unutarnji poprečni nagib (pozitivni).

Vanjski poprečni nagib kružnog raskrižja je najčešća metoda vertikalnog izjednačenja kružnog raskrižja. Također, ovo je najjednostavniji način osiguravanja odgovarajuće odvodnje i rješenje problema prijelaza između priključnih prometnih traka i kružne prometne trake.

Poprečni pad ne smije biti veći od 2.5%. Kombinacija vanjskog poprečnog pada i geometrijskih elemenata koji omogućuju preveliku brzinu, mogu kao rezultat imati opasna kružna raskrižja. Slabosti kružnih raskrižja s vanjskim poprečnim nagibom uglavnom su loši vremenski uvjeti, kada usljed kombinacije negativnog poprečnog nagiba i smanjenog koeficijenta trenja između guma i tla, vozilo počinje proklizavati čak i pri maloj brzini [1].

Štoviše, vožnja zavojima s negativnim poprečnim padom ima nepovoljan utjecaj, kako na vozačevu, tako i na udobnost putnika (transverzalne sile djeluju suprotno očekivanom).

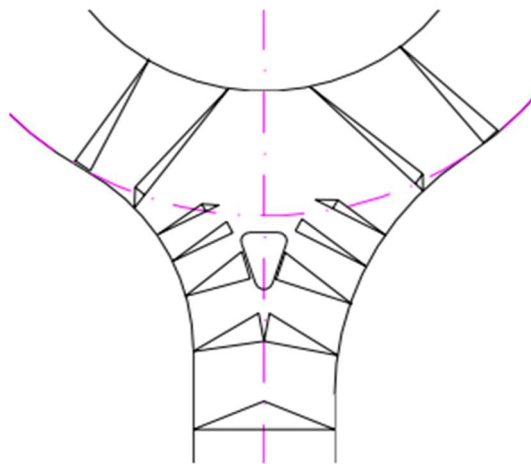
U slučaju rekonstrukcije klasičnih raskrižja u male i srednja kružna raskrižja, ovakva metoda vertikalnog izjednačavanja je obično jeftinija, a u osnovi se može koristiti prethodno opisani način odvodnje.

Unutarnji poprečni nagib kružnog raskrižja (slika 66.) s prometno-tehničkog gledišta je pravilan poprečni nagib u kružnom zavoju. Bez obzira na gore navedene činjenice, koristi se rjeđe jer su pravilna odvodnja i priključne veze zahtjevnije. [17]

S obzirom na to da se pravac poprečnog nagiba mijenja na ulazima i izlazima, mora se osigurati da promjena nije veća od 5%. Promjena u poprečnom nagibu dana je vertikalnim radijusom. Veliku pažnju treba posvetiti poziciji slivnika. Kritične točke zadržavanja vode (takozvani "vodeni džepovi") su ulazi, izlazi i unutrašnja traka kružnog toka. Obzirom da je kružni kolnik nagnut prema centru kružnog raskrižja, može doći do sljedećih pogrešaka:

- vodeni džepovi na ulazima i izlazima iz kružnog raskrižja,
- zadržavanje vode na unutarnjoj kružnoj traci.

Prilikom projektiranja vanjskog ruba trake na ulazu i izlazu iz kružnog raskrižja, potrebno je poštovati opća pravila za projektiranje osi i ruba kolnika.



Slika 66. Unutarnji poprečni pad kružnog raskrižja[17]

6.8. Pregledna udaljenost

Glavna pravila koja je potrebno poštivati u kružnim raskrižjima, a u vezi s preglednom udaljenošću su [14]:

- u urbanim kružnim raskrižjima, vozač može u vidnom polju imati suprotni izlaz iz kružnog raskrižja, ali to nije neophodno,
- u izvanurbanim kružnim raskrižjima, vozač ne smije u vidnom polju imati suprotni izlaz iz kružnog raskrižja, što se postiže izdizanjem središnjeg prometnog otoka.

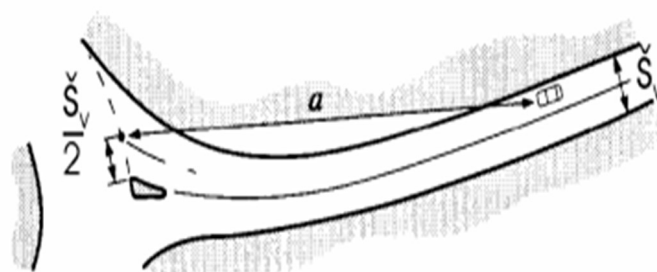
Gore navedena pravila logično se primjenjuju, nezvano za broj prometnih krakova kružnog raskrižja i broj kružnih prometnih traka kružnog kolnika. Vrijednosti pregledne udaljenosti, a koje se odnose na kružno raskrižje dane su tablici 12.

Tablica 12. Zaustavna pregledna dužina [3]

Zaustavna pregledna dužina [m]		
Vr [km/h]	40	50*
Preporučeno	50	70
Minimalno	10	50

* samo u slučaju velikih kružnih raskrižja u izvanurbanim područjima ili na autocestama

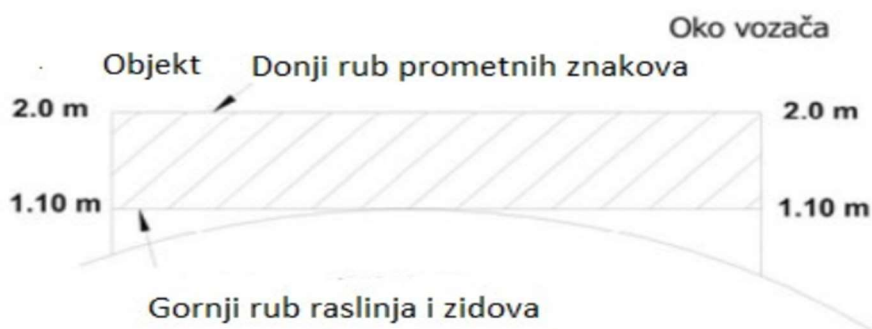
Prilazna pregledna udaljenost na ulazu u kružno raskrižje, mjereno do linije zaustavljanja, prikazana je na slika 67. Ako nije zadovoljen kriterij pregledne udaljenosti u dovoljnoj mjeri, vozači moraju biti upozoreni postavljanjem dodatnih prometnih znakova.



