

PRIVITAK B

PRORAČUN PROPUSNE MOĆI KRUŽNIH RASKRIŽJA

Propusna moć (kapacitet) kružnog raskrižja (C) kazuje koliko vozila prođe kružno raskrižje u jedinici vremena bez obzira na duljinu čekanja.

Na propusnu moć kružnog raskrižja utječe:

- promet na svakom pojedinom ulazu u kružno raskrižje
- promet u samom kružnom raskrižju
- postojanje i intenzitet pješackog i biciklističkog prometa u području kružnog raskrižja
- vremenski uvjeti i ponašanje vozača.

Jakost prometa na ulazu i u kružnom raskrižju potrebno je utvrditi prije provedbe proračuna propusne moći. Jakost prometa se utvrđuje brojanjem prometa na postojećem raskrižju ili predviđanjem prometa za nova kružna raskrižja. Propusnu moć kružnog raskrižja je potrebno provjeriti za definirano (plansko) razdoblje za koje se planira raskrižje uzevši u obzir faktor rasta prometa kao i druge utjecaje koji mogu utjecati na povećanje jakosti prometa na raskrižju (planirana izgradnja i dr.).

Na propusnu moć kružnog raskrižja značajno utječe prisustvo pješaka i biciklista te je potrebno bilježiti i njihova kretanja (smjerovi, količine) u zoni raskrižja.

B.1. BROJANJE PROMETA

Za analizu propusne moći kružnog raskrižja potrebni su podaci o postojećim prometnim opterećenjima (vršna satna opterećenja). Oblik i vrsta podataka ovisi o metodi ili računalnom programu koji se koristi za proračun razine uslužnosti.

Uobičajeno potrebni podaci su količina vozila na svakom od priključaka i za svaki smjer (broj vozila koji se kreću ravno, lijevo i desno).

Brojenje prometa na postojećim raskrižjima je potrebno provesti „prosječnog“ radnog dana (uobičajeno to nije ponedjeljak niti petak i trebali bi biti prosječni vremenski uvjeti, bez padalina) kontinuirano 16 sati. Iz takvih je podataka moguće definirati jutarnji vršni sat (JVS) i popodnevi vršni sat (PVS). Provjeru je potrebno provesti za sva utvrđena vršna opterećenja. Brojanje se vrši u intervalima od 15 minuta kako bi se definirao faktor vršnog sata (PHF – peak hour factor). Kod definiranja mjerodavnog satnog opterećenja potrebno je u obzir uzimati uobičajene faktore ekvivalencije koje pretvaraju vozila u PAJ-eve (putničke auto jedinice).

$$q_{mjer} = q_{sat} / PHF$$

$$PHF = q_{sat} / 4 * q_{15}^{max}$$

$$Q_{sat} = \sum q_i * E_i$$

gdje je:

q_{mjer} : mjerodavno prometno opterećenje koje se koristi pri proračunu propusne moći kružnog raskrižja (PAJ/h)

q_{sat} : utvrđeno vršno prometno opterećenje prema strukturi prometnog toka (PAJ/h)

q_{15}^{max} : utvrđeno (izbrojano) maksimalno 15-minutno prometno opterećenje u vršnom satu prema strukturi prometnog toka (PAJ/15minuta)

q_i : utvrđena prometna opterećenja prema strukturi vozila (osobna vozila, TV, autobusi...)

Ei: korektivni faktori s obzirom na vrstu vozila za proračun PAJ-eva

Korektivne faktore treba usvojiti s obzirom na lokaciju i prevladavajuće uvjete u zoni raskrižja.

