



TSC 03.341 : 2002

KROŽNA KRIŽIŠČA

Uporaba: obvezna

Določena s Pravilnikom o projektiranju.

Pripravil:

Tehnični odbor za pripravo tehničnih
specifikacij za javne ceste TO – 03

Soglasje ministra:

Soglasje ministra, pristojnega za promet, je bilo
izdano, dne 13.3.2002, pod št. 2641-3/2001/47-0402.

Soglasje ministra, pristojnega za graditev, je bilo
izdano, dne 4.3.2002, pod št. 343-9/98.

Ključne besede:

Križišča, krožna križišča, oblikovanje, dimenzioniranje, elementi krožnih križišč.

Objava izdaje:

Sporočila - objave, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 5/2002

Izdajatelj:

Tehnično specifikacijo za javne ceste je založila in izdala Direkcija Republike Slovenije za ceste

VSEBINA

1. PODROČJE UPORABE	4
2. DOLOČITEV POJMOV	4
3. LASTNOSTI KROŽNIH KRIŽIŠČ	8
3.1 Posebnosti krožnih križišč	8
3.2 Prednosti in pomanjkljivosti	8
3.3 Prometna varnost v krožnih križiščih	9
3.3.1 Motorni promet	9
3.3.2 Pešci in kolesarji	10
3.3.3 Ukrepi za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča	10
3.3.4 Podhodi in nadhodi kot ukrep za izboljšanje prometne varnosti pešcev in kolesarjev	12
4. DELITEV KROŽNIH KRIŽIŠČ	13
4.1 Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost	13
4.2 Delitev krožnih križišč glede na namembnost	13
4.3 Delitev krožnih križišč glede na število krakov	14
4.4 Delitev krožnih križišč glede na število vozniških pasov	14
4.5 Delitev krožnih križišč glede na vodenje posameznih smeri	14
5. KAPACITETA KROŽNEGA KRIŽIŠČA	15
5.1 Splošno	15
5.2 Pojem kapacitete krožnega križišča	15
5.3 Avstrijska metoda	16
5.3.1 Ugotavljanje zmogljivosti po kalibrirani avstrijski metodi	16
5.3.2 Ugotavljanje stopnje obremenjenosti uvoza	18
5.4 Avstralska metoda	18
5.5 Ocena prepustnosti uvozov v krožna križišča	19
5.6 Zamude v krožnem križišču	19
5.7 Vpliv kolesarskega in peš prometa na kapaciteto krožnega križišča	20
5.7.1 Možni konflikti motornega prometa z pešci in kolesarji	20
5.7.2 Določanje vpliva pešcev in kolesarjev po nemški metodi	20
5.7.3 Vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza v krožno križišče - slovenski pogoji vožnje	21
5.7.4 Vpliv kolesarjev na krožnem vozišču po nizozemski metodi	24

6. DOLOČITEV PROJEKTNO-TEHNIČNIH ELEMENTOV KROŽNEGA KRIŽIŠČA	24
6.1 Izbira zunanega premera D in širine krožnega pasu u	24
6.2 Vodenje cest v križišče	25
6.3 Širina voznega pasu pred krožnim križiščem v	26
6.4 Širina uvoza v križišče e in dolžina razširitve uvoza l'	26
6.5 Uvozni R in vpadni kot ϕ	26
6.6 Širina izvoza iz krožnega križišča	26
6.7 Izvozni radij	26
6.8. Dimenzioniranje ločilnih otokov	26
7. HORIZONTALNO IN VIŠINSKO VODENJE KROŽNEGA KRIŽIŠČA	27
7.1 Horizontalno vodenje	27
7.1.1 Potek osi ceste na daljšem odseku	27
7.1.2 Potek osi ceste v območju krožnega križišča	27
7.2 Višinsko vodenje	27
7.2.1 Pogoji nivelete priključkov	28
7.2.2 Prečni nagib krožnega vozišča	28
8. PREGLEDNOST	30
8.1 Višina očišča in ovire	30
8.2 Preglednost v levo	30
8.3 Čelna preglednost pri uvozu	31
8.4 Preglednost v krožnem vozišču	31
8.5 Preglednost do prehodov za pešce	32
8.6 Motnje preglednosti	32
8.7 Preglednost pri deniveliranih krakih krožnega križišča	32
9. PROMETNA OPREMA	32
9.1 Ločilni otoki - otoki za pešce	32
9.2 Prehodi za pešce in kolesarje	32
9.3 Povožni del središčnega otoka	33
9.4 Barva in oblika robnikov	33
9.5 Razsvetljava krožnega križišča	33
10. PROMETNA SIGNALIZACIJA	35
10.1 Vertikalna in talna signalizacija	35
10.2 Semaforizacija krožnih križišč	35
11. DRUGA OPREMA	35
11.1 Krajinska ureditev	35
11.2 Fontane, spomeniki in drugi objekti v središčnem otoku	36
Označbe, kratice in simboli	37

1. PODROČJE UPORABE

Ta tehnična specifikacija podaja usmeritve za projektno-tehnično oblikovanje krožnih križišč na javnih cestah v Republiki Sloveniji.

Tehnična specifikacija vsebuje področje uporabe krožnih križišč, način pridobivanja podatkov za izračun kapacitete, metodologijo izračuna in dimenzioniranja, vplive posameznih konstrukcijskih dejavnikov v prometu, vplive kolesarjev in pešcev na pretočnost krožnega križišča in prometno-tehnične elemente krožnih križišč in predstavlja zaključeno celoto.

Ta tehnična specifikacija obravnava le tiste tipe krožnih križišč, ki so v praksi najpogostejši:

- krožna križišča z zunanjim premerom manjšim od 100 m,
- nesemaforizirana krožna križišča,
- krožna križišča z največ tremi voznimi pasovi v krožnem toku.

Krožna križišča s povoznim sredinskim otokom, krožna križišča s prevoznim sredinskim otokom (dvojna krožna križišča) in krožna križišča z zunanjim premerom večjim od 100 m niso predmet obdelave te specifikacije.

2. DOLOČITEV POJMOV

Krožno križišče

je kanalizirano križišče krožne oblike z nepovoznim, delno povoznim ali prevoznim središčnim otokom ter krožnim voziščem v katerega se steka tri ali več krakov cest in po katerem poteka vožnja nasprotno od smeri gibanja urinega kazalca.

Enopasovno krožno križišče

je krožno križišče s po enim voznim pasom na uvozih/izvozih, katerega krožno vozišče je enopasovno.

Večpasovno krožno križišče

je krožno križišče z enim ali več voznimi pasovi na uvozih/izvozih, katerega del krožnega vozišča ali celotno krožno vozišče je oblikovano kot večpasovno vozišče.

Krožno vozišče

je vozišče krožne oblike, po katerem vozijo vozila okoli središčnega otoka v nasprotni smeri urinega kazalca. Vozila v krožnem toku imajo prednost pred vozili, ki prihajajo iz uvozov.

Sredinski otok

je denivelirana fizična ovira krožne ali ovalne oblike, postavljena v sredini krožnega križišča, ki preprečuje vožnjo naravnost in omejuje krožno križišče na notranji strani.

Povozen del sredinskega otoka

je tisti del sredinskega otoka, ki skupaj z krožnim voziščem omogoča vožnjo skozi križišče dolгим vozilom. Od krožnega vozišča se gradbeno razlikuje po uporabljenem materialu in barvi.

Zunanji premer

je premer zunanjega (največjega) kroga krožnega križišča oz. premer zunanjega roba krožnega vozišča.

Notranji premer

je premer središčnega otoka oz. notranjega roba krožnega vozišča.

Kraki krožnega križišča

so dovozne ceste ali vozni pasovi na obeh straneh deniveliranega ali samo s talno signalizacijo označenega otoka za pešce, ki nasprotni ali istosmerni promet (vhod - izhod) vodijo do/iz krožnega križišča.

Uvoz

je območje krožnega križišča, kjer se uvozni vozni pas steka v krožno vozišče in je od le-tega ločen z ločilno črto. 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 priključitev na krožno vozišče.

Izvoz

je območje na katerem vozila zapuščajo krožno križišče.

Število voznih pasov

Število voznih pasov na uvozu vsakega kraka krožnega križišča in število voznih pasov v krožnem vozišču sta osnovna parametra izračuna prepustnosti krožnega križišča. Iz števila voznih pasov na uvozih in v krožnem vozišču izhaja osnovna delitev krožnih križišč na enopasovne in večpasovne.

V primeru, če je krožni segment - odsek krožnega toka med dvema zaporednima priključkoma - ali celotno krožno vozišče dvo- ali večpasovno, govorimo o dvo- ali večpasovnih krožnih križiščih.

Uvozni prometni tok

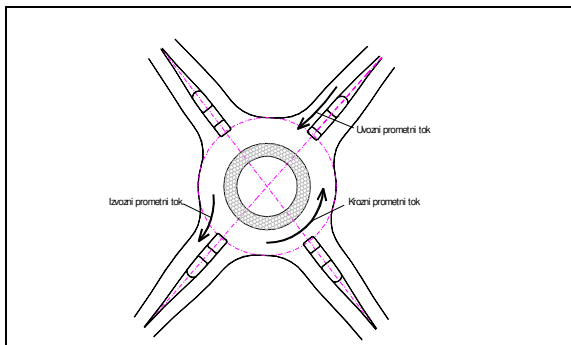
tvorijo vozila ki uvažajo v krožno križišče (sl. 2.1).

Izvozni prometni tok

tvorijo vozila ki izvažajo iz krožnega križišča (sl. 2.1).

Krožni prometni tok

ali krožeči prometni tok tvorijo vozila, ki krožijo po krožnih prometnih pasovih okoli središčnega otoka (sl. 2.1).



Slika 2.1 Tokovi v krožnem križišču

Niša za čakanje

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

je radij desnega roba vozišča na uvozu v krožno križišče, ki usmerja vozila proti krožnemu vozišču.

Izvozni radij

je radij desnega roba vozišča na izvozu iz krožnega križišča, ki usmerja vozila iz krožnega vozišča.

Ločilni otok - otok za pešce

je deniveliran element krožnega križišča, ki ločuje uvoz in izvoz iz krožnega križišča, usmerja vozila v pravilno uvažanje in izvažanje iz 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).

Uvozna širina (e)

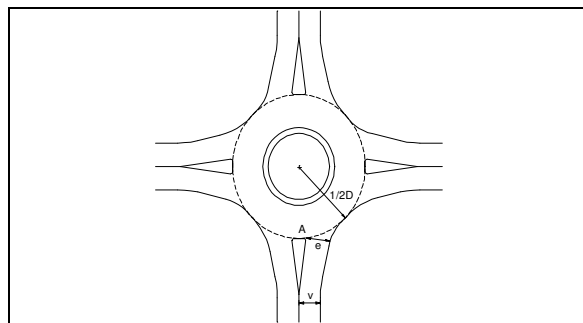
je širina lijakastega uvoza (sl.2.2); meri se pravokotno, od uvoznega radija do presečišča podaljška desnega roba otoka za pešce in talne signalizacije, ki označuje zunanji rob krožnega vozišča.

Širina voznega pasu (v)

je širina voznega pasu dostopne ceste, pred pričetkom krožnega križišča (sl.2.2).

Povprečna efektivna dolžina razširitve (I')

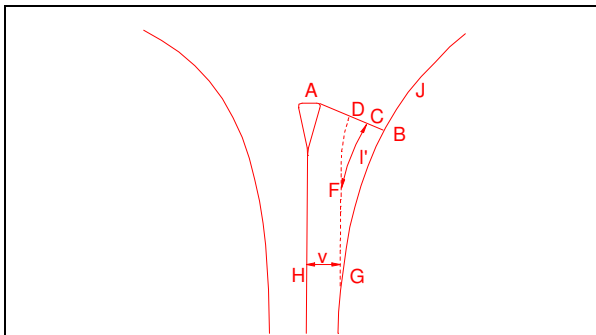
je povprečna dolžina razširitve na uvozu v krožno križišče (sl. 2.3). V primeru, če na uvozu ni izvedene razširitve, desni rob vozišča na uvozu sledi liniji GFD, vhodna širina pa je enaka širini voznega pasu. BA je pravokotnica na vhodno krivino in je dolžine e. Dolžina daljice BD je e-v, dolžina daljice BC pa je (e-v)/2. Povprečna efektivna razširitev je CF, oddaljena za (e-v)/2 od desnega roba vozišča. Oddaljenost CF, ki je enaka I' imenujemo povprečna efektivna dolžina razširitve.



Slika 2.2. Vhodna širina e in širina voznega pasu v

Ostrost (stopnja) razširitve

je določena z razmerjem $S=1.6(e-v)/I'$ (sl. 2.3). Je merilo za stopnjo razširjanja od v do e vzdolž povprečne efektivne dolžine razširitve I'.



Slika 2.3 Povprečna efektivna dolžina razširitve

Večje vrednosti ustrezajo kratkim, ostrim razširitvam. Majhne vrednosti ustrezajo dolgim, postopnim razširitvam.

Uvozni kot (Φ)

je kot, ki ga določata tangenti na sredinski črti uvoznega pasu in krožnega vozišča na mestu, kjer sredinska črta uvoznega pasu seka zunanji radij krožnega križišča oz. na mestu, kjer podaljšek prve tangente seka središčnico krožnega vozišča.

V praksi lahko nastopita dva primera, odvisno od dolžine krožnega segmenta med dvema zaporednima vhodoma.

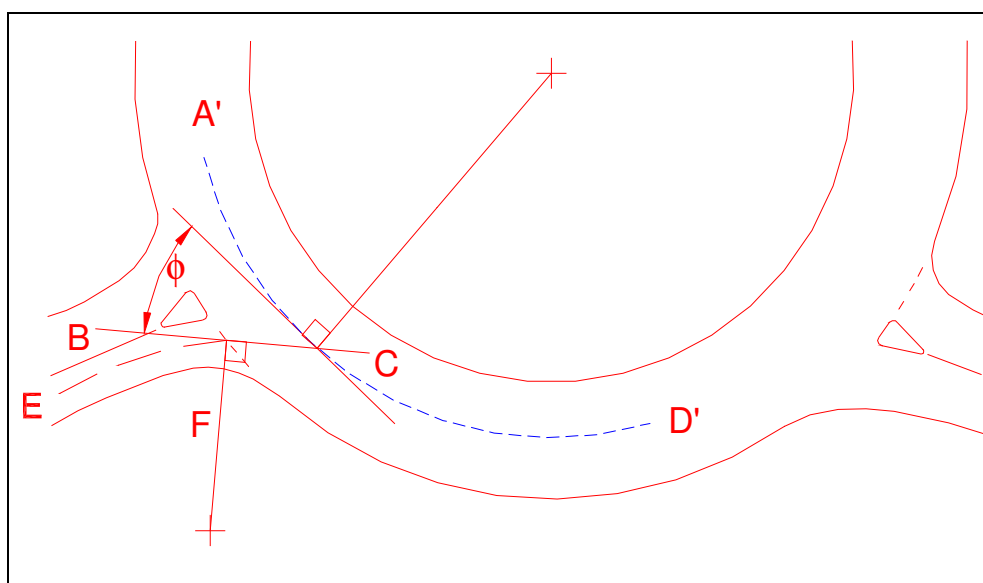
Prvi primer: velika dolžina krožnega segmenta (sl. 2.4)

Črta BC je tangenta na krivuljo EF (središčnico vozišča na vhodu) v točki, kjer krivulja EF seka zunanji radij krožnega križišča. Kot Φ je kot med BC in tangento na središčnico krožnega vozišča v točki, kjer BC seka A'D'.

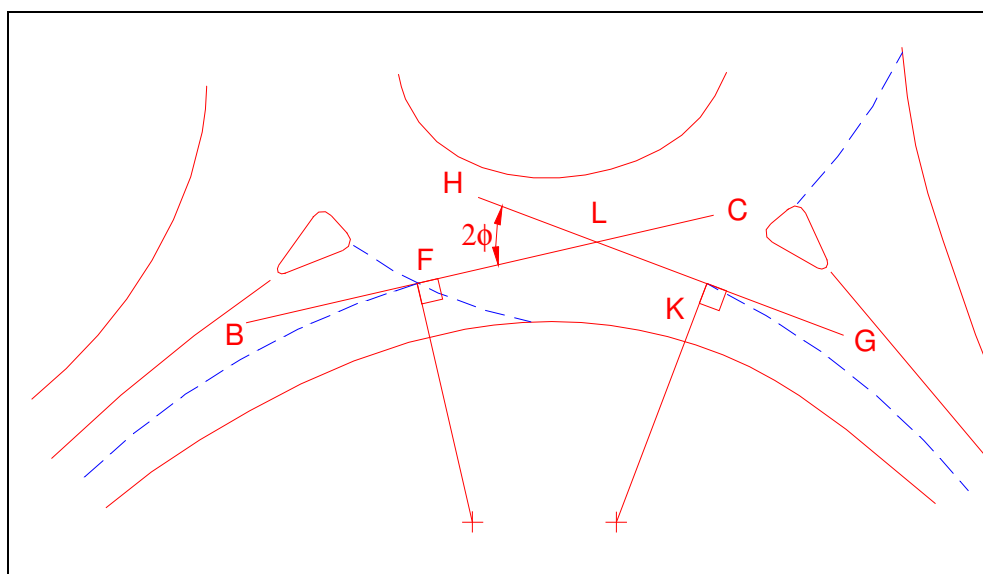
Drugi primer: mala dolžina krožnega segmenta (sl. 2.5)

Črta BC je identična kot pri velikih dolžinah krožnega segmenta. Črta GH je tangenta na krivuljo JK, ki je središčnica vozišča na izhodu. Tangenta GH je v točki, kjer središčnica vozišča na izhodu seka zunanji radij krožnega križišča. BC in GH se sekata v točki L. BLH oklepata kot 2Φ . Polovični kot je kot Φ .

