



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

TEHNIČNA SPECIFIKACIJA TSG-211-008: 2023

Ministrica za infrastrukturo na podlagi 13. člena Zakona o cestah (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 – ZUNPEOVE) izdaja tehnično specifikacijo

PROJEKTIRANJE CEST IN PROMETNA VARNOST

KROŽNA KRIŽIŠČA

TSPI – PGV.03.244: 2023

Ministrica za infrastrukturo
mag. Alenka Bratušek

Številka: 007-192/2021/35-02112049

V Ljubljani, 1. 12. 2023

K tej tehnični specifikaciji je pridobljeno soglasje ministra, pristojnega za prostor in graditev objektov, št. 35000-31/2023-2550-4 z dne 5. 7. 2023.

KROŽNA KRIŽIŠČA**Vsebina**

1	Predmet tehnične specifikacije	3
2	Pomen izrazov	3
3	Lastnosti krožnih križišč.....	8
3.1	Posebnosti krožnih križišč	8
3.2	Prednosti in pomanjkljivosti	9
3.3	Delitev krožnih križišč.....	10
3.3.1	Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost.....	10
3.3.2	Delitev krožnih križišč glede na namembnost	11
3.3.3	Delitev krožnih križišč glede na število krakov	11
3.3.4	Delitev krožnih križišč glede na način vodenja posameznih smeri	11
3.3.5	Delitev krožnih križišč glede na način izvedbe	13
3.3.6	Delitev krožnih križišč glede na potek krožnega vozišča	13
3.4	Prometna varnost v krožnih križiščih	13
3.4.1	Motorni promet	13
3.4.2	Pešci in kolesarji.....	13
3.4.3	Ukrepi za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča	14
4	Enopasovna krožna križišča.....	18
4.1	Kriteriji za upravičenost izvedbe enopasovnega krožnega križišča.....	18
4.2	Kapacitetni izračun enopasovnega krožnega križišča	20
4.2.1	Splošno	20
4.2.2	Štetje prometa v krožnih križiščih.....	21
4.2.3	Prepustnost (kapaciteta) krožnega križišča.....	23
4.2.4	Empirične metode ocene prepustne moči krožnih križišč	25
4.2.5	Analitične metode ocene prepustne moči krožnih križišč	27
4.2.6	Mikrosimulacijska orodja.....	28
4.2.7	Vpliv nemotoriziranega prometa na zmanjšanje kapacitete krožnega križišča ...	28
4.3	Določitev projektno-tehničnih elementov	29
4.3.1	Izbira zunanjšega premera D in širine krožnega pasu u	30
4.3.2	Vodenje cest v krožno križišče.....	32
4.3.3	Širina voznega pasu pred krožnim križiščem v	32
4.3.4	Širina uvoza v križišče e in dolžina razširitve uvoza l'	32
4.3.5	Uvozni radij R in vpadni kot ϕ	32
4.3.6	Širina izvoza iz krožnega križišča	33
4.3.7	Izvozni radij	33
4.3.8	Dimenzije ločilnih otokov	33
4.4	Horizontalno in višinsko vodenje	34
4.4.1	Horizontalno vodenje	34
4.4.2	Višinsko vodenje.....	35
4.4.3	Prečni nagib krožnega vozišča	36
4.5	Preglednost.....	38
4.5.1	Višina očišča in ovire	38
4.5.2	Preglednost pri približevanju krožnemu križišču.....	39
4.5.3	Preglednost na uvozu v krožno križišče	39
4.5.4	Preglednost na uvozu v krožno križišče – v levo	40

KROŽNA KRIŽIŠČA

4.5.5	Preglednost na območju krožnega vozišča	40
4.5.6	Preglednost prehoda za pešce in/ali kolesarje na uvozu.....	41
4.5.7	Preglednost prehoda za pešce in/ali kolesarje iz krožnega vozišča	41
4.6	Prometna signalizacija	42
4.6.1	Vertikalna signalizacija	42
4.6.2	Horizontalna signalizacija	43
4.7	Oprema in izvedba elementov krožnih križišč.....	43
4.7.1	Ločilni otoki.....	43
4.7.2	Prehodi za pešce in kolesarje	43
4.7.3	Povozni del sredinskega otoka	43
4.7.4	Oblika robnikov.....	44
4.7.5	Cestna razsvetljava krožnega križišča	44
4.7.6	Avtobusna postajališča v neposredni bližini krožnih križišč	46
4.8	Ureditev krožnih križišč	47
5	Mini krožna križišča.....	48
5.1	Kriteriji za izvedbo mini krožnih križišč	48
5.1.1	Lastnosti mini krožnih križišč	48
5.1.2	Ustreznost/smiselnost izvedbe mini krožnega križišča	50
5.2	Kapacitetni izračun mini krožnih križišč	50
5.3	Določitev projektno-tehničnih elementov	51
5.3.1	Koraki pri načrtovanju mini krožnih križišč	51
5.3.2	Zahtevane značilnosti ceste.....	51
5.4	Horizontalno in višinsko vodenje	52
5.4.1	Elementi v situaciji	52
5.4.2	Višinsko vodenje, prečni nagibi.....	53
5.5	Preglednost.....	53
5.6	Prometna signalizacija	54
5.7	Prometna oprema	54
6	Montažna krožna križišča	54
6.1	Kriteriji za upravičenost izvedbe montažnega krožnega križišča	54
6.2	Določitev projektno-tehničnih elementov montažnega krožnega križišča	55
6.3	Horizontalno in višinsko vodenje	55
6.4	Prometna signalizacija	55
6.5	Prometna oprema	56

KROŽNA KRIŽIŠČA**1 Predmet tehnične specifikacije**

Pričujoča tehnična specifikacija podaja usmeritve za projektno-tehnično oblikovanje krožnih križišč na javnih in nekategoriziranih cestah, ki se uporabljajo za javni cestni promet, v Republiki Sloveniji.

Tehnična specifikacija vsebuje področje uporabe krožnih križišč, kriterije za upravičenost njihove izvedbe, način pridobivanja podatkov za izračun kapacitete, metodologijo izračuna in dimenzioniranja, vpliv posameznih konstrukcijskih elementov krožnega križišča, horizontalne in vertikalne elemente krožnega križišča, vplive kolesarjev in pešcev na pretočnost krožnega križišča, prometno signalizacijo v krožnem križišču, pogoje preglednosti v krožnih križiščih in pogoje ureditve sredinskega otoka.

Tehnična specifikacija obravnava naslednje tipe krožnih križišč:

- standardna enopasovna krožna križišča,
- dvopasovna krožna križišča,
- mini krožna križišča,
- montažna krožna križišča.

2 Pomen izrazov

Kanalizirano križišče (ang. channelized intersection, nem. kanalisierte Kreuzung) je križišče (tudi krožno križišče), kjer je s pomočjo horizontalne signalizacije in prometnih otokov urejeno vodenje prometa. Prometni otoki so lahko usmerjevalni, ločilni, otoki za pešce in otoki za kolesarje. Izvedba prometnih otokov je lahko denivelirana ali pa označena s horizontalno prometno signalizacijo, kar pomeni, da se kot ločilni prometni otoki štejejo tudi talne označbe za zaporne ploskve in polja za usmerjanje prometa, ki jih določa predpis s področja prometne signalizacije.

Krožno križišče (ang. roundabout, nem. Kreisverkehr) je oblika kanaliziranega križišča, kjer prednostna cesta poteka v zaključenem krogu v smeri, ki je nasprotna smeri gibanja urinih kazalcev. Ima nepovozni, delno povozni ali povozni sredinski otok ter krožno vozišče, v katerega se stekajo trije ali več krakov ceste.

Enopasovno krožno križišče (ang. one-lane roundabout, nem. einstreifiger Kreisverkehr) je krožno križišče s po enim voznim pasom na uvozih/izvozih, katerega krožno vozišče je enopasovno.

Večpasovno krožno križišče (ang. multi-lane roundabout, nem. mehrstreifiger Kreisverkehr) je krožno križišče, katerega del krožnega vozišča ali celotno krožno vozišče je oblikovano kot večpasovno vozišče.

Mini krožno križišče (ang. mini roundabout, nem. Minikreisverkehr) je enopasovno krožno križišče s povoznim sredinskim otokom. Za razliko od »klasičnih« enopasovnih krožnih križišč je pri mini krožnih križiščih sredinski otok izveden na takšen način, da omogoča prevoznost (večjim) motornim vozilom.

Montažno krožno križišče (ang. assembled roundabout, nem. montage Kreisverkehr) je začasna projektna rešitev, umeščena v gabarite obstoječega »klasičnega« križišča, izvedena z elementi, prometno signalizacijo in opremo, ki je v skladu s prometnovarnostnimi zahtevami, namenjena izboljšanju pretočnosti in/ali prometne varnosti.

Krožno vozišče (ang. circulatory carriageway, nem. Kreisfahrbahn) je vozišče krožne oblike, po katerem vozijo vozila okoli sredinskega otoka v nasprotni smeri urinega kazalca. Vozila v krožnem toku imajo prednost pred vozili, ki prihajajo iz uvozov.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Sredinski otok (ang. central island, nem. Kreisinsel) je denivelirana fizična ovira krožne ali ovalne oblike, postavljena v sredini krožnega križišča, ki preprečuje vožnjo naravnost in omejuje krožno križišče na notranji strani.

Povozni del sredinskega otoka (ang. truck apron, nem. befahrbarer Innenring) je tisti del sredinskega otoka, ki skupaj z krožnim voziščem omogoča vožnjo skozi križišče vozilom, ki imajo večji obračalni krog od osebnih vozil. Od krožnega vozišča se gradbeno razlikuje po uporabljenem materialu in barvi.

Zunanji premer (ang. inscribed circle diameter, nem. Aussendurchmesser) je premer zunanjega (največjega) kroga krožnega križišča oz. premer zunanjega roba krožnega vozišča.

Notranji premer (ang. diameter of central island, nem. Innendurchmesser) je premer sredinskega otoka oz. notranjega roba krožnega vozišča.

Kraki krožnega križišča (ang. arms of roundabout, nem. Kreisverkehrsarme) so dovozne ceste ali vozni pasovi na obeh straneh ločilnega otoka, ki nasprotni ali istosmerni promet (uvoz – izvoz) vodijo v/iz krožnega križišča.

Uvoz (ang. entry, nem. Einfahrt) je območje krožnega križišča, kjer se uvozni vozni pas steka v krožno vozišče. Uvoz je lahko lijakasto razširjen ali pa so njegovi robovi vzporedni. Na tem območju morajo vozila upočasniti vožnjo ali ustaviti do trenutka, ko je med vozili v krožnem toku zadostna časovna praznina za njihovo vključitev na krožno vozišče.

Izvoz (ang. exit, nem. Ausfahrt) je območje, na katerem vozila zapuščajo krožno križišče.

Število voznih pasov (ang. number of traffic lanes, nem. Anzahl der Fahrstreifen): iz števila voznih pasov na uvozih in krožnem vozišču izhaja osnovna delitev krožnih križišč na enopasovne in večpasovne. V primeru, če je krožni segment – odsek krožnega toka med dvema zaporednima krakoma – ali celotno krožno vozišče dvo- ali večpasovno, govorimo o dvo- ali večpasovnih krožnih križiščih.

Uvozni prometni pas (ang. entry lane, nem. Knotenpunktzufahrt) predstavlja prometni pas na uvozu v krožno križišče.

Izvozni prometni pas (ang. exit lane, nem. Knotenpunktausfahrt) predstavlja prometni pas na izvozu iz krožnega križišča.

Uvozni prometni tok (ang. entry traffic flow, nem. einfahrender Verkehrsstrom) tvorijo vozila, ki uvažajo v krožno križišče (Slika 2.1).

Izvozni prometni tok (ang. exit traffic flow, nem. ausfahrender Verkehrsstrom) tvorijo vozila, ki izvažajo iz krožnega križišča (Slika 2.1).

Krožni prometni tok (ang. circulating traffic flow, nem. Kreisverkehrsstrom) ali krožeči prometni tok tvorijo vozila, ki krožijo po krožnih prometnih pasovih okoli sredinskega otoka (Slika 2.1).

Niša za čakanje (ang. distance of pedestrian crossing from give way line, nem. Distanz zwischen Fußgängerüberweg und der Kreisfahrbahnlinie) je prostor med notranjim robom zaznamovanega prehoda za pešce ali kolesarje in zunanjim robom krožnega vozišča, ki ga uporabljajo vozila za čakanje na sprejemljivo časovno praznino med vozili v krožnem toku.

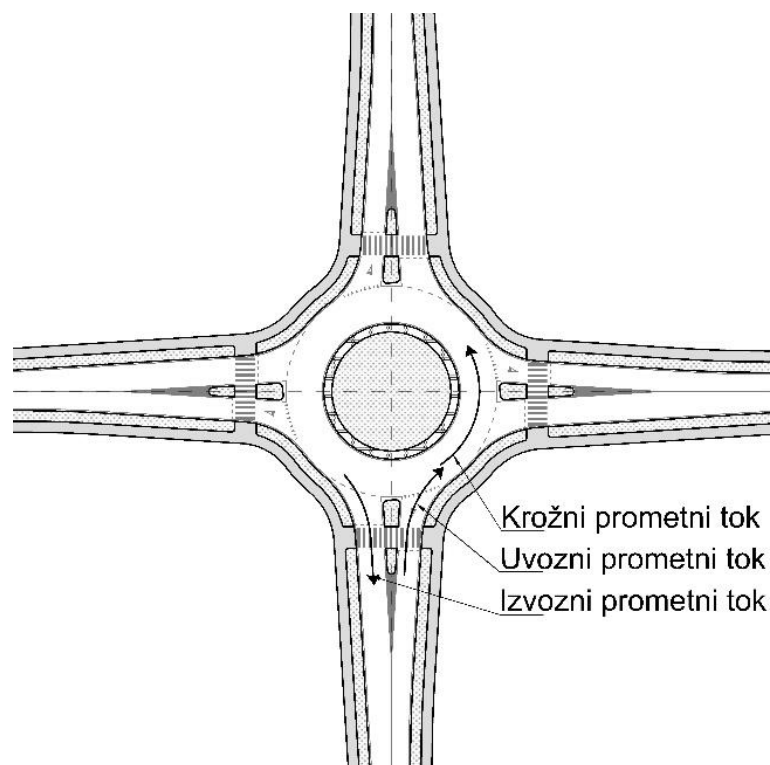
Uvozni radij (ang. entry radius, nem. Eckausrundungsradius der Kreiszufahrt) je radij desnega roba vozišča na uvozu v krožno križišče, ki usmerja vozila proti krožnemu vozišču.

Izvozni radij (ang. exit radius, nem. Eckausrundungsradius der Kreisausfahrt) je radij desnega roba vozišča na izvozu iz krožnega križišča, ki usmerja vozila iz krožnega vozišča.

Ločilni otok (ang. splitter island, nem. Fahrbahnteiler) je element krožnega križišča, ki ločuje uvoz v in izvoz iz krožnega križišča, usmerja vozila v pravilno uvažanje in izvažanje iz

KROŽNA KRIŽIŠČA

krožnega križišča in zagotavlja višjo raven prometne varnosti pešcev in kolesarjev pri prečkanju kraka krožnega križišča. Oblika ločilnega otoka je odvisna od velikosti krožnega križišča (trikotni ali kapljasti).



Slika 2.1: Tokovi v krožnem križišču

Uvozna širina e (ang. *entry width*, nem. *Fahrstreifenbreite der Kreiszufahrt*) je širina lijakastega uvoza (Slika 2.2); meri se pravokotno, od uvoznega radija do presečišča podaljška desnega roba otoka za pešce in talne signalizacije, ki označuje zunanji rob krožnega vozišča.

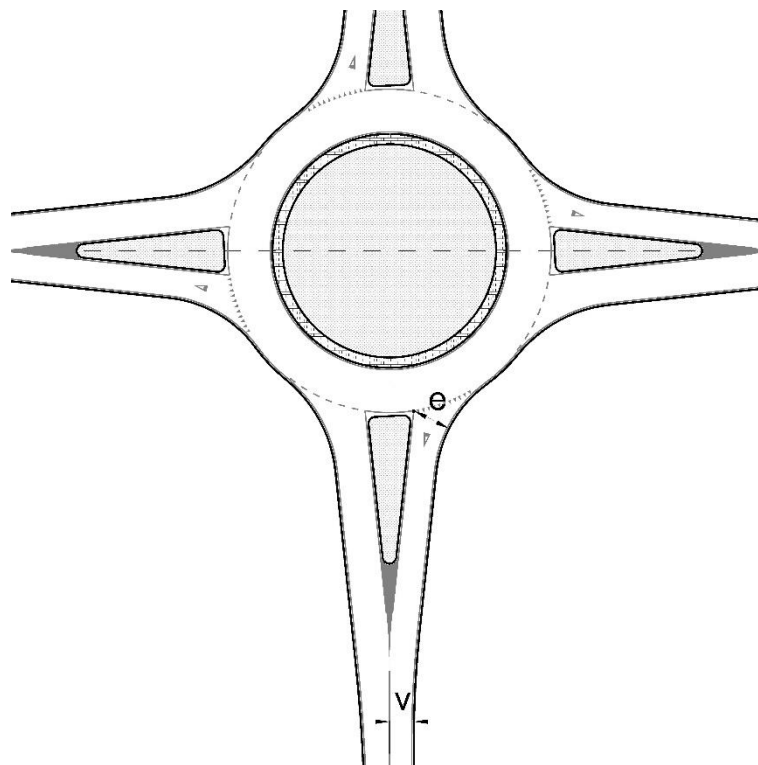
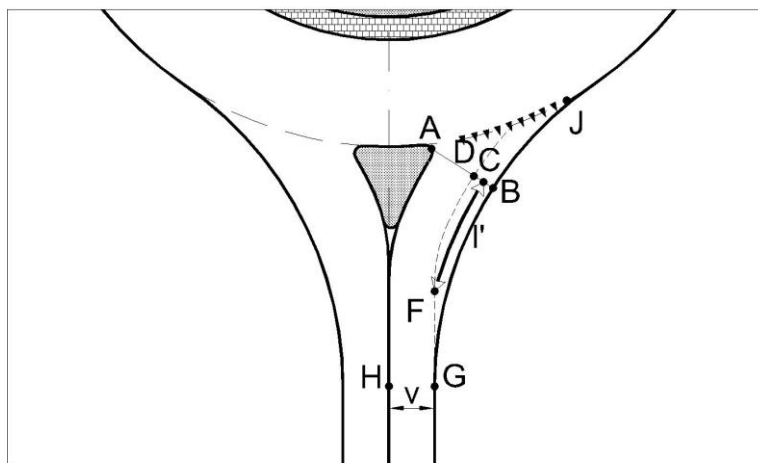
Izvozna širina (ang. *exit width*, nem. *Fahrstreifenbreite der Kreisausfahrt*) je širina lijakastega izvoza; meri se pravokotno, od izvoznega radija do presečišča podaljška levega roba otoka za pešce in talne signalizacije, ki označuje zunanji rob krožnega vozišča.

Širina voznega pasu v (ang. *width of traffic lane*, nem. *Fahrstreifenbreite*) je širina voznega pasu dostopne ceste pred pričetkom krožnega križišča (za pričetek krožnega križišča se šteje točka, kjer se začnejo spreminjati priključni kraki krožnega križišča, npr. sprememba prometne signalizacije, razširitev vozišča ipd.; Slika 2.2).

Povprečna efektivna dolžina razširitve l' (ang. *flare length*, nem. *durchschnittliche effektive Länge der Erweiterung*) je povprečna dolžina razširitve na uvozu v krožno križišče (Slika 2.3). V primeru, če na uvozu ni izvedene razširitve, desni rob vozišča na uvozu sledi liniji GFD, vhodna širina pa je enaka širini voznega pasu. BA je pravokotnica na vhodno krivino in je dolžine e . Dolžina daljice $BD = e - v$, dolžina daljice $BC = (e - v)/2$. Povprečna efektivna razširitev je CF, oddaljena za $(e - v)/2$ od desnega roba vozišča. Dolžina CF, ki je enaka l' , se imenuje povprečna efektivna dolžina razširitve.

Ostrost (stopnja) razširitve (ang. *sharpness of the flare*, nem. *Schärfe (Grad) der Erweiterung*) je določena z razmerjem $S = 1,6(e - v)/l'$ (Slika 2.3). Je merilo za stopnjo razširjanja od v do e vzdolž povprečne efektivne dolžine razširitve l' . Večje vrednosti ustrezajo kratkim, ostrim razširitvam. Majhne vrednosti ustrezajo dolgim, postopnim razširitvam.