Slika 67. Prilazna pregledna udaljenost [3]

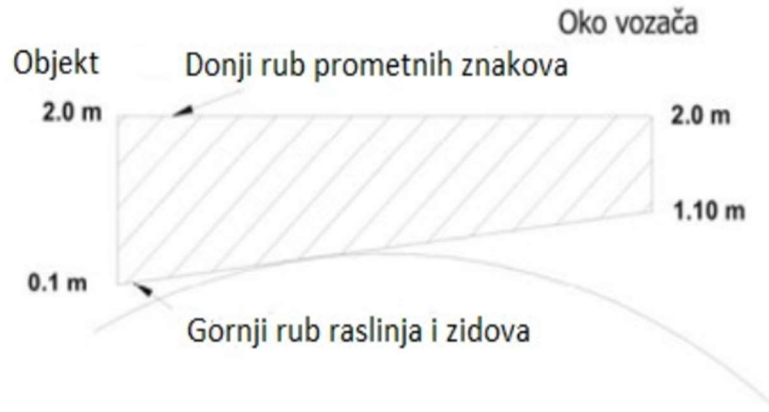
6.8.1. Visina linije preglednosti i prepreke

Vidno polje na ulazu s lijeve strane i preko središnjeg prometnog otoka treba osigurati kako je prikazano na slici 68. Pregledna udaljenost treba se osigurati od visine linije preglednosti vozača 1.1 m do visine prepreke 1.1 m, dok se vidno polje treba produžiti 2.0 m iznad površine kolnika.



Slika 68. Pregledna udaljenost na ulazu s lijeve strane [3]

Preostala dužina vidljivosti treba biti kako je prikazano na slici 69. Dužina vidljivosti proteže se od visine oka vozača (između 1.1 m i 2.0 m) do visine prepreke između 0.1 m i 2.0 m, mjereno od površine kolnika[3].



Slika 69. Preostala dužina vidljivosti [3]

U ovoj zoni prometni znakovi ne trebaju biti niži od 2.0 m, mjereno od površine kolnika do donjeg ruba znaka.

6.8.2. Pregledna udaljenost s lijeve strane

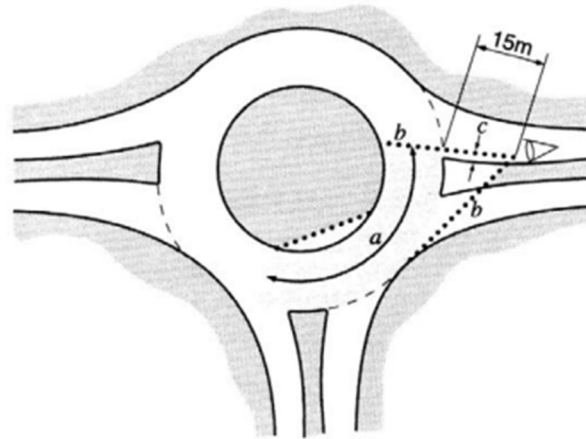
Vozači svih vozila koji se približavaju oznakama na kolniku, označavaju rub kružnog kolnika, moraju imati u vidnom polju čitavu širinu kružnog kolnika, od linije zaustavljanja s njihove lijeve strane na dužini zaustavljanja, mjereno duž osi kružne trase (tablica 13.).

Tablica 13. Pregledna udaljenost s lijeve strane

Radijus kružnog raskrižja [m]	Pregledna udaljenost [m]
<40	-
40-60	40
60-100	50

Pregledna udaljenost s lijeve strane provjerava se od središta trake (u slučaju dvotračnog ulaza iz lijeve trake) na udaljenosti od 15 m od linije zaustavljanja, kako je prikazano na slici 70.

Uvijek je potrebno provjeriti je li građevine ili uređaji, kao i prometni znaci ili drugi stalni ili privremeni objekti pored puta ograničavaju preglednu udaljenost.



Slika 70. Pregledna udaljenost s lijeve strane potrebna za ulazak u kružno raskrižje [17]

gdje je:

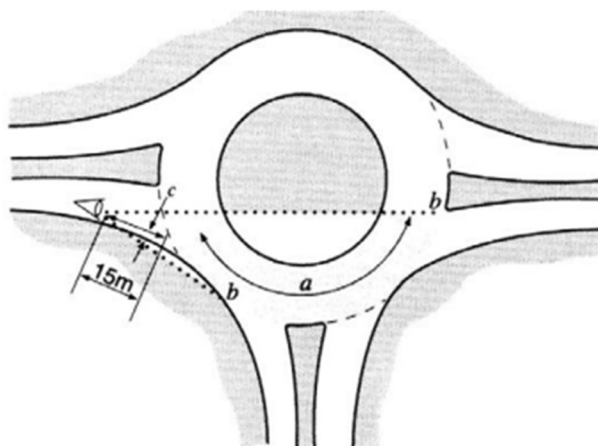
- a. pregledna udaljenost u odnosu na kružnu brzinu,
- b. rub vidnog polja,
- c. pola širine ne proširene trake.

U nekim slučajevima (malog kružnog raskrižja bez sadržaja u središnjem prometnom otoku) prevelika pregledna udaljenost na ulazu ili između dva uzastopna ulaza može imati kao posljedicu preveliku brzinu na ulazu u kružno raskrižje.

U takvim slučajevima logično je ograničiti preveliku preglednu udaljenost selektivnim sađenjem zelenila u središnjem prometnom otoku.

6.8.3 Prilazna pregledna udaljenost na ulazu

Vozači svih vozila koji prilaze liniji zaustavljanja moraju imati u vidnom polju čitavu širinu kružnog kolnika ispred sebe, mjereno duž srednje linije kružne trase, što odgovara veličini kružnog raskrižja. [17]



Slika 71. Prilazna pregledna udaljenost na ulazu u kružno raskrižje [17]

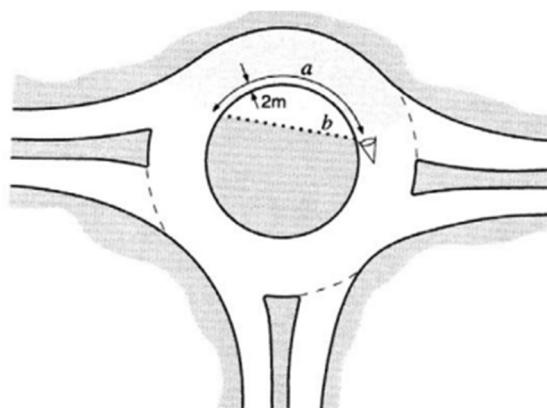
gdje je:

- a. pregledna udaljenost u odnosu na kružnu brzinu,
- b. rub vidnog polja,
- c. pola širine ne proširene trake.