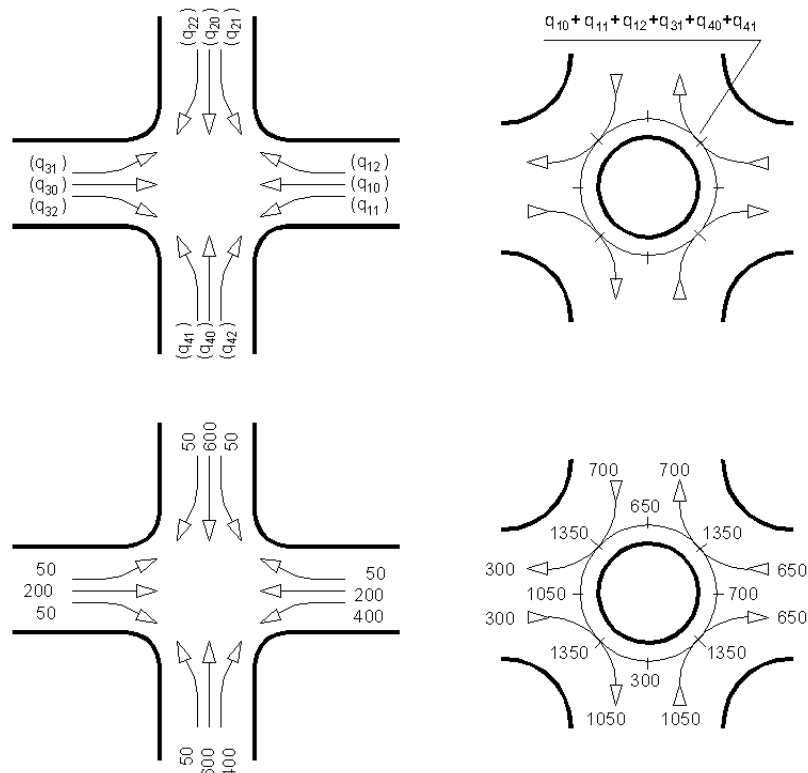
Postotak povećanja prometa određuje se kao prosjek prometa posljednjih najmanje 5 godina. Ukoliko nema podataka o povećanju prometa iz proteklih godina, koriste se podaci za prosječno povećanje prometa za cijelo područje. Uobičajeno se za rekonstrukcije proračunava očekivano prometno opterećenje u 10-godišnjem periodu, a za nova rješenja u 20-godišnjem periodu.

Brojanje prometa na standardnim raskrižjima za potrebe rekonstrukcije istih u kružna raskrižja

U slučaju rekonstrukcije postojećeg raskrižja u kružno raskrižje potrebno je proračun propusne moći obaviti za dva ili više vršnih prometnih opterećenja (najmanje za jutarnje i popodnevno vršno opterećenje). I u tom slučaju potrebno je kod rezultata brojenja prometa uzeti u obzir predviđeno prosječno povećanje prometa do kraja planiranog razdoblja.

Brojanje na standardnom četverokrakom raskrižju je potrebno povesti na način da se tijekom 16 sati broji promet u svim smjerovima kretanja te bilježi struktura vozila.

Na slici B.1 je prikazan primjer pretvaranja tipičnoga prometnog opterećenja na standardnom četverokrakom raskrižju u istovjetno prometno opterećenje kružnog raskrižja.



Slika B.1: Način pretvaranja prometnog opterećenja na klasičnom četverokrakom raskrižju u prometno opterećenje jednotračnog kružnog raskrižja

Brojanje prometa na kružnim raskrižjima

Brojanje prometa na kružnim raskrižjima provodi se u svrhu moguće rekonstrukcije istih u neki drugi tip kružnog raskrižja u odnosu na postojeće (u pravilu jednostručno kružno raskrižje).

Brojanje prometa u kružnom raskrižju je složeno jer treba pratiti kretanje vozila kroz kružno raskrižje kako bi se utvrdilo na kojem kraku vozilo izlazi.

Ukoliko za brojanje prometa u kružnom raskrižju nemamo na raspolaganju elektronsku i/ili video opremu moguće je brojanje izvesti i ručno. Jedan od načina za koji ne treba uključiti puno brojača prometa na raskrižju je tzv. „indirektno“ brojanje prometa na svakom kraku je potrebno brojiti 3 vrste korisnika raskrižja i iz ovih podataka izračunamo broj vozila koja se kreću u pojedinom smjeru (ravno, desno ili lijevo). Ukupno je potrebno uključiti 4 brojača prometa.

Potrebno je brojiti:

- vozila u kružnom toku (Q_c)
- vozila na ulazu u kružni tok koja voze „ravno“ ili skreću „lijevo“
- vozila na ulazu u kružni tok koja izlaze na najbližem izlazu.