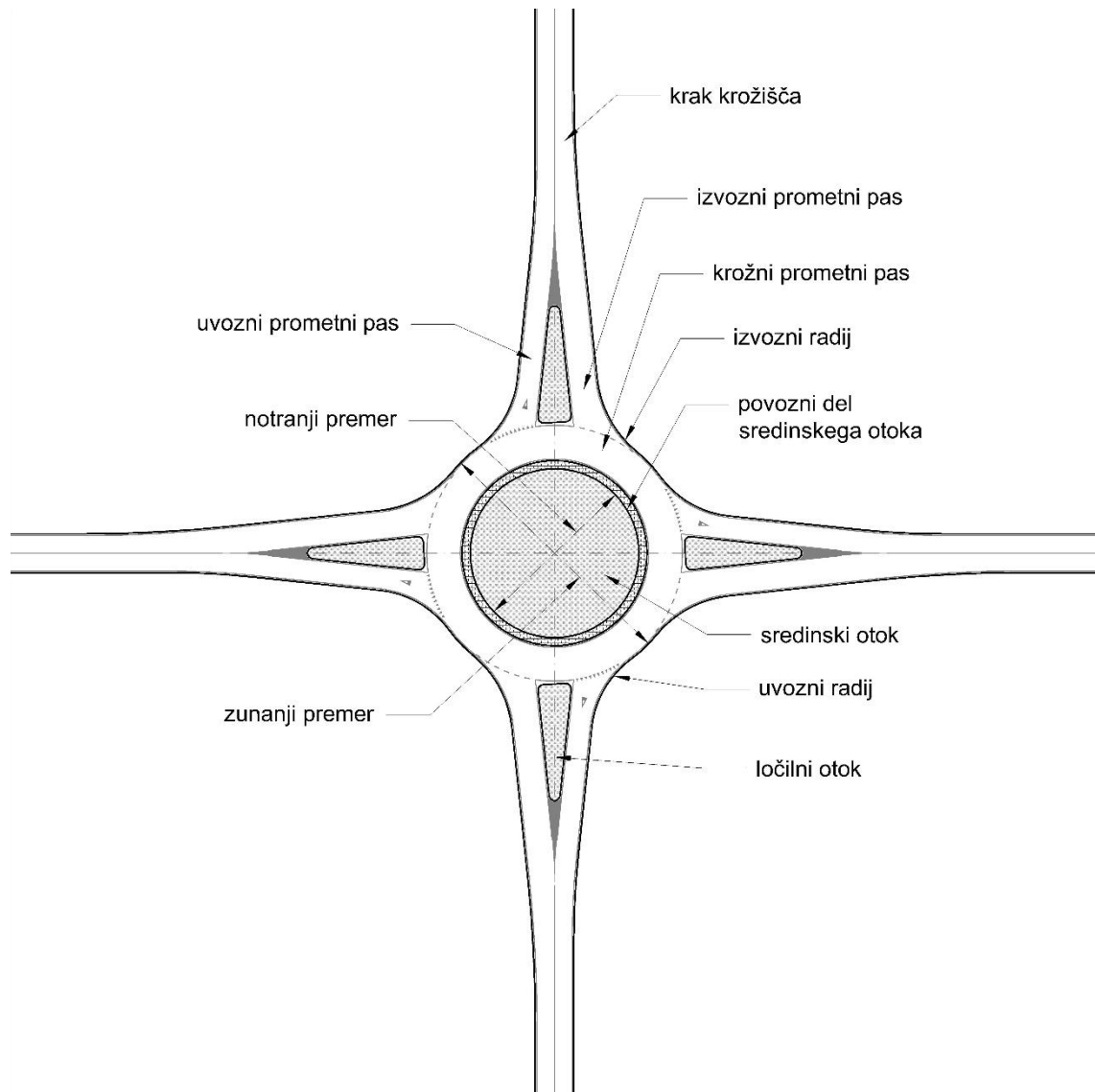
KROŽNA KRIŽIŠČA

Slika 2.2: Uvozna širina e in širina voznega pasu v 

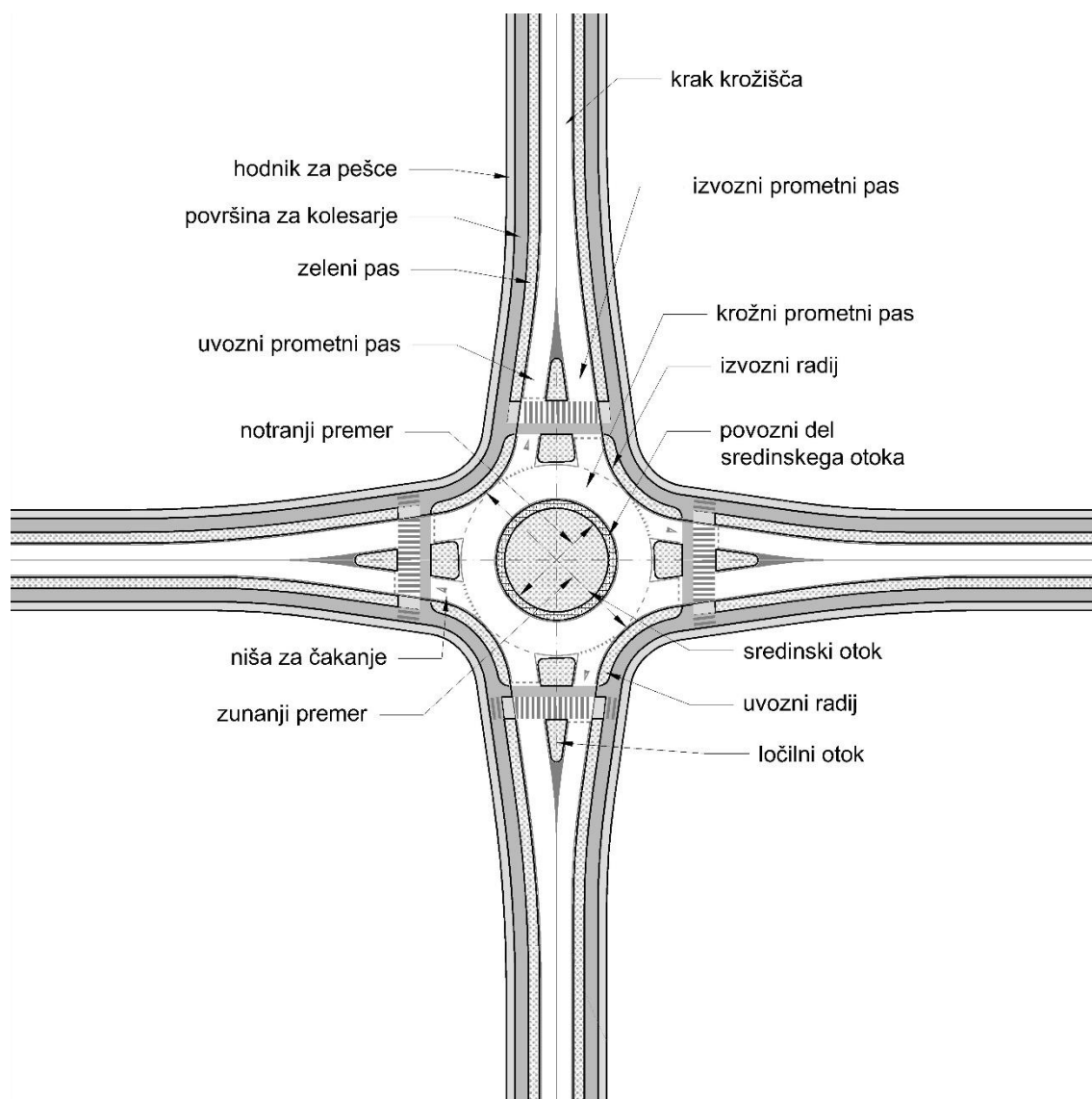
Slika 2.3: Povprečna efektivna dolžina razširitve

Osnovni elementi standardnega enopasovnega krožnega križišča izven naselja (izven urbanih območij) so prikazani na sliki (Slika 2.4), na sliki (Slika 2.5) so predstavljeni osnovni elementi standardnega enopasovnega krožnega križišča znotraj urbanih območij (znotraj naselij).

KROŽNA KRIŽIŠČA



Slika 2.4: Osnovni elementi standardnega enopasovnega krožnega križišča izven naselja (izven urbanih območij)

KROŽNA KRIŽIŠČA

Slika 2.5: Osnovni elementi standardnega enopasovnega krožnega križišča znotraj naselja (znotraj urbanih območij)

3 Lastnosti krožnih križiščih

3.1 Posebnosti krožnih križišč

Posebnosti krožnih križišč, po katerih se razlikujejo od klasičnih nivojskih križišč, so:

- krožna križišča so križišča s kombinacijo prekinjenega in neprekinjenega prometnega toka;
- prednost imajo vozila v krožnem toku pred vozili na uvozi v križišče (v krožnih križiščih torej ne velja »pravilo desnega«);
- vozilo na uvozu v krožno križišče se, v primeru prostega krožnega vozišča, ne ustavlja, temveč z zmanjšano hitrostjo uvozi v krožni tok;
- krožna križišča, ne glede na tip in način izvedbe, omogočajo le vožnjo z majhnimi hitrostmi in velikim zasučnim kotom prednjih koles;
- za pešce in kolesarje v krožnih križiščih veljajo enaka pravila kot v klasičnih križiščih;

KROŽNA KRIŽIŠČA

- vozilom, ki imajo večji obračalni krog od osebnih vozil, je dovoljeno med vožnjo po krožnem vozišču uporabljati tudi povozni del sredinskega otoka; pri osebnih vozilih za to ni potrebe.

3.2 Prednosti in pomanjkljivosti

Prednosti krožnih križišč pred klasičnimi nivojskimi križišči so predvsem v njihovih naslednjih lastnostih:

- visoka raven prometne varnosti (manjše število konfliktnih točk kot pri klasičnih nivojskih križiščih, odprava konfliktnih točk križanja in prepletanja, nizke hitrosti pri vožnji skozi krožno križišče, manjša razlika v hitrostih posameznih udeležencev v prometu, manjša sproščena energija pri trkih itd.),
- dobra zaznavnost križišča,
- za voznika je razumljivo in enostavno za vožnjo,
- možnost prepuščanja prometnih tokov velikih jakosti,
- krajši čakalni časi (kontinuiranost vožnje – v primerjavi s semaforiziranimi križišči),
- manjša hrup in emisija škodljivih plinov,
- manjša poraba prostora (kot pri nivojskih s pasovi za zavijalce pri enaki kapaciteti),
- dobra rešitev pri križanjih s približno enako jakostjo prometnega toka na glavni in stranski prometni smeri,
- dobra rešitev pri večkrakih križiščih (pet ali več),
- manjše posledice prometnih nesreč (ni čelnih trkov in trkov pod pravim kotom),
- nižji stroški vzdrževanja (kot pri semaforiziranih križiščih),
- dobra rešitev kot ukrep za umirjanje prometa v urbanih območjih,
- estetski videz.

Pomanjkljivosti krožnih križišč:

- s povečanjem števila pasov na krožnem vozišču se raven prometne varnosti zmanjšuje (nasprotno od klasičnih nivojskih križišč);
- večje število krožnih križišč v vrsti ne omogoča sinhronizacije (»zelenega vala«);
- težave s pomanjkanjem prostora za izvedbo sredinskega otoka v pozidanem območju;
- krožna križišča niso priporočljiva pred inštitucijami za slepe in slabovidne ter slušno prizadete, pred domovi za ostarele, bolnišnicami in zdravstvenimi domovi in na vseh drugih mestih, kjer nemotorizirani udeleženci v prometu zaradi svojih začasnih ali trajnih fizičnih prizadetosti ne morejo varno prečkati ceste brez svetlobnih signalnih naprav;
- krožna križišča velikih dimenzij niso priporočljiva pred otroškimi vrtci in šolami ter na drugih mestih z velikim številom otrok;
- možne težave s prepustno sposobnostjo pri močnem prometnem toku nemotoriziranih udeležencev, ki seka enega ali več krakov enopasovnega krožnega križišča;
- naknadna semaforizacija ne vpliva bistveno na povečanje kapacitete;
- problem izrednih prevozov.

Zato je treba za vsak primer posebej presoditi primernost uvedbe krožnega križišča. Ta se določi na osnovi presoje izpolnjevanja kriterijev za upravičenost izvedbe krožnega križišča.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Krožna križišča, izvedena na koridorjih izrednih prevozov, morajo omogočati prevoznost motornih vozil izrednih dimenzij, pri čemer je treba v fazi projektiranja načrtovati demontažno prometno signalizacijo in prometno opremo ter predvideti delno povoznost sredinskega otoka.

3.3 Delitev krožnih križišč**3.3.1 Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost**

V splošnem lahko krožna križišča glede na lokacijo in velikost razdelimo v različne skupine (Preglednica 3.1).

Preglednica 3.1: Delitev krožnih križišč glede na velikost in lokacijo

Tip krožnega križišča	Zunanji premer (m)	Možnost izvedbe	
		znotraj naselja	izven naselja
Mini krožno križišče	13–24	da	ne
Majhno krožno križišče	25–35	da	da
Srednje veliko krožno križišče	30–45	da	da
Dvopasovno krožno križišče	40–70	da	da
Veliko krožno križišče	> 70	ne	da

Mini krožno križišče

Uporaba v strnjениh urbanih okoljih, predvsem z namenom umirjanja prometa. Pričakovana hitrost vozil skozi krožno križišče je do 25 km/h. Zaradi majhnih dimenzij mini krožnih križišč so ločilni otoki lahko tudi montažni in v velikostih, ki so manjše od minimalnih dovoljenih za majhna in srednje velika krožna križišča. V primerjavi s klasičnim nesemaforiziranim križiščem ima mini krožno križišče praviloma večjo kapaciteto z večjo varnostjo udeleženih v prometu, hkrati pa nižje stroške izvedbe. Projektiranje le-teh zahteva nekoliko drugačen pristop.

Majhno krožno križišče

Pričakovana hitrost vožnje skozi majhna krožna križišča je pod 30 km/h. Pri bolj obremenjenih majhnih krožnih križiščih se priporoča uporaba deniveliranih kolesarskih stez. Zelo pogosta uporaba tovrstnih krožnih križišč je na vseh vstopih v naselja.

Srednje veliko krožno križišče

Načeloma se uporabljajo na bolj obremenjenih vozliščih znotraj in izven naselij. Projektnotehnični elementi morajo biti izbrani tako, da zagotavljajo maksimalne hitrosti vozil do 40 km/h. Velik poudarek je na vodenju pešcev in kolesarjev, ki so višinsko ločeni od vozišča. Ločilni otoki morajo omogočati zadosten prostor za varovanje kolesarja/pešca med voznimi pasovi na uvozu/izvozu.

Dvopasovno krožno križišče

Danes se izvajajo le izjemoma, ko zaradi različnih razlogov ni možno izvesti turbo krožnega križišča ali enopasovnega krožnega križišča. Praviloma se izvajajo izven naselij, redkeje znotraj naselij.

Veliko krožno križišče

Izvajajo se izjemoma, navadno npr. na mestnih vpadnicah, njihovo projektiranje pa zahteva poseben pristop. Kolesarski in peš promet se vodita ločeno in nista sestavni del takih krožnih križišč. Velika krožna križišča niso predmet obdelave pričujoče specifikacije.

KROŽNA KRIŽIŠČA**3.3.2 Delitev krožnih križišč glede na namembnost**

Po namembnosti ločimo tri osnovne tipe krožnih križišč:

- krožna križišča za umirjanje prometa:
izvedba znotraj naselij in na prehodnih območjih (npr. na vstopu v naselje);
- krožna križišča za omejevanje prometa:
izvedba v urbanih območjih, kjer hočemo omejiti in z ustreznimi geometrijskimi elementi zagotoviti maksimalno dopustno ali vnaprej predpisano kapaciteto;
- krožna križišča za zagotavljanje čim večje kapacitete pri zadostni varnosti:
načeloma izven naselij, redkeje znotraj naselij.

3.3.3 Delitev krožnih križišč glede na število krakov

Glede na število krakov ločimo krožna križišča:

- s tremi kraki,
- s štirimi kraki,
- s petimi in več kraki.

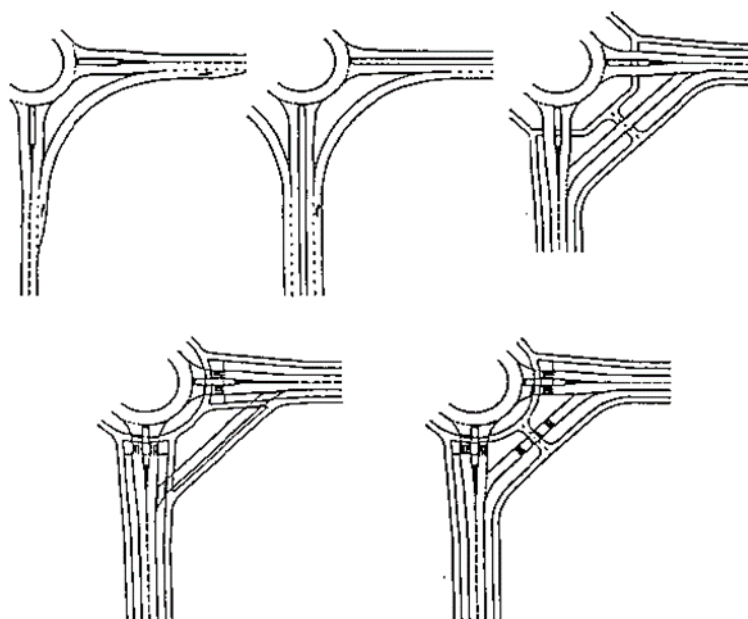
3.3.4 Delitev krožnih križišč glede na način vodenja posameznih smeri

Glede na način vodenja posamezne smeri ločimo:

- nivojsko vodenje,
- izvennivojsko vodenje.

Pri nivojskem vodenju krakov krožnega križišča poznamo dve izvedbi vodenja pasov priključkov:

- vodenje pasov v krožno križišče in
- vodenje pasov mimo krožnega križišča (direktno) (Slika 3.1)

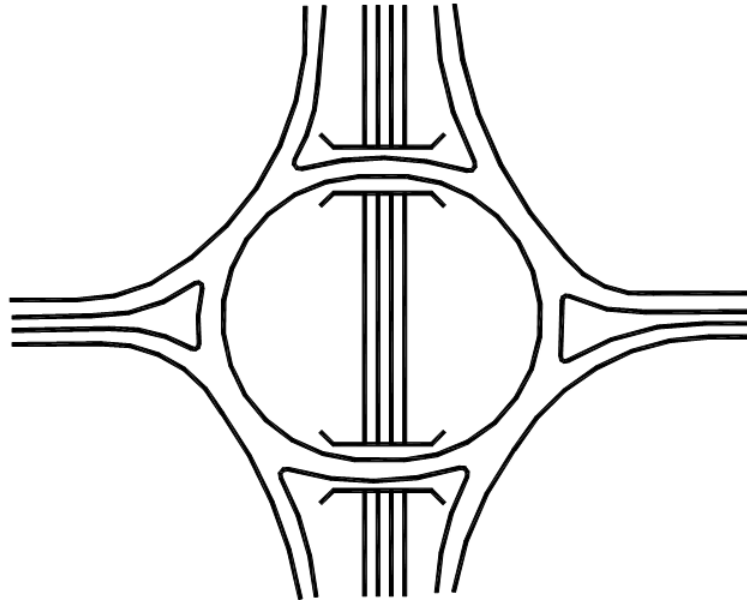


Slika 3.1: Vodenje pasov mimo krožnega križišča (direktno vodenje)

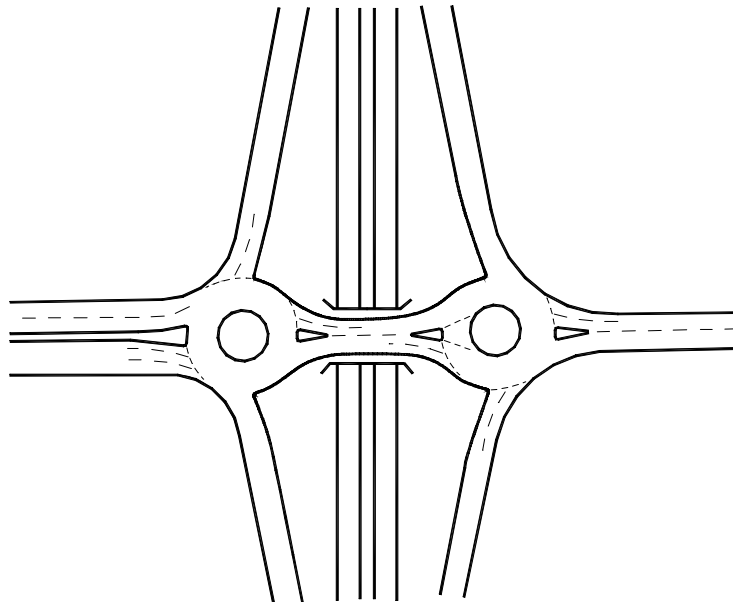
KROŽNA KRIŽIŠČA

Pri izvennivojskem vodenju krakov krožnega križišča (npr. namesto diamanta) poznamo dve izvedbi:

- eno veliko (Slika 3.2),
- dva majhna (Slika 3.3).



Slika 3.2: Eno veliko



Slika 3.3: Dva majhna

KROŽNA KRIŽIŠČA**3.3.5 Delitev krožnih križišč glede na način izvedbe**

Glede na način izvedbe krožnega križišča ločimo:

- montažno izvedbo (začasna rešitev),
- fiksno izvedbo.

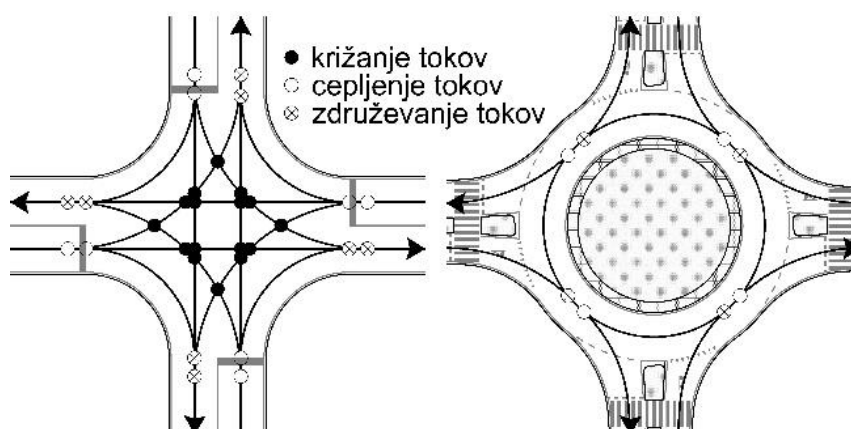
3.3.6 Delitev krožnih križišč glede na potek krožnega vozišča

Glede na potek krožnega vozišča ločimo krožna križišča s krožnim voziščem:

- v obliki koncentričnih krogov,
- s spiralnim vodenjem.

3.4 Prometna varnost v krožnih križiščih**3.4.1 Motorni promet**

Teoretično ima klasično štirirakno križišče 32 konfliktnih točk (16 križanj, osem cepljenj in osem združevanj), enopasovno štirirakno krožno križišče pa le osem točk nižjega reda (štiri cepljenja in štiri združevanja) (Slika 3.4).



Slika 3.4: Konfliktno točke v štirirakem klasičnem in štirirakem krožnem križišču

Posledice prometnih nesreč v krožnih križiščih so bistveno drugačne kot pri klasičnih križiščih; predvsem so manjše in brez smrtnih žrtev in težko poškodovanih. Vzrok za to je predvsem v tem, da v krožnih križiščih ni čelnih trkov (kjer so posledice prometnih nesreč običajno največje), ampak so večinoma stranski/bočni, pod ostrim kotom ali, zaradi naletov, od zadaj.

Trki med motornimi vozili in kolesarji (pešci), ki prečkajo krak krožišča, so enaki kot pri klasičnih križiščih, le njihove posledice so manjše (zaradi zmanjšane hitrosti na uvozih in izvozih).