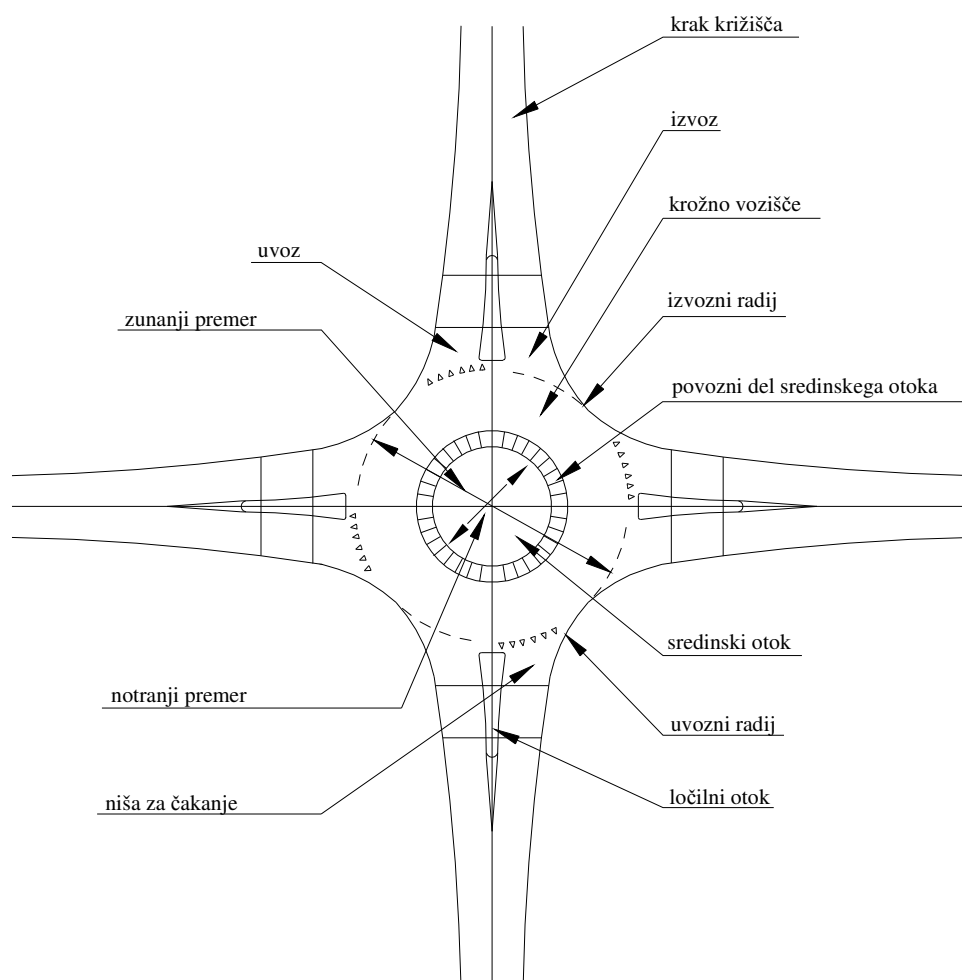
Osnovni elementi krožnega križišča so predstavljeni na sliki 2.6.



Slika 2.4. Velika dolžina krožnega segmenta



Slika 2.5. Majhna dolžina krožnega segmenta



Slika 2.6. Osnovni elementi krožnega križišča

3. LASTNOSTI KROŽNIH KRIŽIŠČ

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,
- majhna krožna križišča v urbanih območjih 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,
- v krožnih križiščih je prepovedana (pa tudi nepotrebna) vzvratna vožnja,
- dolgim vozilom je dovoljeno tekom vožnje po krožnem vozišču uporabljati tudi neasfaltirani (tlakovani) del krožnega vozišča (povozni del središčnega otoka); za majhna vozila za to ni potrebe.

3.2 Prednosti in pomanjkljivosti

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

- velika prometna varnost (manjše število konfliktnih točk kot pri klasičnih nivojskih križiščih, eliminacija konfliktnih točk križanja, nemogoča vožnja skozi krožno križišče brez zmanjšanja hitrosti ...);
- možnost prepuščanja prometnih tokov velikih jakosti;
- manjši čakalni časi (kontinuiranost vožnje);
- manjši 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);
- manjši stroški vzdrževanja (kot pri semaforiziranih križiščih);

- dobra rešitev kot ukrep za umirjanje prometa v urbanih območjih;
- estetski videz.

Pomanjkljivosti krožnih križišč pa so:

- s povečanjem števila pasov v krožnem vozišču se raven prometne varnosti zmanjšuje (nasprotno od klasičnih nivojskih križišč);
- zaporedna krožna križišča ne omogočajo sinhronizacije ("zelenega vala");
- težave s pomanjkanjem prostora za izvedbo središčnega otoka v zazidanem območju;
- prometa v krožnem križišču ni možno usmerjati s prometno policijo;
- krožna križišča niso priporočljiva pred inštitucijami za slepe in slabovidne ter slušno motene, 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;
- velika krožna križišča niso priporočljiva pred otroškimi vrtci in šolami ter na drugih mestih z velikim številom otrok;
- problemi pri močnem kolesarskem in peš prometu, ki seka enega ali več krakov enopasovnega krožnega križišča;
- slaba rešitev pri močnem toku levih zavijalcev;
- naknadna semaforizacija ne vpliva bistveno na kapaciteto.

Za vsak primer posebej je potrebno presoditi primernost uvedbe krožnega križišča. Izvedba krožnih križišč je torej primerna in priporočljiva predvsem pri križanjih:

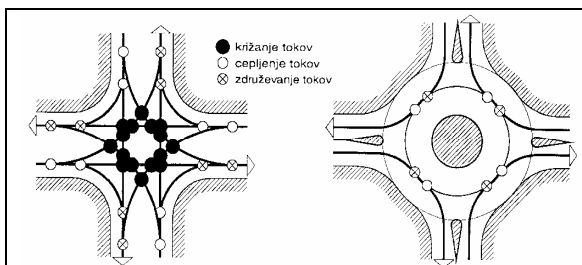
- v obliki X, Y, K (oster kot sekanja);
- večjega števila krakov (pet ali več);
- ki so posebej izpostavljena nastanku prometnih nesreč, katerih posledice so velike;
- ko so hitrosti na uvozi v križišče prevelike;
- kjer se spremenijo pogoji vožnje (n.pr. na zaključkih hitrih cestnih odsekov, na uvozi v urbana področja, na izvozi z avtoceste);
- v primeru prevelikih hitrosti na glavni prometni smeri, ki ne omogoča varnega priključevanja vozil s stranske prometne smeri;
- kjer semaforizacija ni upravičena, je pa presežena kapaciteta nesemaforiziranega križišča;
- kot ukrep za umirjanje prometa.

3.3 Prometna varnost v krožnih križiščih

3.3.1 Motorni promet

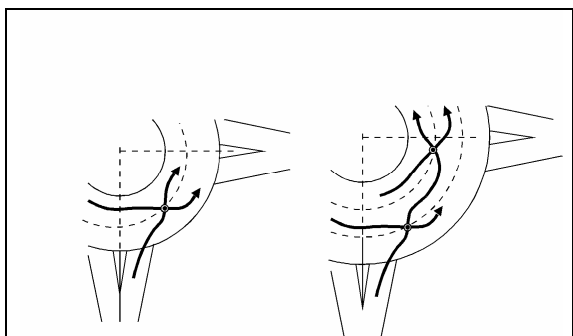
S stališča zagotavljanja prometne varnosti je (v primerjavi s klasičnimi tri - in štirirakimi križišči) glavna prednost enopasovnih krožnih križišč v eliminaciji konfliktnih površine in konfliktnih točk prvega (križanje) in drugega (prepletanje) ter zmanjšanje števila konfliktnih točk tretjega (priključevanje, odcepljanje) reda (sl. 3.1).

Teoretično ima klasično štirirako križišče 32 konfliktnih točk (16 križanja, 8 cepljenja in 8 združevanja), enopasovno štirirako krožno križišče pa le 8 točk nižjega reda (4 cepljenja in 4 združevanja).



Slika 3.1 Konfliktni točke v štirirakem klasičnem in štirirakem krožnem križišču

V primeru, da krožno vozišče tvorita dva vozna pasova, se število konfliktnih točk poveča za konfliktni točka prepletanja, katerih število je teoretično enako številu priključnih cest, vendar je to število še vedno manjše od 32. Raven prometne varnosti pa se hitro poslabša z uvedbo dodatnih voznih pasov (tri ali več).



Slika 3.2. Konfliktna točka prepletanja in konfliktni odsek

Praktično gledano pa pri krožnih križiščih z dvema ali več voznimi pasovi v krožnem toku ne govorimo le o konfliktnih točkah temveč tudi o konfliktnih odsekih, saj vozniku z ničemer ni določeno mesto, na katerem naj bi zamenjal vozni pas v krožnem vozišču (sl. 3.2). To je

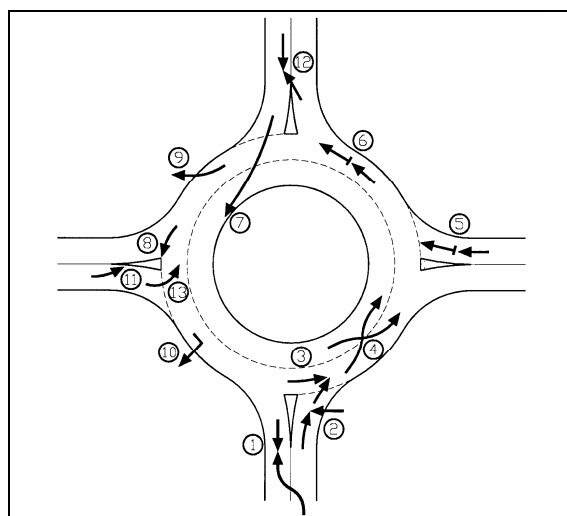
(poleg - običajno - večje dovoljene hitrosti vožnje) tudi eden od glavnih tehničnih vzrokov, da so velika krožna križišča manj varna od majhnih. Vzrok je torej v osnovni lastnosti velikih krožnih križišč.

Prav tako je pri krožnih križiščih možnih nekaj tipov prometnih nesreč, ki jih pri klasičnih križiščih ni (sl. 3.3).

Tudi posledice prometnih nesreč v krožnih križiščih so bistveno drugačne kot pri klasičnih. Predvsem so manjše in načeloma brez smrtnih žrtev in težkih telesnih poškodb. Vzrok za to je v tem, da v krožnih križiščih ni čelnih trkov, kjer so posledice prometnih nesreč največje. Pri krožnih križiščih so trki med vozili večinoma stranski, pod ostrim kotom ali, vsled naletov, od zadaj.

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

1. prehitevanje pred križiščem
2. trk s pešcem/kolesarjem
3. trk pri uvozu
4. trk pri menjavi voznega pasu
5. nalet od zadaj pri uvozu
6. nalet od zadaj pri izvozu
7. trk v središčni otok
8. trk v ločilni otok pri izvozu
9. zdrs s krožnega križišča
10. prevrnitev
11. trk v ločilni otok pri uvozu
12. zanašanje (zdrs) pri izvozu
13. vožnja v nasprotno smer



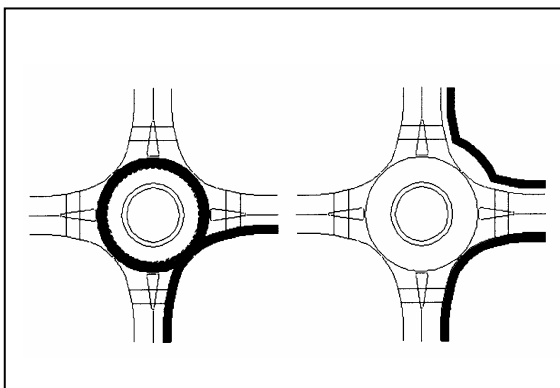
Slika 3.3. Tipi prometnih nesreč v dvopasovnem krožnem križišču

3.3.2 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 v območju krožnega križišča.

Načeloma poznamo dva načina vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča (sl. 3.4):

- vzporedno vodenje kolesarskega prometa (ob zunanjem robu krožnega vozišča) in
- samostojno vodenje (vzporedno z robniki ali v obliki koncentričnega kroga).



Slika 3.4. Možna načina vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča

Samostojno vodenje kolesarjev v 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, najprilnejše oblike. S tem je doseženo tudi, da so edine konfliktne točke na mestih prehodov preko krakov krožnega križišča, pa še na teh mestih so pešci in kolesarji (delno) zavarovani z otoki. Vzporedno vodenje kolesarskega prometa je nekoliko manj varno (izjema so krožna križišča z zelo majhno prometno obremenitvijo motornega prometa), saj je kolesar v neposrednem stiku z motoriziranimi udeleženci v prometu oz. na isti površini. Za boljšo zaščito kolesarjev je v takih primerih priporočljiva namestitvev deniveliranih elementov v podaljšku ločilnih otokov.

V krožnih križiščih izven naselja je potrebno kolesarje obvezno voditi samostojno – ločeno, v krožnih križiščih v naselju pa je tak način vodenja kolesarjev priporočljiv oz. vzporedno vodenje kolesarskega prometa naj bo uporabljeno le v primeru, ko je največja dovoljena hitrost 40 km/h in v conah umirjenega prometa.

V primeru, ko so kolesarji pred krožnim križiščem v naselju na vozišču, naj se jim v

območju krožnega križišča zagotovi ločeno vodenje.

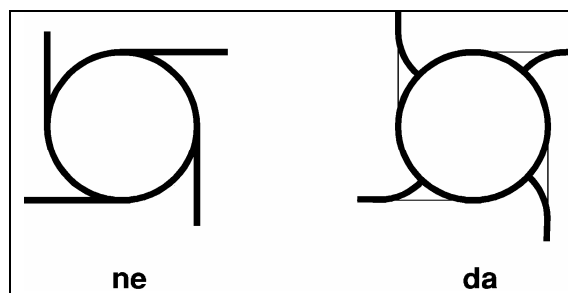
Oprelitev za enega od dveh načinov vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča v naselju se izvede na osnovi jakosti in strukture motornega prometa, jakosti toka kolesarjev in položaja krožnega križišča v cestni mreži naselja.

3.3.3 Ukrepi za zagotavljanje prometno varnega krožnega križišča

Po preveritvi ustreznosti lokacije in položaja v cestni mreži, je potrebno pri oblikovanju krožnega križišča v največji možni meri upoštevati naslednje:

vodenje krakov cest v križišče naj bo čimbolj pravokotno (zmanjšanje hitrosti, pregledno polje pravilne oblike ...). Primerno vključevanje vozila v krožni tok dosežemo z izbiro uvoznega radija primerne velikosti (velikost hitrosti na uvozu v krožni vozišče je v direktni povezavi z velikostjo uvoznega radija). Tangencialno vodenje uvoznega pasu v križišče povzroča nerazumljivost pravila prednosti vozil v krožnem toku pred vozili na uvozu, velike hitrosti vozil na uvozu, nepreglednost pri vključevanju vozil v križišče in nalete vozil. Tangencialno vodenje izvozov iz krožnega križišča hkrati zahteva veliko sukanje volana in povzroči veliko pokrito površino (sl. 3.5).

Vodenje krakov v krožni križišče naj bo torej čimbolj pravokotno. Če je le možno, naj se podaljški osi krakov krožnega križišča sekajo v eni točki - centru krožnega križišča;



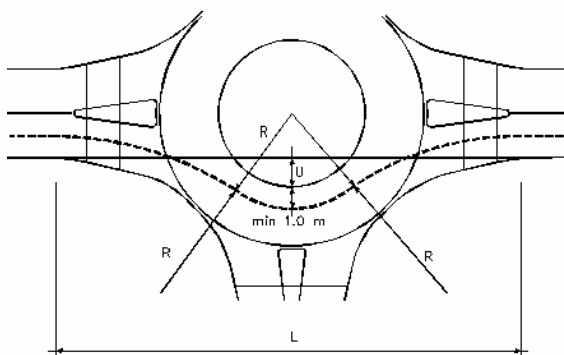
Slika 3.5 Vodenje krakov v krožni križišče

širina uvoza v križišče in dolžina razširitve; najnevarnejši manever v krožnem križišču je uvažanje v krožni križišče, 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);

ukrivljenost poti vozila skozi krožni križišče (sl. 3.6) ima enega od največjih vplivov na

prometno varnost pri vožnji skozi krožno križišče. Krivulja sledi mora imeti obliko dvojne S krivine, ki jo sestavljajo trije radiji, katerih velikosti morajo biti medsebojno usklajene. Večja, ko 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 središčnega otoka (bolj ugodno vendar v praksi večkrat neizvedljivo),
- z obliko ločilnih otokov (manj ugodno vendar večkrat izvedljivo).



Slika 3.6 Ukrivljenost poti vozila skozi krožno križišče

Za formiranje zunanjega roba voznega pasu na uvozu in izvozu iz krožnega križišča je potrebno upoštevati splošna pravila za projektiranje cestne osi in robov;

uvozni in izvozni radiji; velikosti izvoznih radijev so odvisne od velikosti krožnega križišča, števila voznih pasov v krožnem toku in oblike sredinskega ločilnega otoka (stožec ali lijak).

Velikosti izvoznih radijev morajo vedno biti večje od velikosti uvoznih radijev, le izjemoma pa so lahko enake.

Pri majhnih enopasovnih krožnih križiščih ($8\text{ m} \leq R_n \leq 14,5\text{ m}$) in srednje velikih krožnih križiščih ($14,5\text{ m} \leq R_n \leq 21\text{ m}$) s sredinskimi ločilnimi otoki stožčaste oblike, je primerna uporaba izvoznega radija velikosti 12 m oz. 15 m.

Pri velikih enopasovnih krožnih križiščih ($21\text{ m} \leq R_n \leq 31\text{ m}$) s sredinskimi ločilnimi otoki stožčaste oblike, je primerna uporaba izvoznega radija velikosti 15 m.

Pri velikih enopasovnih krožnih križiščih ($21\text{ m} \leq R_n \leq 31\text{ m}$) s sredinskimi ločilnimi otoki lijakaste oblike, se lahko uporabljajo izvozni radiji velikosti od 15 m do 18 m.

Pri velikih večpasovnih krožnih križiščih s sredinskimi ločilnimi otoki lijakaste oblike, se

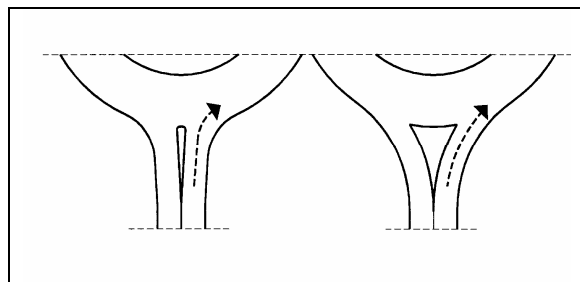
lahko uporabljajo izvozni radiji velikosti od 12 m do 21 m, odvisno od velikosti krožnega križišča in željene hitrosti (30 oz. 40 km/h);

prehodi za pešce in kolesarje naj bodo postavljeni navzven iz krožnega križišča 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 naj bo 4.5 m, največja pa 10 m. Navedene dolžine ustrezajo enemu oz. dvema osebniima voziloma oz. enemu dolgemu vozilu.