6.8.4. Pregledna udaljenost u kružnom toku

Vozila u kružnom toku moraju imati u vidnom polju čitavu širinu kružnog kolnika ispred sebe, na udaljenosti koja odgovara veličini kružnog raskrižja (tablica 13.).

Ova pregledna udaljenost treba se provjeriti na 2 metra izvan ruba središnjeg prometnog otoka, kako je prikazano na slici 72 [17].



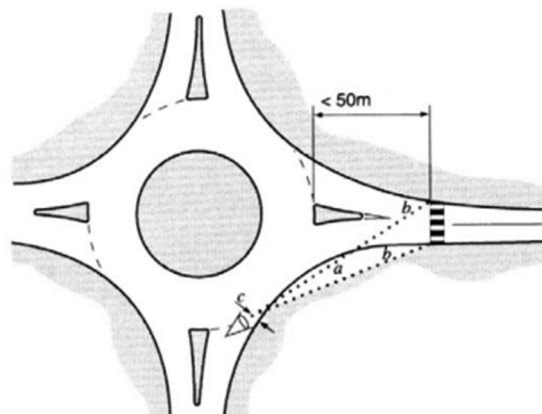
Slika 72. Pregledna udaljenost u kružnom raskrižju [17]

gdje je:

- a. pregledna udaljenost u odnosu na kružnu brzinu,
- b. rub vidnog polja.

6.8.5. Pregledna udaljenost na pješačkim prijelazima

Prilikom približavanja kružnom raskrižju, vozila koja se približavaju pješačkom prijelazu moraju imati takvu preglednu udaljenost do pješačkog prelaza (slika 73.), kakva je potrebna za sigurno zaustavljanje vozile, pri brzini koja je dozvoljena na ulazu u kružno raskrižje (tablica 12.). U malim i srednjim urbanim kružnim raskrižjima, vozači koji se nalaze direktno ispred linije zaustavljanja, moraju imati u vidnom polju čitavu širinu pješačkog prijelaza na neposrednom sljedećem izlazu (ako je pješački prijelaz do 50 metara udaljen od kružnog raskrižja) [2].



Slika 73. Pregledna udaljenost od ulaza do pješačkog prelaza na neposrednom sljedećem izlazu [17]

gdje je:

- a. minimalna površina preko koje je potrebno osigurati nesmetano vidno polje, ako je pješački prelaz manje od 50 metara udaljen od kružnog raskrižja, s točke gledišta,
- b. rub vidnog polja,
- c. polovina širine prometne trake.

6.8.6. Prepreke preglednosti

Prometni znakovi, gusto i rijetko raslinje (biljke, drveće) i drugi izdignuti elementi i objekti mogu biti u vidnom polju samo ako ne stvaraju prepreku vidljivosti.

Drveće, stupovi javne rasvjete, nadvožnjaci i dr. mogu biti u vidnom polju ako je njihova maksimalna širina 55 cm. Gdje god je to moguće, pješački prijelazi bi također trebali biti izvan vidnog polja. Ako to nije moguće, pješački promet bi trebao imati najmanji mogući utjecaj na ometanje uvjeta preglednosti [9].

6.8.7. Pregledna udaljenost na izdignutim kracima kružnog raskrižja

Tamo gdje je kružno raskrižje iznad glavnog prometnog smjera, potrebno je zadovoljit uvjete pregledne udaljenosti na ulazu s izdvojenom trakom za skretanje.

Već i u početnoj fazi projektiranja, potrebno je provjeriti preglednu udaljenost utvrđivanjem hoće li planirani željeznički nadvožnjak, zidovi ili prometni znaci i putokazni znaci ometati preglednu udaljenost na ulazu u kružno raskrižje.[17]

Nedovoljna pregledna udaljenost na ulazu može izazvati gužve u prometu (naglo kočenje na ulazu) i manju sigurnost prometa. Važno je da je linija zaustavljanja jasno vidljiva vozačima vozila koja se približavaju i da nije sakrivena konveksnim zavojem.

6.9. Oprema ceste

6.9.1. Razdjelni prometni otoci – pješački otoci

Na ulazu u kružno raskrižje obavezno je izdignuti razdjelni prometni otok, osim u slučaju mini kružnih raskrižja, obzirom da je ono od neprocjenjivog značaja za sigurno usmjeravanje prometa motornih vozila, pješaka i biciklista.

Također, ukoliko je to moguće, kod mini urbanih kružnih raskrižja treba koristiti tipični izdignuti elementi kako bi se fizički razdvojili ulaz i izlaz iz kružnog raskrižja.

Linije razdjelnog prometnog otoka trebaju se prilagoditi linijama ulazne, izlazne i kružne trake kružnog raskrižja. Presjek ovih linija treba biti upisan u krug minimalnog radijusa 0.5 m.[17]

6.9.2. Pješački i biciklistički prijelazi

Pješački i biciklistički prijelazi osiguravaju sigurnost prometa i olakšan prelaz pješaka i biciklista preko prometnih krakova kružnog raskrižja.

Prijelazi trebaju biti projektirani na način da privlače najveći mogući broj pješaka (koji bi inače nasumice prelazili cestu). Prilikom prelaska pješačkog prelaza, pješaci trebaju u vidnom polju imati vozila koja se približavaju. U smislu pregledne udaljenosti pješaka, posebna pažnja treba se posvećuje se kružnim raskrižjima u kojima se nalaze autobusna stajališta.

Autobusi koji su se zaustavili na autobusnom stajalištu ne smiju omesti preglednu udaljenost pješaka ili vozača. [17]

Pješački prijelazi trebaju se postaviti dalje od izlaza iz kružnog raskrižja (za dužinu od jednog do dva putnička vozila), što ima kao posljedicu konflikt između zatjeva vozača i pješaka. Ako

je pješački prijelaz predaleko od izlaza iz kružnog raskrižja, pješaci ga neće koristiti. U takvim slučajevima potrebno je spriječiti nepropisno prelaženje prometnih krakova kružnog raskrižja postavljanjem fizičkih prepreka (raslinje, ograde, itd.).