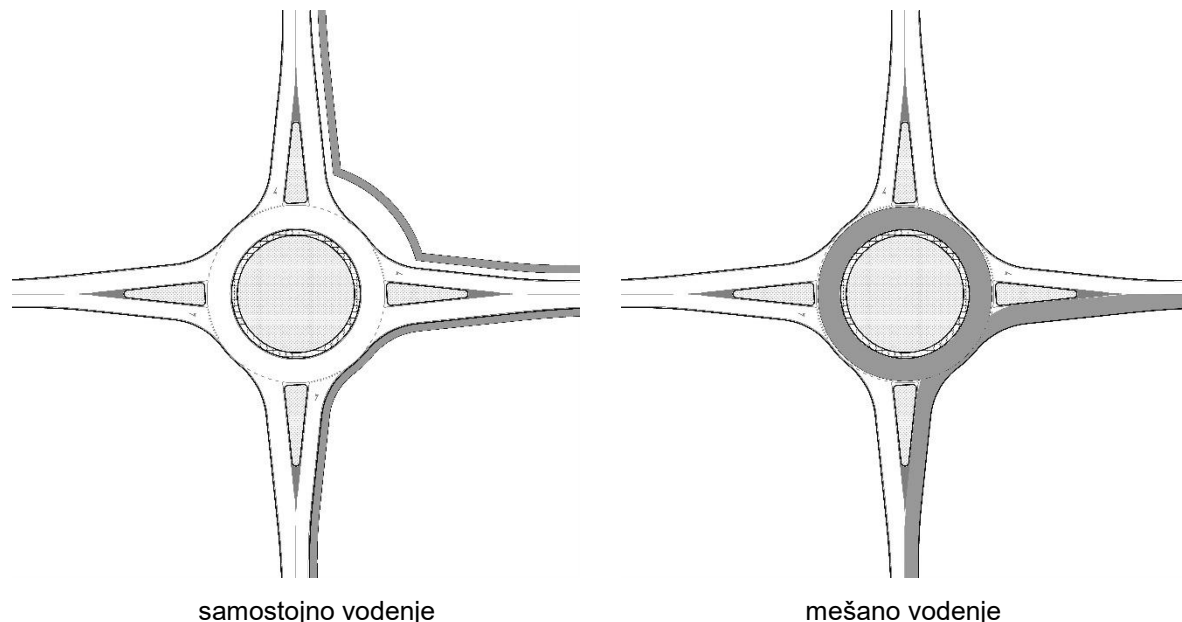
3.4.2 Pešci in kolesarji

Prometna varnost pešcev in kolesarjev je odvisna predvsem od pravilne izvedbe vertikalne in horizontalne signalizacije in ločilnih otokov ter uporabljenega načina vodenja kolesarskega prometa na območju krožnega križišča.

Načeloma poznamo tri načine vodenja kolesarjev na območju krožnega križišča, vendar sta za slovenske razmere primerna dva (Slika 3.5):

KROŽNA KRIŽIŠČA

- mešano vodenje kolesarskega in motornega prometa,
- samostojno vodenje (vzporedno z robniki ali v obliki koncentričnega kroga) in
- izvenivojsko vodenje (podhod, nadhod).



Slika 3.5: Možna načina vodenja kolesarjev na območju krožnega križišča

Samostojno vodenje kolesarjev na območju krožnega križišča je varnejši način. Vsa križanja motornega prometa s pešci in kolesarji se izvajajo pod pravim kotom, s čimer je pregledno polje udeležencev, ki se križajo, najpravilnejše oblike. S tem je doseženo tudi, da so edine konfliktne točke na mestih prehodov preko krakov krožnega križišča, pa še tam so pešci in kolesarji (delno) zavarovani z otoki.

Mešano vodenje kolesarskega in motornega prometa je manj varno, zato tak način vodenja kolesarskega prometa uporabljamo le v krožnih križiščih v naseljih z majhno prometno obremenitvijo motornega prometa.

Opredelitev za enega od dveh načinov vodenja kolesarjev na območju krožnega križišča v naselju se izvede na osnovi jakosti in strukture motornega prometa, jakosti toka kolesarjev in položaja krožnega križišča v cestni mreži naselja.

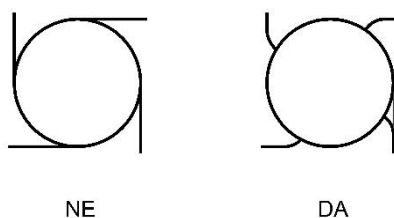
3.4.3 Ukrepi za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča

Po preveritvi ustreznosti lokacije in položaja v cestni mreži je treba pri oblikovanju krožnega križišča upoštevati naslednje:

Vodenje krakov cest v krožno križišče naj bo pod kotom $90^\circ \pm 15^\circ$ (zmanjšanje hitrosti, pregledno polje pravilne oblike ...). Primerno vključevanje vozila v krožni tok dosežemo z izbiro uvoznega radija primerne velikosti (velikost hitrosti na uvozu v krožno križišče je v neposredni povezavi z velikostjo uvoznega radija).

Če je le možno, naj se podaljški osi krakov krožnega križišča sekajo v eni točki – centru krožnega križišča (Slika 3.6).

KROŽNA KRIŽIŠČA



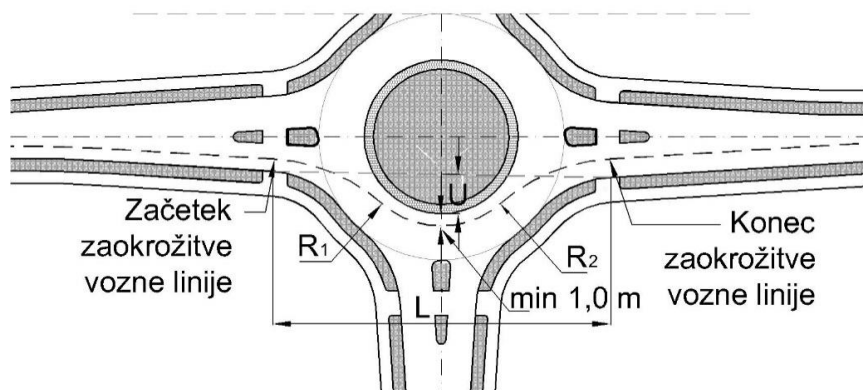
Slika 3.6: Vodenje krakov v krožno križišče

Širina uvoza v križišče in dolžina razširitve: najnevarnejši manever v krožnem križišču je uvažanje, ki se opravi na relativno majhnem prostoru. Zato je zelo pomembna njegova oblika, tako zaradi prometne varnosti (vožnja z minimalno hitrostjo in čakanje na prazen prostor za vključevanje v krožni tok) kot zaradi kapacitete (čakalni časi). Širina uvoza v krožno križišče in dolžina razširitve se preverita z zavijalnimi krivuljami za merodajno vozilo.

Ukrivljenost poti vozila (krivulja vozne linije) skozi krožno križišče (Slika 3.7) ima enega od največjih vplivov na prometno varnost pri vožnji skozenj. Krivulja sledi mora imeti obliko dvojne S krivine, ki jo sestavljajo trije radiji, katerih velikosti morajo biti medsebojno usklajene. Večja kot je ukrivljenost krivulje, manjša je hitrost vožnje na uvozu in večja je raven prometne varnosti krožnega križišča. Na ukrivljenost krivulje lahko vplivamo na dva načina:

- s spreminjanjem velikosti sredinskega otoka (bolj ugodno, vendar v praksi večkrat neizvedljivo),
- z obliko ločilnih otokov (manj ugodno, vendar večkrat izvedljivo).

Ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče je treba preveriti z zavijalnimi krivuljami za merodajno vozilo za vse prometne manevre.



Slika 3.7: Ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče

Uvozni in izvozni radiji: velikosti izvoznih radijev so odvisne od velikosti krožnega križišča, števila voznih pasov v krožnem toku in oblike sredinskega ločilnega otoka (trikotni, kapljasti). Vedno morajo biti večje od velikosti uvoznih radijev, le izjemoma so lahko enake. Vrednosti so podane v preglednici (Preglednica 3.2).

Velikosti uvoznih in izvoznih radijev v montažnih krožnih križiščih so identične kot pri krožnih križiščih v fiksni izvedbi.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Preglednica 3.2: Velikosti uvoznih in izvoznih radijev

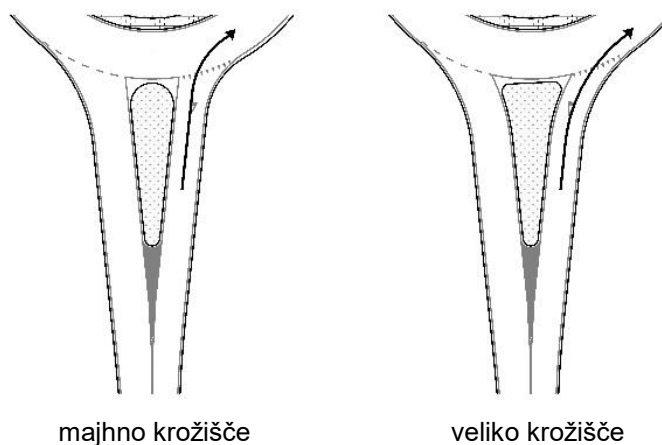
Tip krožnega križišča	Notranji polmer R_n (m)	Oblika sredinskega ločilnega otoka	Uvozni radij (m)	Izvozni radij (m)
Majhno enopasovno krožno križišče	8–14,5	stožčasta	8–10	12–15
Srednje veliko enopasovno krožno križišče	14,5–21	stožčasta	10–12	12–15
Veliko enopasovno krožno križišče	21–31	stožčasta	10–12	15
Veliko enopasovno krožno križišče	21–31	lijakasta	12–15	15–18

Prehodi za pešce in kolesarje naj bodo odmaknjeni od prekinjene ločilne črte na uvozu v krožno križišče za dolžino enega do dveh vozil (niša za čakanje). Dolžina niše za čakanje je odvisna od velikosti krožnega križišča oz. velikosti (dolžine) sredinskih ločilnih otokov.

Minimalna dolžina niše za čakanje znaša 5,5 m in ustreza dolžini enega oz. dveh osebnih vozil oz. enemu tovornemu vozilu/avtobusu.

Z izvedbo niše za čakanje se izboljša prometna varnost nemotoriziranih udeležencev v prometu, hkrati pa se poveča tudi prepustnost krožnega križišča (kolesarji in pešci v manjši meri ovirajo vključevanje vozil v krožni tok).

Ločilni otoki naj bodo prilagojeni velikosti krožnega križišča: pri velikih krožnih križiščih naj se uporabljajo ločilni otoki trikotne, pri majhnih pa kapljaste oblike (Slika 3.8). Njihova velikost (dolžina, širina) je odvisna od oblike ločilnega otoka, zagotavljanja potrebne širine na mestu prehoda za pešce/kolesarje (če je prehod predviden) ter potrebne širine za namestitev prometne signalizacije in prometne opreme.



Slika 3.8: Oblika ločilnega otoka v odvisnosti od velikosti krožnega križišča (majhno = kaplja, veliko = trikotnik)

Odvodnjavanje krožnega križišča: prečni nagib krožnega vozišča je navzven, saj je tako lažje izvedljiv prehod med priključki in krožnim pasom, enostavnejše pa je tudi odvodnjavanje.

Povozni del sredinskega otoka mora biti izveden tako, da bo vozila odvrčal od vožnje (grobozrnati materiali, tlakovano) po njem, hkrati pa tako, da bo dolgim vozilom omogočal vožnjo preko.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Izvaja se le pri majhnih in srednje velikih krožnih križiščih, v širini 1–2 m (odvisno od velikosti notranjega radija).

Stik povoznega dela sredinskega otoka in krožnega vozišča je treba denivelirati (2–3 cm).

Razsvetljava krožnega križišča pogojuje njegovo prometno varnost ponoči. Podrobneje v poglavju 4.7.5.

Kontrola hitrosti vožnje skozi krožno križišče nam da enega od pomembnejših podatkov za oceno ravni prometne varnosti. Manjša hitrost motornega prometa vodi k njegovemu mirnejšem potekanju, pri čemer je možno posvetiti več pozornosti ostalim udeležencem v prometu, zmanjša pa se tudi možnost nastanka prometnih nesreč s težkimi posledicami.

Kriterij, ki naj bi zagotovili, je, da hitrost pri ravnem prehodu (polovica kroga) ne preseže vrednosti 30 oz. 35 km/h. Kontrola se izvede s pomočjo elementov, navedenih na sliki (Slika 3.7), in dveh enačb, navedenih v nadaljevanju poglavja.

Pred kontrolo je treba določiti velikost dveh elementov.

Prvi element je dolžina L med začetkom zaokrožitve na vходу in koncem zaokrožitve na izvozu, odvisna pa je od velikosti radijev zaokrožitve in zunanega radija krožnega križišča.

Drugi element je U (ukrivljenost, defleksija), ki predstavlja oddaljenost med robom sredinskega otoka in veznico med robovi vozišča na začetku in koncu zaokrožitve. V primeru, da kraki krožišča potekajo v krivini, se veznica oblikuje v krožnem loku, ki predstavlja približno nadaljevanje poteka robov vozišča na krakih.

Vpliv večje U (večji radij sredinskega otoka) na zmanjšanje hitrosti je večji od vpliva dolžine L (pri zmanjšanju zaokrožitve). Za enak vpliv je potrebno mnogo večje zmanjšanje L kot povečanje U (približen faktor je 8).

Hkrati velja tudi, da se prevoznost dolgih vozil z uporabo večjih radijev zaokrožitev izboljšuje bolj kot z zmanjšanjem polmera sredinskega otoka, pri čemer se ne zmanjša vpliv zmanjšanja hitrosti v krožnem toku za osebna vozila. Večji radiji zaokrožitev imajo za posledico večjo pretočnost na izhodu in s tem možnost hitrejšega izvoza.

Polmer krivulje vozne linije je:

$$R = \frac{(0,25 L)^2 + (0,5(U + 2))^2}{U + 2} \quad (3.1)$$

Dobre rešitve so tiste, pri katerih je vrednost R med 22 in 23 m.

Pri majhnih polmerih krivulje vozne linije je povezava med hitrostjo prehoda skozi krožno križišče in polmerom vozne linije naslednja:

$$V = 7,4\sqrt{R} \quad (3.2)$$

kjer je:

V v (km/h),

R v (m).

Vrednost hitrosti prevoza mora znašati približno 30 km/h – odvisno od velikosti krožnega križišča. Če je pri majhnih krožnih križiščih dobljena vrednost večja od 35 km/h, je treba korigirati projektne elemente. Po vsaki spremembi projektne elementa je treba ponovno preveriti vpliv le-te.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Če kateremu od zgoraj naštetih ukrepov za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča ni zadoščeno, je treba odstopanje od teh opredelitev posebej utemeljiti.

Podhodi in nadhodi kot ukrep za izboljšanje prometne varnosti pešcev in kolesarjev: v krožnih križiščih, ki omogočajo velike hitrosti vožnje (velika krožna križišča), ni priporočljiva izvedba nivojskega prehoda za pešce in kolesarje.

V takih primerih je treba preveriti in utemeljiti smiselnost izvedbe podhoda ali nadhoda odvisno od jakosti in strukture motornega prometa, števila in strukture pešcev in položaja krožnega križišča v cestni mreži.

Druga možnost je poudariti prometni znak za prehod za pešce (2431 oz. 2432) z rumeno utripajočo lučjo. Semaforizacija peš prehodov pri krožnih križiščih ni smiselna.

4 Enopasovna krožna križišča

4.1 Kriteriji za upravičenost izvedbe enopasovnega krožnega križišča

Pri sprejemanju odločitve o izvedbi krožnega križišča si je treba postaviti dve vprašanji:

Kdaj izvesti krožno križišče? in Zakaj izvesti krožno križišče?

Odločitev o izvedbi krožnega križišča naj bo strokovno utemeljena in podkrepljena z argumenti, ki izhajajo iz dokazil o upravičenosti in smiselnosti izvedbe, pri čemer se poslužujemo preveritve izpolnjevanja kriterijev za izvedbo krožnega križišča.

V nadaljevanju so predstavljeni le globalni kriteriji, ki jih uporabljamo pri presoji smiselnosti in upravičenosti izvedbe krožnih križišč in predstavljajo dobro strokovno podlago za sprejetje odločitev o izvedbi krožnega križišča.

Kriteriji so navedeni po vrstnem redu, kakor je pri obravnavanju rešitve s krožnim križiščem treba pristopiti v konkretnem primeru:

- funkcionalni kriterij,
- kriterij prepustnosti,
- prostorski kriterij,
- projektno-tehnični kriterij,
- kriterij prometne varnosti,
- ekonomski kriterij.

Funkcionalni kriterij

Pri presoji funkcionalnega kriterija gre za preveritev funkcije (notranji promet ali tranzitni), vloge (zahtevana povečana pretočnost ali umirjanje prometa) in položaja (v ali izven urbanega območja) obravnavanega križišča v celotni cestni mreži nekega naselja ali širšega območja. Gre za preveritev, katera geometrija križišča je ustrezna za pričakovano funkcijo, ki jo bo imela izbrana oblika (tip) križišča. Kriterij je kvalitativen. Rezultati mnogih tujih, v zadnjem času pa tudi domačih raziskav namreč kažejo, da je krožno križišče dobra rešitev za prvo križišče na uvozu v naselje. V takih primerih umirja promet, voznikom pa nedvoumno sporoča, da prihajajo v območje spremenjenih vozniških razmer (manjše dovoljene hitrosti vožnje, nemotorizirani udeleženci v prometu, prehodi za pešce in kolesarje ...). Po drugi strani pa večje število zaporednih semaforiziranih klasičnih križišč omogoča uvedbo »zelenega vala« oz. sinhronizirano vodenje tranzitnega prometa skozi zaporedje križišč, kar pa pri krožnem križišču

KROŽNA KRIŽIŠČA

ni možno. Zaradi tega je vprašljiva uvedba večjega števila zaporednih krožnih križišč na kratkih oddaljenostih ali na glavnih prometnih smereh, kjer je prednostnega pomena hitrost. Pri tem je treba upoštevati tudi bližino in tipe obstoječih sosednjih križišč, saj je znano, da v primeru neustreznih oddaljenosti in različnih tipov križišč v sosledju prihaja do njihovega negativnega medsebojnega vpliva. Gre torej za pridobitev odgovora na vprašanje: **Kakšna je primarna vloga križišča?**

Kriterij prepustnosti

S kriterijem prepustnosti preverimo ustreznost rešitve s stališča kapacitete križišča glede na pričakovane jakosti prometnih tokov tudi na koncu planske dobe.

Odgovoriti je treba na vprašanje: **Ali bo rešitev ustrezala pričakovanim prometnim obremenitvam na koncu planske dobe?**

Prostorski kriterij

Pri preveritvi prostorskega kriterija ugotavljamo razpoložljivost prostora za izvedbo rešitve; pri načrtovanju krožnega križišča predvsem za izvedbo sredinskega otoka oz. zunanjega polmera krožnega križišča. Razpoložljivost prostora je v urbanem območju (okoliška pozidava) namreč lahko vprašljiva.

Gre torej za pridobitev odgovora na vprašanje: **Ali imamo na voljo dovolj razpoložljivega prostora?**

Projektno-tehnični kriterij

Opredelitev za izvedbo krožnega križišča je, s stališča prometno-tehničnega kriterija, primerna in priporočljiva predvsem:

- pri križanjih v obliki X, Y, A in K (oster kot sekanja),
- pri križanjih v obliki F in H (dve zaporedni T-križišči na kratki medsebojni oddaljenosti),
- v primeru približno enake prometne obremenitve na glavni in stranski prometni smeri,
- v primeru majhnega števila levih zavijalcev,
- pri večjem številu krakov (pet ali več),
- kjer semaforizacija ni upravičena, je pa presežena kapaciteta nesemaforiziranega križišča.

Pri presoji tega kriterija gre za pridobitev odgovora na vprašanje: **Kakšne so okoliščine na obravnavanem mestu?**

Kriterij prometne varnosti

Presoja tega kriterija se izvaja v vseh primerih, ne glede na to, ali gre za rekonstrukcijo ali novogradnjo, saj sta prepustnost in prometna varnost lahko premo sorazmerni.

Še posebej je presoja tega kriterija pomembna pri opredelitvi za tip križišča (»klasično« ali krožno). Povedano konkretno: če je prevladujoč tip prometnih nesreč v obstoječem klasičnem štirikrakem križišču čelni trk (med vozilom, ki v križišču zavija v levo, in nasproti vozečim vozilom, ki nadaljuje z vožnjo skozi križišče naravnost), je izvedba krožnega križišča smiselna in upravičena. Če pa je prevladujoč tip prometne nesreče nalet vozila na vozilo, ki v križišču zavija v desno, pa je izvedba krožnega križišča nepotrebna in nesmiselna, saj zadošča že ločen pas za desne zavijalce.

Pri odločitvi je treba upoštevati vse vrste, število in lastnosti udeležencev v prometu, ki jih lahko pričakujemo v krožnem križišču.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Analizirati je treba naslednje: **Ali bo krožno križišče v obstoječih razmerah prometno varna rešitev za vse udeležence v prometu?**

Ekonomski kriterij

Ekonomski kriterij predstavlja ekonomsko upravičenost predlagane rešitve oz.: **Kolikšni bodo stroški (izvedbe in vzdrževanja) krožnega križišča?**

Pri presoji tega kriterija je smiselna izvedba primerjave z drugimi možnimi rešitvami (semaforiziranim križiščem, podhodom ...).

4.2 Kapacitetni izračun enopasovnega krožnega križišča

4.2.1 Splošno

Za vsako novozgrajeno ali rekonstruirano krožno križišče je treba preveriti prepustnost. Izračun je možno izvesti na dva načina.

Prvi način je iterativen – preverja se neka priporočena oblika (dimenzije) krožnega križišča, ki je bila izbrana na osnovi prostorskih, urbanističnih in/ali drugih meril. Na osnovi kapacitetnega izračuna se lahko dimenzije projektnih elementov spreminjajo, vse dokler rezultati izračuna ne dajejo zadostne prepustnosti na koncu planske dobe.

Drugi način izračuna je, da na osnovi znanih prometnih obremenitev iščemo optimalne projektne elemente, ki zagotavljajo zadostno prepustnost. V tem primeru sledijo prostorska, urbanistična in/ali kakšna druga preveritev. Kapacitetni izračuni se lahko nanašajo na analizo obstoječega krožnega križišča, pri čemer z njimi preverjamo morebitne kapacitetne probleme, ki se pojavljajo v koničnih urah dneva. Običajno pa se izračuni nanašajo na rekonstrukcijo obstoječih križišč oziroma gradnjo novih krožnih križišč.