Z izvedbo niše za čakanje se izboljšata prometna varnost nemotoriziranih udeležencev v prometu, hkrati pa se poveča tudi prepustnost krožnega križišča, saj 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 (sl. 3.7).



Slika 3.7 Oblika ločilnega otoka v odvisnosti od velikosti krožnega križišča (majhno krožno križišče = kaplja, veliko krožno križišče = trikotnik);

odvodnjavanje krožnega križišča; prečni nagib krožnega pasu navzven je pogostejši, saj je lažje izvedljiv prehod med priključki in krožnim pasom, enostavnejše pa je tudi odvodnjavanje. Slabosti prečnega nagiba navzven (negativnega), pa se pokažejo v primerih zmanjšanega koeficienta oprijemljivosti med pnevmatikami in voziščem (dež, poledica...), saj le-ta ne zadošča za prevzem centrifugalne sile, ki deluje na vozilo v krožnem toku.

Vsled tega je pri velikih krožnih križiščih (ki omogočajo večje hitrosti vožnje po krožnem toku) potrebno preveriti stabilnost vozila v takih primerih. Prečni nagib krožnega pasu navznoter je (tehnično gledano) pravilnejši, vendar je pravilna izvedba odvodnjavanja in vijačenja priključkov precej zahtevnejša;

povozni del središčnega otoka mora biti izveden tako, da bo vozila odvrčal od vožnje

(grobozrnati materiali, tlakovano), hkrati pa tako, da bo omogočal vožnjo dolгим vozilom.

Izjava se le pri majhnih in srednje velikih krožnih križiščih, širine 1 - 2 m (odvisno od velikosti notranjega radija).

Stik povoznega dela središčnega otoka in krožnega vozišča je smiselno denivelirati (2-3 cm);

razsvetljava krožnega križišča pogojuje prometno varnost krožnega križišča ponoči. Za krožna križišča je pomembno, da so razsvetljeni vsi uvozi, po možnosti pa še tudi središčni otok;

kontrola hitrosti vožnje skozi krožno križišče

je eden od pomembnejših podatkov za oceno ravni prometne varnosti. Manjša hitrost motornega prometa vodi k mirnejšemu potekanju prometa, pri čemer je možno posvetiti več pozornosti ostalim udeležencem v prometu, zmanjša pa se tudi možnost nastanka prometnih nesreč z težkimi posledicami.

Kriterij, ki naj bi ga zagotovili je, da hitrost pri ravnem prehodu (polovica kroga) ne preseže vrednosti 30 km/h oz. 35 km/h. Kontrola se izvede s pomočjo elementov, navedenih v sliki 3.6 in dveh enačb, navedenih v nadaljevanju poglavja.

Pred kontrolo je potrebno določiti velikost dveh elementov.

Prvi element je dolžina L med začetkom zaokrožitve na vhodu in koncem zaokrožitve na izhodu. L je odvisna od velikosti radijev zaokrožitve in zunanega radija krožnega križišča.

Drugi element je U (ukrivljenost, defleksija), ki predstavlja oddaljenost med robom sredinskega otoka in desnim robom vozišča na izhodu (merjeno na začetku zaokrožitve).

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 izboljšuje z uporabo večjih radijev zaokrožitev 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:

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

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:

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

kjer je V [km/h] in R [m].

Pri dobrih rešitvah je vrednost hitrosti prevoza okoli 30 km/h. V kolikor je pri majhnih krožnih križiščih dobljena vrednost večja od 35 km/h, je potrebno korigirati projektne elemente. Po vsaki spremembi projektnega elementa je potrebno ponovno preveriti vpliv spremembe.

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

3.3.4 Podhodi in nadhodi kot ukrep za izboljšanje prometne varnosti pešcev in kolesarjev

V krožnih križiščih z dvema ali več pasovi na uvozu (velika kapaciteta - veliko krožno križišče - velika pričakovana hitrost) ni priporočljiva izvedba nivojskega prehoda za pešce in kolesarje.

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

Druga možnost je uvedba svetlobnih opozorilnih znakov.

Semaforizacija peš prehodov pri novih krožnih križiščih ni smiselna.

4. DELITEV KROŽNIH KRIŽIŠČ

4.1. Delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost

V splošnem lahko razdelimo krožna križišča glede na lokacijo in velikost v naslednje skupine:

Tip krožnega križišča	Zunanji premer [m]	Okvirna kapaciteta [voz./dan]
Mini urbano	14 - 25	10.000
Majhno urbano	22 - 35	15.000
Srednje veliko urbano	30 - 40	20.000
Srednje veliko (enopasovno) izvenurbano	35 - 45	22.000
Srednje veliko (dvopasovno) izvenurbano	40 - 70	-
Veliko izvenurbano	> 70	-

Opomba: Okvirne kapacitete so le aproksimativne vrednosti za štirikraka krožna križišča z enakomerno porazdelitvijo prometnih tokov. V tabeli podane vrednosti so torej le informativne, pri reševanju konkretnih primerov pa je potrebno vsako krožno križišče prometno preveriti glede na dejanske prometne tokove in uporabljene projektne – tehnične elemente.

Urbana krožna križišča:

Mini krožno križišče

Uporaba v strnjениh urbanih okoljih z namenom umirjanja prometa. Pričakovana hitrost vozil je do 25 km/h. Pri vodenju kolesarjev se uporablja vzporedno vodenje (ob zunanjem robu krožnega vozišča). Zaradi majhnih dimenzij mini krožnih križišč so ločilni otoki montažni in velikosti, 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 neprimerno večjo varnostjo udeleženih v prometu, hkrati pa nizke stroške za izvedbo.

Projektiranje le-teh zahteva poseben pristop.

Mini krožna križišča niso predmet obdelave pričujoče specifikacije.

Majhno krožno križišče

Izvajajo se načeloma le v urbanih okoljih. 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 vkih v

manjša naselja, kjer poleg opozorila voznikom, da se spreminjajo pogoji vožnje, nudijo tudi neomejene možnosti krajinskega in arhitektonskega oblikovanja.

Srednje veliko krožno križišče

Načeloma se uporabljajo na bolj obremenjenih voziščih v urbanih okoljih. Projektne – tehnični 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 omogočajo zadosten prostor za varovanje kolesarja med voznimi pasovi na uvozu/izvozu.

Izvenurbana krožna križišča:

Srednje veliko krožno križišče

Izvajajo se izven urbanih središč, kjer ni za pričakovati veliko število pešcev in kolesarjev. Oblikovana so tako, da omogočajo maksimalno prepustnost uvozov ob primerni prometni varnosti (maksimalna hitrost 40 km/h).

Srednje veliko dvopasovno krožno križišče

Izvajajo se načeloma izven urbanih središč, kjer so prometne obremenitve velike.

Velika krožna križišča

Izvajajo se izjemoma, navadno na avtocestnih pristopih mestu. Projektiranje le-teh zahteva poseben pristop. Kolesarski in peš promet se vodi ločeno in ni sestavni del takih krožnih križišč.

Velika krožna križišča niso predmet obdelave pričujoče specifikacije.

4.2. Delitev krožnih križišč glede na namembnost

Po namembnosti ločimo tri osnovne tipe krožnih križišč:

- krožna križišča za umirjanje prometa
izvedba v urbanih in prehodnih območjih
- 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
samo izven urbanih območij.

4.3. 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...

4.4. Delitev krožnih križišč glede na število voznih pasov

Glede na število voznih pasov v krožnem vozišču ločimo:

- enopasovna krožna križišča,
- dvopasovna krožna križišča,
- večpasovna krožna križišča.

Število voznih pasov v krožnem vozišču mora biti vsaj enako številu voznih pasov na uvozi in izvozi iz krožnega križišča.

Število pasov v krožnem toku je omejeno na največ tri.

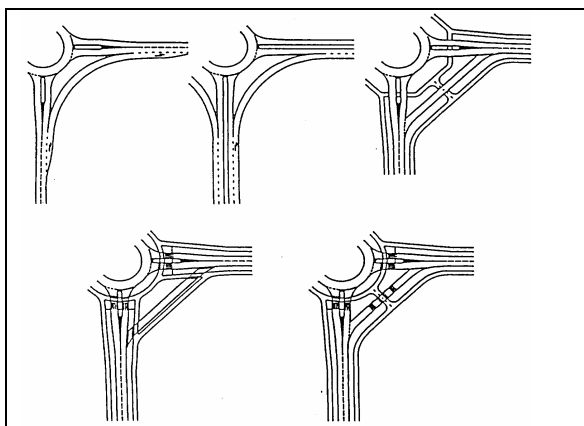
Dober kompromis med prepustnostjo in varnostjo krožnega križišča sta dva prometna pasova v krožnem toku.

4.5 Delitev krožnih križišč glede na vodenje posameznih smeri

4.5.1 Nivojsko

Pri nivojskem vodenju krakov krožnega križišča poznamo dva načina vodenja voznih pasov priključkov:

- vodenje pasov v krožno križišče in
- vodenje pasov mimo krožnega križišča (direktno) (sl. 4.3)



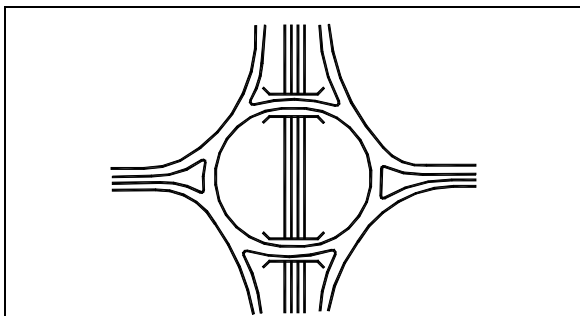
Slika 4.3 Vodenje pasov mimo krožnega

križišča (direktno vodenje)

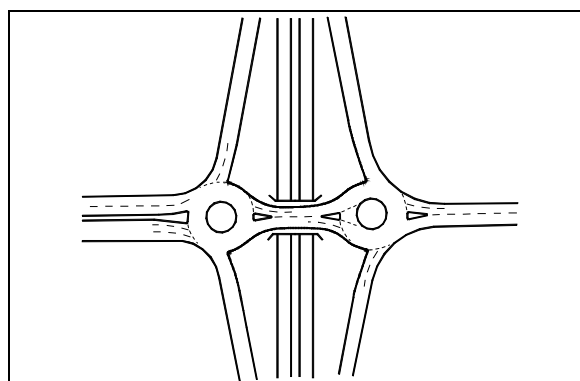
4.5.2 Večnivojsko

Pri izvennivojskem vodenju krakov krožnega križišča (n.pr. namesto diamanta) poznamo dva glavna tipa krožnih križišč:

- eden veliki (sl. 4.4)
- dva majhna (sl. 4.5)



Slika 4.4 Eden veliki



Slika 4.5 Dva majhna

5. KAPACITETA KROŽNEGA KRIŽIŠČA

5.1 Splošno

Za vsako novo ali rekonstruirano krožno križišče je potrebno 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 spreminjajo dimenzije projektnih elementov, vse dokler rezultati izračuna ne dajejo zadostno prepustnost 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 sledi prostorska, urbanistična in/ali kakšna druga preveritev.

Pri določanju prepustnosti novega krožnega križišča je potrebno upoštevati predvidene prometne obremenitve na koncu planske dobe. Izračune je potrebno izvesti za konične obremenitve, izraženo v odstotku povprečnega dnevnega prometa. Odstotek je določen na osnovi znanih podatkov o spreminjanju prometnih obremenitev na tem območju.

V primeru rekonstrukcije obstoječega križišča v krožno križišče je izračun prepustnosti potrebno izvesti za dve ali več koničnih obremenitev (vsaj za jutranjo in popoldansko prometno obremenitev). Tudi v tem primeru je potrebno 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, potrebno izvesti tudi pretvorbo prometnih obremenitev s klasičnega na krožno križišče (sl. 5.1).

5.2 Pojem kapacitete krožnega križišča

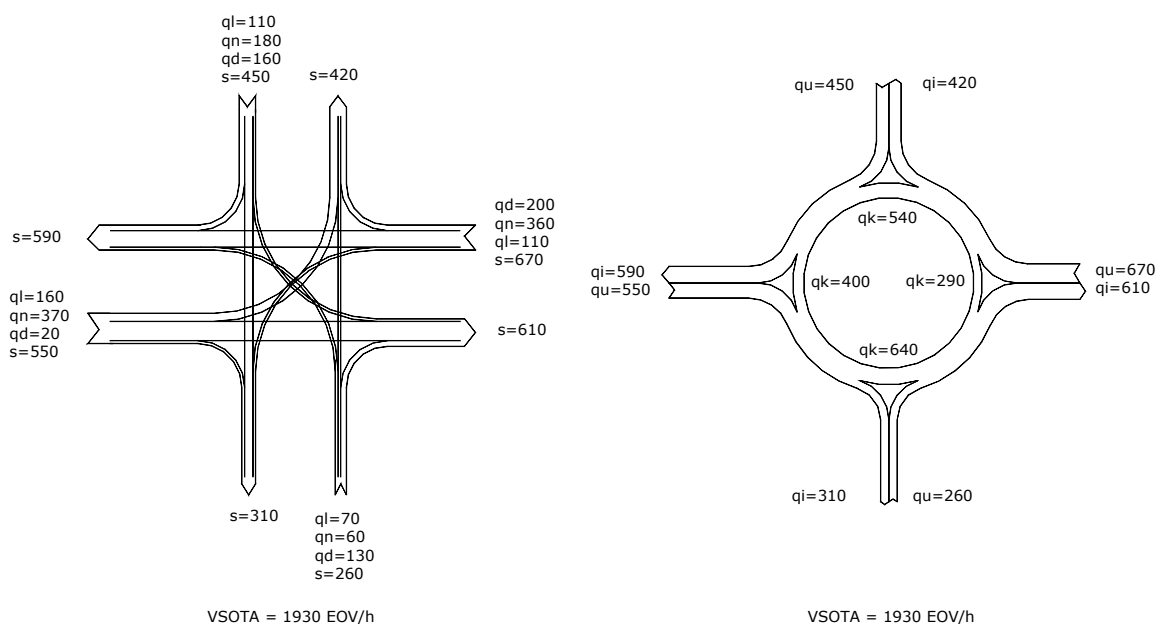
Kapaciteta krožnega križišča C nam pove, koliko vozil prevozi krožno križišče v enoti časa. Dobimo jo tako, da seštejemo prepustnosti vseh uvozov Q_{Ei} v krožno križišče.

$$C = \sum_{i=1}^n Q_{Ei}, \quad n - \text{število uvozov}$$

Prepustnost uvoza Q_E določa, koliko vozil uvozi v krožno križišče skozi en uvoz v časovni enoti.

$$Q_E = f(Q_C, \text{geometrije}),$$

kjer je Q_C - krožeči prometni tok.



Slika 5.1 Primer pretvorbe prometnih obremenitev iz klasičnega štirikrakega križišča v štirikrako krožno križišče

Rezultati primerjalne raziskave obstoječih krožnih križišč v Sloveniji so pokazali, da sta se dejanskim prepustnostim v skoraj vseh primerih najbolj približali avstralska in avstrijska (švicarska) metoda.

Rezultati, dobljeni z izračunom po nemški metodi, so v vseh primerih manjši od dejanskih prepustnosti uvozov v krožna križišča (tudi za več kot 50 %), zato je ne priporočamo za uporabo.

Rezultati, dobljeni z angleško metodo so 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 potrebno izdelati primerjalni izračun z avstrijsko ali avstralsko metodo.

Kot najprimernejši za kalibracijo na slovenske razmere sta avstrijska in avstralska metoda. Opredelitev za eno od obeh je odvisna od velikosti krožnega križišča in/ali razpoložljivosti primernega računalniškega orodja za izračun:

- za zahtevnejša krožna križišča, kjer se poleg izračuna kapacitete zahtevajo še tudi izračuni zamud, število ustavljanj in dolžine kolon, se izračun izvaja po nelinearni avstralski metodi. Priporočljiva je uporaba računalniških programov,
- za majhna in srednje velika krožna križišča zadošča avstrijska metoda izračuna.

V nadaljevanju je prikazan detajlnejši opis metod.

5.3 Avstrijska metoda

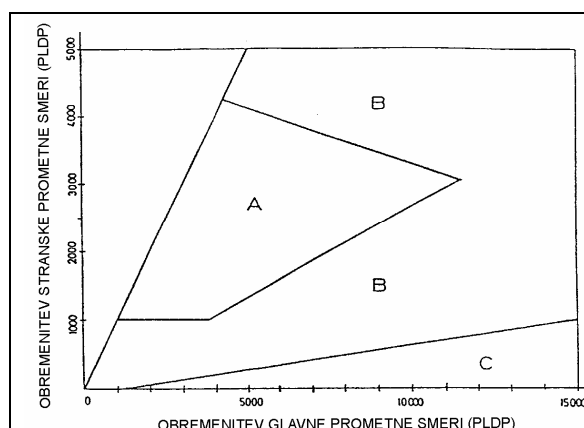
Pred odločitvijo o primernosti lociranja krožnega križišča v prostor je potrebno izdelati oceno primernosti izvedbe krožnega križišča, kjer uporabimo diagram, prikazan na sliki 5.2.