Ako je pješački prijelaz preblizu kružnom raskrižju, postoji mogućnost stvaranja kolona vozila na ulasku u kružno raskrižje, s kolonom koja se proteže na kružni kolnik, što ometa promet na tom kolniku. Svaki slučaj treba posebno i detaljno razmotriti. [17]

U obzir treba uzeti sljedeće: brzinu vozila, količinu pješaka/biciklista i gustoću prometa, veličinu kružnog raskrižja i dužinu pješačkog prijelaza.

6.9.3. Vozni dio središnjeg prometnog otoka

Vozni dio središnjeg prometnog otoka je onaj dio središnjeg prometnog otoka, koji u cjelini sa kružnim kolnikom omogućava dugim vozilima vožnju kroz kružno raskrižje u slučaju kada, uslijed malog kružnog raskrižja ili nedovoljne širine kružnog kolnika to ne bi bilo moguće bez voznog dijela središnjeg prometnog otoka [17].

Vozni dio središnjeg prometnog otoka je iz tog razloga izgrađen samo u slučaju malih i srednjih kružnih raskrižja. U slučaju mini kružnih raskrižja, ne može se osigurati vozni dio središnjeg prometnog otoka, dok kod velikih (višetračnih) kružnih raskrižja to nije ni potrebno.

Vozni dio središnjeg prometnog otoka je obično širok od 1.0 do 2.0 m, ovisno o površini koju zauzima mjerodavno vozilo tijekom vožnje kroz kružno raskrižje (puni krug).[17]

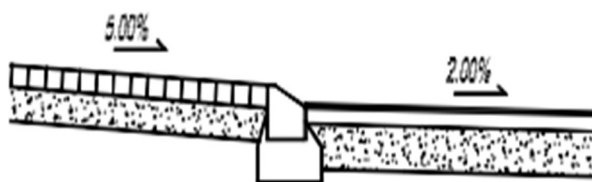
Vozni dio središnjeg prometnog otoka treba projektirati na način i uz korištenje materijala koji odvrćaju vozače kratkih vozila da ga koriste, tako da ga koriste samo ona vozila koja bez tog dijela kolnika ne bi mogla proći kružno raskrižje. Ovo se može postići dovoljnim vanjskim nagibom (približno 5%) i grubom površinom.

6.9.4. Rubnjaci u kružnom raskrižju

Rubnjaci prometnih otoka trebaju biti jasno vidljivi (bijeli ili crno-bijeli).

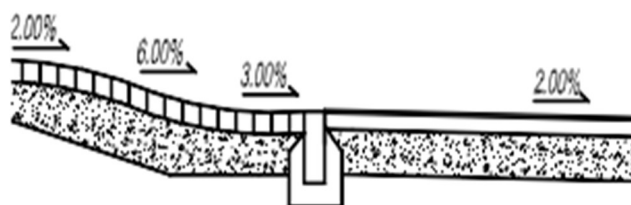
Na unutarnjoj strani kružnog kolnika postavljaju se rubnjaci manjeg nagiba, onda kada je unutrašnja kružna traka praćena voznim dijelom središnjeg prometnog otoka (slika 74.).

Nagib takvog rubnjaka treba biti manji ili jednak 1.25:1, što spriječava da se gume dugih vozila oštete prilikom prelaska preko rubnjaka. Preporučena visina rubnjaka je 2.0 - 3.0 cm.[17]



Slika 74. Rubnjak između kružne trake i voznog dijela središnjeg prometnog otoka [17]

U slučaju malih kružnih raskrižja, preporučena je izgradnja veznog prelaza između unutarnje kružne trake i voznog dijela središnjeg prometnog otoka zbog manjeg habanja guma (slika 75).

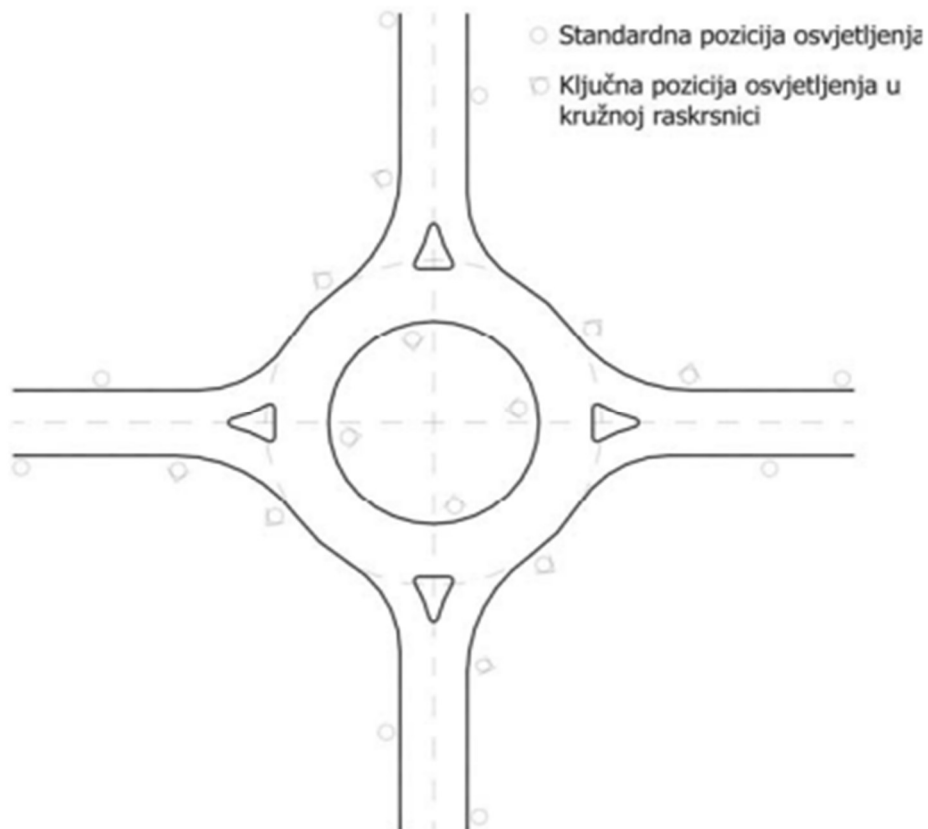


Slika 75. Vezni prijelaz između unutarnje kružne trake i voznog dijela središnjeg prometnog otoka [17]

6.9.5. Osvjetljenje kružnog raskrižja

Kako bi se zadovoljili uvjeti sigurnosti prometa, kružna raskrižja trebaju biti propisno osvijetljena tijekom noći. [3]

Ulaz i središnji prometni otok kružnog raskrižja trebaju se osvijetliti sukladno rasporedu stupova kako je prikazano na slici 76. Prometni otoci su podešeni kao osnova za stupove za osvjjetljenje, samo ako su dovoljno velika i ne smanjuju preglednost [3].