V primeru rekonstrukcije obstoječega križišča, ki je običajno tri- ali štirikrako klasično nesemaforizirano ali semaforizirano križišče, je mogoče prometne obremenitve pridobiti s pomočjo štetja prometa na tipični dan v tednu. Izogibati se je treba obdobjem, ki niso tipična za obravnavano območje, kjer se analizirano križišče nahaja. Štetje običajno poteka 16 ur. Določiti je mogoče jutranjo in popoldansko konično urno obremenitev, lahko pa se določi tudi druge konične urne prometne obremenitve, če se te pojavljajo preko dneva. Kapacitetne izračune in/ali dimenzioniranje se izvede za vse ugotovljene konične obremenitve. Štetje se izvede v 15-minutnih intervalih, kar omogoča določitev faktorjev urnih konic (*PHF*). Pri določitvi merodajnih urnih obremenitev je treba upoštevati običajne ekvivalentne faktorje, ki pretvorijo vozila v enote osebnih vozil (EOV) glede na strukturo vozil in *PHF*.

$$q_{mer} = \frac{q_{dej}}{PHF}, \quad PHF = \frac{q_{dej}}{4q_{15}^{max}}, \quad q_{dej} = \sum q_i E_i \quad (4.1)$$

kjer je:

q_{mer}	merodajne prometne obremenitve, ki jih uporabimo v izračunu kapacitete (EOV/uro),
q_{dej}	preštete konične urne obremenitve, upoštevana struktura prometnega toka (EOV/uro),
q_{15}^{max}	preštete maksimalne 15-minutne obremenitve znotraj konične ure, upoštevana struktura prometnega toka (EOV/15 minut),
q_i	preštete prometne obremenitve posameznih razredov (osebna vozila, tovorna vozila, avtobusi ...),
E	ekvivalentni faktor za pretvorbo v EOv.

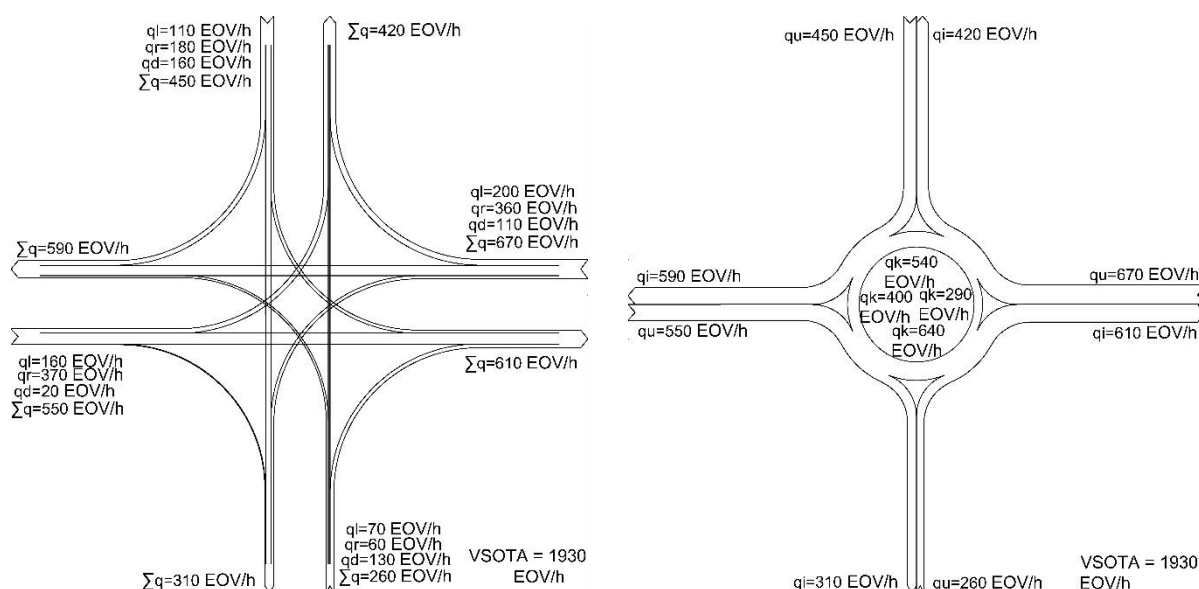
KROŽNA KRIŽIŠČA

Pri določanju prepustnosti novega krožnega križišča je treba upoštevati predvidene prometne obremenitve na koncu planske dobe. Za analizo in/ali dimenzioniranje krožnega križišča za primer novogradnje je treba praviloma upoštevati povprečno letno stopnjo rasti (PLSR).

Za projektiranje novega krožnega križišča se upošteva prometna obremenitev, ki je napovedana za dvajsetletno obdobje po zaključku gradnje. Za projektiranje rekonstrukcije, sanacije ali obnove obstoječega krožnega križišča pa se uporabi prometna obremenitev, ki je napovedana za desetletno obdobje po zaključku gradnje. Izračune je treba izvesti za konične obremenitve.

V primeru rekonstrukcije obstoječega križišča v krožno križišče je treba izračun prepustnosti izvesti za dve ali več koničnih obremenitev (vsaj za jutranjo in popoldansko). Tudi v tem primeru je treba upoštevati predvideno stopnjo rasti prometa do konca planske dobe.

Za razliko od novih krožnih križišč je, v primeru rekonstrukcije običajnega (klasičnega) križišča v krožno križišče, treba izvesti tudi pretvorbo prometnih obremenitev s klasičnega na krožno križišče (Slika 4.1).



Slika 4.1: Primer pretvorbe prometnih obremenitev iz klasičnega štirirakega križišča v štirirako krožno križišče

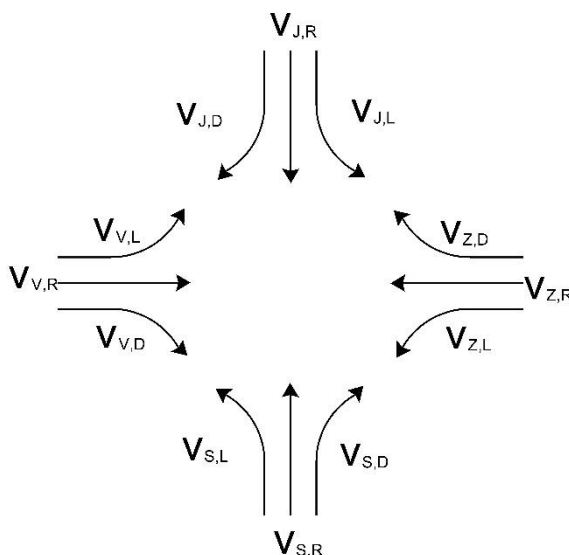
4.2.2 Štetje prometa v krožnih križiščih

Za kapacitetno analizo križišč potrebujemo podatke o obstoječih prometnih obremenitvah posameznega križišča (konične urne obremenitve). Oblika in vrsta podatkov sta odvisni od programske opreme oziroma metode, ki jo uporabimo. Običajna programska oprema zahteva podatke o prometnih obremenitvah na vsakem od priključkov, za vsako smer posebej: število levih in desnih zavijalcev ter število vozil, ki v križišču ne zavijajo (tj. vozijo naravnost). Štetje prometa na običajnih štiri- in trikrakih križiščih ne predstavlja večjega problema.

Štetje prometa v krožnih križiščih je mnogo težje predvsem zaradi dejstva, da je problematično hitro ugotoviti, v katerem izvozu bo določeno vozilo, ki se približuje po določenem priključku, zapustilo krožno križišče. V klasičnih križiščih namreč štejemo na preseku priključka pred uvozom v križišče, zato lahko enostavno in zelo hitro ugotovimo, v katero smer bo zavilo vozilo (levo, naravnost, desno).

KROŽNA KRIŽIŠČA

S slike (Slika 4.2) je razvidno, kakšne podatke pridobimo pri takšnem štetju prometa v križišču. V splošnem vsak krak križišča poimenujemo z ustrežno oznako ali pa glede na to, v katero smer teče promet proti križišču. Promet s kraka v zgornjem delu slike, ki teče proti jugu, tako lahko označimo z indeksom J in črko L , R ali D glede na to, v katero smer prometni tok zavija (levo, ravno ali desno). Podobno označimo prometne tokove, ki tečejo proti zahodu, severu in vzhodu.



Slika 4.2: Podatki pri neposrednem štetju

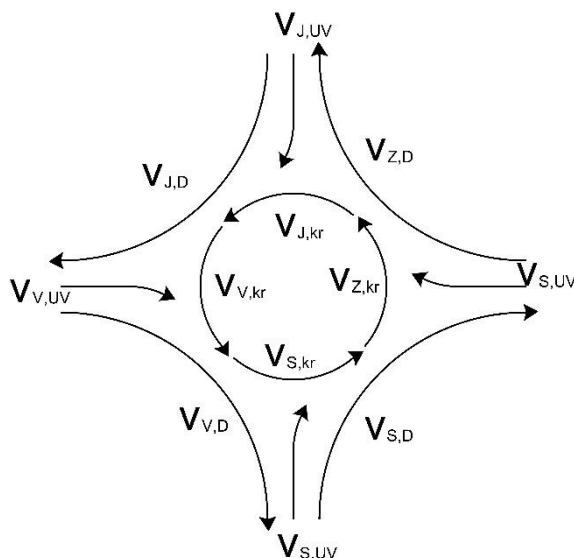
Štetje prometa v krožnih križiščih je precej bolj težavno od štetja prometa v klasičnem križišču. V krožnem križišču žal ne obstajajo posebni pasovi, po katerih bi vozili samo določeni zavijalci. Če pogledamo presek na uvozu v krožno križišče, vidimo, da je prometni tok sestavljen iz vozil, ki bodo potem, ko bodo prevozila krožno križišče, zavila desno, vozila naravnost ali pa zavila levo. Prometni tok v preseku krožnega vozišča je sestavljen še celo iz več različnih prometnih tokov. Če je krožno vozišče večpasovno, pride v njem še do prepletanja med različnimi prometnimi tokovi.

Štetje prometnih tokov v krožnem križišču pa je težavno tudi in predvsem zaradi načina vožnje skozenj. Najbolj problematični so levi zavijalci. Vsako vozilo bi bilo namreč treba opazovati od uvoza do izvoza, da ugotovimo, v kateri smeri je. Ker je razdalja med tema dvema točkama v krožnem križišču lahko zelo velika (še posebej pri levih zavijalcih), je za vsako vozilo potrebnega več časa in/ali več števecv.

Če ni na razpolago elektronske in/ali video opreme za izvedbo štetja v obstoječih krožnih križiščih, je mogoče štetje izvesti tudi t. i. ročno. Ena izmed možnosti, ki ne zahteva velikega števila števecv, je »indirektno štetje« (Slika 4.3). Na vsakem kraku posebej je treba šteti tri tipe uporabnikov krožnega križišča, na podlagi česar potem izračunamo število vozil, ki vozijo naravnost ali zavijajo desno ali levo. Šteje se torej:

- - vozila v krožnem prometnem toku (Q_c),
- - vozila v uvoznem prometnem toku, ki vozijo »ravno« ali zavijejo »levo«,
- - vozila v uvoznem prometnem toku, ki zavijejo desno.

KROŽNA KRIŽIŠČA



Slika 4.3: Podatki pri štetju v krožnem križišču

Tako je mogoče štetje v običajnem krožnem križišču opraviti s samo štirimi števci namesto z najmanj osmimi.

Iz rezultatov teh štetij je mogoče prometne obremenitve v obliki izvorno-ciljne matrike izračunati z uporabo naslednjih preprostih enačb:

$$\begin{aligned}
 \text{Uvoz proti zahodu:} \quad & V_{Z,L} = V_{V,kr} - V_{J,UV} \\
 & V_{Z,R} = V_{Z,UV} - V_{Z,L} \\
 \text{Uvoz proti jugu:} \quad & V_{J,L} = V_{S,kr} - V_{V,UV} \\
 & V_{J,R} = V_{J,UV} - V_{J,L} \\
 \text{Uvoz proti vzhodu:} \quad & V_{V,L} = V_{Z,kr} - V_{S,UV} \\
 & V_{V,R} = V_{V,UV} - V_{V,L} \\
 \text{Uvoz proti severu:} \quad & V_{S,L} = V_{J,kr} - V_{Z,UV} \\
 & V_{S,R} = V_{S,UV} - V_{S,L}
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

4.2.3 Prepustnost (kapaciteta) krožnega križišča

Kapaciteto krožnega križišča se lahko preveri z empiričnimi, analitičnimi (ter na njih temelječih računalniških programih) ter simulacijskimi metodami. Natančnost naštetih metod je različna. Empirične metode se smejo uporabiti samo za preliminarno definiranje tipa krožnega križišča, saj kot rezultat podajo le okvirno prepustno moč določenega tipa krožnega križišča. Za natančnejšo določitev prepustnosti (kapacitete) krožnega križišča je treba izbrati eno izmed analitičnih metod oz. uporabiti mikrosimulacije.

Kapaciteta krožnega križišča C nam pove, koliko vozil lahko prevozi krožno križišče v enoti časa na vseh uvozih. Dobimo jo tako, da seštejemo prepustnosti vseh uvozov L_{Ei} v krožno križišče. Nedvomno ima pravilno oblikovanje projektnih elementov krožnega križišča (Slika 4.4) vpliv na zmogljivost uvozov. Izračun izvedemo pa naslednji enačbi:

KROŽNA KRIŽIŠČA

$$C = \sum_1^n L_{Ei} \quad (4.3)$$

kjer je:

n število uvozov v krožno križišče.

Prepustnost uvoza L_E določa, koliko vozil uvozi v krožno križišče skozi en uvoz v časovni enoti:

$$L_E = f(Q_c, \text{geometrije}) \quad (4.4)$$

kjer je:

Q_c krožeči prometni tok v območju posameznega uvoza.

Kapaciteto posameznih uvozov po angleški metodi izračunamo s pomočjo naslednjih enačb:

$$\begin{aligned} Q_e &= k(F - f_c Q_c), & \text{če je } f_c Q_c \leq F, & \text{ oziroma} \\ Q_e &= 0, & \text{če je } f_c Q_c > F \end{aligned} \quad (4.5)$$

kjer je:

Q_e kapaciteta uvoza,

Q_c krožni prometni tok.

Posamezni parametri iz teh enačb se računajo s pomočjo naslednjih enačb:

$$\begin{aligned} k &= 1 - 0,00347(\phi - 30) - 0,978\left(\frac{1}{r} - 0,05\right) \\ F &= 303x_2 \\ f_c &= 0,210t_D(1 + 0,2x_2) \\ t_D &= 1 + \frac{0,5}{1 + e\left(\frac{D-60}{10}\right)} \\ x_2 &= v + \frac{e - v}{1 + 2S} \\ S &= \frac{1,6(e - v)}{l'} \end{aligned} \quad (4.6)$$

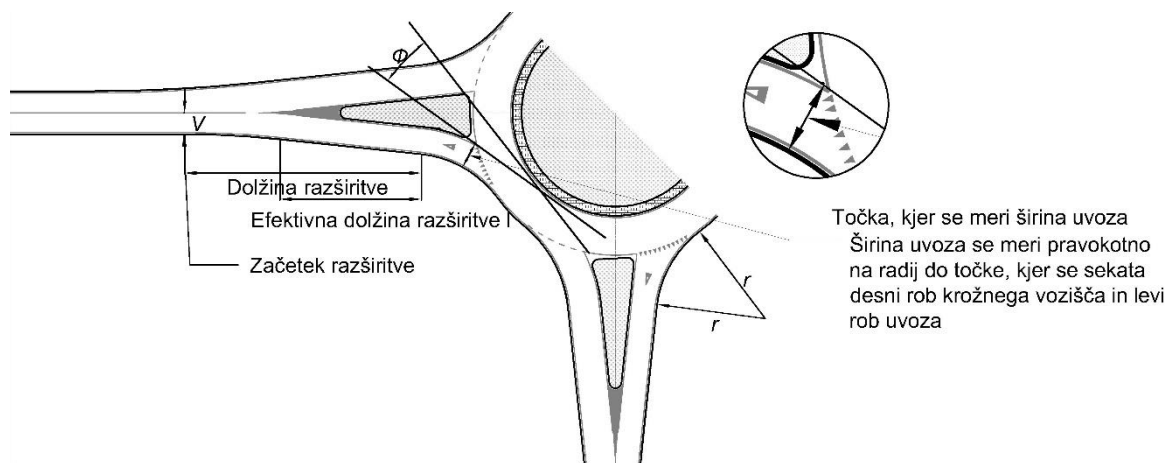
kjer je:

e uvozna širina pred uvozom v krožno križišče,

v širina voznega pasu (širina tistega dela vozišča, po katerem vozila vozijo proti krožnemu križišču),

KROŽNA KRIŽIŠČA

- l' efektivna dolžina razširitve,
 S ostrost (stopnja) razširitve,
 D zunanji premer,
 ϕ uvozni kot,
 r uvozni radij.



Slika 4.4: Projektni elementi, ki so upoštevani v angleški metodi in so pomembni za pravilno oblikovanje krožnega križišča

Za dobro delovanje krožnih križišč je pomembna vrednost razmerja med izračunano zmogljivostjo uvoza in napovedanimi prometnimi obremenitvami ob koncu planske dobe (stopnja nasičenja A). Priporočljivo je, da je A med 0,8 in 0,9.

4.2.4 Empirične metode ocene prepustne moči krožnih križišč

Empirične metode temeljijo na rezultatih opazovanj v določenih pogojih, zaradi česar jih je treba jemati z zadržkom, če se njihovi rezultati uporabljajo v drugačnih pogojih – pri tem imamo predvsem v mislih različne prometne značilnosti in različno obnašanje voznikov v različnih državah.

Empirične metode uporabimo v preliminarni fazi načrtovanja/projektiranja krožnega križišča, s čimer lahko okvirno ocenimo sprejemljivost krožnega križišča na določeni lokaciji. Glede na podatke, s katerimi razpolagamo, lahko prepustno moč ocenimo na osnovi:

- dnevne kapacitete krožnega križišča,
- intenzitete konfliktov.

Dnevna kapaciteta krožnega križišča predstavlja okvirno število vozil, ki lahko ob primerni/ustrezni ravni usluge prepeljejo krožno križišče v enem dnevu.

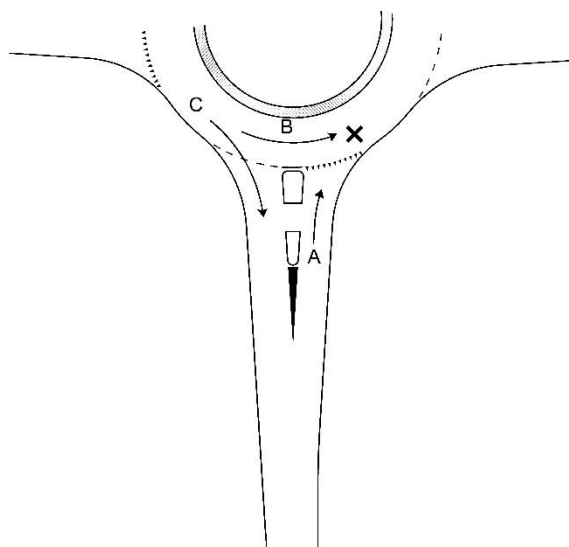
Intenziteta konfliktov predstavlja seštevek količine prometa na uvozu v krožno križišče (A) in »konfliktnega« prometnega toka v krožnem toku (B) – glej sliko (Slika 4.5). Izračuna se na naslednji način:

$$l_k = l_{ku} + l_u \quad (4.7)$$

kjer je:

KROŽNA KRIŽIŠČA

- l_k »konfliktni promet« v konfliktni točki na uvozu v krožno križišče (EOV/h),
 l_{KU} količina prometa v krožnem toku na mestu obravnavanega uvoza (EOV/h),
 l_u količina prometa na obravnavanem uvozu (EOV/h).



Slika 4.5: Konfliktna točka »x«, merodajna za določitev prepustne sposobnosti krožnega križišča

Preglednica 4.1: Empirični podatki o prepustni moči različnih tipov krožnih križišč

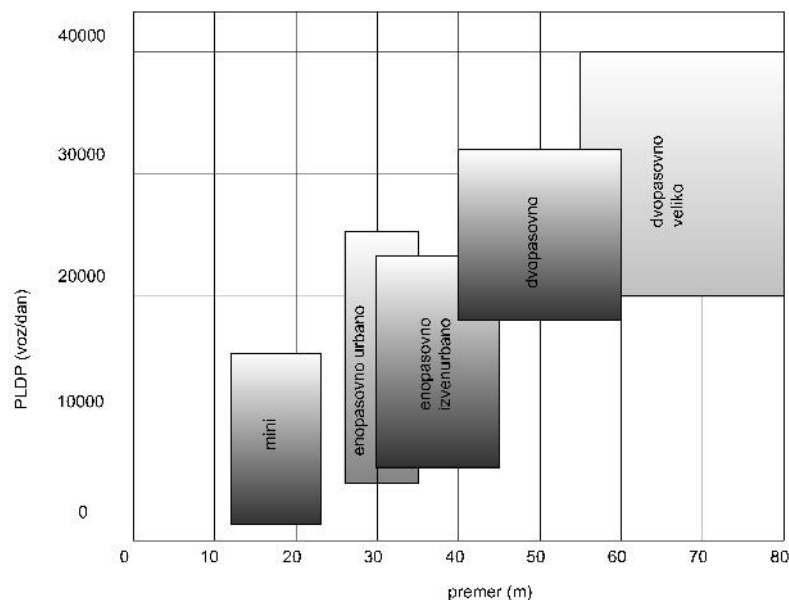
Tip krožnega križišča	Okvirna kapaciteta (voz./dan)	
	znotraj naselja	izven naselja
Mini krožno križišče	8000–15.000	
Majhno krožno križišče	12.000–24.000	10.000–24.000
Srednje veliko krožno križišče	20.000–32.000	15.000–32.000
Dvopasovno krožno križišče z enopasovnimi uvozi in izvozi	22.000–36.000*	22.000–36.000*
Dvopasovno krožno križišče z dvopasovnimi uvozi in izvozi	35.000–40.000*	35.000–40.000*
Semaforizirano veliko krožno križišče	30.000–50.000	30.000–50.000

Opomba Okvirne kapacitete so le okvirne vrednosti za štirikraka krožna križišča z enakomerno porazdelitvijo prometnih tokov. V tabeli podane vrednosti so torej le informativne, pri reševanju konkretnih primerov pa je treba vsako krožno križišče prometno preveriti glede na dejanske prometne tokove in uporabljene projektno-tehnične elemente. Vrednosti v tabeli predstavljajo seštevek prometnih obremenitev vseh štirih krakov. Vrednosti so povzete (razen *) po nemških smernicah (Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, 2006).

*Povzeto po nizozemskih smernicah (CROW). Pri vrednostih je predpostavljeno, da v krožnem križišču ni vpliva pešcev/kolesarjev. Če so v krožnem križišču prisotni pešci/kolesarji, je treba upoštevati manjšo od prikazanih vrednosti.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Na sliki (Slika 4.6) je prikazan tudi grafikon, s pomočjo katerega lahko na enostaven način (glede na dnevno prometno obremenitev v krožnem križišču (voz./dan) preliminarno izberemo vrsto krožnega križišča oz. za preliminarno izbrani tip krožnega križišča preverimo njegovo prepustnost oz. kapaciteto.