5.3.1 Ugotavljanje zmogljivosti po kalibrirani avstrijski metodi

Ker je zmogljivost krožnega križišča odvisna od zmogljivosti uvozov v krožno vozišče, je potrebno ugotoviti zmogljivosti vsakega posameznega uvoza. Za ugotavljanje zmogljivosti uvoza uporabimo:

$$L = 1500 - 8/9 * (b * M_K + a * M_A) \text{ [EOV/h]}$$

- Cona A: Priporočljiva izvedba krožnega križišča
- Cona B: Primernost izvedbe krožnega križišča je treba preveriti:
- v primerjavi s klasičnim nivojskim križiščem (spodnje območje)
 - v primerjavi z izvennivojskim križiščem (zgornje območje)
- Cona C: Priporočljiva izvedba klasičnega ali krožnega nivojskega križišča



Slika 5.2 Področje primernosti izvedbe krožnega križišča

kjer je:

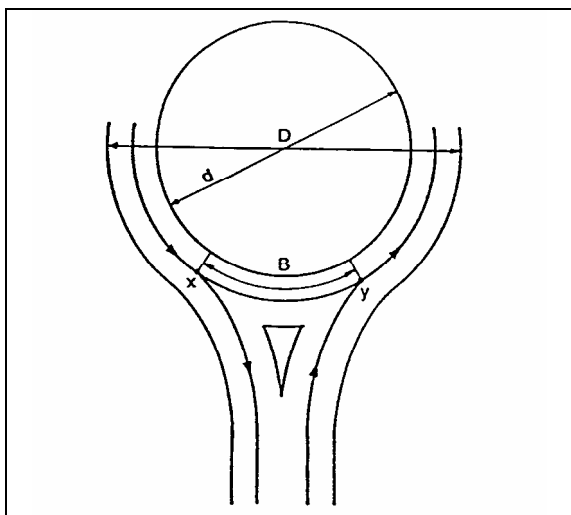
- L zmogljivost uvoza [EOV/h]
 M_K obremenitev v krožnem vozišču (v področju konfliktne točke y) [EOV/h]
 M_A prometna obremenitev izvoza [EOV/h]
 a faktor geometrije uvoza
 b faktor števila vozniških pasov v krogu

Faktor geometrije a določamo v odvisnosti od razdalje B med konfliktima točkama x in y (sl. 5.3). Za primer enopasovnega uvoza v krožno križišče velja za izračun razdalje B naslednja zveza (sl. 5.3):

$$B = \frac{(D - FB) * \pi * \varphi}{180} \text{ [m]}$$

kjer je:

- D zunanji premer krožnega križišča [m]
 FB širina krožnega vozišča [m]
 φ polovični središčni kot med konfliktima točkama [°]



Slika 5.3 Merodajna razdalja B med konfliktnima točkama x in y

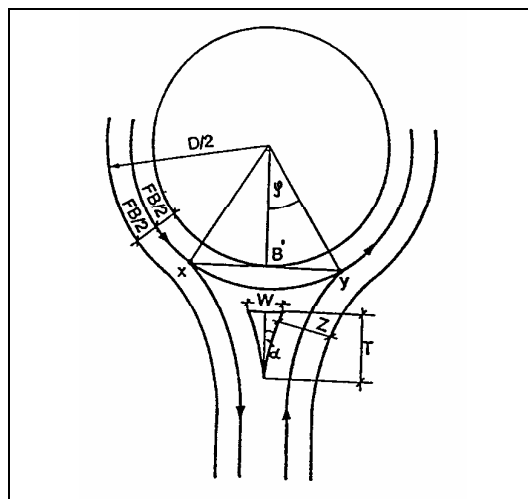
Središčni kot med konfliktnima točkama je odvisen od geometrijske izvedbe krožnega križišča (sl.5.4):

$$\sin \varphi = \frac{B'}{(D - FB)} \quad [\text{rad}]$$

$$B' = \frac{(T + FB/2 + Z/2 * \sin \alpha) * W}{T} \quad [\text{m}]$$

kjer je:

T	dolžina ločilnega otoka [m]
W	širina ločilnega otoka [m]
Z	širina uvoza [m]
α	polovični ostri kot ločilnega otoka [°]
$\text{tg } \alpha$	$\frac{W}{2T}$ [rad]



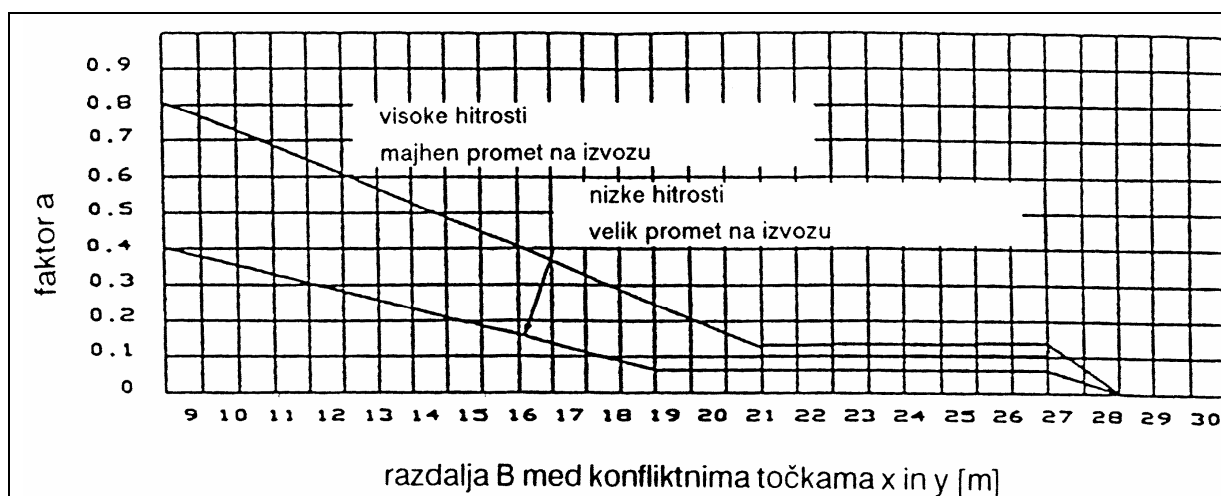
Slika 5.4 Geometrijska izvedba krožnega križišča

V primeru večpasovnih uvozov ali večjega števila vozniških pasov v krožnem toku je postopek izračuna identičen, pri čemer je merodajna najmanjša razdalja B med konfliktnima točkama (sl. 5.5).

Na osnovi raziskav slovenskih krožnih križišč in načina vožnje v njih menimo, da parametra a ni potrebno kalibrirati na slovenske razmere.

Faktor b odraža vpliv števila pasov na uvozu. Navajamo na slovenske razmere kalibrirane vrednosti koeficientov b (v oklepajih so navedeni koeficienti, ki se uporabljajo v Švici in Avstriji):

enopasovno	b = 0.90 - 1.0 (0.9 – 1.0)
dvopasovno	b = 0.80 - 0.84 (0.6 – 0.8)
tropasovno	b = 0.55 - 0.65 (0.5 – 0.6)



Slika 5.5 Določitev faktorja a v odvisnosti od razdalje B in merodajnih prometnih razmer

5.3.2 Ugotavljanje stopnje obremenjenosti uvoza

S stopnjo obremenjenosti uvoza ugotavljamo do katere mere je dosežena računska kapaciteta uvozov glede na dejanske oziroma predvidene prometne obremenitve. Izračunamo jo po navednjem obrazcu:

$$A = \frac{c * M_E}{L} * 100 \quad [\%]$$

kjer je:

A	stopnja obremenjenosti uvozov [%]
M_E	prometna obremenitev uvoza [voz/h]
L	zmogljivost uvoza [voz/h]
c	faktor števila voznih pasov uvoza [-]

Koeficient c opisuje vpliv števila voznih pasov v krožnem križišču. Navedene so slovenske kalibrirane vrednosti. V oklepajih so navedene avstrijske oziroma švicarske vrednosti:

enopasovni uvoz	c = 0.90 - 1.0 (1.0)
dvopasovni uvoz	c = 0.50 - 0.65 (0.6 - 0.7)
tropasovni uvoz	c = * (0.5)

* v Sloveniji takšnega krožnega križišča ni, zato kalibracija ni bila izvedena. Predlagamo uporabo osnovnega parametra c.

Kot je razvidno iz kalibriranih vrednosti koeficientov b in c, za različne tipe krožnih križišč parametra nimata konstantnih vrednosti, temveč le neko zgornjo in spodnjo vrednost. Za krožna križišča z enim pasom je v majhnih krožnih križiščih priporočljiva uporaba vrednosti parametra b = 1.0, pri srednjih b = 0,95, pri večjih križiščih z enim pasom pa se faktor b približuje vrednosti 0.90.

Podobno velja tudi za križišča z dvema in tremi pasovi v krožnem križišču. Manjša krožna križišča se približujejo zgornji meji, večja pa spodnji. Tako je za srednja do večja krožna križišča najprimernejši koeficient b = 0.63, za zelo velika krožna križišča pa koeficient b=0.58.

Stopnje obremenjenosti uvozov naj (tudi pri upoštevanju maksimalnih urnih obremenitev) ne presegajo 90% maksimalne urne prometne obremenitve.

5.4 Avstralska metoda

Avstralska metoda, oziroma, izračun po Jacobsu, obravnava prepustnost uvoza v krožno križišče v odvisnosti od krožečega toka z

eksponentno funkcijo. Tako dobimo pri majhnem in krožečem toku nekoliko večje vrednosti, kot pri linearnih odvisnostih.

Splošna enačba za določanje prometne prepustnosti uvoza je:

$$L = \frac{(1 - p * t_0) * e^{-p * (t_a - t_0)}}{1 - e^{-p * t_f}}$$

kjer je:

L	prometna prepustnost uvoza [EOV/h]
q_p	moč prometa na krožnem voznom pasu [EOV/h]
t_0	najmanjši časovni razmik v krožečem prometnem toku [s]
t_f	najmanjši časovni razmik (časovni bruto razmik med vozili v stranskem prometnem toku (na uvozu)) [s]
t_a	mejni časovni razmik v krožečem toku, ki še dopušča vključitev enega vozila v krožeči tok [s]
p	$p = q_p / 3600$

Avstralska metoda izračuna prepustnosti uvozov bazira na teoriji časovnih razmikov. Računa se, koliko je praznih prostorov (časovnih razmikov) v glavnem krožnem prometnem toku, kamor se lahko vključujejo vozila iz neprednostnega vhodnega prometnega toka.

Kalibrirani slovenski faktorji za mala krožna križišča:

- $t_0 = 4$ sek
- $t_a = 2.5 - 2.6$ sek
- $t_f = 2$ sek (en krožni pas)
- = 0 sek (dva krožna pasova)

Kalibrirani faktorji za srednja krožna križišča:

- $t_0 = 3 - 4$ sek
- $t_a = 2.3 - 2.5$ sek
- $t_f = 0$ sek (dva krožna pasova)

Kalibrirani faktorji za velika krožna križišča:

- $t_0 = 2$ sek
- $t_a = 1.2$ sek
- $t_f = 0$ sek (dva krožna pasova)

Metoda je primerna za izračun kapacitete zahtevnejših, bolj obremenjenih krožnih križišč, še posej, če je vključena v kakšnem računalniškem modelu.

Priporočeno je, da stopnja zasičenosti v celem planskem obdobju krožnega križišča ne presega 0.8 do 0.9.

5.5 Ocena prepustnosti uvozov v krožna križišča

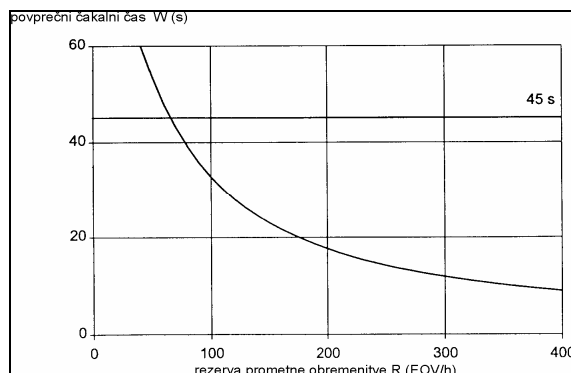
Na podlagi rezultatov dobljenih z analizo štetja prometa na krožnih križiščih v Sloveniji je izdelan graf, ki prikazuje prepustnost uvozov v krožna križišča.

Slika 5.6 prikazuje prepustnosti uvozov v krožna križišča z enim pasom na uvozu in enim pasom v krožnem toku (1-1), z enim pasom na uvozu in dvema pasovoma v krožnem toku (1-2), z enim pasom na uvozu in s tremi pasovi v krožnem toku (1-3) ter z dvema pasovoma na uvozu in s tremi pasovi v krožnem toku (2-3).

Uporabo grafa priporočamo za preliminarno oceno prepustnosti posameznih uvozov, ki naj služi za pomoč pri določanju velikosti in osnovnih parametrov (število pasov) krožnega križišča.

pomočjo grafikona, prikazanega na sliki 5.7, ki je izdelan na osnovi nemških raziskav.

Srednje vrednosti čakalnega časa, ki so večje od 45 sekund se ne obravnavajo. Rezerva obremenitve se dobi kot razlika med kapaciteto in dejansko jakostjo prometnega toka.



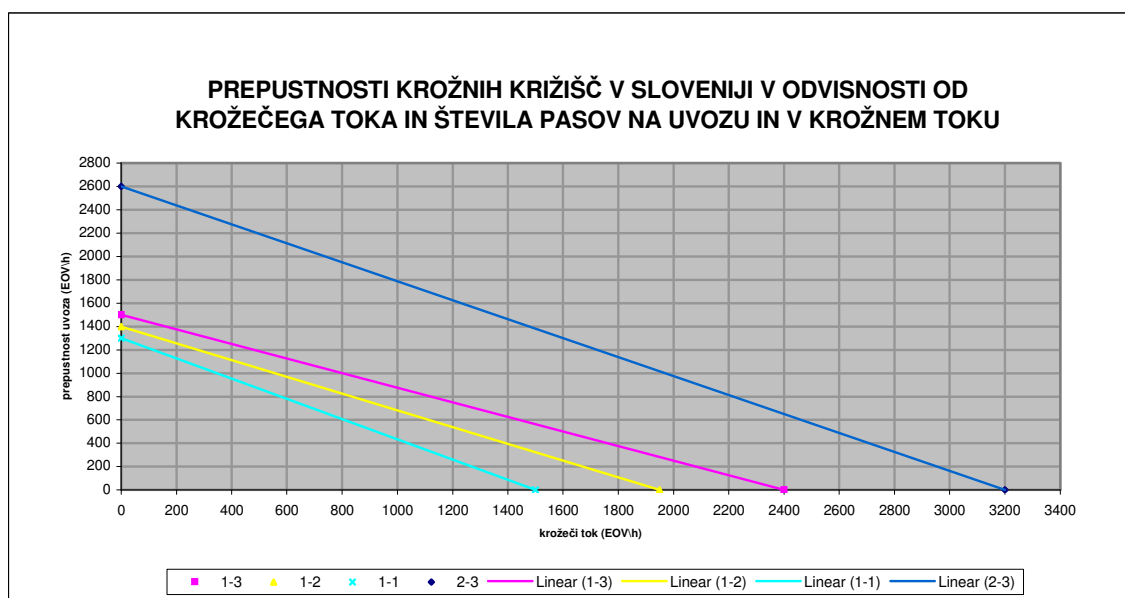
Slika 5.7 Grafikon za določanje srednjega čakalnega časa

5.6 Zamude v krožnem križišču

Zamude v krožnem križišču delimo na zamudo zaradi geometrije in zamudo zaradi vrste.

Prva nam pove zamudo vozila zaradi daljše poti in zmanjšane hitrosti prevoza krožnega križišča, druga pa zamudo zaradi čakanja na vključitev v krožni promet.

Ocena srednjega čakalnega časa motornih vozil na uvozu v krožno križišče se lahko izvede s



Slika 5.6 Prepustnosti uvozov v krožna križišča

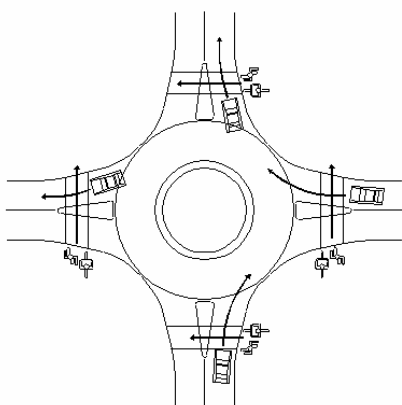
5.7 Vpliv kolesarskega in peš prometa na kapaciteto krožnega križišča

Kolesarski in peš promet zmanjšujeta kapaciteto krožnega križišča. V primeru, če je jakost kolesarskega in/ali peš prometa velika, je potrebno preveriti vpliv jakosti le-tega na kapaciteto krožnega križišča.

Analize vpliva pešcev in kolesarjev je potrebno izdelati v primeru, če je jakost kolesarskega in/ali peš prometa velika (stanovanjske cone, šole, športni centri ...). To še posebej velja za krožna križišča z enim voznim pasom v krožnem toku in enopasovnimi uvozi.

5.7.1 Možni konflikti motornega prometa s pešci in kolesarji

V krožnih križiščih z enim voznim pasom v krožnem toku lahko, zaradi močnega toka pešcev in/ali kolesarjev, nastopajo problemi polnjenja in praznjenja krožnega križišča. Vozila na vseh vstopih/izstopih v krožno križišče morajo pešcem/kolesarjem odstopiti prednost. Zaradi tega prihaja do oviranih (motenih) tokov in zastojev (sl. 5.8).



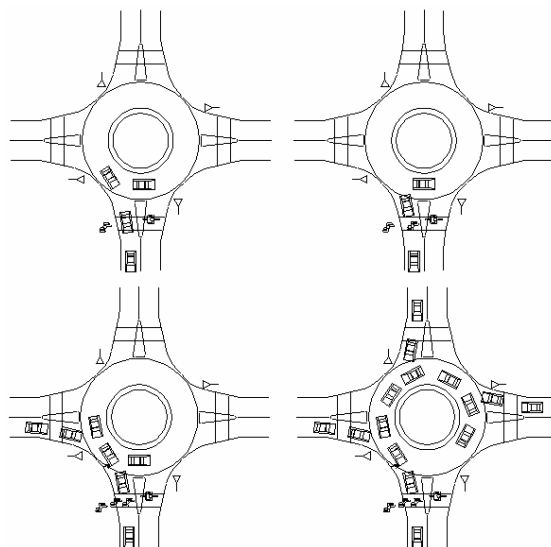
Slika 5.8 Ovirani tokovi v krožnem križišču

V primeru, da je tok motornih vozil usmerjen proti vhodu, postane vprašljivo doseganje minimalne kapacitete.

V primeru, da je tok vozil usmerjen proti izhodu, prihaja do prekoračitve maksimalne kapacitete.

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

Trenutek nastanka popolne blokade (sl. 5.9) krožnega križišča je odvisen od porazdelitve tokov na preostalih vstopih.