Slika 76. Preporučeno postavljanje osvjetljenja u kružnom raskrižju [17]

Stupovi osvjetljenja trebaju se postaviti u krug duž ruba kružnog raskrižja. Treba ih ravnomjerno raspodjeliti, na jednakoj udaljenosti između izvora svjetlosti i središta prometnog otoka. Svaki pristup ili ulaz treba biti osvijetljen najmanje 60 metara prije kružnog raskrižja. Osvjetljenje kružnog raskrižja treba osigurati da je jednako onom na priključnim prometnicama.

7. ZAKLJUČAK

Anlizom elemenata prometnih raskrižja i prkiljučaka u razini može se zaključiti da su tehnički elementi prometnica jedni od bitnijih čimbenika koji utječu na propusnu moć cestovnog prometa i sigurnost prometa. Zbog toga je bitno pri izradi određene prometne dionice, raskrižja i ostalih djelova prometne infrastrukture posvetiti pažnje tehničkim elementima.

Kao ulazne parametre potrebno je napraviti što detaljnije analize postojećih stanja i buduće primjene pri izgradnji prometnice, kako bismo dobili što bolji željeni rezultat i učinak prometnice, a to je propusna moć i sigurnost prometa. Kada određena prometnica nije izgrađena prema projektu bez jasnih stručnih rješenja, automatski se smanjuje njezina funkcionalnost. Zbog povećanja prometnih kapaciteta i rasta broja stanovnika u urbanim područjima, zahtjevi za prometnim rješenjima su sve veći.

Još uvijek je cestovni promet osnovni promet za transport ljudi i robe, zbog toga je na te zahtjeve potrebno odgovoriti izgradnjom novih prometnica ili rekonstrukcijom postojećih. Bitno je istaknuti važnost prometne vertikalne i horizontalne signalizacije koje uveliko pridonose sigurnosti prometa.

Kružna raskrižja su se pokazala kao suvremeno rješenje prometa u gradovima, a intezivno su se počela graditi u posljednjih 20 godina u Europi i Hrvatskoj. Razlog tomu su brojne prednosti koja kružna raskrižja imaju ispred klasičnih raskrižja, tipova trokrakih, četverkrakih i višekrakah raskrižja.

Glavne karakteristike ovih raskrižja su kanalizirati promet koji se odvija suprotno od kazaljke na satu, mogućnost spajanja 4 i više priključa i smanjenje konfliktnih točaka s obzirom na klasična raskrižja što se ovim radom i pokazalo. To rezultira povećanjem sigurnosti i propusne moći, što se ističe kao njihova najveća prednost.

Pored toga, estetski su jako pogodna za gradske sredine, s brojnim mogućnostima uređenja sredisnjeg otoka. S obzirom na brojna pozitivna iskustva izgradnje kružnih raskrižja te njihove prednosti u odnosu na klasična raskrižja očekivati je da će njihova izgradnja u Hrvatskoj i dalje intenzivirati te povećati aspekte sigurnosti u prometu.

8. LITERATURA

- [1]. Božičević, J., Legac, I. Cestovne prometnice. - Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2001.
- [2]. Brozović, I. Pješački promet i planersko-projektni parametri pješačkih komunikacija i pješačkih prostora u gradovima – habilitacijski rad. – Rijeka: Veleučilište u Rijeci, 2003
- [3]. Cerovac, V. Tehnika i sigurnost cestovnog prometa. – Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2001.
- [4]. Dadić, I., Kos, G. Prometno i prostorno planiranje (skripta iz predavanja). – Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2007.
- [5]. Dadić, I., Kos, G. Teorija i organizacija prometnih tokova (skripta). – Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2007.
- [6]. Dragčević, V., Korlaet, Ž. Osnove projektiranja cesta – skripta. - Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2003.
- [7]. Vlada Republike Hrvatske Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske 2006-2010. – Zagreb: Narodne novine 23/06.
- [8]. Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stanovišta sigurnosti prometa. – Zagreb: Narodne novine, 110/2001.
- [9]. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. – Zagreb: Narodne novine, br. 33/05., 64/05. i 155/05.
- [10]. Prometna studija Zagreba (prosinac, 1999. g.). - Na internet adresi: www.zagreb.hr/default.asp?id=664
- [11]. Topolnik, D. Osvrt na određivanje propusne moći raskrižja u istom nivou prema Highway Capacity Manualu izdanom 1965. g. – Ceste i mostovi br.5(1970).
- [12]. Zakon o javnim cestama. – Zagreb: Narodne novine, br. 180/04. i 138/06.
- [13]. Zakon o prostornom uređenju i gradnji. – Zagreb: Narodne novine, br. 76/07.
- [14]. Zakon o sigurnosti prometa na cestama. – Zagreb: Narodne novine, br. 105/04. i 67/08.
- [15]. Brozović I. Prometno i prostorno planiranje II. dio.- Rijeka (prosinac, 2009).

[16]. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama. – Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2104.

[17]. Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima. –

Na internet adresi:

https://www.academia.edu/20752234/SMJERNICE_ZA_PROJEKTOVANJE_GRA%C4%90ENJE_ODR%C5%BDAVANJE_I_NADZOR_NA_PUTEVIMA

[18] Miletić, Ivan Andrea. Cestovna raskrižja kao element sigurnosti cestovnog prometa – Zagreb 2016.