Na osnovu ovih podataka je moguće prometne pokazatelje u obliku izvorišno-odredišne matrice izračunati na osnovu nekoliko jednostavnih jednažbi:

$$\begin{aligned} \text{Zapadni privoz (ulaz):} \quad & V_{Z,L} = V_{V,kr} - V_{J,uv} \\ & V_{Z,R} = V_{Z,uv} - V_{Z,L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Južni privoz (ulaz):} \quad & V_{J,L} = V_{S,kr} - V_{V,uv} \\ & V_{J,R} = V_{J,uv} - V_{J,L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Istočni privoz (ulaz):} \quad & V_{V,L} = V_{Z,kr} - V_{S,uv} \\ & V_{V,R} = V_{V,uv} - V_{V,L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Južni privoz (ulaz):} \quad & V_{S,L} = V_{J,kr} - V_{Z,uv} \\ & V_{S,R} = V_{S,uv} - V_{S,L} \end{aligned}$$

Brojanje prometa i analiza podataka provedena na opisani način ne mogu biti potpuno precizni jer je gotovo nemoguće provesti brojanje prometa bez pogreške koja se onda generira i kroz analizu. Podaci prikupljeni i obrađeni na opisani način se mogu smatrati dovoljno tačnima ukoliko nam je potrebna generalna procjena prometa na nekom kružnom raskrižju tj. približno tačna slika prometnih tokova na nekom kružnom raskrižju. Za dobivanje tačnih podataka bi bilo potrebno brojanje provoditi tijekom cijelog tjedna ili, još bolje, tijekom dva tjedna.

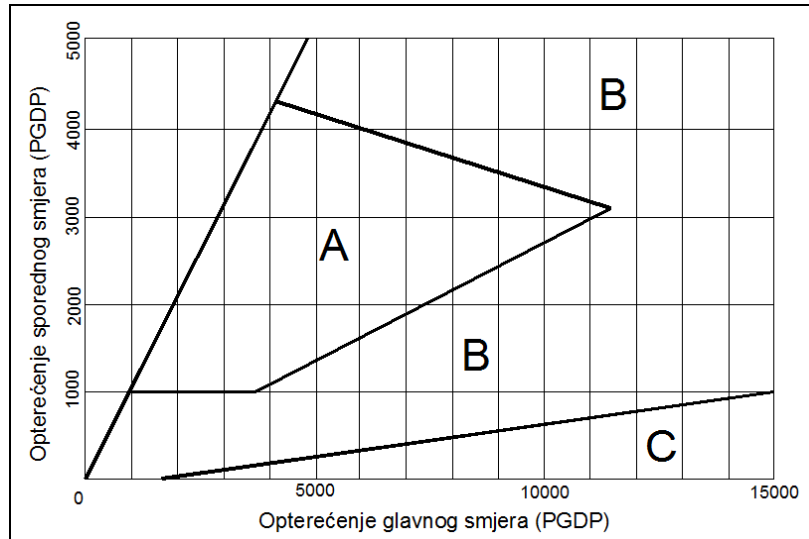
B. 2. METODE PRORAČUNA PROPUSNE MOĆI KRUŽNIH RASKRIŽJA

B. 2. 1. Metode temeljene na linearnoj regresiji

Austrijska metoda

Austrijska metoda može poslužiti za okvirnu provjeru propusne moći. Rezultati ove metode se mogu koristiti kao sugestija za procjenu opravdanosti izvedbe kružnog raskrižja na određenoj lokaciji i u određenim prometnim uvjetima (Slika B.2). Ukoliko se opterećenost

glavnog i sporednog smjera sijeku u području zone A, preporučljiva je izvedba kružnog raskrižja. Ukoliko se sijeku u području zone B potrebno je provjeriti primjerenost izvedbe ostalih raskrižja, a ukoliko se sijeku u području zone C preporučljiva je izvedba klasičnog raskrižja.



Slika B.2: Primjerenost izvedbe kružnog raskrižja

Propusna moć kružnog raskrižja ovisi o propusnoj moći ulaza u kružni tok, koji se određuje prema slijedećem izrazu:

$$L = 1500 - \left[\frac{8}{9} (b \cdot M_K + a \cdot M_A) \right] \quad [PAJ/h]$$

gdje je:

L – propusna moć ulaza [PAJ/h]