Slika 4.6: Prepustnost različnih tipov krožnih križišč po nemških smernicah (Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, 2006), prirejeno po Brilonu

4.2.5 Analitične metode ocene prepustne moči krožnih križišč

Kapaciteto krožnih križišč je mogoče določiti tudi z eno od uveljavljenih metod, ki jih lahko – glede na teoretična izhodišča – razdelimo v dve skupini:

- metode, ki temeljijo na linearni regresiji: avstrijska, angleška, švicarska metoda;
- metode, ki temeljijo na mejnih časovnih intervalih vozil: avstralska metoda, metoda po Ning Wuju.

Rezultati, dobljeni z angleško metodo, so nekje med švicarsko, avstralsko in nemško metodo, zato je glede na parametre, ki jih uporablja za izračun kapacitete, primerna za določevanje optimalnih geometrijskih elementov krožnih križišč. V primeru uporabe angleške metode je treba izdelati primerjalni izračun z avstrijsko ali avstralsko metodo.

Za zahtevnejša krožna križišča, kjer se poleg izračuna kapacitete zahtevajo tudi izračuni zamud, število ustavljanj in dolžine kolon oziroma se preverja ustrezne ravni uslug, je za izračun priporočljiva uporaba računalniških programov, ki uporabljajo eno od priznanih metodologij, ki so upoštevane v tehničnih standardih posameznih držav:

- Nemčija: HBS 2001+, Merkblatt 2006+, Brilon Wu 2008; programsko orodje Wu Kreisel+,
- Švica: SN 640 024a 2006+; metodologija ETH Lausanne,
- Avstrija: RVS 03.05.14, verzija 7.1.9+,
- Velika Britanija: Kimber/Rodel,
- Avstralija: programsko orodje Akcelik, aaSidra,

KROŽNA KRIŽIŠČA

- ZDA: HCM Lower, FHWA modificirana metodologija VB.

Za majhna in manj obremenjena krožna križišča zadošča avstrijska metoda izračuna.

4.2.6 Mikrosimulacijska orodja

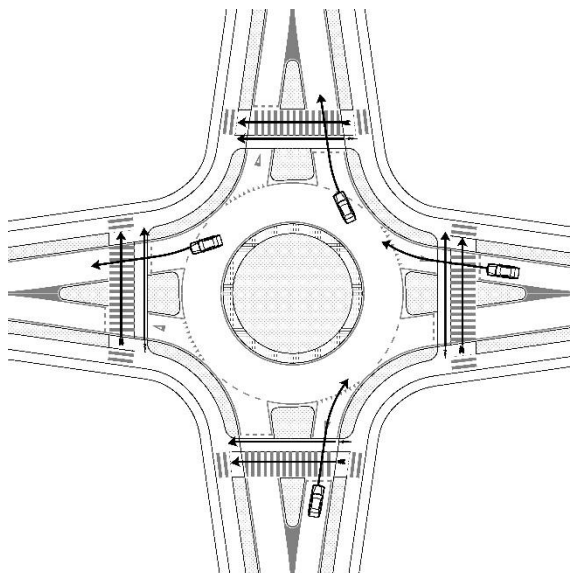
Krožna križišča je možno analizirati tudi z uporabo mikrosimulacijskih modelov in metod, ki so integrirani v posamezna programska orodja. Običajno se krožna križišča najprej kapacitetno preveri z eno od analitičnih metodologij, nato pa izvede kapacitetni preračun z enim od priznanih programskih orodij, ki uporabljajo eno od naštetih metodologij. Modeliranje krožnih križišč v mikrosimulacijskih programskih orodjih predpostavlja, da so tehnični in projektni elementi krožnih križišč ustrezni. Mikrosimulacija je torej primerno orodje za preveritev odvijanja prometnih tokov po tem, ko je bilo krožno križišče ustrezno dimenzionirano.

Vsa mikrosimulacijska orodja niso enako primerna za analizo krožnih križišč, saj modeliranje krožnih križišč praviloma ni posebej obravnavano. Običajno je modeliranje za namen analize z mikroskopsko simulacijo tudi zelo zahtevno. Napačno modeliranje lahko privede do zavajajočih rezultatov. Rezultati simulacijskih modelov niso strukturirani posebej za namen dimenzioniranja krožnih križišč. Vsa orodja tudi niso posebej in/ali dovolj prirejena za analizo krožnih križišč, saj ne upoštevajo dovolj geometrijskih oziroma projektnih elementov.

4.2.7 Vpliv nemotoriziranega prometa na zmanjšanje kapacitete krožnega križišča

Kolesarski in peš promet zmanjšujeta kapaciteto krožnega križišča. V primeru, da je jakost kolesarskega in/ali peš prometa velika (stanovanjske/peš cone, šole, športni centri, nakupovalni centri ...), je treba preveriti njegov vpliv na kapaciteto krožnega križišča.

V krožnih križiščih z enim prometnim pasom na krožnem vozišču lahko, zaradi močnega toka pešcev in/ali kolesarjev, nastopajo problemi njegovega polnjenja in praznjenja. Vozila na uvozu/izvozu v krožno križišče morajo pešcem/kolesarjem odstopiti prednost. Zaradi tega prihaja do oviranih (motenih) prometnih tokov in zastojev (Slika 4.7).



Slika 4.7: Ovirani tokovi v krožnem križišču

V primeru, da je tok motornih vozil usmerjen proti uvozu, postane vprašljivo doseganje minimalne kapacitete. V primeru, da je tok vozil usmerjen proti izvozu, prihaja do prekoračitve maksimalne kapacitete.

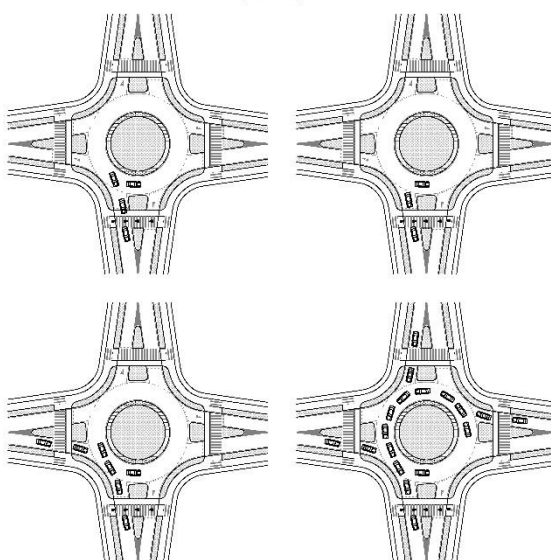
KROŽNA KRIŽIŠČA

Če je dolžina vozil v koloni na izhodu iz krožnega križišča tako velika, da doseže predhodni vhod, prihaja do težav s polnjenjem krožnega križišča (in postane vprašljivo doseganje minimalne kapacitete).

Trenutek nastanka popolne blokade (Slika 4.8) krožnega križišča je odvisen od porazdelitve tokov na preostalih vhidih.

V krožnem križišču z enim voznim pasom v krožnem toku in prostorom za čakanje enega vozila v niši za čakanje lahko torej nastopijo tri situacije:

- časovni presledki med posameznimi enotami prečnega toka so zadostni za prehod vozil, zato ni čakajočih vozil v niši;
- časovni presledki med posameznimi enotami prečnega toka so še vedno zadostni za prehod vozil, čeprav prihaja do zastojev vozil v niši;
- časovni presledki med posameznimi enotami prečnega toka so premajhni, niša je ves čas zasedena in vsako naslednje prispelo vozilo čaka na krožnem voznem pasu.



Slika 4.8: Nastanek blokade krožnega križišča

4.3 Določitev projektno-tehničnih elementov

Vsako križišče je specifično, zato lahko projektno-tehnične elemente podajamo samo v priporočenih mejah, ki izhajajo iz prometno-tehničnih ali varnostnih vidikov.

Naloga projektanta je, da v priporočenih mejah izbere optimalne vrednosti elementov za specifične prometne in prostorske razmere.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Preglednica 4.2: Mejne in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov

Element	Simbol	Enota	Mejne dimenzije	Priporočene dimenzije
širina uvoza	e	m	3,6–10	4–6
širina izvoza	e'	m	4–10	5–7
širina voznega pasu (uvoz)	v	m	3–4	3,25–3,75
širina voznega pasu (izvoz)	v'	m	3,5–4,5	3,75–4
dolžina razširitve	l'	m	12–100	30–50
premer	D	m	25–100	26–40
vpadni kot	ϕ	°	0–77	10–60
uvozni radij	R	m	8–25	10–14
izvozni radij	R'	m	12–30	15–25
širina krožnega pasu	u	m	4,5–9	5,5–7
ostrina razširitve	S	-	0–2,9	0–2,9

Vrednosti v

KROŽNA KRIŽIŠČA

Preglednica 4.2 so dobljene izkustveno, zato je treba vsako odstopanje od teh okvirov dobro pretehtati, saj bi lahko imelo neugodne posledice predvsem za varnost križišča.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Preglednica 4.2 velja samo za enopasovna krožna križišča, ne glede na način izvedbe (montažno ali fiksno) in torej ne vsebuje vrednosti za mini krožna križišča, ki se oblikujejo po nekoliko posebnih načelih.

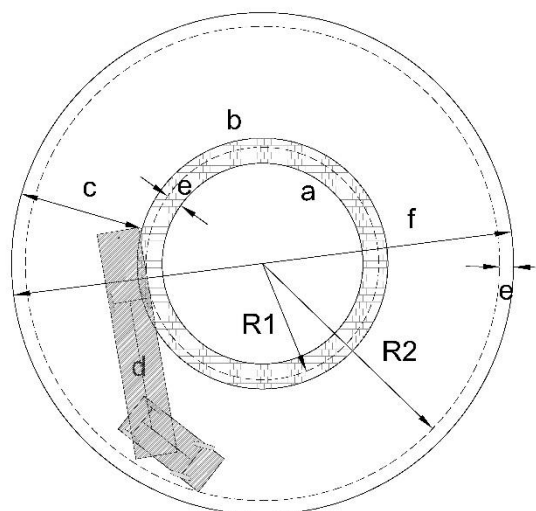
Za opazovanje sprememb prepustnosti uvozov je zelo primerna angleška metoda izračuna, ki temelji na opazovanju voznikovega obnašanja v krožnem prometu. Zaradi angleškega specifičnega načina vožnje kvantitativni rezultati njihove metode niso prenosljivi v naše okolje, zato pa je ta zelo primerna za kvalitativno primerjavo izbranih variant. Priporoča se le pri geometrijskem optimiziranju izbranih variant.

4.3.1 Izbira zunanega premera D in širine krožnega pasu u

Na izbiro zunanega premera vpliva predvsem lokacija bodočega krožnega križišča (znotraj ali izven naselja). Znotraj naselij ima krožno križišče predvsem nalogo umirjati promet (pri zadostni prepustnosti), medtem ko je izven naselja njegova glavna naloga zagotavljanje prepustnosti pri zadostni varnosti udeležencev v prometu (

Preglednica 3.1).

Zunanji premer D in širina krožnega voznega pasu u sta v medsebojni povezavi. Za prevoznost merodajnega vozila, sedlastega vlačilca, skozi majhno in srednje veliko krožno križišče ($R_z = 14\text{--}18\text{ m}$) morajo biti glavni projektni elementi v določenem razmerju in določenih minimalnih velikostih (Slika 4.9).



Slika 4.9: Elementi prevoznosti za merodajno vozilo sedlasti vlačilec

Pri tem je:

- a* sredinski otok,
- b* sredinski otok + povozni del sredinskega otoka,
- d* merodajno vozilo,
- e* varovalna razdalja (znotraj katere ne sme biti fizičnih ovir) 1 m,
- f* zunanji premer krožnega križišča.

Preglednica 4.3: Elementi prevoznosti za merodajno vozilo sedlasti vlačilec

KROŽNA KRIŽIŠČA

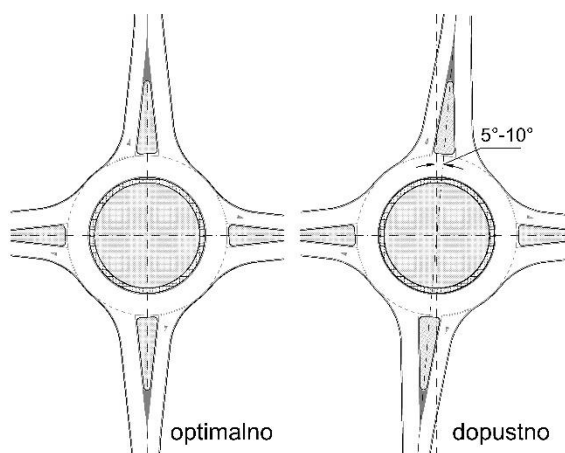
Premer sredinskega otoka (m)	R_1 (m)	R_2 (m)	Minimalni zunanji premer krožnega križišča (m)
6	4	13,4	28,8
8	5	13,9	29,8
10	6	14,4	30,8
12	7	15	32
14	8	15,6	33,2
16	9	16,3	34,6
18	10	17	36

Ne glede na zgoraj navedeno, je treba za merodajno vozilo preveriti prevoznost v vseh manevrih, ki nastanejo pri vožnji v krožnem križišču. Navedeno se uporabi tako za kontrolo izbranih elementov (npr. širina krožnega pasu, širina povoznega dela sredinskega otoka, širina pasov na uvozu/izvozu ipd.) kot tudi za preveritev prevoznosti mimo ločilnih otokov na posameznih krakih krožnega križišča (vključno z upoštevanjem preseganja vozila – postavljena vertikalna signalizacija).

4.3.2 Vodenje cest v krožno križišče

Iz prometno-varnostnih razlogov vodimo krake v križišče čimbolj pravokotno – vsaj v neposredni bližini krožnega križišča – (Slika 4.10), saj tangencialno vodenje povzroča prevelike hitrosti vozil pri uvozu, težko vključevanje vozil v križišče in nalete od zadaj pri uvozu.

Pogoje za dobro vključevanje vozila v križišče ustvarimo s pravilno izbiro vhodnega radija R , širine uvoza e in dolžine razširitve uvoza l' .



Slika 4.10: Optimalno in dopustno vodenje ceste v krožno križišče

4.3.3 Širina voznega pasu pred krožnim križiščem v

Širina voznega pasu pred krožnim križiščem je pomemben element, s katerim bistveno vplivamo na prepustnost uvoza.

Pri rekonstrukcijah je širina voznega pasu pogojena z obstoječo širino pasu pred rekonstrukcijo.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Slovenski predpisi določajo najmanjšo širino pasu 2,75 m, mejne in priporočene vrednosti pa so podane v

KROŽNA KRIŽIŠČA

Preglednica 4.2.

4.3.4 Širina uvoza v križišče e in dolžina razširitve uvoza l'

Najbolj kritičen vozni manever v krožnem križišču je ravno uvoz vanj, zato je zelo pomembno, da je ta majhen prostor optimalno oblikovan.

Opisujemo ga z dvema elementoma:

- širino uvoza e ,
- dolžino razširitve uvoza l' .

Dolžina razširitve uvoza l' je definirana kot dolžina srednice med krivuljo normalno širokega uvoza in krivuljo razširitve (Slika 2.2 in Slika 2.3).

4.3.5 Uvozni radij R in vpadni kot ϕ

Elementa na prepustnost sicer nimata večjega vpliva, sta pa pomembna za zagotavljanje prometne varnosti na uvozu v krožno križišče in v krožnem toku.

Velikost uvoznega radija je odvisna od velikosti krožnega križišča. Optimalen vpadni kot znaša 30° .

4.3.6 Širina izvoza iz krožnega križišča

Ena glavnih predpostavk pri izračunu prepustnosti uvozov je ta, da se promet nemoteno izvaža iz križišča. Priporočene in mejne vrednosti so navedene v preglednici (

KROŽNA KRIŽIŠČA

Preglednica 4.2).

4.3.7 Izvozni radij

Izvozni radij je večji ali enak kot uvozni radij, nikakor pa ne sme biti manjši od uvoznega.

4.3.8 Dimenzije ločilnih otokov

Pri velikih krožnih križiščih se priporoča uporaba ločilnih otokov trikotne, pri majhnih pa kapljaste oblike.

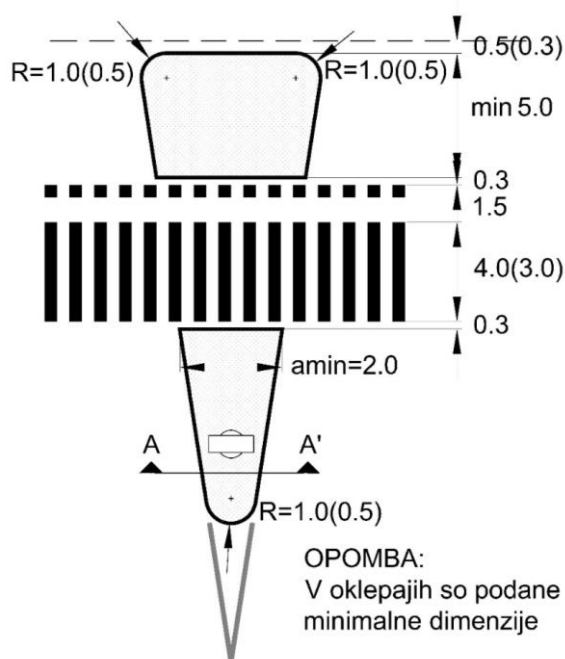
Minimalne dimenzije ločilnega otoka trikotne oblike izhajajo iz velikosti krožnega križišča in velikosti uvoznega radija, ki jim (zaradi velikosti krožnega križišča) ni težko zadostiti.

Minimalne dimenzije ločilnega otoka kapljaste oblike pa izhajajo iz vrste udeležencev v krožnem križišču, ki prečkajo ločilni otok (pešci in kolesarji ali samo pešci).

Minimalna širina ločilnega otoka na mestu prehoda za pešce in/ali kolesarje mora znašati vsaj 2 m (npr. dolžina kolesa + varnostna razdalja; dolžina vozička in osebe, ki ga potiska + varnostna razdalja), minimalna širina na mestu postavitve prometnih znakov obvezna vožnja mimo po desni strani (2303) in znaka za označitev prometnega otoka (3313) pa vsaj 1 m (Slika 4.11, Slika 4.12).

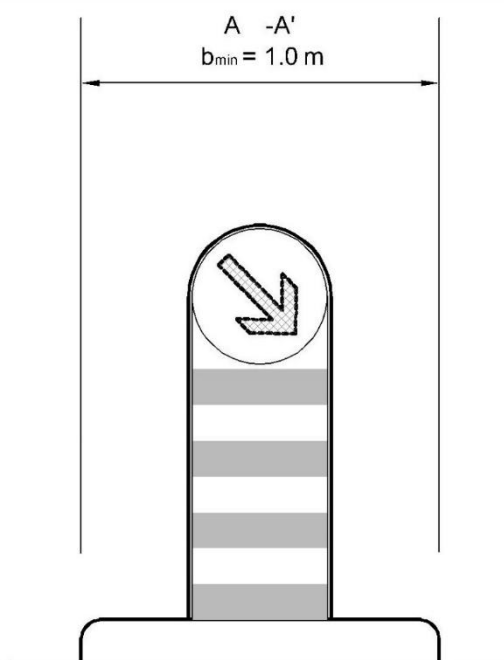
Vsa presečišča linij se zaokrožijo vsaj z radijem 0,5 m.

V krožnih križiščih, kjer preko kraka krožnega križišča na mestu sredinskega ločilnega otoka ni urejenega prehoda za pešce in/ali kolesarje, je lahko širina ločilnega otoka (na širšem delu) tudi ožja od 2 m.



Slika 4.11: Minimalne dimenzije ločilnega otoka

KROŽNA KRIŽIŠČA



Slika 4.12: Minimalne dimenzije ločilnega otoka na mestu postavitve prometnih znakov

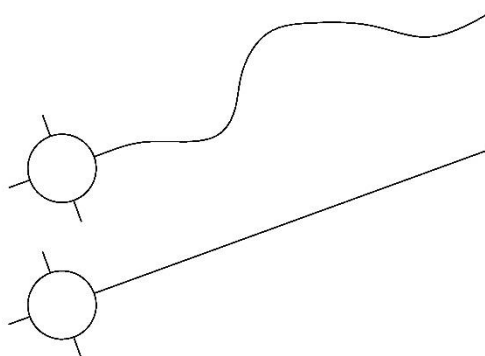
4.4 Horizontalno in višinsko vodenje

4.4.1 Horizontalno vodenje

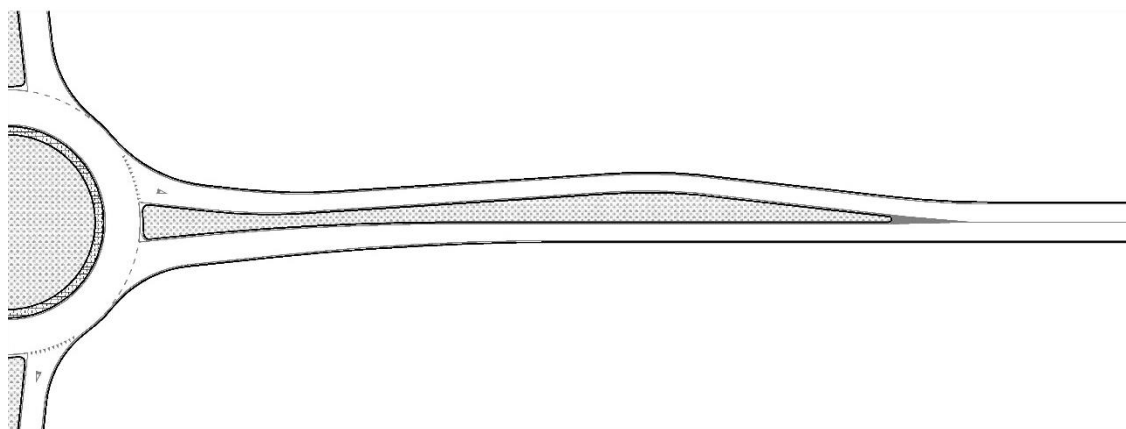
Vodenje v širšem pomenu predstavljajo elementi horizontalnega poteka ceste na daljšem odseku pred in za krožnim križiščem. Vodenje v ožjem pomenu predstavljata zadnji element horizontalnega poteka ceste pred in prvi element horizontalnega poteka ceste za krožnim križiščem.

Z zmanjšanjem radijev zaporednih krožnih lokov pred krožnim križiščem dosežemo postopno zmanjšanje hitrosti pred njim in s tem preprečimo možnosti prepoznega zaznavanja krožnega križišča s strani voznikov in naleta vozil.

Prema, kot element na daljšem odseku pred krožnim križiščem, sicer ni prepovedana, jo pa odsvetujemo oz. naj se jo načeloma uporabi le pri rekonstrukcijah obstoječih klasičnih križišč ali v naseljih, kjer je potek osi ceste zaradi okoliške pozidave vnaprej določen (Slika 4.13).