Slika 5.9 Nastanek blokade krožnega križišča

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 zadostne 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.

V nadaljevanju sta podana načina izračuna zmanjšanja kapacitete uvoza v krožno križišče zaradi toka pešcev/kolesarjev.

5.7.2 Določanje vpliva pešcev po nemški metodi

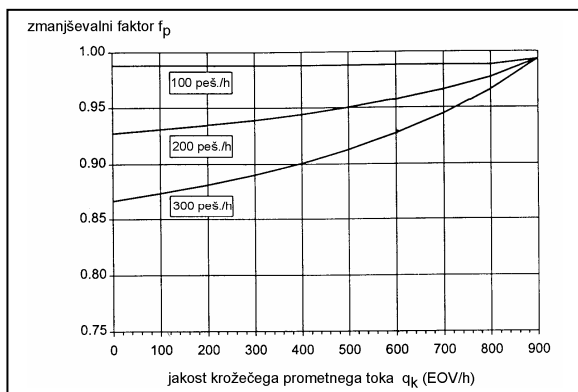
S pomočjo grafikona na sliki 5.10 določimo zmanjševalni faktor f_p , ki je odvisen od pričakovanega števila pešcev.

Vpliv na kapaciteto se določa za vsak posamezni uvoz ločeno.

Če jakost prometnega toka na krožnem vozišču presega 900 EO/h, prečni tok pešcev ne povzroča nikakršnih dodatnih negativnih vplivov na kapaciteto.

Ker se pogoji vožnje v Sloveniji razlikujejo od tistih v tujini, je potrebno zmanjšanje prepustnosti zaradi vpliva pešcev in kolesarjev preveriti tudi po metodologiji, ki je prikazana v

poglavju 5.7.3.

Slika 5.10 Zmanjševalni faktor f_p

5.7.3 Vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza v krožno križišče – ugotovitve slovenske raziskave

V nadaljevanju navedene ugotovitve so rezultat štetja prometa in opazovanja prometnih tokov v različno velikih slovenskih krožnih križiščih:

- **Na prepustnost uvoza bolj kot število pešcev in kolesarjev vpliva čas, ko prometni tok na uvozu ovirajo pešci in kolesarji**

Če smo s štetjem prometa ugotovili, da prehod za pešce prečka npr. 150 pešcev in 25 kolesarjev nam ta podatek pri ugotavljanju vpliva pešcev in kolesarjev na prepustnost uvoza v krožno križišče bistveno ne pomaga, saj ne vemo kakšna je struktura kolesarskega in peš prometa. Bistvena razlika je, če pešci in kolesarji prečkajo prehod za pešce posamično ali v skupinah. Več nam pove podatek, da je bil prehod za pešce zaseden 10 minut v eni uri. To za vozila na uvozu pomeni, da jim za nemoteno vključevanje v krožno križišče ostane le še 50 minut v eni uri, pri predpostavki, da so kolesarji in pešci edina ovira, ki jim onemogoča nemoteno vključevanje v krožno križišče.

- **Vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza z naraščanjem krožnega toka upada in se pri neki jakosti krožnega toka izniči**

Teoretično je največji vpliv pešcev in kolesarjev na prepustnost uvoza v krožno križišče opazen pri krožnem toku 0 EOV/h. Takrat vsak pešec ali kolesar, ki prečka uvoz v krožno križišče, zmanjšuje prepustnost uvoza. Ob naraščanju krožnega toka se za vozila na uvozu pojavi dodatna motnja, ki skupaj s pešci in kolesarji ovira vozila na uvozu. Z nadaljnjim naraščanjem

krožnega toka se pri določeni jakosti krožnega toka vpliv pešcev in kolesarjev na prepustnost uvoza v krožno križišče izniči. Od te točke naprej samo še vozila v krožnem toku predstavljajo oviro, ki vpliva na prepustnost uvoza v krožno križišče.

- **Kljub večji jakosti kolesarskega in peš prometa se vpliv le tega na prepustnost uvoza v krožno križišče izniči pri velikih jakostih krožnega toka**

Na podlagi štetja prometa ni bilo mogoče natančno ugotoviti, pri kateri jakosti krožnega toka se vpliv pešcev in kolesarjev na prepustnost uvoza izniči.

Velja pa naslednje: Če prehod za pešce v eni uri prečka na primer 100 pešcev, se njihov vpliv izniči pri manjši jakosti krožnega toka, kot če prehod za pešce prečka v eni uri 200 pešcev.

Pešci, ki prečkajo prehod v trenutku, ko je v krožnem toku vozilo, ki ovira vozila na uvozu, dodatno ne zmanjšujejo prepustnosti uvoza v krožno križišče.

Pri takem krožnem toku je med stotimi pešci v eni uri manj takih, ki dodatno ovirajo promet, kot pa med dvestotimi pešci v eni uri.

Zato se pri 100 pešcih na uro njihov vpliv na prepustnost uvoza izniči pri manjši jakosti krožnega toka kot pri 200 pešcih.

- **Pri enaki jakosti kolesarskega in peš prometa se njun vpliv na prepustnost uvoza v krožno križišče razlikuje glede na krožna križišča z enim, dvema ali s tremi prometnimi pasovi v krožnem toku**

Iz štetja prometa in opazovanja prometnih tokov je bilo razvidno, da če na primer prečka prehod 100 pešcev na uro, le-to različno vpliva na prepustnost uvoza v krožno križišče z enim, dvema ali s tremi prometnimi pasovi v krožnem vozišču toku, in sicer pri enaki jakosti krožnega toka v vseh treh tipih krožnih križišč.

V nadaljevanju je na grafih prikazano, kako pešci in kolesarji poleg krožnega toka še dodatno zmanjšujejo prepustnost uvoza v krožno križišče. Prikazano je, kako 50, 100 in 150 pešcev na uro poleg krožnega toka dodatno zmanjšuje prepustnost uvoza v krožno križišče.

Na grafu pomeni 50 pešcev na uro čas, ki ga 50 pešcev potrebuje za prečkanje uvoza v krožno križišče.

Ti pešci prečkajo uvoz v krožno križišče naključno in vsak posebej.

Povprečni čas, ki ga potrebuje en pešec, da prečka uvoz v krožno križišče, dobimo tako, da na obstoječem krožnem križišču izmerimo čas, ki ga potrebuje za prečkanje uvoza več pešcev in nato ta čas delimo s številom pešcev.

Ta čas je seveda odvisen tudi od širine uvoza v krožno križišče, ki ga pešci prečkajo. Čas, ki ga potrebuje 50, 100 ali več pešcev na uro je večkratnik tega povprečnega časa.

Če torej en pešec potrebuje 5 sekund, da prečka uvoz v krožno križišče, potem 50 pešcev potrebuje 250 s.

Če skupina 15-ih pešcev, ki od trenutka, ko prvi pešec iz skupine stopi na prehod za pešce, do trenutka ko zadnji pešec iz skupine prečka prehod, potrebuje za to na primer 10 sekund, potem ta skupina teh 15-ih pešcev na grafu predstavlja dva pešca.

Ti pešci so ovirali promet na uvozu le 10 sekund, to je toliko, kot bi ga ovirala dva pešca, ki bi prečkala uvoz v krožno križišče posamezno.

Število pešcev, ki v eni uri prečka prehod dobimo tako, da izmerimo skupni čas v eni uri, ko je bil prehod zaseden s pešci in kolesarji in ga delimo s povprečnim časom, ki ga potrebuje en pešec, da prečka uvoz v krožno križišče.

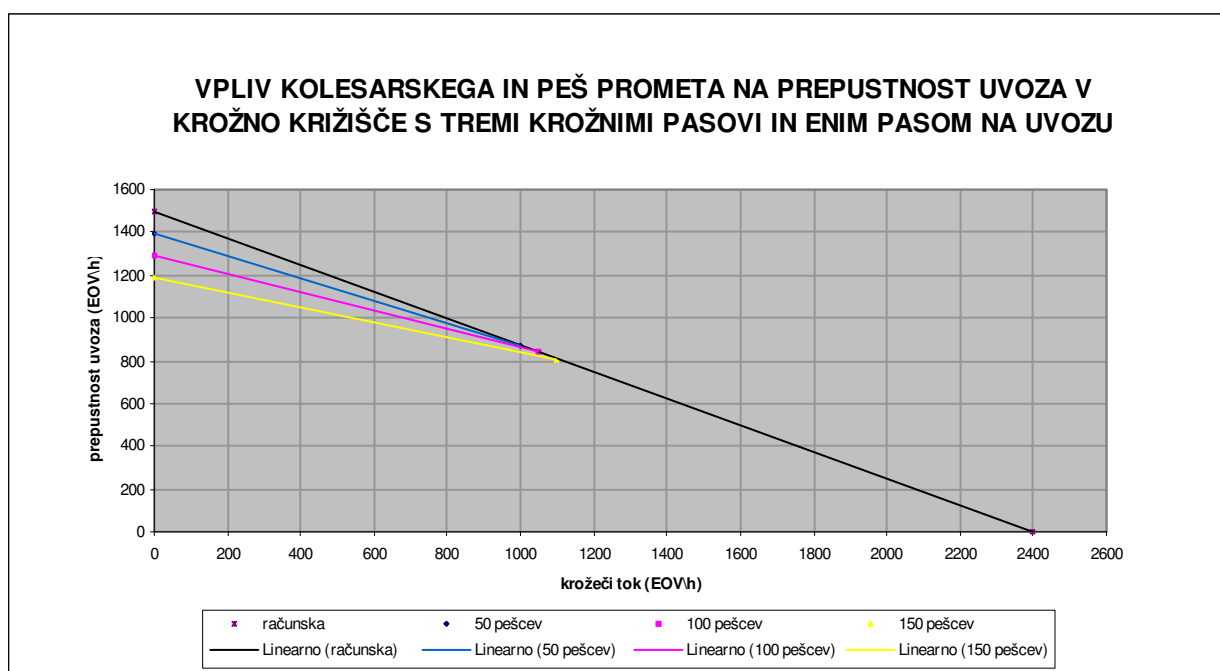
Na sliki 5.11 je prikazan vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza v krožno križišče za križišča z enim pasom na uvozu in tremi pasovi v krožečem toku.

„Računska“ premica predstavlja prepustnost uvoza v krožno križišče v odvisnosti od krožečega toka. Premica „50 pešcev“ predstavlja prepustnost uvoza v krožno križišče v odvisnosti od krožečega toka in ob predpostavki, da bo v eni uri uvoz v krožno križišče prečkalo 50 pešcev.

Podobna odvisnost je prikazana s premicama „100 pešcev“ in „150 pešcev“.

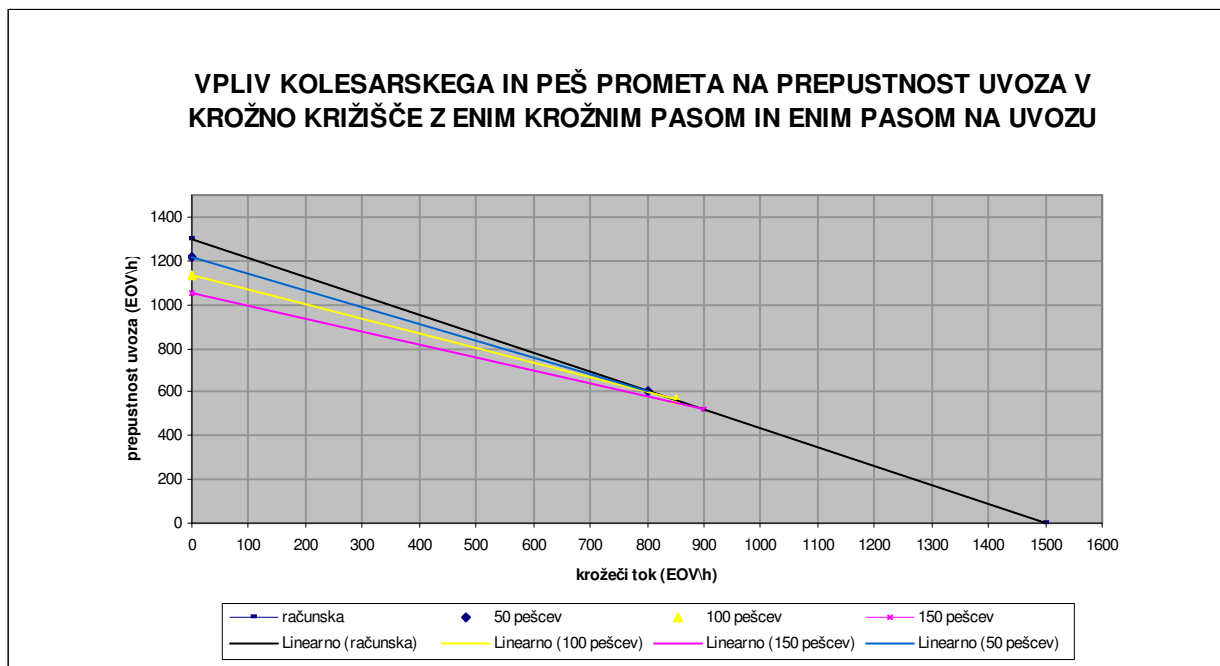
Na sliki 5.12 je prikazan vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza v krožno križišče za križišča z enim pasom na uvozu in enim pasom v krožečem toku. „Računska“ premica predstavlja prepustnost uvoza v krožno križišče v odvisnosti od krožečega toka.

Premica „50 pešcev“ predstavlja prepustnost uvoza v krožno križišče v odvisnosti od krožečega toka in ob predpostavki, da bo v eni uri uvoz v krožno križišče prečkalo 50 pešcev. Podobna odvisnost je prikazana s premicama „100 pešcev“ in „150 pešcev“.

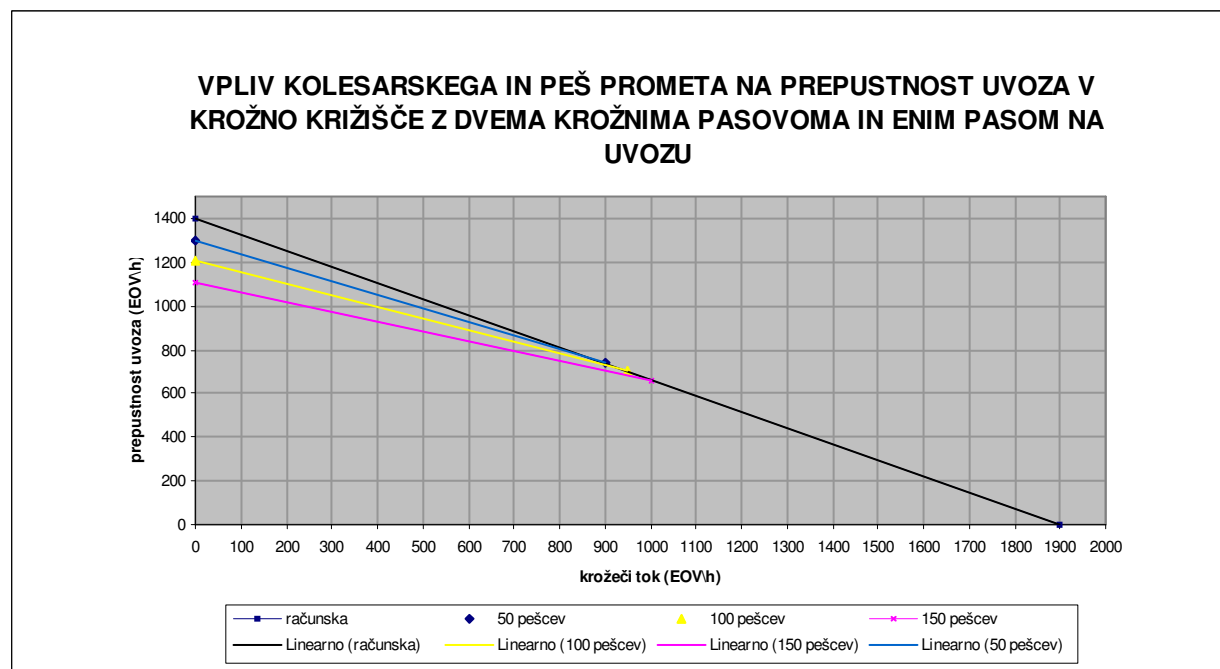


Slika 5.11 Vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza v krožno križišče za križišča z enim pasom na uvozu in tremi pasovi v krožečem toku

Na sliki 5.13 je prikazan vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza v krožno križišče z dvema krožnima pasovoma in enim pasom na uvozu. Princip izračuna je enak kot pri krožnih križiščih z enim krožnim pasom in pri krožnih križiščih s tremi krožnimi pasovi.



Slika 5.12 Vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza v krožno križišče za križišča z enim pasom na uvozu in enim pasom v krožečem toku.



Slika 5.13 Vpliv kolesarskega in peš prometa na prepustnost uvoza v krožno križišče z dvema krožnima pasovoma in enim pasom na uvozu

5.7.4 Vpliv kolesarjev na krožnem vozišču po nizozemski metodi

V primeru, da se kolesarski promet vodi po krožnem vozišču (vzporedno vodenje kolesarskega prometa), se vpliv toka kolesarjev lahko določi po nizozemski metodi na naslednji način:

$$C_{\text{uvoza}} = (1440 - l_{\text{krožni}} - 0.5 * l_{\text{izvoz}}) * (1 - l_{\text{koles}} / 800)$$

kjer je:

C_{uvoza}	kapaciteta uvoza [EOV/h]
$l_{\text{krožni}}$	jakost prometnega toka v krožnem toku [EOV/h]
l_{izvoz}	jakost prometnega toka na izvozu iz krožnega križišča [EOV/h]
l_{koles}	jakost prometnega toka kolesarjev [kolesarjev/h]

6. DOLOČITEV PROJEKTNO-TEHNIČNIH ELEMENTOV KROŽNEGA KRIŽIŠČA

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

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

Tabela 6.1 Meje in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov

element	simbol	enota	meje dimenzije	priporočene dimenzije
širina uvoza	e	m	3.6 - 16.5	4.0 - 15.0
širina voznega pasu	v	m	2.75 - 12.5	3.0 - 7.3
dolžina razširitve	l'	m	12 - 100	30.0 - 50.0
premer	D	m	27 - 172.0	27 - 100.0
vpadni kot	ϕ	$^\circ$	0.0 - 77.0	10 - 60
uvozni radij	R	m	6.0 - 100	8.0 - 45.0
širina krož. pasu	u	m	4.5 - 25	5.4 - 16.2
ostrina razširitve	S	/	0 - 2.9	0 - 2.9

Vrednosti v tabeli 6.1 so dobljene izkustveno, zato je treba vsako odstopanje od teh okvirov dobro pretehtati, saj bi lahko imelo neugodne posledice predvsem na varnosti križišča. Prav tako tabela 6.1 ne vsebuje vrednosti za mini krožna križišča.