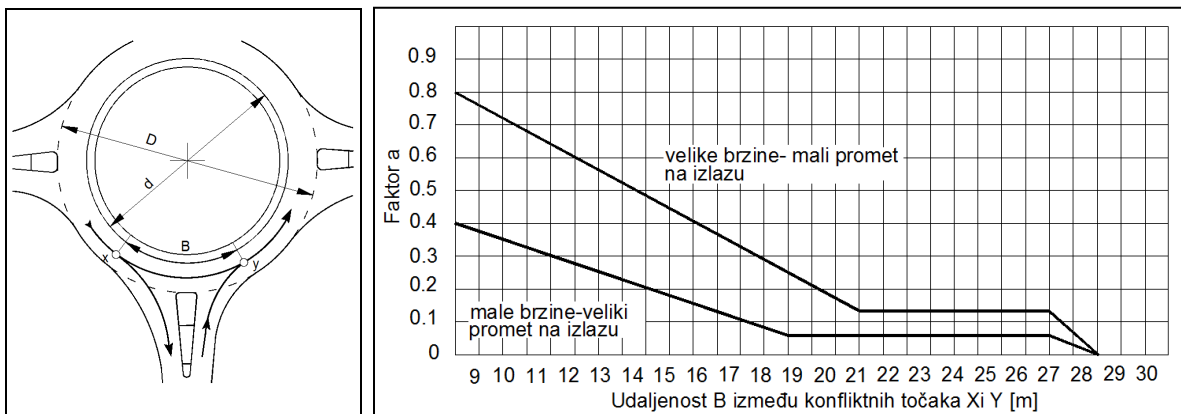
M_K – prometno opterećenje u kružnom toku, [PAJ/h]

M_A – prometno opterećenje izlaza, [PAJ/h]

a – koeficijent geometrije ulaza (određuje se prema Slici B.3)

b – koeficijent broja voznih traka u kružnom raskrižju.

Koeficijent a ovisi o udaljenosti B konfliktnih točaka uliva i izliva vozila (Slika B.3).



Slika B.3: Mjerodavna udaljenost B između konfliktnih točaka x i y potrebna za određivanje koeficijenta a

Udaljenost B računa se prema izrazu za slučaj jednotračnog ulaza u kružno raskrižje (Slika B.4):

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

gdje je:

- D - vanjski promjer kružnog raskrižja [m]
- FB - širina kružnog voznog traka [m]
- φ - polovica središnjeg kuta između konfliktnih točaka [°].

Središnji kut φ ovisi o geometrijskoj izvedbi raskrižja

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

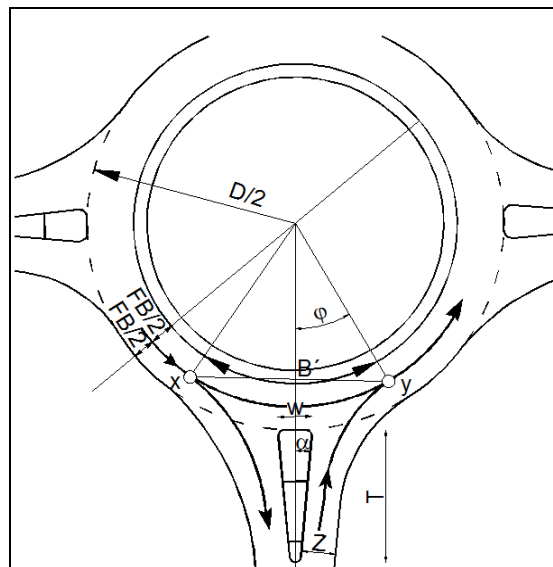
pri čemu je B'

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

gdje je:

- T - duljina razdjelnog otoka [m]
- W - širina razdjelnog otoka [m]
- Z - širina ulaza [m]
- α - polovica oštrog kuta razdjelnog otoka [°]

$$tg \alpha = \frac{W}{2T} \quad [rad]$$



Slika B.4: Geometrijski elementi potrebni za određivanje udaljenosti B između konfliktnih točaka

Koeficijent b izražava utjecaj broja voznih traka u kružnom kolniku (u zagradama su vrijednosti istog koeficijenta koje se koriste u Švicarskoj i Austriji):

- jednotračna b=0,90-1,00 (0,90-1,00)
- dvotračna b=0,80-0,84 (0,60-0,80).

Nakon određivanja propusne moći ulaza određuje se stupanj opterećenosti svakog ulaza prema izrazu:

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

gdje je:

- A - stupanj opterećenosti [%]
- M_E - prometno opterećenje ulaza [PAJ/h]
- L - propusna moć ulaza [PAJ/h]
- c - koeficijent broja prometnih traka na ulazu u raskrižje.