Slika 4.13: Potek osi na daljšem odseku pred krožnim križiščem (zgoraj boljša in spodaj slabša rešitev)

KROŽNA KRIŽIŠČA

Slika 4.14: Primer postopnega spreminjanja horizontalnih elementov (polmeri krožnih krivin se s približevanjem krožnemu križišču zmanjšujejo)

Zaželeno je, da za zadnji element pred in prvi element neposredno za krožnim križiščem uporabimo premo – s tem praviloma dosežemo pravokotnost pri priključevanju kraka v krožno križišče, kar je ugodno s stališča prometne varnosti.

Prav tako je zaželeno, da se podaljški osi krakov krožnega križišča sekajo le v enem presečišču, najbolje v centru krožnega križišča. Nekoliko manj ugodno je, če je to presečišče levo od centra krožnega loka (gledano v smeri uvažanja). V takih primerih je dovoljena razlika manj kot 15° . Najslabši primer nastopi, če je presečišče desno od centra krožnega križišča, saj se s tem povečuje največja možna hitrost na uvozu, zato se taka rešitev odsvetuje.

Velikosti predhodnih in naslednjih krožnih lokov so odvisne od predvidene omejitve hitrosti.

4.4.2 Višinsko vodenje

Mejne vrednosti naštetih elementov določamo na osnovi upoštevanja pravil vozne dinamike, psihofizičnih in prometno-psiholoških zakonitosti ter predvsem konstrukcijskih možnosti in zahtev. Med slednje sodijo predvsem zahteve vozne dinamike in učinkovito odvodnjavanje območja krožnega križišča.

Krakov krožnega križišča ne smemo voditi tako, da bi tvorili greben, ki bi zmanjševal preglednost na uvozu vanj. Lom med niveleto priključnega kraka in ravnino (prečnim nagibom) krožnega križišča naj bo $\leq 4\%$, v nasprotnem primeru je treba izvesti zaokrožitev vsaj R500.

Radij vertikalne zaokrožitve ne sme segati v krožni vozni pas.

Celotno območje, ki ga omejuje zunanji radij krožnega križišča (v primeru, da so v krožnem križišču tudi kolesarji in pešci, pa zunanji rob hodnika za pešce), mora ležati v eni ravnini. Če zaradi utemeljenih razlogov (npr. neugoden relief, krožno križišče locirano na mestu vertikalne zaokrožitve ipd.) ni mogoče izvesti krožnega križišča v eni ravnini, je možna drugačna izvedba. Pri tem je treba zagotoviti ustrezno prevoznost in prometno varnost takšne rešitve ter predlagano rešitev ustrezno utemeljiti.

Maksimalni nagib omenjene ravnine je lahko do $2,5\%$, pri čemer je treba posebno pozornost posvetiti odvodnjavanju (minimalen nagib vozišča v takem primeru znaša $0,5\%$). V primerih, ko konfiguracija terena tega ne omogoča, je dovoljena vrednost največjega nagiba do 4% (5%), pri čemer je treba glede na strukturo prometa in velikost krožnega križišča utemeljiti izbrano rešitev.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Maksimalni vzdolžni nagib nivelet priključkov v krožno križišče naj neposredno pred vertikalno zaokrožitvijo ne presega $s_{max} = 3 \%$. V primeru, če je niveleta priključka neposredno pred vertikalno zaokrožitvijo v nagibu, ki je večji od s_{max} , ga je treba zmanjšati na vrednost $s = 3 \%$.

Polmer vertikalne zaokrožitve, s katerim zaokrožimo novonastali lom, izberemo tako, da je leta večji ali vsaj enak r_{min} in da ne pade v območje krožnega vozišča.

Minimalni vzdolžni nagib nivelet priključkov v krožno križišče določajo naprave za odvodnjavanje. Tudi na območju krožnega križišča naj nivelete priključnih cest ne bi imele vzdolžnega nagiba k robu ceste manjšega od 0,5 %, čeprav so možne tudi horizontalne nivelete. Le-te pa zahtevajo obrobjanje vozišča s perforiranimi (vtočnimi) robniki.

Če so priključni kraki krožnega križišča v vzponu ali padcu, je treba zagotoviti plato neposredno pred uvozom z vzdolžnim naklonom maksimalno $\pm 3 \%$.

Dolžina platoja je minimalno 6 m, v primeru močnih prometnih tokov in tokov velikega števila tovornih vozil pa ustrezno več. V takih primerih se vertikalna zaokrožitev lahko prične šele po 12 m, merjeno od talne signalizacije, ki določa odzvem prednosti.

Vzdolžni nagib na platoju na oddaljenosti 6 m (oz. 12 m) ne sme presegati $\pm 3,5 \%$. Če je na tem mestu vertikalna zaokrožitev, se meri nagib tangente.

V ostalih segmentih vodenja nivelet priključkov v krožno križišče veljajo enaki pogoji kot pri klasičnih nivojskih križiščih.

4.4.3 Prečni nagib krožnega vozišča

Glavne naloge prečnega nagiba krožnega vozišča so:

- ustrezno odvodnjavanje in
- omogočanje zveznih sprememb naklonov na prehodih med priključnimi pasovi in krožnim pasom.

Načeloma obstajajo tri vrste prečnih nagibov krožnega vozišča:

- prečni nagib navzven (negativen),
- prečni nagib v ravnini in
- prečni nagib navznoter (pozitiven).

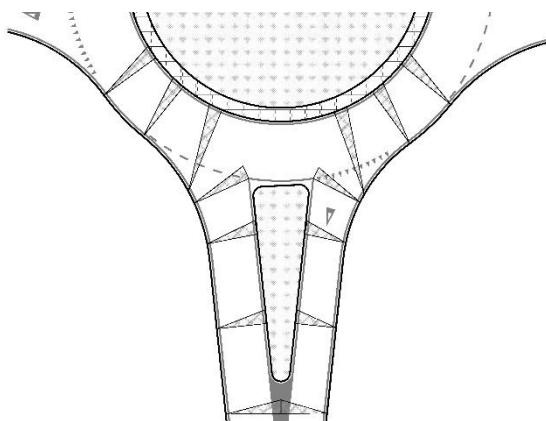
Prečni nagib krožnega vozišča navzven

To je najpogostejši način višinskega vodenja krožnega križišča (Slika 4.15). S tem načinom najlažje dosežemo ustrezno odvodnjavanje, neproblematičen pa je tudi prehod med priključnimi pasovi in krožnim pasom. Prečni nagib ne sme presegati $-2,5 \%$.

Kombinacija prečnega nagiba navzven in geometrijskih elementov, ki omogočajo prevelike hitrosti, pa lahko privede do nevarnega krožnega križišča.

Slabosti navzven nagnjenega krožnega vozišča se pokažejo predvsem v slabih vremenskih razmerah, ko zaradi kombinacije negativnega prečnega nagiba in zmanjšanega tornega koeficienta med pnevmatikami in podlago vozilo prične drseti navzven že pri majhni hitrosti.

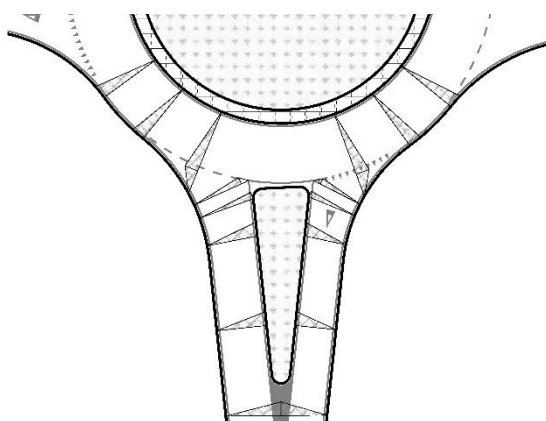
Poleg tega pa vožnja skozi krivino pri negativnem prečnem nagibu neugodno vpliva na počutje voznika in potnikov v vozilu (delovanje prečne sile v nasprotni smeri od pričakovane).

KROŽNA KRIŽIŠČA

Slika 4.15: Prečni nagib navzven

Prečni nagib krožnega vozišča navznoter

Prečni nagib navznoter (Slika 4.16) je prometno-tehnično pravilen prečni nagib v krožni krivini. Ne glede na to pa je redkeje v uporabi, saj je pravilna izvedba odvodnjavanja in priklopa priključkov precej zahtevnejša.



Slika 4.16: Prečni nagib navznoter

Pri menjavi smeri nagnjenja prečnega nagiba na uvozih in izvozih moramo paziti, da sprememba naklona ne preseže 5 %. Menjava naklonov se izvede z vertikalnim radijem.

Pri nagnjenju krožnega vozišča proti središču krožnega križišča lahko nastopijo naslednje napake:

- nezveznost vijačenja priključkov,
- vodni žepi na uvozih in izvozih v križišče,
- zastajanje vode na notranjem krožnem voznom pasu.

Za formiranje zunanega roba vozne pasu na uvozu in izvozu iz krožnega križišča je treba upoštevati splošna pravila za projektiranje cestne osi in robov.

KROŽNA KRIŽIŠČA

4.5 Preglednost

Glavni pravili, ki jima je s stališča preglednosti v krožnih križiščih treba zadostiti, sta:

- v krožnih križiščih v urbanem okolju je vozniku lahko omogočena preglednost na nasprotni izhod iz krožnega križišča (ni pa to nujno),
- v krožnih križiščih izven urbanega okolja mora biti vozniku onemogočena preglednost na nasprotni izhod iz krožnega križišča, kar dosežemo z ustreznim deniveliranjem sredinskega otoka.

Omenjeni pravili se smiselno uporabljata ne glede na število krakov krožnega križišča in število voznih pasov na krožnem vozišču.

Na območju krožnih križišč je treba zagotoviti:

- preglednost pri približevanju krožnemu križišču (4.5.2),
- preglednost na uvozu v krožno križišče (4.5.3),
- preglednost na uvozu v krožno križišče – v levo (4.5.4),
- preglednost na območju krožnega vozišča (4.5.5).

Na mestih prehodov za pešce in/ali kolesarje je treba zagotoviti:

- - preglednost prehoda za pešce in/ali kolesarje na uvozu (4.5.6),
- - preglednost prehoda za pešce in/ali kolesarje iz krožnega vozišča (4.5.7).

Pregledne razdalje, ki jih uporabljamo pri krožnih križiščih, so identične izračunanim zaustavitvenim razdaljam (P_z), kot so opredeljene v Pravilniku o projektiranju cest.

4.5.1 Višina očišča in ovire

Pri konstruiranju preglednega polja je treba upoštevati višino očišča voznika in višino ovire. V primeru uvažanja v krožno križišče (pri uvozu, pogled v levo) in na območju krožnega vozišča (Slika 4.17) mora biti preglednost zagotovljena od višine voznikovega očesa (od 1 do 2 m) do višine ovire (od 1 do 2 m), pregledno polje pa naj sega do višine 2 m nad površino vozišča.



Slika 4.17: Pregledno polje – na uvozu (pogled v levo) in na območju krožnega vozišča

Preglednost (pri približevanju krožnemu križišču) naj bo od višine voznikovega očesa (med 1 in 2 m) do višine ovire (med 0,1 in 2 m), merjeno od površine vozišča (Slika 4.18).

KROŽNA KRIŽIŠČA

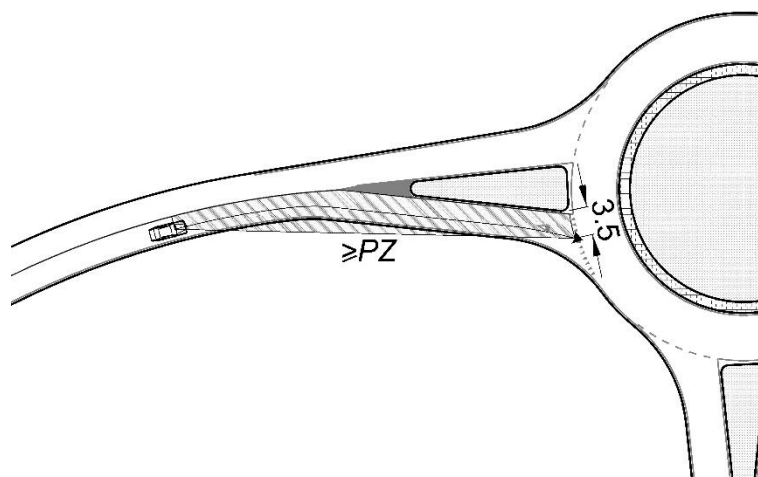


Slika 4.18: Pregledno polje – pri približevanju krožnemu križišču

Prometni znaki v preglednem polju ne smejo biti nameščeni nižje od 2 m (merjeno od površine vozišča do spodnjega roba znaka) ali postavljeni izven območja preglednosti.

4.5.2 Preglednost pri približevanju krožnemu križišču

Pri približevanju krožnemu križišču mora biti zagotovljeno ustrezno polje preglednosti (brez ovir, ki bi v njem ovirale preglednost), Slika 4.19. Dodatno je treba preveriti vidljivost prometnih znakov, ki so postavljeni na sredinskem otoku krožnega križišča (npr. 2301-1).

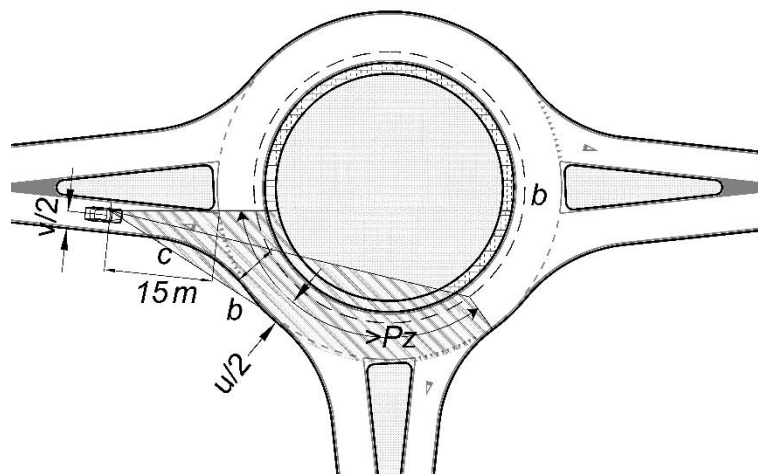


Slika 4.19: Preglednost pri približevanju krožnemu križišču

4.5.3 Preglednost na uvozu v krožno križišče

Voznikom vozil, ki se približujejo uvozu v krožno križišče (široka prekinjena prečna črta, 5212 oz. 5212-1), mora biti omogočen pregled nad celotno širino krožnega vozišča pred njimi v dolžini, ki ustreza razdalji P_z . Preglednost se preveri iz točke, ki leži na sredini desnega voznega pasu na razdalji 15 m pred široko prekinjeno prečno črto, kot je prikazano na sliki (Slika 4.20).

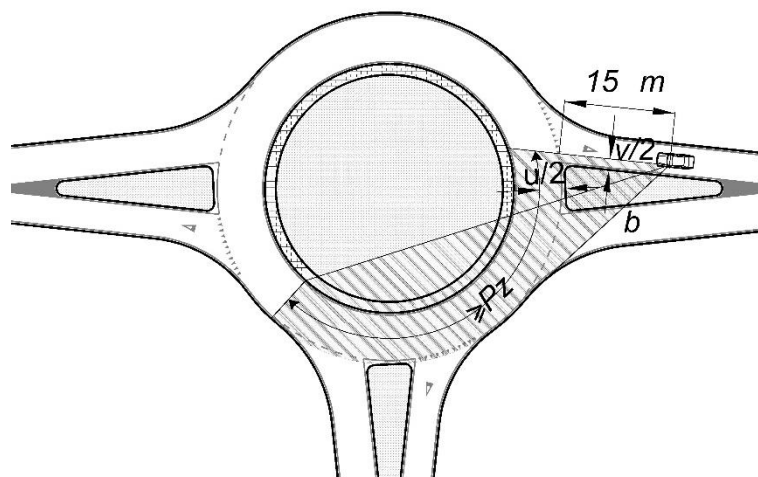
KROŽNA KRIŽIŠČA



Slika 4.20: Preglednost na uvozu v krožno križišče

4.5.4 Preglednost na uvozu v krožno križišče – v levo

Voznikom vozil, ki se približujejo uvozu v krožno križišče (široka prekinjena prečna črta, 5212 oz. 5212-1), mora biti omogočen pregled (v levo) nad celotno širino krožnega vozišča pred njimi v dolžini, ki ustreza razdalji P_z . Preglednost v levo se preverja iz sredine voznega pasu, na razdalji 15 m pred ločilno črto, kot je prikazano na sliki (Slika 4.21). Vedno je treba preveriti, ali obcestne konstrukcije in naprave, prometni znaki ali drugi trajni ali začasni objekti omejujejo preglednost.

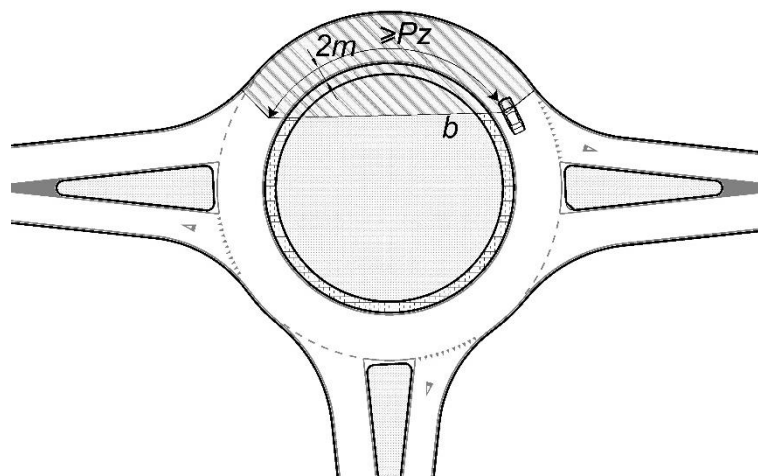


Slika 4.21: Preglednost v levo, potrebna pri uvažanju v krožno križišče

4.5.5 Preglednost na območju krožnega vozišča

Voznikom v krožnem vozišču mora biti omogočena preglednost nad celotno širino krožnega vozišča pred njimi. Preglednost se preveri 2 m navzven od roba sredinskega otoka, kot je prikazano na sliki (Slika 4.22). Ta preglednost lahko pogojuje ureditev sredinskega otoka (visoke rastline znotraj polja preglednosti).

KROŽNA KRIŽIŠČA

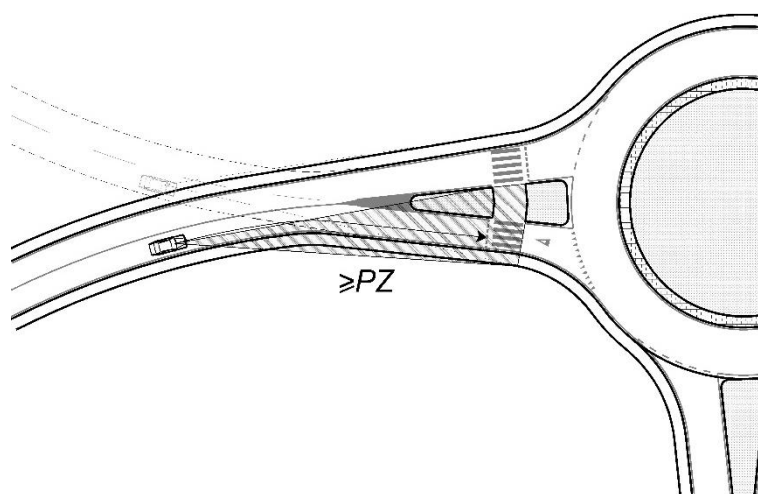


Slika 4.22: Preglednost na območju krožnega vozišča

4.5.6 Preglednost prehoda za pešce in/ali kolesarje na uvozu

Vozniki, ki se približujejo prehodu za pešce, morajo imeti pri približevanju krožnemu križišču na voljo tolikšno preglednost do prehoda za pešce, da je omogočena varna zaustavitev pred prehodom.

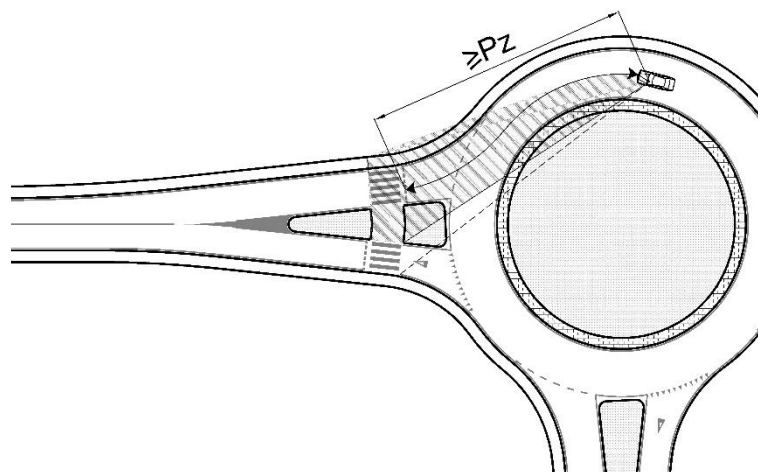
Preglednost je treba zagotoviti nad celotno širino prehoda za pešce ter pločnikom ob prehodu za pešce (Slika 4.23).



Slika 4.23: Preglednost prehoda za pešce/kolesarje na uvozu v krožno križišče

4.5.7 Preglednost prehoda za pešce in/ali kolesarje iz krožnega vozišča

Preglednost nad prehodom za pešce in/ali kolesarje je treba zagotoviti tudi pri približevanju prehodu za pešce in/ali kolesarje iz krožnega križišča (pri manevru izvoza iz krožnega križišča, Slika 4.24).

KROŽNA KRIŽIŠČA

Slika 4.24: Preglednost prehoda za pešce/kolesarje na izvozu iz krožnega križišča

4.6 Prometna signalizacija

Določila, ki sledijo v nadaljevanju, veljajo za enopasovna krožna križišča (ne glede na način izvedbe) in (smiselno) za mini krožna križišča.

4.6.1 Vertikalna signalizacija

Vsako krožno križišče naj bo opremljeno z naslednjo vertikalno signalizacijo:

- obvezna vožnja (2301-1) na nepovoznem delu sredinskega otoka, v podaljšku središnice voznega pasu na uvozu na višini 0,8 m nad robnikom sredinskega otoka (znak se pri mini krožnih križiščih ne postavlja);
- krožni promet (2304) na ustju vhoda v krožno križišče, neposredno pred prekinjeno široko prečno črto (5212 ali 5212-1);
- obvezna vožnja mimo (2303) in znak za označitev prometnega otoka (3313) na skupnem drogu na zunanjem delu ločilnega otoka (na vrhu otoka v smeri vožnje) v krožnih križiščih znotraj naselij ter obvezna vožnja mimo (2303) in znak za označitev prometnega otoka (3313-4) na skupnem drogu na zunanjem delu ločilnega otoka (na vrhu otoka v smeri vožnje) v krožnih križiščih izven naselij;
- znak za označitev prometnega otoka (3313-1) na ločilnem otoku pri majhnih in mini krožnih križiščih (če ni možno postaviti 3313).