Pri geometrijskem optimiranju krožnega križišča

je potrebno opazovati vpliv posameznih sprememb na prepustnost uvozov in varnost.

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

Za končni izračun dejanske prepustnosti pa so bolj primerne švicarska, nemška ali avstralska metoda (za zahtevnejša krožna križišča).

6.1 Izbira zunanega premera D in širine krožnega pasu u

Na izbiro zunanega premera vpliva predvsem lokacija bodočega krožnega križišča. V stanovanjskih naseljih ima krožno križišče predvsem nalogo umirjati promet pri zadostni prepustnosti, medtem ko je na magistralnih cestah njegova glavna naloga zagotavljanje prepustnosti pri zadostni varnosti udeležencev v prometu (tabela 6.2).

Tabela 6.2 Delitev po velikosti in lokaciji

tip krožnega križišča	zunani premer [m]	okvirna kapaciteta [voz./dan]
mini urbano	14 - 25	10.000
majhno urbano	22 - 35	15.000
srednje veliko urbano	30 - 40	20.000
srednje veliko (enopasovno) izvenurbano	35 - 45	22.000
srednje veliko (dvopasovno) izvenurbano	40 - 70	-
veliko izvenurbano	> 70	-

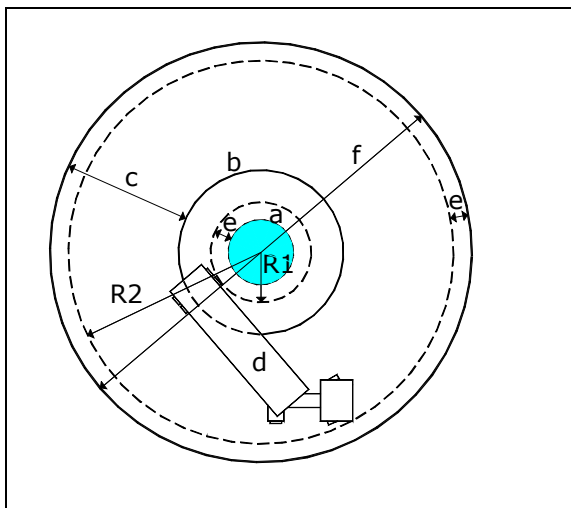
Opomba: Okvirne kapacitete so le aproksimativne vrednosti za štirikraka krožna križišča z enakomerno porazdelitvijo prometnih tokov. V tabeli podane vrednosti so torej le informativne, pri reševanju konkretnih primerov pa je potrebno vsako krožno križišče prometno preveriti glede na dejanske prometne tokove in uporabljene projektno – tehnične elemente.

Zunani premer D in širina krožnega voznega pasu u sta v medsebojni povezavi. Najprej je potrebno določiti število voznih pasov v krožnem toku. Iz prometno-varnostnih razlogov se priporočata le dva vozna pasova.

Priporočene vrednosti v tabeli 6.1 za širino krožnega pasu (5.4 - 16.2 m) pomenijo pri nižjih vrednostih en krožni pas, pri večjih vrednostih pa več pasov.

Za vsa krožna križišča je potrebna preveritev prevoznosti merodajnega vozila.

Za prevoznost merodajnega vozila sedlastega vlačilca skozi majhno in srednje veliko krožno križišče ($R_z=14-18m$) morajo biti glavni oblikovni elementi v določenem razmerju in določenih minimalnih velikosti (slika 6.1).



- a** sredinski otok
- b** sredinski otok+povozni del sredinskega otoka
- d** merodajno vozilo
- e** varovalna razdalja (znotraj katere ne sme biti fizičnih ovir) 1.0 m
- f** zunanji premer krožnega križišča

Premer sredinskega otoka [m]	R1 [m]	R2 [m]	Minimalni zunanji premer krožnega križišča [m]
6.0	4.0	13.4	28.8
8.0	5.0	13.9	29.8
10.0	6.0	14.4	30.8
12.0	7.0	15.0	32.0
14.0	8.0	15.6	33.2
16.0	9.0	16.3	34.6
18.0	10.0	17.0	36.0

Slika 6.1 Elementi prevoznosti

V primeru, da je merodajno vozilo tovornjak s prikolico, je v odvisnosti od velikosti krožnega križišča zahtevana uporaba naslednjih vrednosti ob določenih pogojih (tabela 6.2).

Tabela 6.2

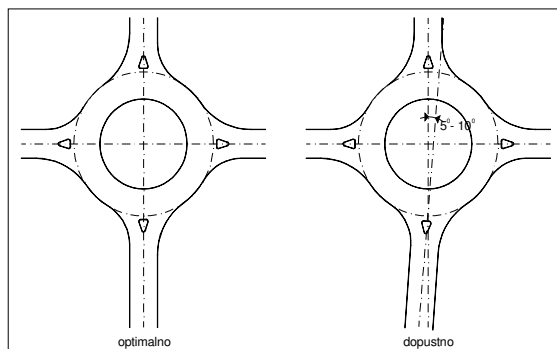
zunanji premer [m]		27 - 35	35 - 45
širina krožnega voznega pasu [m]		6.5 - 8.0	5.75 - 6.5
zahtevani pogoji	širina voznega pasu na uvozu [m]	3.25 - 3.5	3.5 - 4.0
	širina voznega pasu na izvozu [m]	3.5 - 3.75	3.5 - 4.25
	velikost uvoznega radija [m]	10 - 12	12 - 14
	velikost izvoznega radija [m]	12 - 14	14 - 16

Posebno pozornost je potrebno posvetiti manjšim krožnim križiščem skozi katera potekajo linije JPP. V takih primerih je smiselna uvedba posebnega pasu za JPP.

Hitrost vozil skozi krožno križišče lahko reguliramo tudi z drugimi parametri, kot je opisano v nadaljevanju.

6.2 Vodenje cest v križišče

Iz varnostnih razlogov vodimo ceste v križišče čim bolj pravokotno (slika 6.2), saj tangencialno vodenje povzroča prevelike hitrosti vozil pri



vstopu, težko vključevanje vozil v križišče in nalete od zadaj pri vstopu.

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

Slika 6.2 Optimalno in dopustno vodenje ceste v krožno križišče

6.3 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.

Slovenski predpisi določajo najmanjšo širino pasu 2.75 m, mejne in priporočene vrednosti pa so podane v tabeli 6.1.

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

Najbolj kritičen vozni manever v krožnem križišču je ravno vstop 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.

Večje priporočene širine uvoza e v tabeli 6.1 pomenijo večje število prometnih pasov.

6.5 Uvozni 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.

Tuje izkušnje kažejo, da optimalen vpadni kot znaša 30° .

6.6 Širina izvoza iz krožnega križišča

Ena glavnih predpostavk pri izračunu prepustnosti uvozov je ta, da se promet nemoteno izliva iz križišča.

Da bi to dosegli, mora biti izvoz dovolj širok. Priporočene in mejne vrednosti so navedene v tabeli 6.1.

6.7 Izvozni radij

Za izvozni radij velja podobno kot za širino izvoza. Izvozni radij naj zagotavlja primerno prepustnost in varnost izvozov pri izvozni hitrosti vozil. Izvozni radij naj bo večji ali enak uvoznemu, nikakor pa ne manjši od uvoznega.

6.8 Dimenzije ločilnih otokov

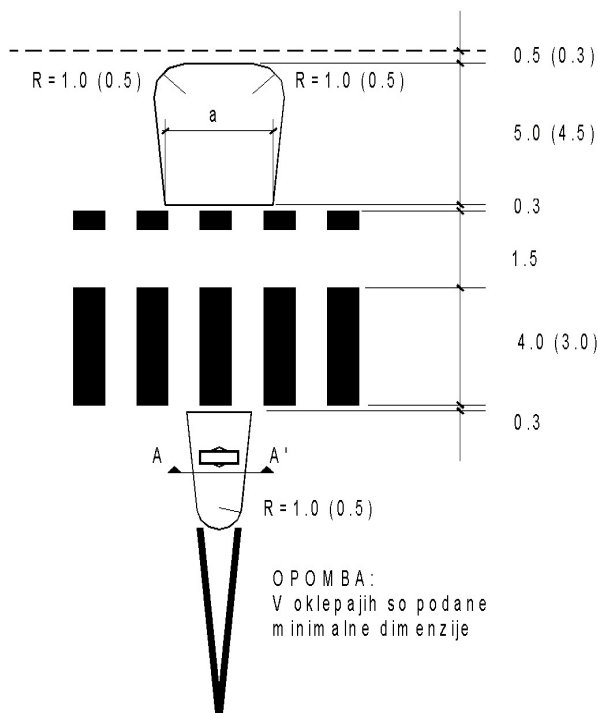
Pri velikih krožnih križiščih se priporoča uporaba ločilnih otokov trikotne, pri majhnih pa kapljaste oblike.

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).

Priporoča se, da je širina ločilnega otoka na širšem mestu, kjer ga seka kolesarska steza širine vsaj 2 m (dolžina moškega kolesa + varnostna razdalja), minimalna širina na mestu postavitve prometnih znakov obvezna vožnja mimo po desni strani (II-47) in znaka za označitev prometnega otoka (VI-8) pa vsaj 1.0 m (sl. 6.3).

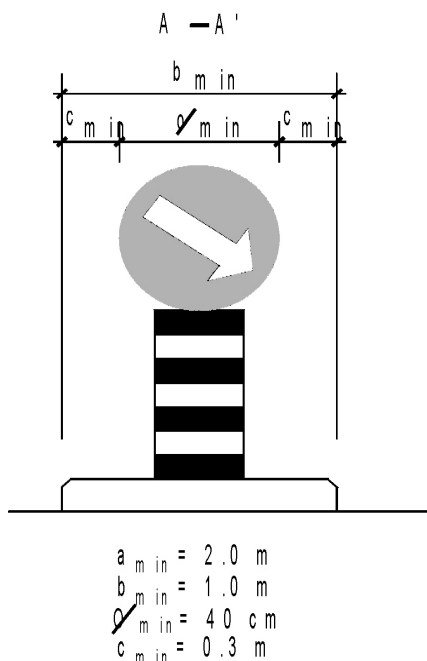
Priporoča se, da je širina ločilnega otoka na širšem mestu, kjer ga seka prehod za pešce širine vsaj 2 m (dolžina otroškega vozička in osebe, ki ga vozi + varnostna razdalja), minimalna širina na mestu postavitve prometnih znakov obvezna vožnja mimo po desni strani (II-47) in znaka za označitev prometnega otoka (VI-8) pa vsaj 1.0 m (sl. 6.4).



Slika 6.3 Minimalne dimenzije ločilnega otoka

Vsa presečišča linij se zaokrožijo vsaj z radijem 0.5 m.

V krožnih križiščih, v katerih so kolesarji vodeni po krožnem voznom pasu (vzporedno vodenje), je lahko širina ločilnega otoka, na širšem delu, tudi ožja od 2.0 m.



Slika 6.4 Minimalne dimenzije ločilnega otoka

Enako velja tudi za krožna križišča brez kolesarjev. V takih primerih se ločilni otok izvede iz drugih materialov in segmentne oblike.

7. HORIZONTALNO IN VIŠINSKO VODENJE KROŽNEGA KRIŽIŠČA

7.1 Horizontalno vodenje

Pod horizontalno vodenje je mišljeno vodenje ceste v širšem in ožjem pomenu.

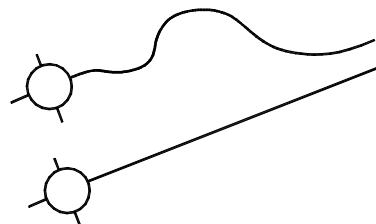
Vodenje v širšem pomenu predstavljajo elementi horizontalnega poteka ceste na daljšem odseku pred in po krožnem križišču. Vodenje v ožjem pomenu predstavljata zadnji element horizontalnega poteka ceste pred in prvi element horizontalnega poteka ceste po krožnem križišču.

7.1.1 Potek osi ceste na daljšem odseku

Z zmanjšanjem radijev zaporednih krožnih lokov pred krožnim križiščem dosežemo postopno zmanjšanje hitrosti pred krožnim križiščem, in s

tem preprečimo možnosti prepoznega zaznavanja krožnega križišča s strani voznikov in nalete 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 zazidave, vnaprej določen (slika 7.1). V takih primerih moramo javni razsvetljavi posvetiti posebno pozornost.



Slika 7.1 Potek osi na daljšem odseku pred krožnim križiščem

7.1.2 Potek osi ceste v območju krožnega križišča

Za zadnji element pred in prvi element neposredno po krožnem križišču velja, da je dobro, če je prema, ni pa to nujno. S premo je načeloma dosežena pravokotnost pri priključevanju kraka na krožno križišče, kar pa je ugodno s stališča prometne varnosti.

Prav tako je zaželeno, če se podaljški osi krakov krožnega križišča sekajo le v enem presečišču. Najugodnejše je, če je to presečišče 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.

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

7.2 Višinsko vodenje

Pri oblikovanju krožnih križišč je posebno pozornost potrebno posvetiti tudi višinskemu oblikovanju oz. vzdolžnim nagibom križajočih se cest, elementom vertikalnih zaokrožitev in prečnim nagibom krožnega voznega pasu.

Mejne vrednosti naštetih elementov določamo na osnovi upoštevanja pravil vozne dinamike, psihofizičnih in prometno-psiholoških zakonitosti

in predvsem konstrukcijskih možnosti in zahtev. Med slednje sodita predvsem zahteve vozne dinamike in učinkovito odvodnjavanje območja krožnega križišča.

Splošna načela vodenja tras križajočih se cest v narisu so:

Ceste, ki se priključujejo v krožno križišče ne smemo skozi krožno križišče voditi tako, da bi tvorili greben, ki bi zmanjševal preglednost na uvozu v krožno križišče. Lom priključnih nivelet naj bo $\leq 4\%$, v nasprotnem primeru je potrebno 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 še tudi kolesarji in pešci, pa zunanji rob hodnika za pešce) mora lažati v eni ravnini.

Nedopustno je, da je ta ravnina prelomljena preko sredinskega otoka.

Maksimalni nagib omenjene ravnine je izjemoma lahko 2.5% , pri čemer je posebno pozornost treba posvetiti odvodnjavanju (minimalen nagib vozišča v takem primeru znaša 0.5%).

7.2.1 Pogoji nivelet priključkov

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 potrebno zmanjšati na vrednost $s = 3\%$.

Polmer vertikalne zaokrožitve, s katerim zaokrožimo novonastali lom izberemo tako, da le-ta večji ali vsaj enak $r_{\min}$ in da ta ne pade v območje vertikalne zaokrožitve priključka v krožno križišče.

Minimalni vzdolžni nagib nivelet priključkov v krožno križišče določajo naprave za odvodnjavanje. Tudi v območju krožnega križišča bi naj nivelete priključnih cest ne imele vzdolžnega nagiba robu ceste manjšega od 0.5% , čeprav so možne tudi horizontalne nivelete. Le-te pa zahtevajo obrobjanje vozišča s perforiranimi (vtočnimi) robniki.

7.2.2 Pogoj vertikalnih zaokrožitev priključka v krožno križišče

V kolikor so priključni kraki krožnega križišča v vzponu ali padcu, je potrebno zagotoviti plato neposredno pred uvozom z vzdolžnim naklonom maksimalno $\pm 3.5\%$.

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

Vzdolžni nagib na platoju na oddaljenosti 6 m (oz. 12 m) ne sme presegati $\pm 3.5\%$. V kolikor 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.

7.2.2 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.

Obstajata dva prečna nagiba krožnega vozišča:

- prečni nagib navzven (negativen) in
- prečni nagib navznoter (pozitiven).

Prečni nagib krožnega vozišča navzven

To je najpogostejši način višinskega vodenja krožnega križišča (slika 7.3). S tem načinom najlažje dosežemo ustrezno odvodnjavanje, neproblematičen pa je tudi prehod med priključnimi pasovi in krožnim pasom. Prečni nagib naj ne bi presegal -2.5% .

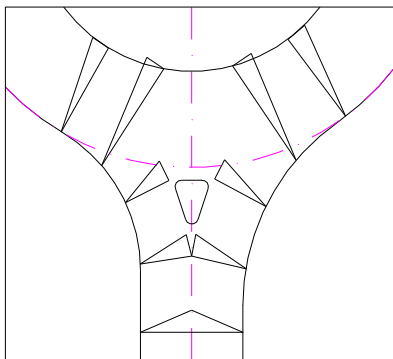
Kombinacija prečnega nagiba navzven in geometrijskih elementov, ki omogočajo prevelike hitrosti, pa lahko privede do nevarnega krožnega križišča.

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.

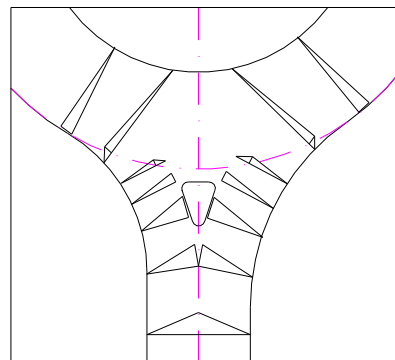
Poleg tega pa vožnja skozi krivino pri negativnem prečnem nagibu neugodno vpliva

na počutje voznika in potnikov v vozilu (delovanje prečne sile v nasprotni smeri od pričakovane).

Pri rekonstrukcijah klasičnih križišč v majhna in srednje velika krožna križišča je tak način višinskega vodenja navadno cenejši za izvedbo, saj načeloma lahko obdržimo način odvodnjavanja prejšnjega križišča.



Slika 7.3 Prečni nagib navzven



Slika 7.4 Prečni nagib navznoter

Prečni nagib krožnega vozišča navznoter

Prečni nagib navznoter (slika 7.4) je prometno tehnično gledano, 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.