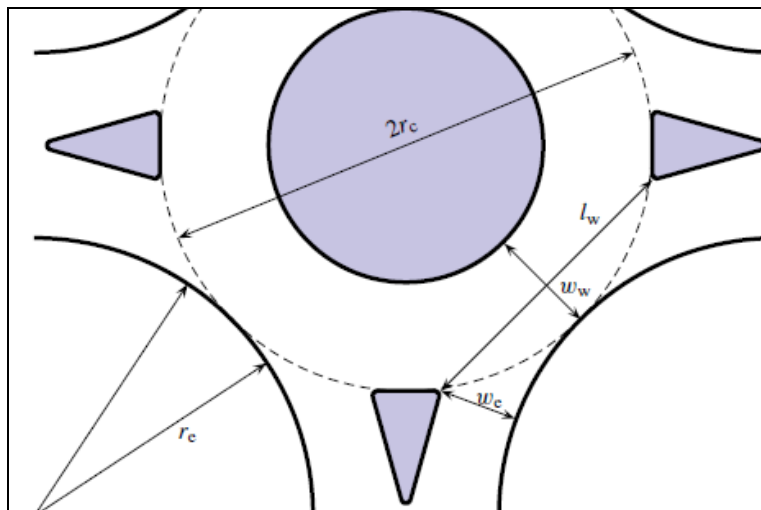
Koeficijent c ovisi o broju prometnih traka na ulazu (u zagradama su vrijednosti istog koeficijenta koje se koriste u Švicarskoj i Austriji):

- jednostručni ulaz $c=0,90-1,00$ (1,00)
- dvotračni ulaz $c=0,50-0,65$ (0,60-0,70).

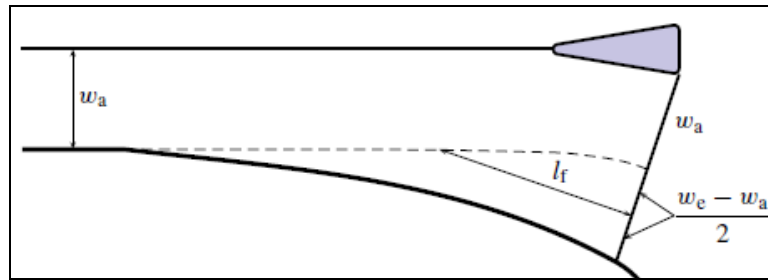
Stupanj opterećenosti ulaza ne smije prelaziti 90% maksimalnog satnog prometnog opterećenja.

Britanska linearna regresijska metoda

Kod ove metode, proračun kapaciteta kružnog raskrižja temelji se na odnosu između prometnog opterećenja ulaza i raznih geometrijskih parametara. Na primjer, kapacitet svakog privoza kružnom raskrižju linearno se smanjuje s povećanjem ulaznog kuta. Ostali geometrijski parametri koje ova metoda uzima u obzir su: širina ulaza, širina ulaznog traka pred kružnim raskrižjem, ulazni radijus i vanjski promjer. Razvijeni su i računalni programi za izračunavanje kapaciteta kružnog raskrižja koji se temelje na ovoj metodi.



Slika B.5: Geometrijski parametri potrebni za proračun prema britanskoj metodi .



Slika B.6: Geometrijski parametri ulaza u kružno raskrižje, potrebni za proračun prema britanskoj metodi

Kapacitet ulaza računa se prema geometrijskim parametrima prikazanim na Slikama B.5 i B.6, prema izrazu:

$$C_P = \begin{cases} a_1(a_2 - a_3q_M), & \text{ako je } a_3q_M \leq a_2 \\ 0, & \text{ako je } a_3q_M > a_2 \end{cases} \quad [\text{voz/h}]$$

gdje je:

$$a_1 = 1 - 0.00347(\phi_C - 30) - 0.978(r_C^{-1} - 0.05)$$

$$a_2 = 303a_4$$

$$a_3 = 0.210a_5$$

$$a_4 = w_a + \frac{w_e - w_a}{1 + 2a_6}$$

$$a_5 = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{(2r_C - 60)/10}}$$

$$a_6 = \frac{w_e - w_a}{l_f}$$

gdje je:

- q_M - prometno opterećenje na kružnom toku [voz/h],
- ϕ_C - ulazni kut [°],
- r_C - vanjski polumjer kružnog raskrižja [m],
- w_a - širina voznog traka [m],
- w_e - proširenje voznog traka na ulazu [m],
- l_f - duljina proširenja ulaza [m].

B.2.2. Metode temeljene na graničnim vremenskim intervalima slijeda vozila

Australska metoda

Australske smjernice za oblikovanje kružnih raskrižja koje je izdao National Association of Road Authorities (NAASRA) za proračun kapaciteta koriste Australsku metodu koja se temelji upravo na graničnim vremenskim intervalima slijeda vozila.