9. POPIS SLIKA

Slika 1. Nekanalizirano trokrako T raskrižje

Slika 2. Kanalizirano trokrako T raskrižje

Slika 3. Nekanalizirano vođenje lijevog skretanja na četverokrakom raskrižju

Slika 4. Kanalizirano vođenje lijevog skretanja na četverokrakom raskrižju

Slika 5. Kontrolirano vođenje lijevog skretanja na kanaliziranom četverokrakom raskrižju

Slika 6. Kontrolirano vođenje lijevog skretanja na kanaliziranom četverokrakom raskrižju

Slika 7. Usmjeravanje vozila mjerama usmjerenja – otoka

Slika 8. Traka za usmjeravanje sa površinom za usmjeravanje (ili prometnim otokom) za skretanje lijevo na glavni prometni smjer (GPS)

Slika 9. Udaljenost između konfliktnih točaka: a) bez razmaka, b) djelomičan razmak, c) dovoljan razmak

Slika 10. Udaljenost između glavnih prometnih smjerova

Slika 11. Trokrako raskrižje

Slika 12. Pravilno vođenje GPS na trokrakom raskrižju

Slika 13. Nepravilno vođenje GPS na trokrakom raskrižju

Slika 14. Četvorokrako raskrižje

Slika 15. Uzastopna cestovna raskrižja u urbanim područjima

Slika 16. Priključna točka tip I bez mjera za usmjeravanje

Slika 17. Priključna točka tip II (bez trake za skretanje desno)

Slika 18. Priključna točka tip II (s trakom za skretanje desno)

Slika 19. Priključna točka tip III

Slika 20. Raskrižje tip I s kapljom

Slika 21. Raskrižje tip II (bez trake za skretanje desno)

Slika 22. Raskrižje tip II (s trakom za skretanje desno)

Slika 23. Raskrižje tip III

Slika 24. Raskrižje tip IV

Slika 25. Načini preuređenja postojećih nedozvoljenih vrsta raskrižja u dozvoljene vrste

Slika 26. Konfliktne točke na četverokrakom raskrižju

Slika 27. Priključivanje u zavoju: a) primjereno, b) djelomično primjereno i c) neprimjereno

Slika 28. Smjer nivelete GPS u području neposrednog križanja

Slika 29. Izvođenje koljena na SPS u području neposrednog križanja

Slika 30. Tipovi traka na raskrižjima

Slika 31. Elementi traka za skretanje

Slika 32. Proširenje u srednjoj točki

Slika 33. Izgradnja trake za skretanje desno na raskrižjima izvan urbanih područja

Slika 34. Izgradnja trake za skretanje desno na raskrižjima u urbanim područjima

Slika 35. Usmjeravajući otok trokutastog oblika

Slika 36. Usmjeravajući otok trokutastog oblika

Slika 37. Površine provoznosti mjerodavnih vrsta vozila prilikom skretanja lijevo/desno

Slika 38. Projektiranje usmjeravajućeg otoka u obliku kaplje ukoliko na GPS ne postoje posebne prometna trake za skretanje lijevo

Slika 39. Projektiranje usmjeravajućeg otoka u obliku kaplje ukoliko na putu GPS postoje posebne prometna trake za skretanje lijevo

Slika 40. Odvodnja raskrižja s minimalnim uzdužnim nagibom

Slika 41. Lokacija pješačkog prelaza na raskrižju koje je regulirano i koje nije regulirano semaforom

Slika 42. Vođenje pješaka preko trake za skretanje desno

Slika 43. Ulazna širina (e) i širina priključne trake (v)

Slika 44. Srednja efektivna dužina zvonastog proširenja

Slika 45. Elementi kružnog segmenta, velika dužina

Slika 46. Elementi kružnog segmenta, mala dužina

Slika 47. Osnovni elementi kružnog raskrižja u urbanim sredinama

Slika 48. Osnovni elementi kružnog raskrižja izvan urbanih sredina

Slika 49. Konfliktne točke na klasičnom četverokrakom raskrižju (lijevo) i kružnom raskrižju s jednim prometnim trakom (desno)

Slika 50. Vrste prometnih nesreća u kružnom raskrižju s dvije prometne trake

Slika 51. Dva moguća načina usmjeravanja biciklističkog prometa u zoni kružnog raskrižja

Slika 52. Pravac pružanja kraka kružnog raskrižja

Slika 53. Skretanje putanje vozila u kružnom raskrižju

Slika 54. Oblik razdjelnog prometnog otoka ovisno o veličini kružnog raskrižja (mala kružna raskrižja = kaplja, velika kružna raskrižja = trokut)

Slika 55. Priključne prometnice usmjerene pored kružnog raskrižja (direktno)

Slika 56. Jedno kružno raskrižje većeg radijusa

Slika 57. Dva kružna raskrižja manjih radijusa

Slika 58. Primjer pretvaranja količine prometa klasičnog četverokrakog raskrižja u količinu kružnog raskrižja

Slika 59. Prekinuti tokovi u kružnom raskrižju

Slika 60. Blokada kružnih raskrižja

Slika 61. Elementi prolaznosti kružnog raskrižja

Slika 62. Optimalan (lijevo) i dopušten (desno) pravac pružanja priključnih prometnica u odnosu na kružno raskrižje

Slika 63. Minimalne dimenzije razdjelnog prometnog otoka

Slika 64. Minimalne dimenzije razdjelnog prometnog otoka

Slika 65. Osi ceste na dužoj dionici prije kružnog raskrižja

Slika 66. Unutarnji poprečni pad kružnog raskrižja

Slika 67. Prilazna pregledna udaljenost

Slika 68. Pregledna udaljenost na ulazu s lijeve strane

Slika 69. Preostala dužina vidljivosti

Slika 70. Pregledna udaljenost s lijeve strane potrebna za ulazak u kružno raskrižje

Slika 71. Prilazna pregledna udaljenost na ulazu u kružno raskrižje

Slika 72. Pregledna udaljenost u kružnom raskrižju

Slika 73. Pregledna udaljenost od ulaza do pješačkog prelaza na neposrednom sljedećem izlazu

Slika 74. Rubnjak između kružne trake i voznog dijela središnjeg prometnog otoka

Slika 75. Vezni prijelaz između unutarnje kružne trake i voznog dijela središnjeg prometnog otoka

Slika 76. Preporučeno postavljanje osvjetljenja u kružnom raskrižju

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Minimalna udaljenost između raskrižja

Tablica 2. Minimalne vrijednosti lukova skretanja za različite vrste vozila

Tablica 3. Širine pojedinih tipova prometnih traka

Tablica 4. Dužina dionice za kočenje (l_z)

Tablica 5. Zaokružene vrijednosti širina dionice za promjenu prometnih traka (l_s)