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

Precej pozornosti je potrebno posvetiti tudi lokaciji cestnih odtokov. Kritična mesta za zastajanje vode (t.i. vodni žepi) so uvozi in izvozi ter notranji vozni pas v krožnem vozišču.

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

- nezveznost vijačenja priključkov,
- vodni žepi na uvozi in izvozi v križišče,
- zastajanje vode na notranjem krožnem voznem pasu.

Za formiranje zunanjega roba voznega pasu na uvozu in izvozu iz krožnega križišča je potrebno upoštevati splošna pravila za projektiranje cestne osi in robov.

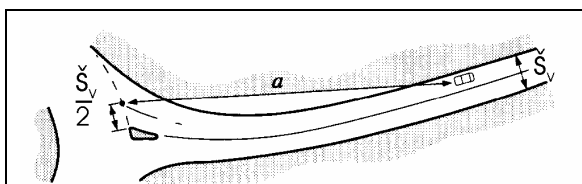
8. PREGLEDNOST

Glavni pravili, ki jima je s stališča preglednosti v krožnih križiščih potrebno 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 pa dosežemo z deniveliranjem sredinskega otoka.

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

Pregledne razdalje, ki jih uporabljamo pri krožnih križiščih, so podane v tabeli 8.1. Čelna preglednost na uvozu v krožno križišče je podana v tabeli 8.2. Meri se do ločilne črte, kot je prikazano na sliki 8.1.



LEGENDA:

- položaj vozila (sredina voznega pasu)
 a priporočena pregledna razdalja, potrebna za zaustavljanje, glede na načrtovano hitrost na uvozu

Slika 8.1 Čelna pregledna razdalja

Če ni zadoščeno pogoju zadostne pregledne razdalje, je potrebno voznike na to opozoriti z dodatnimi prometnimi znaki.

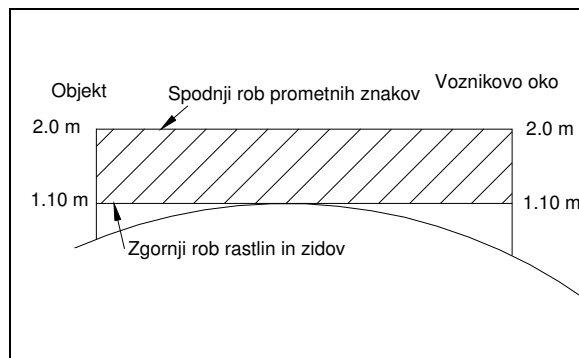
Tabela 8.1 Zaustavitvena pregledna razdalja

Zaustavitvena pregledna razdalja [m]		
V_R [km/h]	40	50*
priporočena	50	70
minimalna	40	50

* le pri velikih krožnih križiščih izven urbanega okolja ali na avtocestah

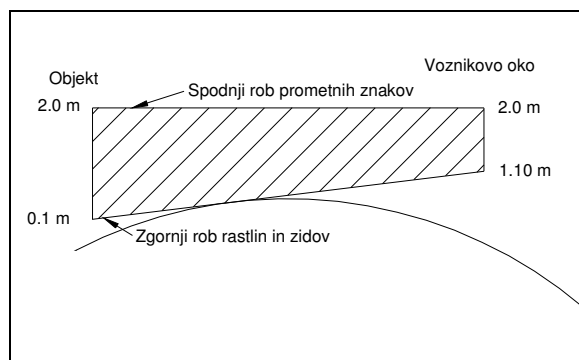
8.1 Višina očišča in ovire

Pregledno polje na uvozu v levo in čez središčni otok naj bo zagotovljeno kot na sliki 8.2. Preglednost naj bo zagotovljena od višine voznikovega očesa 1.1 m do višine ovire 1.1 m, pregledno polje pa naj sega do višine 2.0 m nad površino vozišča.



Slika 8.2 Preglednost na uvozu v levo

Preostala preglednost naj bo zagotovljena kot je prikazano na sliki 8.3. Preglednost naj bo od višine voznikovega očesa (med 1.1 m in 2.0 m) do višine ovire med 0.1 m in 2.0 m, merjeno od površine vozišča.



Slika 8.3 Preostala preglednost

Prometni znaki v tem območju naj ne bodo nameščeni nižje od 2.0 m, merjeno od površine vozišča do spodnjega roba znaka.

8.2 Preglednost v levo

Voznikom vseh vozil, ki se približujejo talni označbi, ki označuje rob krožnega vozišča, mora biti omogočen pregled nad celotno širino krožnega vozišča, od ločilne črte na njihovo levo stran in sicer na razdalji, ki je potrebna za ustavljanje, izmerjeni vzdolž osi krožnega vozišča (tabela 8.2).

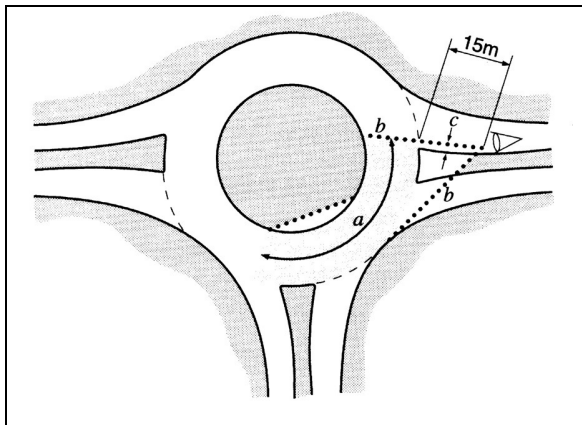
Tabela 8.2 Preglednost v levo

Premer krožnega križišča [m]	Pregledna razdalja [m]
< 40	-
40-60	40
60-100	50

Preglednost v levo se preverja iz sredine voznega pasu (v primeru, če sta dva uvozna

pasa pa z levega) na razdalji 15 metrov pred ločilno črto, kot je prikazano na sliki 8.4.

Vedno je potrebno preveriti, ali občestne konstrukcije in naprave, prometni znaki ali drugi trajni ali začasni objekti omejujejo preglednost.



LEGENDA:

- a pregledna razdalja v funkciji hitrosti v krožnem križišču, podana v tabeli 9.2
- b meja preglednega polja
- c polovična širina nerazširjenega voznega pasu

Slika 8.4 Preglednost v levo, potrebna pri uvozu v krožno križišče

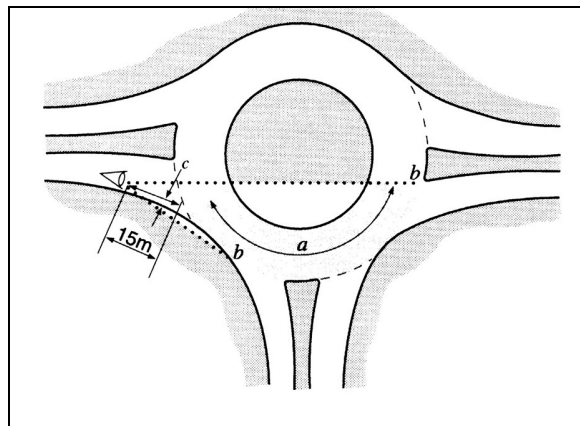
V nekaterih primerih (majhna krožna križišča brez vsebine v središčnem otoku) lahko prevelika čelna preglednost na uvozu ali preglednost med sosednjima uvozoma povzročita prevelike hitrosti vozil na uvozu v krožno križišče.

V takih primerih je smiselno omejiti prekomerno preglednost s selektivnim dodajanjem rastlinja v središčnem otoku.

8.3 Čelna preglednost pri uvozu

Voznikom vseh vozil, ki se približujejo ločilni črti, mora biti omogočen pregled nad celotno širino krožnega vozišča pred njimi, in sicer v dolžini, izmerjeni vzdolž središčnice krožnega vozišča, ki je primerna velikosti krožnega križišča, kot je prikazano v tabeli 8.1.

Preglednost naj bo preverjena s sredine desnega voznega pasu na razdalji 15 m pred ločilno črto, kot je prikazano na sliki 8.5.



LEGENDA:

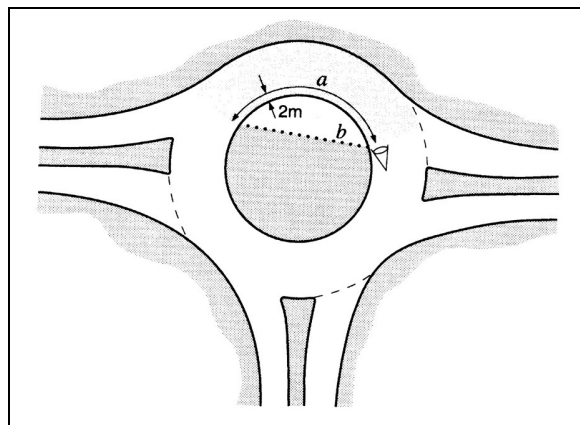
- a pregledna razdalja v funkciji hitrosti krožnega križišča, podana v tabeli 9.2
- b meja preglednega polja
- c polovična širina nerazširjenega voznega pasu

Slika 8.5 Čelna preglednost na uvozu v krožno križišče

8.4 Preglednost v krožnem vozišču

Voznikom v krožnem vozišču mora biti omogočena preglednost nad celotno širino krožnega vozišča pred njimi, na razdalji, ki je primerna velikosti krožnega križišča (tabela 8.2).

To preglednost je treba preveriti 2 metra navzven od roba središčnega otoka, kot je prikazano na sliki 8.6.



LEGENDA:

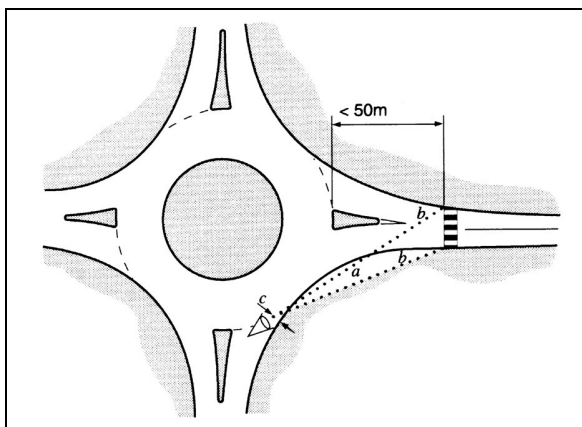
- a pregledna razdalja v funkciji hitrosti krožnega križišča, podana v tabeli 9.2
- b meja preglednega polja

Slika 8.6 Preglednost v krožnem vozišču

8.5 Preglednost do prehodov za pešce

Vozniki, ki se približujejo prehodu za pešce morajo, pri približevanju krožnemu križišču, imeti na voljo tolikšno preglednost do prehoda za pešce, da je omogočena varna zaustavitev pri hitrosti, ki je dovoljena na uvozu v krožno križišče (tabela 8.1).

V majhnih in srednje velikih krožnih križiščih naj bo voznikom, ki so neposredno za ločilno črto, omogočen pogled na celotno širino prehoda za pešce na naslednjem izvozu (če je prehod za pešce od krožnega križišča oddaljen do 50 metrov) (slika 8.7).



LEGENDA:

- a minimalno območje, preko katerega naj bo omogočena neovirana preglednost v primeru, da je prehod za pešce od krožnega križišča oddaljen do 50 metrov, gledano iz opazovalne točke
- b meja preglednega polja
- c polovična širina voznega pasu

Slika 8.7 Preglednost od uvoza do prehoda za pešce na naslednjem izvozu

8.6 Motnje preglednosti

Prometni znaki, gosta in visoka zasaditev, drevesa in drugi denivelirani elementi in objekti smejo biti znotraj preglednega polja le v primeru, da ne motijo preglednosti.

Drevesa, stebri javne razsvetljave, nadvozov ... so lahko v preglednem polju le v primeru, če v širino merijo maksimalno 55 cm.

Kjer je le možno, naj bodo hodniki za pešce izvedeni izven preglednih polj. Kjer to ni mogoče, naj bo poskrbljeno, da promet pešcev kar se da malo vpliva na poslabšanje pogojev preglednosti.

8.7 Preglednost pri deniveliranih krakih krožnega križišča

V primerih, ko je krožno križišče nad glavno prometno smerjo (sl. 4.4), je potrebno zadostiti pogoju preglednosti pri uvozu s klančine. Že v začetni fazi načrtovanja je potrebno preveriti preglednost na način, da se preveri ali bodo predvidene ograje nadvoza, zidovi ali prometni znaki in usmerjevalne table ovirale preglednost pri uvozu v krožno križišče.

Nezadostne pregledne razdalje na uvozih lahko povzročajo zastoje (zaviranja voznikov na uvozh) in zmanjšajo raven prometne varnosti. Pomembno je, da je ločilna črta voznikom v bližajočih se vozilih jasno vidna in da jo ne zakriva konveksna zaokrožitev.

9. PROMETNA OPREMA

9.1 Ločilni otoki – otoki za pešce

Uporaba deniveliranega ločilnega otoka na uvozu v krožno križišče je obvezna, razen pri mini krožnih križiščih, saj je izjemnega pomena za varno vodenje tako motornih vozil, kot pešcev in kolesarjev.

Tudi v mini krožnih križiščih naj se, če je le možno, s tipskimi deniveliranimi elementi fizično ločita uvoz in izvoz iz krožnega križišča.

Linije ločilnega otoka naj bodo prilagojene linijam uvoznega, izvoznega in krožnega pasu v krožnem križišču. Presečišča teh linij naj bodo zaokrožena z radijem velikosti vsaj 0.5 m.

9.2 Prehodi za pešce in kolesarje

Izvedba prehodov za pešce in kolesarje zagotavlja prometno varnost in udobnost pešcev in kolesarjev pri prečkanju krakov krožnega križišča.

Prehodi morajo biti izvedeni tako, da na sebe pritegnejo največje možno število pešcev (ki bi v nasprotnem primeru prečkali cesto naključno).

Pešcem mora biti omogočeno, da tekom prečkanja prehoda vidijo bližajoča se vozila.

Posebno pozornost pri preglednosti pešcev je treba posvetiti v krožnih križiščih, v katerih so locirana avtobusna postajališča. Avtobusi, ustavljeni na avtobusnih postajališčih, ne smejo ovirati preglednosti pešcev ali voznikov.

Prehodi za pešce naj bodo nameščeni nekoliko v stran od izvozov iz krožnega križišča (za dolžino enega do dveh osebnih vozil), kar pa rezultira s konfliktom med zahtevami pešcev in voznikov. Če je prehod za pešce predaleč od izvoza iz krožnega križišča, ga pešci ne bodo uporabljali. V takih primerih je potrebno fizično

(grmičevje, ograje ...) preprečevati nepravilna prečkanja krakov krožnega križišča. Če je prehod za pešce preblizu krožnega križišča, obstaja možnost nastanka kolon vozil na uvozu, ki utegne segati na krožno vozišče, kar pa ovira potekanje prometa v krožnem vozišču.

Vsak primer zahteva ločeno in temeljito obravnavo. Pri tem je potrebno upoštevati hitrost vozil, jakosti tokov pešcev/kolesarjev in vozil, velikost krožnega križišča in dolžino prehoda za pešce.

9.3 Povožni del središčnega otoka

Povožni del središčnega otoka je tisti del središčnega otoka, ki skupaj z krožnim voziščem omogoča vožnjo skozi krožno križišče dolgim vozilom v primerih, ko le-ta, zaradi majhne velikosti krožnega križišča ali širine krožnega vozišča, brez poveznega dela središčnega otoka ne bi bila možna.

Povožni del središčnega otoka se torej izvaja le pri majhnih in srednje velikih krožnih križiščih.

Pri mini krožnih križiščih izvedba poveznega dela središčnega otoka ni možna, pri velikih (večpasovnih) krožnih križiščih pa je nepotrebna.

Širina poveznega dela središčnega otoka običajno znaša od 1.0 do 2.0 m, odvisno od pokrite površine merodajnega vozila pri vožnji skozi krožno križišče (polni krog).

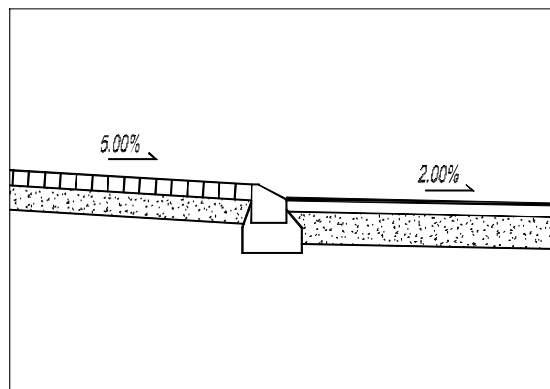
Povožni del središčnega otoka mora biti izveden na način in z materiali, da voznike kratkih vozil odvrača od uporabe oz. da se ga poslužujejo le tista vozila, ki brez uporabe le-tega ne morejo prevoziti krožnega križišča.

To dosežemo z dovolj velikim naklonom ploskve navzven (cca 5%) in hrapavo površino, npr. tlakovanje.

9.4 Barva in oblika robnikov

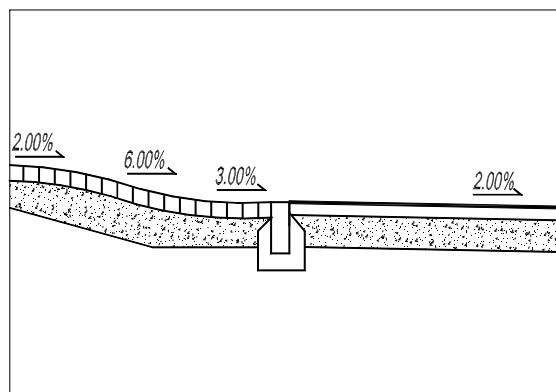
Robniki ločilnih otokov morajo biti dobro vidni. So belo ali belo - črno barvani.

Na notranji strani krožnega vozišča je obvezna uporaba robnikov z blažjim naklonom v primeru, ko po notranjem krožnem pasu sledi povežni del središčnega otoka (slika 9.1). Naklon tega robnika naj bo manjši ali enak 1.25:1, s čimer je preprečeno nastajanje poškodb pnevmatik dolgih vozil pri prevozu robnika. Priporočljiva denivelacija robnika je 2.0-3.0 cm



Slika 9.1 Robnik med krožnim voznim pasom in poveznim delom središčnega otoka

Pri zelo majhnih krožnih križiščih je, zaradi manjše obrabe pnevmatik priporočljiva izvedba zveznega prehoda med notranjim krožnim voznim pasom in poveznim (tlakovanim) delom središčnega otoka (slika 9.2).