Kod ove metode, kružno raskrižje se analizira kao niz uzastopnih trokrakih T-raskrižja na jednosmjernoj cesti, na kojoj je glavni prometni tok koji ima prednost, dok se sporedni tok, izborom prihvatljivih udaljenosti između vozila na glavnom prometnom smjeru, uključuje u glavni prometni tok.

Kapacitet kružnog raskrižja izračunava se primjenom kritične vremenske praznine između vozila. Pretpostavka je da mora postojati minimalni vremenski interval između dva vozila u prometnom opterećenju kružnog toka prije nego se vozilo sa privoza (sporednog smjera) uključi u tok. Što je veći taj vremenski interval, više od jednog vozila se može uključiti u kružni tok. Kapacitet se izračunava za svaki privoz zasebno kao funkcija prometnog opterećenja kružnog toka, kritičnog vremenskog intervala, te vremenskog interval između vozila koja se uključuju u kružno raskrižje ("follow-up vrijeme").

Temelj ove metode proizlazi iz spoznaje da 5 sekundi vremenske praznine između vozila kružnog toka nudi 85% mogućnosti iskorištenja privoza.

Metoda je dostupna i kroz razvijeni računalni program.

Kapacitet ulaza računa se prema:

$$q_{e,max} = \frac{q_t (1 - \Delta q_t) e^{-q_t(T-A)}}{1 - e^{-q_e T_0}} \quad [PAJ/h]$$

gdje je:

- q_t - prometno opterećenje u kružnom toku [PAJ/h]
- $q_{e,max}$ - kapacitet uliva [PAJ/h];
- T - kritična vremenska praznina između vozila [s];
- T_0 - vremenski interval između dva uzastopna vozila, koja iz kolone koja stoji ulaze u vremensku prazninu između vozila na glavnom prometnom smjeru (kružnom toku) [s];
- Δ - minimalni vremenski interval između uzastopnih vozila na sporednom smjeru (privozu kružnom toku) [s];

Metoda nudi dodatno i proračun zastoja kolone na privozu (sporednom smjeru) za što je potrebno odrediti prihvatljive vremenske praznine između vozila.

Propusnost pojedinih prometnih trakova C dobije se iz izraza:

$$C = \frac{3600(1-\theta)q_c e^{-\lambda(t_a-\tau)}}{e^{-\lambda t_f}} \quad [PAJ/h]$$

gdje je:

- C - propusnost pojedinog ulaznog traka [PAJ/h]
- θ - postotak vozila u kružnom toku koja voze u redu [%]
- q_c - prometno opterećenje u kružnom toku [PAJ/h]
- t_a - kritična vremenska praznina [s]
- t_f - vrijeme slijeđenja ("follow up") [s]
- τ - minimalno vrijeme slijeđenja u kružnom toku [s]

pri čemu je:

$$\lambda = \frac{(1-\theta)q_c}{1-\tau q_c} \quad [s]$$

Stupanj zasićenja dobije se iz odnosa ulaznog prometnog toka i propusne moći tog ulaza:

$$\chi = \frac{Q_m}{C}$$

gdje je:

- Q_m - ulazni prometni tok [PAJ/h]
- C - propusnost ulaza [PAJ/h].

Preporuka metode je da stupanj zasićenja kružnog raskrižja na kraju planskog razdoblja ne premašuje 0,8 do 0,9.

Metoda po Ning Wu

Ning Wu 1997.godine razvija formula za koju je karakteristično da uzima u obzir broj prometnih traka na ulazu u kružno raskrižje te u kružnom kolniku.

Kapacitet ulaza računa se prema izrazu :

$$q_{u,max} = \left[1 - \frac{\tau \cdot q_k}{n_n} \right]^{n_k} \cdot \frac{n_u}{t_{sl.}} \cdot \exp[-q_k \cdot (t_0 - \tau)] \quad [\text{voz/h}]$$

gdje je:

- $q_{u,max}$ - kapacitet ulaza u kružno raskrižje [voz/h]
- q_k - intezitet vozila u kružnom kolniku [voz/h]
- n_u - broj prometnih trakova na ulazu
- n_k - broj prometnih trakova u kružnom kolniku,

$$t_0 = t_g - \frac{t_{sl.}}{2} \quad [s]$$

- t_g - granična vremenska praznina u slijedu vozila [s]
- $t_{sl.}$ - vremenska praznina između vozila u slijedu [s]
- τ - minimalna vremenska praznina između vozila u kružnom toku [s].

Analiza metode po Ning Wu i metode temeljene na linearnoj regresiji u slučaju jednotračnog kružnog toka s jednotračnim privozom dala je vrlo slične rezultate, dok se rezultati kod dvotračnih raskrižja rezultati razlikuju.