Tablica 6. Vrijednosti faktora e

Tablica 7. Vrijednosti u središnjim točkama proširenja

Tablica 8. Podjela kružnih raskrižja prema lokaciji i veličini

Tablica 9. Granične i preporučene vrijednosti individualnih geometrijskih elemenata

Tablica 10. Vrijednosti pojedinih radijusa za kružno raskrižje

Tablica 11. Vrijednosti pojedinih elemenata kružnog raskrižja kada je mjerodavno vozilo kamion


Tablica 12. Zaustavna pregledna dužina

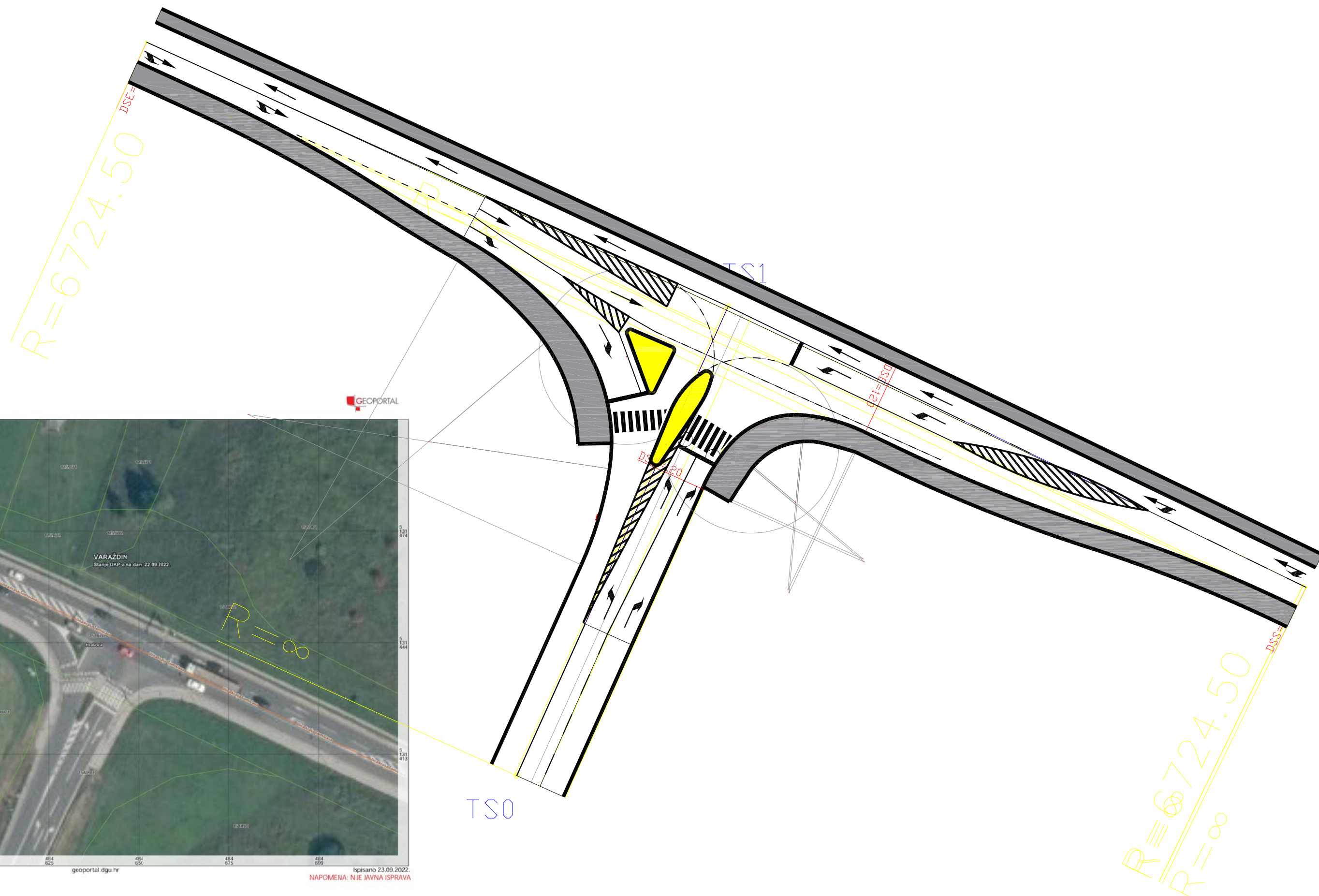
Tablica 13. Pregledna udaljenost s lijeve strane