Ovisno od namembnosti oz. lokacije krožnega križišča (občinske ceste/državne ceste) mora biti krožno križišče opremljeno s prometnimi znaki, in sicer:

1. Na notranjem delu ločilnega otoka:
 - tabla za označevanje imena ulice (3211),
 - kažipot (3403); v majhnih krožnih križiščih so kažipoti lahko postavljeni tudi v osi sredinskega otoka.
2. Na območju približevanja krožnem križišču:
 - krožno križišče (1105) – samo zunaj naselij,
 - predkrižiščna tabla (3410-1),
 - kažipotna tabla (3401-1) v naselju.

KROŽNA KRIŽIŠČA**4.6.2 Horizontalna signalizacija**

Vsako krožno križišče je opremljeno z naslednjo horizontalno signalizacijo:

- prekinjena široka prečna črta (5212 ali 5212-1), ki je označena neposredno pred križiščem in ki je lahko pred preходом za pešce ali kolesarje ponovljena,
- robna neprekinjena črta (5112) oziroma kratka prekinjena črta (5123) za označitev zunanlega roba krožnega križišča na izvoznih prometnih pasovih,
- (ločilna prekinjena črta (5121) za razmejevanje prometnih pasov v krožnem toku; v primeru dvopasovnih krožnih križišč),
- polje za usmerjanje prometa pred otokom za ločitev prometnih tokov (5314),
- opozorilni trikotnik (5604), označen na vozišču pred prekinjeno široko prečno črto,
- prehod za pešce (5231) in prehod za kolesarje (5232), kadar so prisotni v krožnem križišču,
- ločilna neprekinjena črta (5111) pred ločilnim otokom na območju približevanja križišču.

V posameznih primerih, ko to zahtevajo predvsem prometnovarnostni razlogi, morajo biti krožna križišča opremljena tudi z npr. varnostnimi ograjami, cestnimi smerniki ipd.

4.7 Oprema in izvedba elementov krožnih križišč**4.7.1 Ločilni otoki**

Uporaba deniveliranega ločilnega otoka na uvozu v krožno križišče je obvezna (razen pri mini krožnih križiščih), saj je le-ta zelo pomemben za varno vodenje tako motornih vozil kot tudi pešcev in kolesarjev.

Linije ločilnega otoka naj bodo prilagojene linijam uvoznega, izvoznega in krožnega pasu v krožnem križišču. Presečišča linij ločilnega otoka naj bodo zaokrožena z radijem velikosti vsaj 0,5 m.

4.7.2 Prehodi za pešce in kolesarje

Izvedba prehodov za pešce in kolesarje zagotavlja prometno varnost in udobnost pešcev in kolesarjev pri prečkanju krakov krožnega križišča. Pešcem mora biti omogočeno, da med prečkanjem prehoda vidijo bližajoča se vozila.

Prehodi za pešce naj bodo nameščeni nekoliko stran od izvozov iz krožnega križišča (5,5 m). Če je prehod za pešce predaleč od izvoza iz krožnega križišča, ga pešci ne bodo uporabljali. V takih primerih je treba fizično (grmičevje, ograje ...) preprečevati nepravilna prečkanja krakov krožnega križišča s strani pešcev. Če je prehod za pešce preblizu krožnega križišča, obstaja možnost nastanka kolone vozil na uvozu, ki utegne segati na krožno vozišče, kar pa ovira potekanje prometa na krožnem vozišču.

4.7.3 Povožni del sredinskega otoka

Povožni del sredinskega otoka je tisti del sredinskega otoka, ki skupaj s krožnim voziščem omogoča vožnjo skozi krožno križišče večjim (daljšim) vozilom v primerih, ko le-ta – zaradi majhne velikosti krožnega križišča ali širine krožnega vozišča – brez povoznega dela sredinskega otoka ne bi bila možna. Izvaja se torej le pri majhnih in srednje velikih krožnih križiščih.

KROŽNA KRIŽIŠČA

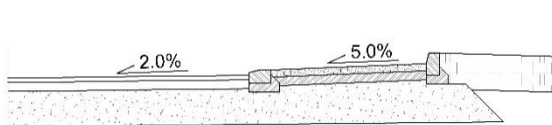
Širina povoznega dela sredinskega otoka običajno znaša od 1 do 2 m, odvisno od pokrite površine merodajnega vozila pri vožnji skozi krožno križišče (polni krog).

Izveden mora biti na tak način in s takimi materiali, da voznike kratkih vozil »odvrča od uporabe«. To dosežemo z dovolj velikim naklonom ploskve povoznega dela sredinskega otoka navzven (cca 5 %) in hrapavo površino (npr. tlakovanje). Material (velikosti tlakovcev, trdnost) in sama izvedba morata biti prilagojena predvideni obremenitvi težkih vozil. V določenih primerih se na enak način izvede tudi povozni del ob robu vozišča na mestu uvoza v krožno križišče.

Povozni del sredinskega otoka se lahko izvede tudi samo z drugačno barvo ali strukturo asfalta oz. betona.

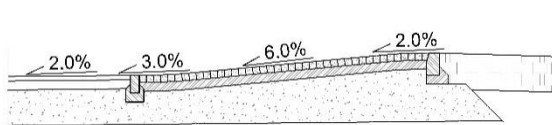
4.7.4 Oblika robnikov

Na notranji strani krožnega vozišča je obvezna uporaba robnikov z blažjim naklonom v primeru, ko po notranjem krožnem pasu sledi povozni del sredinskega otoka (Slika 4.25). Naklon tega robnika naj bo večji kot 1,25 : 1, s čimer je preprečeno nastajanje poškodb pnevmatik dolgih vozil pri prevozu robnika. Robniki povoznega dela sredinskega otoka se praviloma izvedejo brez denivelacije (glede na vozišče) oziroma ne smejo biti denivelirani za več kot 3 cm.



Slika 4.25: Robnik med krožnim voznim pasom in povoznim delom sredinskega otoka

Pri majhnih krožnih križiščih ($R < 13$ m) je priporočljiva izvedba zveznega prehoda med krožnim voziščem in povoznim (tlakovanim) delom sredinskega otoka (Slika 4.26); največji dovoljeni naklon znaša 6 %.



Slika 4.26: Zvezni prehod med krožnim voziščem in povoznim (tlakovanim) delom sredinskega otoka

4.7.5 Cestna razsvetljava krožnega križišča

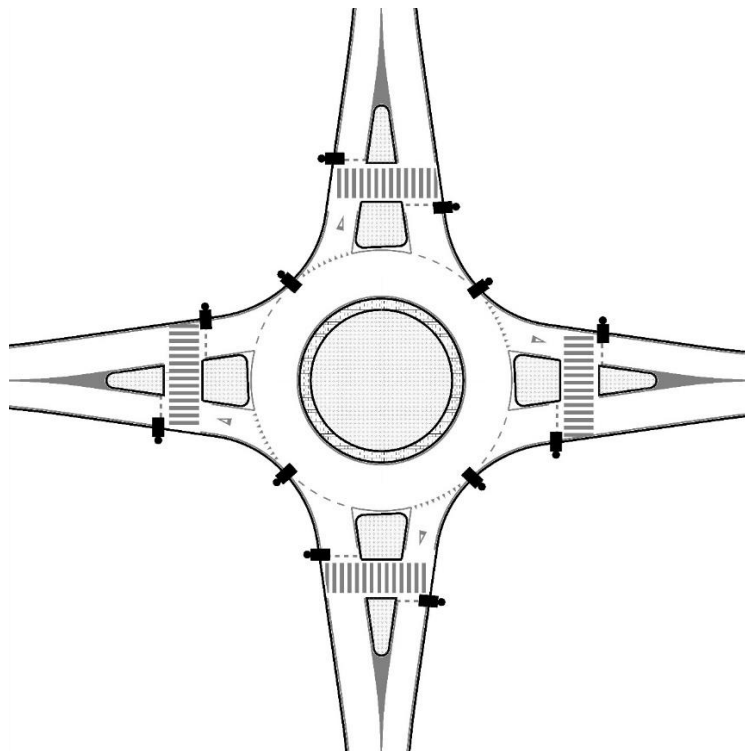
Zaradi zadoščenja pogojem prometne varnosti mora biti krožno križišče ponoči ustrezno razsvetljeno, in sicer tako uvozi v krožno križišče, izvozi iz krožnega križišča in območja konfliktnih točk kot tudi sredinski otok. Posebno pozornost je treba nameniti ustrezni razsvetljavi prehodov za pešce/kolesarje.

Priporočljivo je, da so stebri cestne razsvetljave postavljeni po obodu krožnega križišča (na zunanji strani, Slika 4.27). Če je krožno križišče večjih dimenzij je možna postavitve stebrov cestne razsvetljave tudi na njegovem sredinskem otoku (Slika 4.28). Razporeditev naj bo enakomerna glede na medsebojno oddaljenost med posameznimi lučmi in razdaljo do središča otoka.

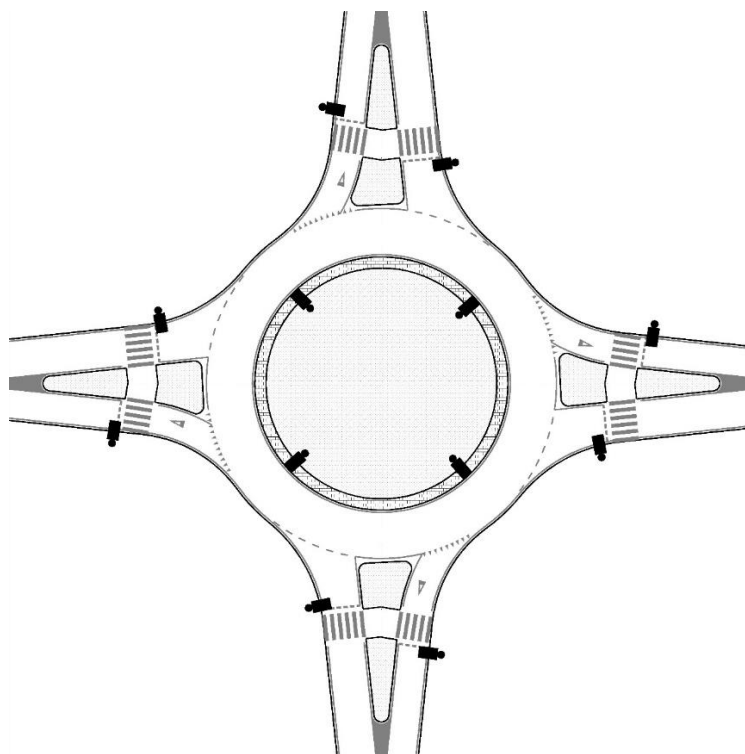
Priporoča se, da naj bo vsak priključni krak (uvoz oz. izvoz) osvetljen na razdalji vsaj 60 m od krožnega križišča (če ni na priključnem kraku že urejena cestna razsvetljava). Barva svetlobe

KROŽNA KRIŽIŠČA

in višina luči naj bosta enotni na celotnem območju krožišča, vendar ne nižji kot na priključnih krakih.



Slika 4.27: Postavitev stebrov cestne razsvetljave – po zunanjem obodu krožnega križišča



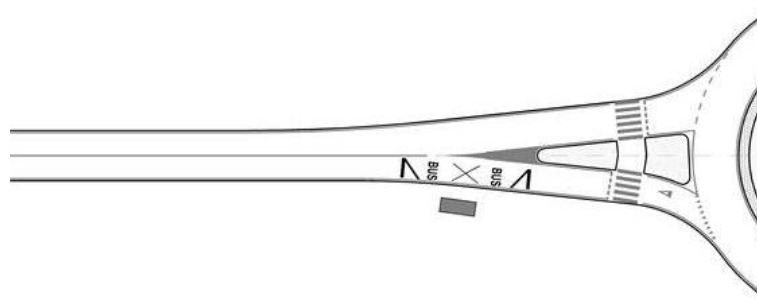
Slika 4.28: Postavitev stebrov cestne razsvetljave – na sredinskem otoku znotraj krožnega križišča

KROŽNA KRIŽIŠČA**4.7.6 Avtobusna postajališča v neposredni bližini krožnih križišč**

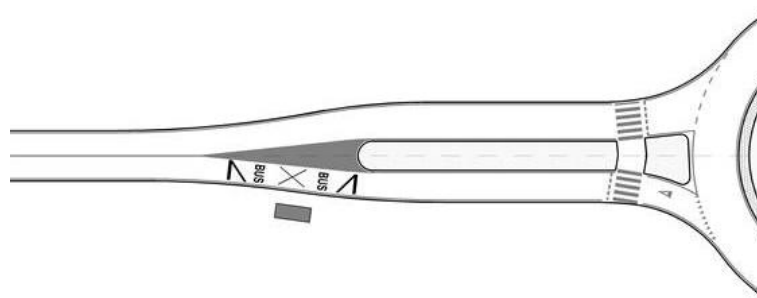
Krožna križišča (oz. njihova neposredna bližina) predstavljajo dobro lokacijo za lociranje avtobusnih postajališč, saj je – nenazadnje – možno krožno križišče »uporabiti« tudi kot obračališče (npr. na koncu linij javnega potniškega prometa).

Pri lociranju avtobusnih postajališč je treba posebno pozornost nameniti preglednosti pešcev/kolesarjev na mestih avtobusnih postajališč oz. na prehodih za pešce in/ali kolesarje. Avtobusi, ustavljeni na avtobusnih postajališčih, ne smejo ovirati preglednosti pešcev/kolesarjev ali voznikov.

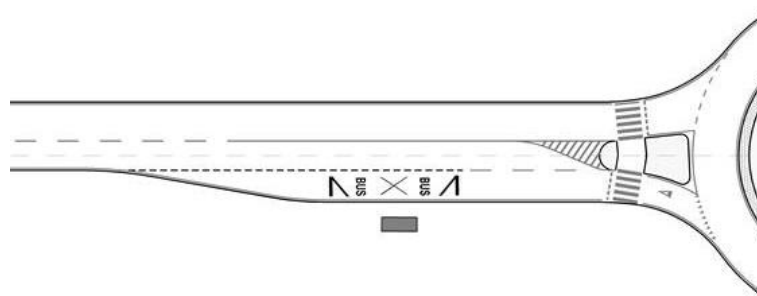
V nadaljevanju je prikazanih nekaj možnosti lociranja avtobusnih postajališč v bližini krožnih križišč (povzeto po nemških smernicah Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, 2006).



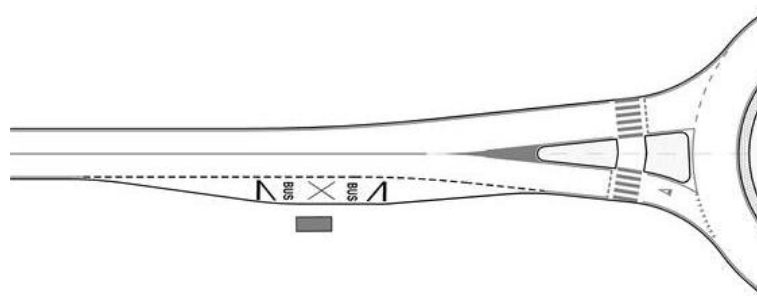
Slika 4.29: Avtobusno postajališče na vozišču pred krožnim križiščem



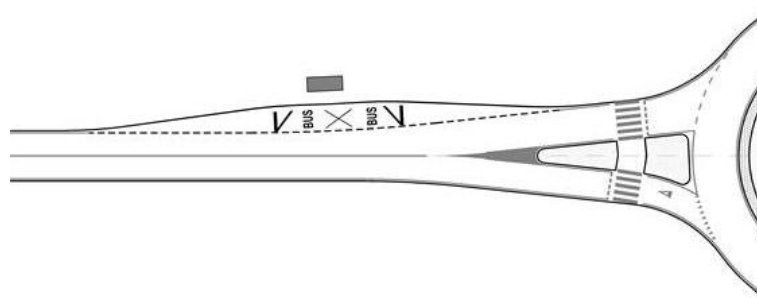
Slika 4.30: Avtobusno postajališče na vozišču pred krožnim križiščem



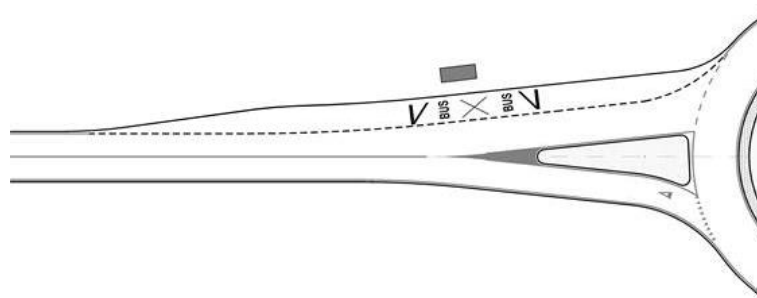
Slika 4.31: Avtobusno postajališče izven vozišča (niša) pred krožnim križiščem

KROŽNA KRIŽIŠČA

Slika 4.32: Avtobusno postajališče izven vozišča (niša) pred krožnim križiščem



Slika 4.33: Avtobusno postajališče na izvozu iz krožnega križišča



Slika 4.34: Avtobusno postajališče na izvozu iz krožnega križišča

4.8 Ureditev krožnih križišč

Urejanje krajine/okolice na območju krožnega križišča ima lahko s stališča prometne varnosti praktične prednosti. S prilagajanjem zemljišča (npr. zasaditev v sredinskem otoku pri večjih krožnih križiščih – Slika 4.35) je mogoče bolj jasno opozoriti bližajoča se vozila na približevanje krožnemu križišču. Z zakrivanjem prometa na nasprotni strani krožnega križišča (glede na mesto priključevanja) se lahko (brez omejevanja potrebne preglednosti) izognemo zmedi in zbežanosti, ki jo pri voznikih povzroča pregled nad odvijanjem prometa v celotnem krožnem križišču.

Na območju krožnih križišč se dovoli ustrezna krajinska ureditev na podlagi načrta krajinske arhitekture v soglasju z upravljavcem ceste.

V splošnem je zasaditev sredinskega otoka krožnih križišč, katerega premer znaša manj kot 10 m (vključno s povoznim delom sredinskega otoka), z visokim rastlinjem neprimerna, saj

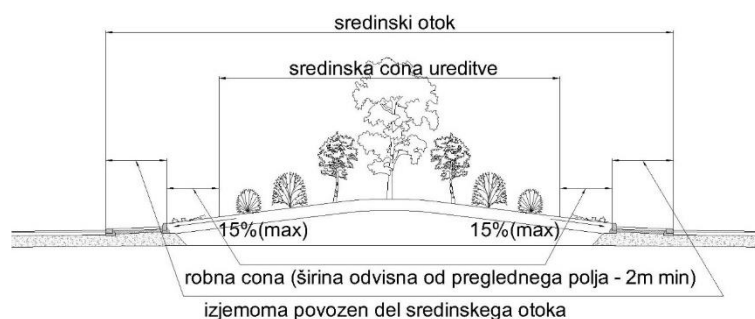
KROŽNA KRIŽIŠČA

zaradi potrebe po zagotovitvi preglednosti ostane na sredini otoka zelo majhna razpoložljiva površina za zasaditev.

Ozelenitev ločilnih otokov se naj izvaja le pri velikih ločilnih otokih. Pri tem je osnovno izhodišče, da je treba najprej zadostiti pogojem postavitve vertikalne signalizacije in preglednosti, šele nato se izvaja ozelenitev in zasaditev (na preostalem razpoložljivem prostoru).

Sredinski otoki so lahko zasajeni z vegetacijo, lahko se na njem postavijo tudi fontane, spomeniki, skulpture in drugi objekti – a le pod pogojem, da ne vplivajo na zmanjšanje preglednosti ali prometne varnosti. Če je to potrebno, se poskrbi za komunalne priključke že v fazi gradnje.

Postavljanje tabel, napisov in drugih objektov ali naprav za slikovno ali zvočno obveščanje in oglaševanje na sredinskem otoku krožnega križišča ni dovoljeno.



Slika 4.35: Primer ureditve sredinskega otoka pri večjih krožnih križiščih

5 Mini krožna križišča

5.1 Kriteriji za izvedbo mini krožnih križišč

5.1.1 Lastnosti mini krožnih križišč

Mini krožno križišče je praviloma trajna projektna rešitev, pogosto postavljena v gabarite obstoječega križišča. Izvedena je z elementi, prometno signalizacijo in opremo, ki je v skladu s prometnovarnostnimi zahtevami. Namen mini krožnih križišč je izboljšati pretočnost prometa in/ali prometno varnost. Od večjih enopasovnih krožnih križišč se razlikujejo po tem, da je sredinski otok v njih v celoti povozen.

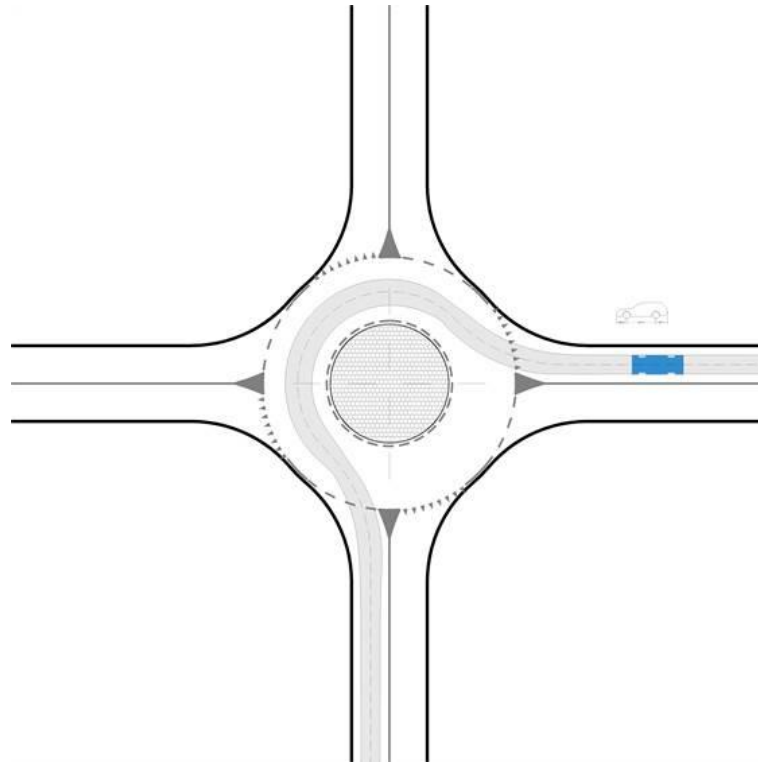
Mini krožna križišča je dovoljeno izvesti le na cestah znotraj naselij, kjer je omejitev hitrosti 50 km/h (ali manj). Pričakovana hitrost vozil pri vožnji skozenj pa je do 25 km/h. V primerjavi s klasičnim nesemaforiziranim križiščem ima mini krožno križišče praviloma večjo kapaciteto z večjo varnostjo udeležencev v prometu, hkrati pa sorazmerno nižje stroške za izvedbo.