B.3. PRORAČUN VREMENA ČEKANJA

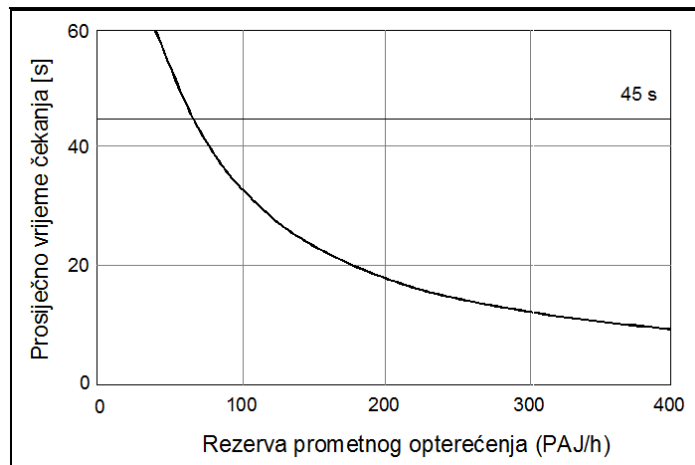
Vrijeme čekanja je bitan podatak za određivanje razine protočnosti kružnog raskrižja. Kako u kružnom raskrižju nema smjerova sa prednošću prolaza potrebno je vrijeme čekanja proračunati za svaki priključak. Opća formula za proračun vremena čekanja se definira kako slijedi:

$$D = 3600/C + 3600 * Q / C / C-Q$$

gdje je

- d – prosječno vrijeme čekanja u vršnom satu (sat)
- C – kapacitet prometne trake na ulazu (PAJ/h)
- Q – jakost prometa u vršnom satu (PAJ/h)

Procjena srednjeg vremena čekanja motornih vozila na ulazu u kružni tok se može jednostavno očitati iz grafikona na Slici B.7. koji se temelji na njemačkim istraživanjima.



Slika B.7. – Procjena srednjeg vremena čekanja (prema njemačkim izvorima)

Procjene srednjeg vremena čekanja duljih od 45 s se ne analiziraju. Vrijeme čekanja je moguće proračunati i pomoću nekih od kompjutorskih programa za proračun propusne moći kružnih raskrižja navedenih u Poglavlju B.4. (vidi Tablicu 1)

B.4. RAČUNALNI PROGRAMI ZA PRORAČUN PROPUSNE MOĆI KRUŽNIH RASKRIŽJA

U Europi i svijetu se koriste različiti kompjutorski programi za proračun kapaciteta kružnih raskrižja. Temelje se na ranije spomenutim analitičkim metodama, nude mogućnosti proračuna propusne moći i drugih pokazatelja vezanih za kružna raskrižja. Preporučljivim se mogu smatrati oni kompjutorski programi koji nude mogućnost prilagodbe parametara u samom programu lokalnim uvjetima.

U pravilu programski paketi omogućavaju proračun nekih (ili svih) od navedenih veličina: propusne moći, zakašnjenja, vremena čekanja (redova), potrošnje goriva, predikciju potencijalnog broja prometnih nesreća i dr. o čemu je pri nabavi istih potrebno voditi računa.

B.5. MIKROSIMULACIJSKI ALATI

Kružna raskrižja se mogu analizirati i uporabom mikrosimulacijskih modela i metoda. Prije provjere ovom vrstom metoda potrebno je sva kružna raskrižja na prometno složenijim lokacijama provjeriti nekom od opisanih analitičkih metoda provjere propusne moći kružnih raskrižja i/ili nekim od programskih rješenja koja se temelje na ovim metodama jer je za primjenu mikrosimulacijskih metoda potrebno unaprijed definirati tehničke i projektne elemente kružnih raskrižja. Mikrosimulacijske metode služe za provjeru usvojenih projektnih rješenja.

Nisu svi razvijeni mikrosimulacijski modeli primjereni za primjenu na kružnim raskrižjima, a modeliranje za potrebe analize mikrosimulacijskim modelima je vrlo složeno. Pogreška u modeliranju vrlo lako može dovesti do varljivih rezultata. Svi raspoloživi alati nisu posebno i/ili dovoljno prilagođena za analizu kružnih raskrižja jer ne uzimaju dovoljno u obzir geometrijske ili projektne elemente ove vrste raskrižja.