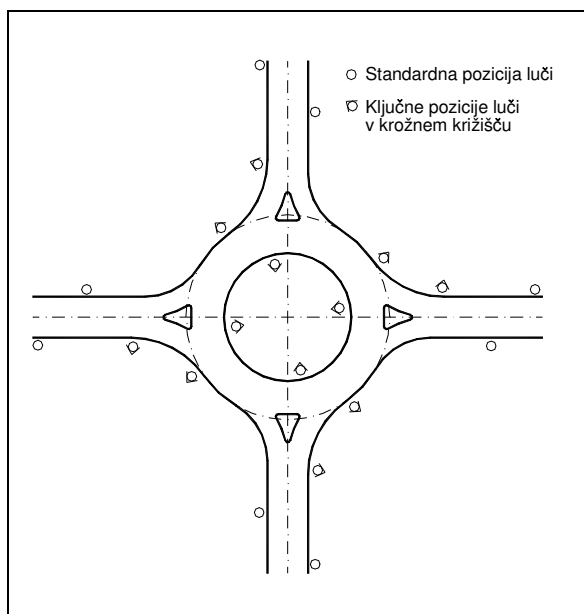


Slika 9.2 Zvezni prehod med notranjim krožnim voznim pasom in poveznim (tlakovanim) delom središčnega otoka.

9.5 Razsvetljava krožnega križišča

Zaradi zadoščanja pogojem prometne varnosti ponoči mora biti krožno križišče primerno razsvetljeno. Razsvetljeni morajo biti tako uvozi v krožno križišče kot središčni otok (slika 9.3).

Ločilni otoki so primerni za postavitev drogov svetilk le, če so dovolj veliki, in če ne zmanjšujejo preglednosti.



Slika 9.3 Priporočljiva postavitev svetilk v krožnem križišču

Stebri razsvetljave naj bodo postavljeni v krogu po obodu krožnega križišča. Razporeditev naj bo enakomerna, glede na medsebojno oddaljenost med posameznimi lučmi in razdaljo do središča otoka. Vsak priključek oziroma uvoz naj bo osvetljen že najmanj 60 metrov od krožnega križišča. Barva svetlobe in višina luči naj bo enotna na celotnem območju križišča, vendar ne nižja kot na priključkih. Osvetljenost krožnega križišča naj bo enaka osvetljenosti priključkov.

10. PROMETNA SIGNALIZACIJA

10.1 Vertikalna in talna signalizacija

V krožnih križiščih se postavljajo prometni znaki in prometna oprema, ki jo predpisuje Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah.

Vsako krožno križišče naj bo načeloma opremljeno najmanj z naslednjimi prometnimi znaki:

- obvezna smer desno (II-45.1) na nepovoznem delu sredinskega otoka, v podaljšku središčnice voznega pasu na uvozu,
- križišče s prednostno cesto (II-1) in krožni promet (II-48) na skupnem drogu v ustju vhoda v krožno križišče, neposredno pred prekinjeno široko prečno črto (V-10) ali (V-10.1),
- opozorilni trikotnik (V-39) označen na vozišču pred prekinjeno široko prečno črto,

- obvezna vožnja mimo po desni strani (II-47), in znak za označitev prometnega otoka (VI-8) na skupnem drogu na zunanjem delu ločilnega otoka (na vrhu otoka v smeri vožnje),
- znak za označitev prometnega otoka (VI-8.1) na notranjem delu ločilnega otoka (v srednje velikih in velikih krožnih križiščih).

V odvisnosti od namembnosti krožnega križišča (križišče ulic, lokalnih cest, državnih cest) mora biti krožno križišče opremljeno s prometnimi znaki za vodenje prometa in sicer:

1. na notranjem delu ločilnega otoka:
 - tabla za označevanje imena ulice,
 - kažipot (III-86) ali kažipotna tabla (III-87) in kažipot nad voziščem na portalu (III-90.1) za več kot dva prometna cilja,
2. na območju približevanja krožnem križišču:
 - omejitev hitrosti (II-30) na primerni oddaljenosti od krožnega križišča, na kateri je potrebno zagotoviti zmanjšanje hitrosti na cestah zunaj naselja,
 - križišče s krožnim prometom (I-30) izjemoma na cestah v naselju, kjer krožno križišče ni opremljeno z znakom predkrižiščna tabla (III-84),
 - predkrižiščna tabla (III-84) na primerni oddaljenosti pred krožnim križiščem,

Vsako krožno križišče naj bo načeloma opremljeno z naslednjimi označbami na vozišču:

- prekinjeno široko prečno črto (V-10 ali V-10.1), ki je praviloma označena pred preходом za pešce ali kolesarje, in ki lahko za preходом ponovljena, kateri je dodan opozorilni trikotnik (V-39),
- kratko prekinjeno črto (V-4) za označitev zunanjega roba krožnega križišča,
- ločilno prekinjeno črto (V-2) za razmejevanje prometnih pasov v krožnem toku;
- polje pred otokom za ločitev prometnih tokov (V-33),
- prehod za pešce (V-16) in prehod za kolesarje (V-17 in V-17.1), kadar so v krožnem križišču prisotni kolesarji in pešci,
- ločilno črto (V-1) pred ločilnim otokom na območju približevanja križišču predpisane debeline.

V posameznih primerih, kadar to zahtevajo prometno varnostni razlogi, morajo biti krožna križišča opremljena še tudi z varnostnimi ograjami in cestnimi smerniki.

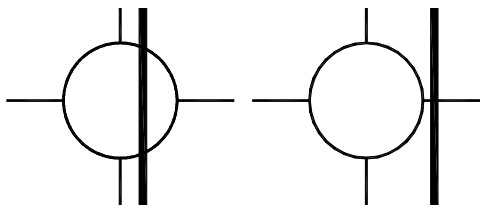
10.2 Semaforizacija krožnih križišč

Semaforizacija krožnih križišč se izvaja le izjemoma pri:

- obstoječih *preobremenjenih* krožnih križišč, ki jih ni možno rekonstruirati,
- *tirnem prometu, ki seka* krožno križišče,
- *povečanju prometne varnosti* zelo močnega toka pešcev in kolesarjev, če križanja ni možno rešiti izvennivojsko,
- pri *spremenjenih prometnih razmerah* v naseljih, ki so nastale po izvedbi krožnega križišča.

V preobremenjenih krožnih križiščih se s semaforizacijo kapaciteta sicer ne poveča, pač pa le omogoča "umetne" časovne praznine in poveča pretočnost. Z uvedbo semaforizacije se namreč prepreči, da bi se vsa vozila, ki se približujejo uvozu v krožno križišče, zaradi odvzema prednosti morala ustavljati.

V primeru, da tirni promet seka sredinski otok ali enega od krakov krožnega križišča (slika 10.1), je semaforizacija krožnega križišča ena od možnih rešitev (druga možna rešitev je deniveliranje krožnega križišča).



Slika 10.1 Tirni promet seka sredinski otok ali enega od krakov krožnega križišča

Povečanje prometne varnosti močnega toka pešcev in kolesarjev v velikih krožnih križiščih je možno izvesti na dva načina. Z izvennivojskim vodenjem kolesarskega in peš prometa in z uvedbo semaforizacije krožnega križišča.

Semaforizacija krožnega križišča je ena od možnih rešitev tudi v primeru spremenjenih prometnih razmer, do katerih lahko pride po izvedbi krožnega križišča. Zaradi spremenjenih prometnih razmer se v križišču lahko ustvari prevladujoča (glavna) prometna smer, s tem pa je eliminiran eden od glavnih kriterijev za uvedbo krožnega križišča (približno enaka jakost prometnega toka na glavni in stranski prometni smeri).

V takih primerih je možna izvedba semaforizacije, druge dve možnosti pa sta:

- uvedba pasu za vožnjo mimo krožnega križišča (če je glavna prometna smer desni zavijalec) ali pa
- denivelacija glavne prometne smeri (če je glavna prometna smer levi zavijalec ali vožnja naravnost),

obe rešitvi pa sta dražji od semaforizacije.

Semaforizacijo krožnih križišč je možno izvesti simultano ali progresivno.

11. DRUGA OPREMA

11.1 Krajinska ureditev

Pri oblikovanju okolja krožnega križišča je potrebno sodelovanje pristojnih strokovnjakov, zlasti krajinskih arhitektov, ki morajo ureditev okolice križišč vključiti v načrte krajinske arhitekture. Pri načrtovanju je prav tako potrebno upoštevati vzdrževanje. Kadar odgovornost za vzdrževanje prevzame tretja oseba, n.pr. lokalne organizacije za urejanje nasadov in zelenic, morajo biti standardi in pravila vzdrževanja predhodno dogovorjena. Če želi tretja oseba kakor koli spremeniti pogoje urejanja krajine na območju krožnega križišča (n.pr. zasaditev visokega rastlinja), lahko to stori le s predhodnim soglasjem pristojnih inštitucij. Zasaditev ne sme vplivati na zmanjšanje preglednosti ali prometne varnosti (bujne krošnje, češarki, plodovi, listje ...).

Ne glede na estetiko ima lahko urejanje krajine v območju krožnega križišča s stališča prometnega inženirstva tudi praktične prednosti. S prilagajanjem zemljišča (n.pr. zasaditev v središčnem otoku) je mogoče bolj jasno opozoriti bližajoča se vozila na približevanje krožnem križišču. Z zakrivanjem prometa na nasprotni strani krožnega križišča glede na mesto priključevanja, se lahko (brez omejevanja potrebne preglednosti) izognemo zmedi in zbeganosti, ki jo pri voznikih povzroča pregled nad odvijanjem prometa v celotnem krožnem križišču.

Zasaditev v središčnem otoku predstavlja dobro ozadje za prometne znake in usmerjevalne table na središčnem otoku, medtem ko vizualno usklajuje različne vertikalne značilnosti ter zmanjšuje videz nereda.

Z natančnim planiranjem lahko na območju, kjer je zahtevana preglednost (na zunanjem robu središčnega otoka), predvidimo zasaditev

nizkorastočih vrst, proti središču otoka pa vedno višje in gostejše vrste grmičevja in obrezanega drevja. Posebna zasaditev, ki je morda primernejša v urbanih območjih, zahteva običajno več truda in vlaganj.

Na podeželju je primerno pri zasaditvi upoštevati omejitve, ki jih narekujejo prvotne rastlinske vrste, ter okoliško krajino.

Na ravnih, odprtih travnatih območjih se oblikovanje prostora praviloma omejuje na oblikovanje zemljine. Možne zasaditve se preverja preko idejnih projektov v skladu z načrti krajinske arhitekture.

V splošnem je zasaditev središčnega otoka krožnih križišč, katerega premer je manj kot 10 m (vključno s povoznim delom središčnega otoka) z visokim rastlinjem neprimerna, saj zaradi potrebe po zagotovitvi preglednosti ostane na sredini otoka zelo majhna razpoložljiva površina za zasaditev.

Ozelenitev ločilnih otokov naj se izvaja le pri velikih ločilnih otokih in to na način, da se prvo zadosti pogojem izvedbe vertikalne signalizacije in preglednosti. Šele nato se izvaja ozelenitev in zasaditev (na preostalem razpoložljivem prostoru).

V urbanem okolju višina središčnega otoka ni predpisana in je prepuščena oblikovalcem. Na izvenurbanih cestnih odsekih, kjer so hitrosti večje, pa mora višina središčnega otoka voznika opozoriti, da se bliža krožnemu križišču, oziroma oviri na cesti. Središčni otok mora biti oblikovan (ozelenjen) tako, da ponoči onemogoča bleščanje nasproti vozečih vozil in da istočasno zagotavlja predpisano preglednost sosednjih uvozov.

11.2 Fontane, spomeniki in drugi objekti v središčnem otoku

V središčnem otoku je možno postavljanje fontan, spomenikov, skulptur in drugih objektov, vendar samo pod pogojem, da ni omejena preglednost in vidljivost prometne signalizacije.

Pri izvedbi takih objektov pa je treba paziti, da nista prikrajšana pogoja preglednosti in vidljivosti prometne signalizacije.

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

OZNAČBE, KRATICE IN SIMBOLI

Q_C	krožeči prometni tok pred posameznim uvozom (EOV/h)
Q_E	prometni tok na posameznem uvozu (EOV/h)
F, f_C	faktorja odvisna od geometrije
e	širina uvoza (m)
v	širina prometnega pasu pred uvozom (m)
l'	dolžina razširitve (m)
D	zunanj premer krožnega križišča (m)
R	uvozni radij (m)
F	vpadni kot ($^\circ$)
L	zmogljivost uvoza [EOV/h]
M_K	prometna obremenitev v krožnem vozišču (v področju konfliktne točke y) [EOV/h]
M_A	prometna obremenitev izvoza [EOV/h]
a	faktor geometrije uvoza
b	faktor števila voznih pasov v krogu
C	faktor števila voznih pasov na uvozu
FB	širina krožnega vozišča
φ	polovični središčni kot med konfliktima točkama
T	dolžina ločilnega otoka [m]
W	širina ločilnega otoka [m]
Z	širina dovoza [m]
α	polovični ostri kot ločilnega otoka [$^\circ$]
A	stopnja obremenjenosti uvozov [%]
M_E	prometna obremenitev uvoza
L	zmogljivost dovoza

Ljubljana, februar 2002

Šifra:
Datum: 2.7.2007

Direkcija Republike Slovenije za ceste izdaja na podlagi 19. člena Zakona o javnih cestah zaradi zagotovitve prometne varnosti in pretočnosti v dvo in več pasovnih krožnih križiščih z eno ali dvopasovnimi uvozi in izvozi naslednja

ZAČASNA NAVODILA

s katerimi se spreminjajo nekateri minimalni tehnični elementi obravnavanih krožnih križišč.

Pri načrtovanju obravnavanih vrst krožnih križišč je potrebno ne glede na določila veljavne tehnične specifikacije upoštevati naslednje zahteve:

1. Minimalni premer dvopasovnih krožnih križišč z enopasovnimi uvozi in izvozi mora biti 50 metrov.
2. Minimalni premer dvopasovnih krožnih križišč z dvopasovnimi uvozi in izvozi mora biti 70 metrov.
3. V primeru, da se na uvozu v dvopasovno krožno križišče dodatni uvozni pas prične neposredno pred krožnim križiščem, mora biti njegova dolžina najmanj 25 metrov (meri se samo del pasu s polno širino).
4. V primeru, da se na izvozu iz krožnega križišča, drugi prometni pas zaključuje neposredno za križiščem, mora biti njegova dolžina najmanj 60 metrov (upoštevata se le del pasu polne širine, merjeno od konca prehoda za pešce ali kolesarje, oz. v primeru da teh ni od zunanjega roba krožnega vozišča).
5. Preko večpasovnih uvozov in izvozov v krožnem križišču, je potrebno v skladu z določili 7. člena Zakona o varnosti cestnega prometa (Uradni list RS št. 133/2006 (ZVCP-1-UPB4), prehajanje pešcev urediti izven nivojsko.
6. Na uvozih v krožna križišča je potrebno zagotoviti zadostne širine $e > 5.50$ in dolžine razširitev $l > 20$ m in s tem zagotoviti zadovoljivo udobnost vozil na uvozu.
7. Radiji na uvozih v krožna križišča so lahko tudi večji od navedenih v specifikacijah, vendar mora biti zagotovljena zadostna ukrivljenost vožnje skozi krožno križišče.
8. Otok na uvozu mora biti oblikovan tako da vozila usmerja na krožni pas ne pa v krožni otok, vendar priključni kot Φ naj ne bo manjši od 30° .

Za zagotavljanje učinkovitega vodenja prometa v območju krožnega križišča in smiselno odvijanje prometa v krožnem križišču pa je potrebno še v primerih dvopasovnih krožnih križišč z dvopasovnimi uvozi in izvozi:

1. Predvideti poleg prometnih znakov III/84 postavljenih na razdalji 150 do 250 metrov pred krožnim križiščem, predvideti pred uvozom v krožno križišče tudi znake III/91 za vodenje prometa po prometnih pasovih v odvisnosti od dostponosti ciljev glede na prometne pasove.

2. Na izvozi iz krožnega križišča, na katerih sta urejena dva prometna pasova je potrebno:
- povezati ločilno črto v krožnem križišču z ločilno črto na dvopasovnem izvoznem kraku z neprekinjeno ločilno črto,
 - na prometnih pasovih krožnega križišča označiti pred izvozom dovoljene smeri vožnje s puščicami za označitev smeri vožnje (na zunanjem pasu V-19.1 – desno, na notranjem pasu pa V-20.1 – naravnost in desno).

Določila tehnične specifikacije glede ostalih elementov krožnih križišč ostanejo nespremenjena.

Ta začasna navodila veljajo do sprejetja dopolnitev tehnične specifikacije TSC 03.341 : 2002 KROŽNA KRIŽIŠČA.

OBRAZLOŽITEV:

DDC Svetovanje inženiring d.o.o. je kot konzultant za področje prometne varnosti in tehničnega urejanja prometa predlagal, da se prične postopek dopolnitve TSC 03.341 : 2002 KROŽNA KRIŽIŠČA, do sprejetja dopolnjene tehnične specifikacije pa zgoraj navedeni predlogi uporabljajo kot obvezni pri gradnji krožnih križišč na državnih cestah.

Konec leta 2002 je bilo v Sloveniji 42 krožnih križišč (od tega le 4 dvopasovni). Danes je zgrajenih preko 100 krožnih križišč, od tega 23 dvo in tropasovnih.

Povečano število krožnih križišč tega tipa je v praksi pokazalo njihove pomanjkljivosti, kljub temu, da so zgrajena v skladu z veljavno tehnično specifikacijo TSC 03.341 : 2002 KROŽNA KRIŽIŠČA. Tehnična specifikacija namreč v poglavju 4.1 delitev krožnih križišč glede na lokacijo in velikost določa, da se lahko srednje velika (dvopasovna) izvenurbana krožna križišča gradijo z zunanjim premerom med 40 metrov in 70 metrov. V praksi pa se je pokazalo, da krožna križišča minimalnih elementov ne zagotavljajo varnega in tekočega odvijanja prometa. Na to so opozorili tudi predstavniki policije.

Vili Žavrlan, univ.dipl.inž.grad.
Direktor