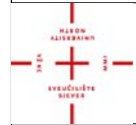
11. PRILOZI

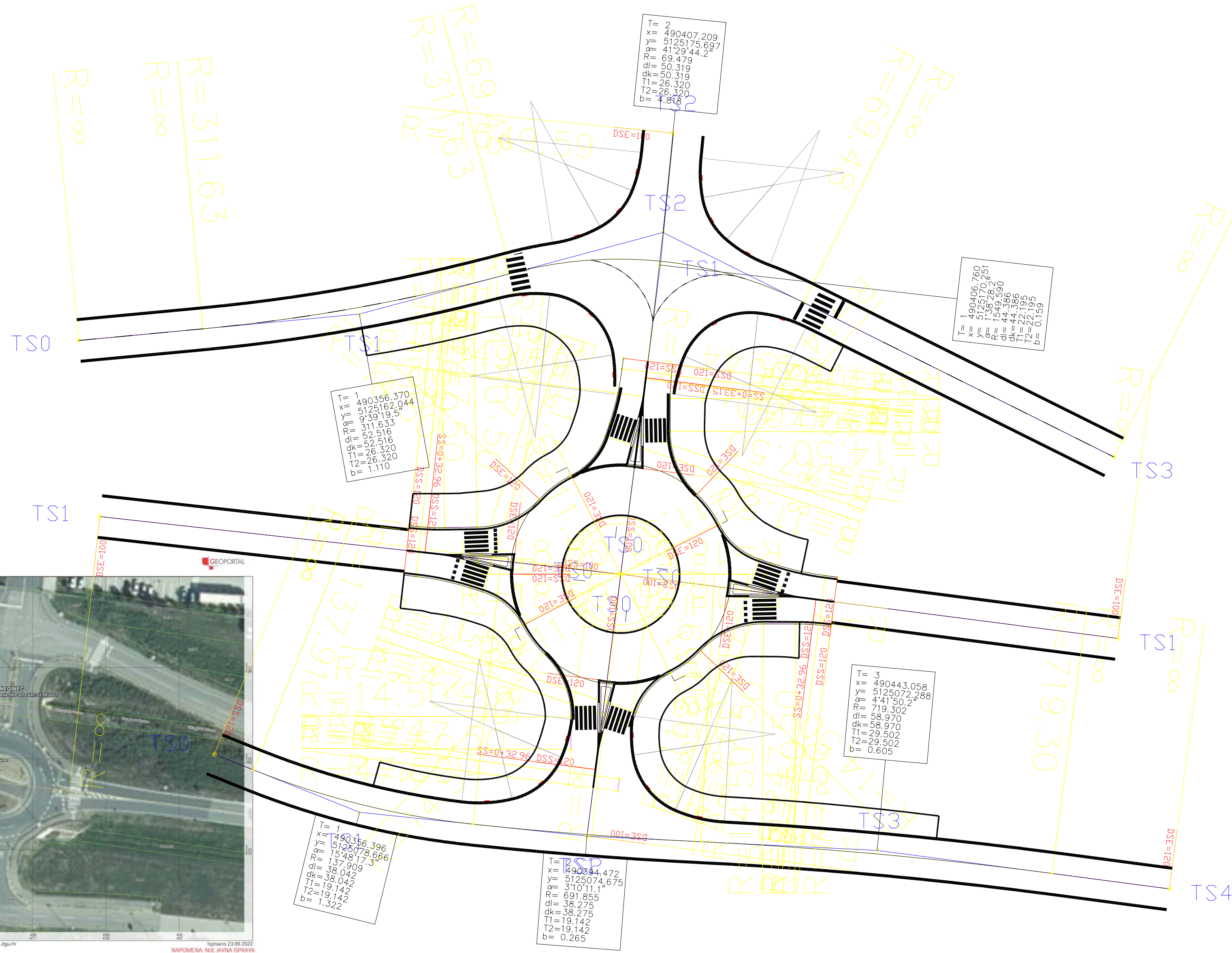
1. Prilog broj 1. Pregledna karta - Mjerilo 1:25000
2. Prilog broj 2. Trokrako križanje u ravnini - Mjerilo 1:500
3. Prilog broj 3. Kružno križanje - Mjerilo 1:500
4. Prilog broj 4. Kružno križanje s desnim skretanjem - Mjerlo 1:500




IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
 SVEUČILIŠTE SJEVER Sveučilišni centar Varaždin Jurja Križanića 31b, HR-42000 Varaždin			
DIPLOMSKI RAD			
LOKACIJA GRAĐEVINE: Varaždinska županija Grad Varaždin - K.O. Varaždin			
SADRŽAJ NACRTA: PREGLEDNA KARTA TK25 S NACRTANIM LOKACIJAMA ANALIZIRANIH KRIŽANJA			
MENTOR:	Izv. prof. dr. sc. Milan Rezo		
IZRADIO:	Stjepan Rezo 1990/336D		
NAZIV TEME:	Analiza elemenata križanja i priključaka u nivou		
MJERILO:	M 1 : 25 000		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
Z.O.P.:			
MAPA:	1		
BROJ PRILOGA:	PRILOG BROJ 1		
DATUM:	studeni, 2022.		




IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
 SVEUČILIŠTE SJEVER Sveučilišni centar Varaždin Jurja Križanića 31b, HR-42000 Varaždin			
DIPLOMSKI RAD			
LOKACIJA GRAĐEVINE: Varaždinska županija Grad Varaždin - K.O. Varaždin Na k.č. 15407/2 i 15409/2.			
SADRŽAJ NACRTA: TROKRAKO KRIŽANJE			
MENTOR:	Izv. prof. dr. sc. Milan Rezo		
IZRADIO:	Stjepan Rezo 1990/336D		
NAZIV TEME:	Analiza elemenata križanja i priključaka u nivou		
MJERILO:	M 1 : 500		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
Z.O.P.:			
MAPA:	1		
BROJ PRILOGA:	PRILOG BROJ 2		
DATUM:	studeni, 2022.		



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
 SVEUČILIŠTE SJEVER Sveučilišni centar Varaždin Jurja Križanića 31b, HR-42000 Varaždin			
DIPLOMSKI RAD			
LOKACIJA GRAĐEVINE: Varaždinska županija Grad Varaždin - K.O. Varaždin Na k.č. 1149/17, 401/7 i 429/10			
SADRŽAJ NACRTA: <h2 style="text-align: center;">KRUŽNO KRIŽANJE</h2>			
MENTOR:	Izv. prof. dr. sc. Milan Rezo		
IZRADIO:	Stjepan Rezo 1990/336D		
NAZIV TEME:	Analiza elemenata križanja i priključaka u nivou		
MJERILO:	M 1 : 500		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
Z.O.P.:			
MAPA:	1		
BROJ PRILOGA:	PRILOG BROJ 3		
DATUM:	studenj, 2022.		

T= 1
 x= 488484.377
 y= 5127952.997
 $\alpha= 4^{\circ}27'2.2''$
 R= 1483.517
 dl= 115.236
 dk= 115.236
 T1= 57.647
 T2= 57.647
 b= 1.120

IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
 SVEUČILIŠTE SJEVER Sveučilišni centar Varaždin Jurja Križanića 31b, HR-42000 Varaždin			
DIPLOMSKI RAD			
LOKACIJA GRADEVINE: Varaždinska županija Grad Varaždin - K.O. Varaždin Na k.č. 15418/1 i 15434.			
SADRŽAJNACRTA: KRUŽNO KRIŽANJE S DESNIM SKRETANJEM			
MENTOR:	Izv. prof. dr. sc. Milan Rezo		
IZRADIO:	Stjepan Rezo 1990/336D		
NAZIV TEME:	Analiza elemenata križanja i priključaka u nivou		
MJERILO:	M 1 : 500		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
Z.O.P.:			
MAPA:	1		
BROJ PRILOGA:	PRILOG BROJ 4		
DATUM:	studenj, 2022.		



Ispisano 23.09.2022.
 NAPOMENA: NIJE JAVNA ISPRAVA



IZJAVA O AUTORSTVU

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, Stjepan Rezo (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Analiza elemenata cestovnih priključaka i križanja u razini (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)


(*vlastoručni potpis*)

Sukladno čl. 83. 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.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.