Pravila uporabe – način vožnje – so v mini krožnih križiščih za manjša motorna vozila (osebna vozila, kombinirana vozila) enaka kot pri ostalih tipih krožnih križišč (Slika 5.1), medtem ko je večjim vozilom (avtobus, tovorno vozilo) dovoljena vožnja preko sredinskega otoka (Slika 5.2).

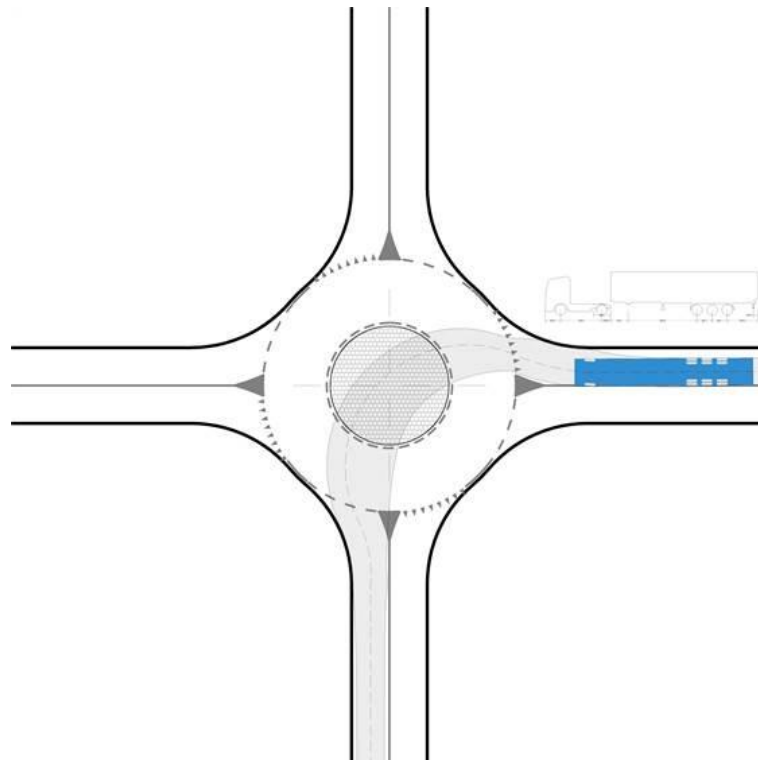
Mini krožna križišča so lahko izvedena kot tri- ali štirikraka, izjemoma petkraka, priključni kraki vanje pa predstavljajo eno- ali dvopasovne ceste. Njihova izvedba na štiripasovnih (ali več) cestah ni dovoljena.

Največji zunanji premer mini krožnega križišča lahko znaša 25 m. V primeru večjih dimenzij se namesto mini krožnega križišča izvede »klasično« enopasovno krožno križišče.

KROŽNA KRIŽIŠČA



Slika 5.1: Način vožnje manjših motornih vozil skozi mini krožno križišče



Slika 5.2: Način vožnje večjih motornih vozil skozi mini krožno križišče

KROŽNA KRIŽIŠČA**5.1.2 Ustreznost/smiselnost izvedbe mini krožnega križišča**

Preveritev ustreznosti izvedbe mini krožnega križišča je enaka kot pri izvedbi enopasovnega (»klasičnega«) krožnega križišča. V prvi fazi se izvede preveritev izpolnjevanja splošnih kriterijev za smiselnost njegove izvedbe, pri čemer se preverjajo:

- funkcionalni kriterij,
- kriterij prepustnosti,
- prostorski kriterij,
- projektno-tehnični kriterij,
- kriterij prometne varnosti,
- ekonomski kriterij.

Pri odločanju o izvedbi mini krožnega križišča je treba upoštevati značilnosti obstoječega cestnega omrežja tistega okolja (npr. obstoječi tipi/izvedbe križišč ipd.), obstoječe načine vodenja prometa ter »pričakovanja uporabnikov« oz. udeležencev v prometu.

Mini krožna križišča se lahko izvedejo le na tistih cestah znotraj naselij, kjer je največja dovoljena hitrost 50 km/h (ali manj). Prav tako mora biti na podlagi izmerjenih hitrosti izračunana hitrost V_{85} na priključnih krakih v mini krožno križišče (znotraj oddaljenosti 70 m) manjša od 50 km/h. Če je ta hitrost presežena, je treba izvesti mini krožno križišče skupaj z drugimi napravami in ukrepi za umirjanje prometa (npr. optične zavore, 5336).

Mini krožno križišče predstavlja dobro rešitev tudi v primeru rekonstrukcij obstoječih križišč (ali kot »sanacijski ukrep«) v različnih okoljih – znotraj zazidanih, stanovanjskih, poslovnih ali nakupovalnih območjih. Prav tako so primerna v primerih rekonstrukcij obstoječih križišč:

- križišč »nepravilnih oblik«, kot so križišča oblik Y, K, A in X;
- križišč oblik F in H (dve zaporedni T-križišči na kratki medsebojni oddaljenosti);
- v primeru približno enake prometne obremenitve na glavni in stranski prometni smeri;
- kjer semaforizacija ni upravičena, je pa presežena kapaciteta nesemaforiziranega križišča;
- ter v primerih, ko je potek glavne prometne smeri neustrezen glede na obstoječo geometrijo križišča.

Mini krožna križišča niso najprimernejša rešitev v primerih, ko je na glavni prometni smeri velik delež večjih motornih vozil (tovorna vozila in/ali avtobusi).

5.2 Kapacitetni izračun mini krožnih križišč

Za mini krožna križišča je značilno, da so sposobna prevzemati prometne obremenitve do 12.000 voz./dan (pri velikosti mini krožnega križišča $D = 13$ m) oz. do 15.000 voz./dan (pri velikosti mini krožnega križišča $D = 22$ m) – povzeto po nemških smernicah (Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, 2006).

Podrobnejši kapacitetni izračun za mini krožna križišča se izvede smiselno – glede na zahteve – kot za enopasovna (majhna) krožna križišča.

KROŽNA KRIŽIŠČA**5.3 Določitev projektno-tehničnih elementov****5.3.1 Koraki pri načrtovanju mini krožnih križišč**

Projektiranje mini krožnega križišča poteka v podobnih korakih kot projektiranje klasičnega enopasovnega krožnega križišča. Načrtovanje se izvede v naslednjih korakih:

- zunanji premer,
- širina krožnega vozišča,
- širina vozišča pred krožnim križiščem,
- širina uvoza v krožno križišče,
- razširitev uvoza,
- uvozni radij,
- uvozni kot,
- širina izvoza iz krožnega križišča,
- izvozni radij,
- horizontalno in višinsko vodenje,
- prečni nagibi in odvodnjavanje,
- ostali elementi,
- preglednost,
- oprema,
- ureditev.

Pri načrtovanju je treba upoštevati tudi naslednje:

- preglednost in prepoznavnost mini krožnega križišča: za mini krožna križišča je pomembno, da vozniki križišče dovolj zgodaj zaznajo/opazijo. Načrtovana morajo biti tako, da lahko vozniki pravočasno upočasnijo (po potrebi tudi ustavijo) ter potem varno nadaljujejo z vožnjo. Voznike moramo s pomočjo pravih dimenzij projektno-tehničnih elementov odvrnati od nepravilne vožnje skozi mini krožno križišče;
- hitrost vozil: mini krožna križišča niso projektirana za visoke hitrosti, saj – glede na svoje elemente – posledično tudi »umirijo« promet. Pričakovana hitrost vozil je do 25 km/h;
- karakteristike ceste;
- PLDP;
- število krakov;
- strukturo prometa;
- druge udeležence v prometu;
- hrup in vibracije.

5.3.2 Zahtevane značilnosti ceste

Značilnosti ceste, na kateri so locirana mini krožna križišča, so naslednje:

- naklon terena: locirana morajo biti le na ravninskih terenih in terenih z majhnimi nagibi – nagibi nivelet priključnih cest do največ 4 % (pri večjih nagibih lahko imajo večja in težja vozila težave pri speljevanju v križišče);
- kategorija ceste: glede na veljavno kategorizacijo je njihova izvedba smiselna na občinskih ter regionalnih cestah;

KROŽNA KRIŽIŠČA

- število voznih pasov: dovoljeni so zgolj enopasovni uvozi in izvozi;
- vodenje pešcev: ureditev površin za pešce (pločniki, prehodi za pešce) je identična kot pri kanaliziranih križiščih;
- vodenje kolesarjev poteka na dva načina: (a) z ostalimi motornimi vozili po krožnem vozišču (brez posebne označbe kolesarskih površin) in (b) ob zunanjem robu krožnega križišča (kolesarske steze na pločniku);
- lahko predstavljajo težavo za javni potniški promet (še posebej v primerih, ko linija JPP v krožnem križišču menja smer – zavoj), zato morajo biti projektanti pozorni na krivuljo sledi merodajnega vozila – v tem primeru avtobusa;
- cestna razsvetljava: zelo pomembno je, da so primerno osvetljena;
- zazidana/nepozidana območja: izvajajo se v naseljih, večinoma na zazidanih območjih, redkeje nepozidanih.

Dodatne zahteve/značilnosti cestnega omrežja, na kateri so locirana mini krožna križišča:

- obstoječe prometne povezave: ne smejo biti v povezavi/navezavi s križišči, ki predstavljajo mestne vpadnice in so urejene po principu »zelenega vala«;
- lokalne kolesarske in pešpoti: pri njihovem načrtovanju je treba upoštevati obstoječe kolesarske poti in pešpoti;
- linije javnega potniškega prometa: praviloma jih ne projektiramo na tistih lokacijah, kjer je velika obremenjenost z linijami javnega potniškega prometa – ker lahko vožnja skozi takšno krožišče pripomore k zamudam vozil in neudobni vožnji;
- območje umirjanja prometa: mini krožno križišče je pogosto element za umirjanje prometa, zato morajo biti v skladu s cilji umirjanja prometa tudi projektirana.

5.4 Horizontalno in višinsko vodenje

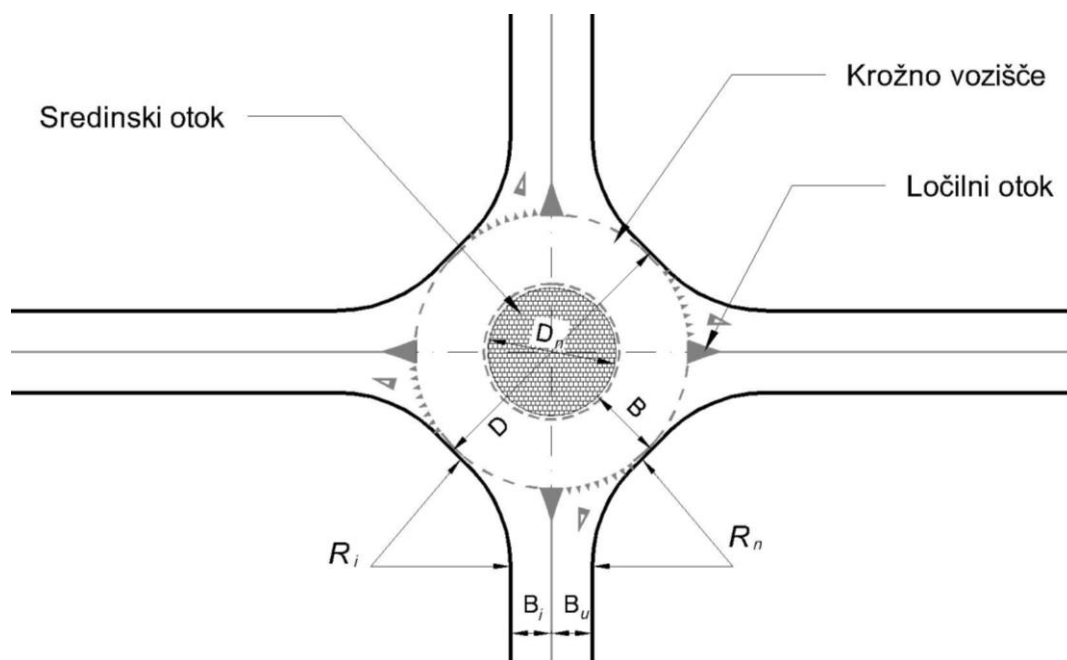
5.4.1 Elementi v situaciji

Pri projektiranju situacijskih elementov mini krožnega križišča (Slika 5.3) načeloma upoštevamo enake zahteve, kot veljajo za enopasovna (majhna) krožna križišča. Dodatno pozornost (izjeme) namenjamo naslednjim elementom:

- osi posameznih krakov v mini krožnem križišču morajo biti vodene (izbrane) tako, da je (za vsak manever vožnje) dosežena defleksija (sprememba smeri vožnje) vsaj v velikosti $R = 60$ m;
- velikosti sredinskih ločilnih otokov ter velikost (in lokacija) sredinskega otoka se definirajo na osnovi izrisanih poti merodajnega vozila/največjega vozila za vse možne manevre vožnje;
- zunanji premer (D) mini krožnega križišča naj znaša vsaj 13 m in največ 24 m (v primeru večjega premera govorimo že o majhnem krožnem križišču, pri katerem sredinski otok ne sme biti povezen);
- širina krožnega vozišča (B) običajno znaša od 4 m (pri mini krožnih križiščih večjega polmera) do 6 m (pri mini krožnih križiščih majhnega polmera);
- sredinski otok (D_n) naj bo premera od 7 do 9 m;
- sredinski ločilni otok (D_n) se izvede v tlakovani izvedbi, v obliki kupole, pri čemer je zunanji rob otoka dvignjen za 3 cm glede na ravnino krožnega vozišča, na sredini je kupola dvignjena za 10 cm, pri večjih premerih sredinskih otokov pa za 12 cm;

KROŽNA KRIŽIŠČA

- zaradi izboljšanja vidnosti mini krožnega križišča je priporočljivo, da je celoten sredinski otok izveden v tlakovanih izvedbi (kamnite/granitne kocke ali material podobnih lastnosti);
- če je sredinski otok izveden iz asfalta, mora biti deniveliran vsaj rob otoka, izveden iz betonskih/kamnitih kock oz. robnikov;
- ločilni otoki so lahko izvedeni:
 - v denivelirani obliki (obrobničeni ločilni otoki, pri čemer mora biti ločilni otok na najožjem mestu širine vsaj 1 m – minimalna širina na mestu postavitve prometnih znakov obvezna vožnja mimo po desni strani (2303) in znaka za označitev prometnega otoka (3313)),
 - enako kot sredinski otok – kot povozni otok v tlakovani izvedbi (rob deniveliran za 3 cm),
 - zgolj s talnimi označbami (zaporna ploskev);
- velikost uvoznega in izvoznega radija (R_n , R_i) je v mejah od 8 do 10 m;
- uvozni (b_u) in izvozni pas (b_i) naj bosta široka vsaj 3 m.



Slika 5.3: Glavni projektno-tehnični elementi mini krožnega križišča

5.4.2 Višinsko vodenje, prečni nagibi

Kot je že bilo navedeno, je pogoj za izvedbo mini krožnega križišča ravninski teren – nagib nivelet priključnih cest do največ 4 %.

Prečni nagibi vozišč priključnih cest in krožnega vozišča se izvedejo enako kot v primeru enopasovnih (majhnih) krožnih križišč – torej z velikostjo prečnega nagiba 2,5 % navzven.

5.5 Preglednost

V mini krožnih križiščih se zahtevana preglednost zagotovi na enak način kot v enopasovnih (majhnih) krožnih križiščih.

KROŽNA KRIŽIŠČA

Zaradi dejstva, da sredinski otok pri mini krožnih križiščih ni deniveliran oz. ne predstavlja »vidne ovire« za voznike, je treba poskrbeti tudi za zaznavnost mini krožnega križišča. Ta se doseže z vodenjem priključnih krakov (defleksija), prometno signalizacijo (označbe na uvozih, barva sredinskega otoka), izvedeno cestno razsvetljava (zagotovljena vidnost v nočnem času), kažipoti na ločilnih otokih (če je potrebno) ipd.

5.6 Prometna signalizacija

Smiselno se uporablja prometna signalizacija kot v enopasovnih (majhnih) krožnih križiščih. Dodatno je treba:

- na vsakem kraku pred uvozom označiti opozorilni trikotnik na vozišču (5604);
- označiti sredinski otok (bela talna označba oz. izmenično bela talna označba) – v primeru, ko je sredinski otok izveden v asfaltni izvedbi (izvedba sicer po svojem izgledu ne bi odstopala od izvedbe vozišča);
- označiti smer vožnje v krožnem križišču s tremi puščicami na sredini krožnega vozišča (puščica 54411, katere oblika je prilagojena radiju krožnega vozišča). Puščice so simetrično razporejene med izvoznimi kraki in po celotnem krogu, dolžina posamezne puščice predstavlja 1/5 dolžine obsega celotne krožnice;
- zaradi prevoznosti sredinskega otoka se na njem ne postavlja prometnih znakov oz. prometne opreme;
- postavitev prometne signalizacije na sredinskih ločilnih otokih na posameznih krakih na uvozu v mini krožno križišče je odvisna od dimenzij/izvedbe sredinskih ločilnih otokov (3313-1).

5.7 Prometna oprema

Če je potrebno, se v mini krožnih križiščih uporablja enaka prometna oprema kot v enopasovnih (majhnih) krožnih križiščih.

6 Montažna krožna križišča

6.1 Kriteriji za upravičenost izvedbe montažnega krožnega križišča

Montažno krožno križišče se izvede znotraj meja obstoječega križišča (»med obstoječimi robniki«), izjemoma znotraj cestnega sveta (če so npr. potrebni popravki izven obstoječih robnikov), in se sme izvesti za dobo trajanja največ dve leti.

Montažno krožno križišče mora biti izvedeno z elementi, prometno signalizacijo in opremo, ki je v skladu z veljavno zakonodajo ter prometnovarnostnimi zahtevami. To pomeni, da montažna rešitev vsebuje enake elemente kot fiksna (polmeri ustreznih velikosti, sredinski otok, ločilni otoki, prehodi za pešce, prometna signalizacija ...), le da so ti elementi montažni.

Vse faze oz. procesi pred izvedbo montažnega krožnega križišča so identični postopku izvedbe fiksne rešitve. Postopek sestoji iz treh faz:

- preveritev upravičenosti (smiselnosti) izvedbe montažnega krožnega križišča,
- projektiranje montažnega krožnega križišča,
- izvedba montažnega krožnega križišča.

Preveritev upravičenosti (smiselnosti) izvedbe montažnega krožnega križišča je popolnoma enaka kot pri izvedbi fiksne rešitve. V tej fazi preverimo izpolnjevanje splošnih kriterijev za

KROŽNA KRIŽIŠČA

smiselnost izvedbe montažnega krožnega križišča. V primeru, da je takšna presoja že narejena za fiksno rešitev, preveritve ustreznosti ni treba delati.

Postopek projektiranja montažnega krožnega križišča je identičen postopku projektiranja fiksne rešitve oz. je celo nekoliko zahtevnejši, saj je treba upoštevati tudi t. i. »človeški faktor« (navajenost uporabnikov na prejšnjo rešitev: vožnja »na pamet« – potrebna je izvedba kanaliziranja pešcev zaradi preprečitve prečkanja krakov krožnega križišča izven območij prehodov za pešce, ipd.) ter zahtevo po nespremenjenem poteku robnikov (preveritev krivulje sledi merodajnega vozila za najbolj kritične manevre).

Sama izvedba montažnega krožnega križišča je odvisna od izbire montažnih elementov. Najenostavnejša je v primeru opredelitve za začasne varnostne ograje iz umetnih snovi (11105-1), saj pri tem ni nobenega posega v voziščno konstrukcijo. Po zakoličenju glavnih elementov krožnega križišča sledi postavitve elementov in izrisovanje horizontalne ter postavitev vertikalne signalizacije.

6.2 Določitev projektno-tehničnih elementov montažnega krožnega križišča

Določitev projektno-tehničnih elementov montažnega krožnega križišča poteka na identičen način kot pri krožnem križišču v fiksni izvedbi.

Praviloma so – zaradi že obstoječega križišča, praviloma klasičnega – projektno-tehnični elementi že vnaprej določeni, zato je treba v takem primeru preveriti le, če so njihove dimenzije ustrezne.

Montažno krožno križišče se lahko izvede iz montažnih vodilnih robnikov ali začasnih varnostnih ograj.

6.3 Horizontalno in višinsko vodenje

Pogoji horizontalnega in višinskega vodenja so – v primeru izvedbe montažne rešitve – praviloma že določeni (zaradi obstoječega križišča), zato je treba v takšnem primeru preveriti le, če so njihove dimenzije ustrezne.

Pri montažnem krožnem križišču, ki se izvaja na mestu obstoječega klasičnega (tri- ali štirikrakega) križišča, je treba preveriti ustreznost prečnih nagibov.

6.4 Prometna signalizacija

Prometna signalizacija montažnega krožnega križišča je identična prometni signalizaciji pri krožnem križišču v fiksni izvedbi. Gre za enako vertikalno in horizontalno prometno signalizacijo.

V primeru, da se montažno krožno križišče izvaja na mestu obstoječega klasičnega (tri- ali štirikrakega) križišča, se začasno, za čas treh mesecev, postavi prometni znak 1101 z dopolnilno tablo 4801.

Montažno krožno križišče je možno izvesti v trikrakih in štirikrakah, semaforiziranih in nesemaforiziranih križiščih. V primeru, da se bo montažno krožno križišče izvedlo na mestu obstoječega semaforiziranega križišča, je smiselno semaforje za pešce izklopiti, semaforje za motorizirane udeležence pa postaviti v režim »rumeno – utripajoče«.

Pred uvozom v montažno krožno križišče je smiselno izvesti zvočne zavore iz debeloslojnih premazov.

KROŽNA KRIŽIŠČA**6.5 Prometna oprema**

Pri montažnem krožnem križišču se ločilni otoki izvedejo iz enakih elementov kot sredinski otok.

Povozni del sredinskega otoka se ne izvede v fiksni izvedbi, temveč le označi z ločilno neprekinjeno črto na zunanjem robu povoznega dela sredinskega otoka.