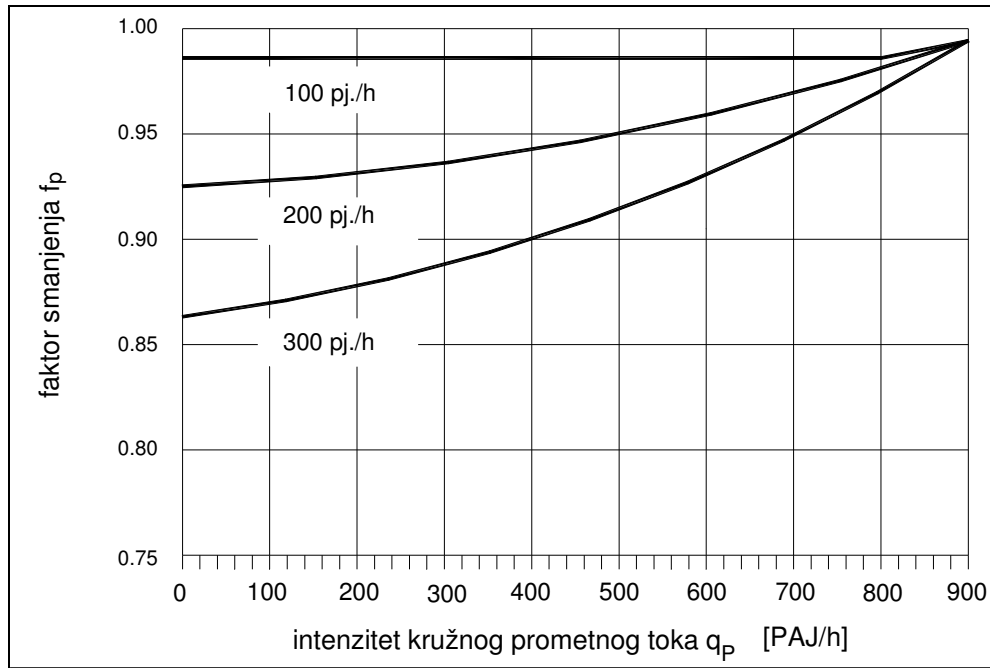
Prometne simulacije se sve više koriste za procjenu uvjeta odvijanja prometa na različitim prometnim mrežama. Njihova je prednost što kako inženjerima tako i nestručnoj javnosti omogućavaju vizualizaciju prometnih tokova. Simulacijske metode se mogu podijeliti na dvije glavne grupe: makroskopske i mikroskopske modele. Kod makroskopskih modela se kombinira vozilo i njegovo kretanje između grupa, prometni tok se tretira kao statistička veličina, a rezultati se prikazuju u formi prosječne vrijednosti u vremenu. U makroskopskim modelima je naglasak na poveznicama (linkovima), a raskrižja su prikazana vrlo pojednostavljeno. Ovi modeli su primjereni za dugoročno prometno planiranje.

Mikroskopskim modelom može biti sa realnim svojstvima (veličina, brzina, ubrzanje, usporenje i dr.) prikazano svako vozilo, pješak ili biciklist. Mikroskopski se modeli uobičajeno koriste za analizu prometnih tokova u kraćem planskom periodu. Kod ove vrste modela se kretanje vozila definira razmakom vozila, slijedom vozila, promjenama prometnih traka i drugim modelima i uobičajeno se proračunavaju za svako vozilo u određenom vremenskom interval.

B.6. ODREĐIVANJE UTJECAJA PJEŠAKA NA PROPUSNU MOĆ ULAZA PO NJEMAČKOJ METODI

Utjecaj toka pješaka na propusnu moć kružnog raskrižja određuje se za svaki ulaz u raskrižje posebno. Smatra se da količina do 200 pješaka/sat ne utječe značajno na propusnu moć kružnog raskrižja jer za prijelaz preko priključka koriste vrijeme čekanja automobila na ulazu u raskrižje. Utvrđeno je isto tako da ako je intenzitet prometnog toka u kružnom voznom traku veći od 900 PAJ/h, poprečni tok pješaka ne utječe na propusnu moć.

Grafikon na Slici B.8. prikazuje utjecaj pješaka prema njemačkim smjernicama. Koristi se koristi na način da se očita faktor smanjenja propusne moći ulaza (f_p) u ovisnosti o očekivanom broju pješaka i intenzitetu prometa u kružnom toku.



Slika B.8.: Faktor f_p za određivanje utjecaja pješaka na propusnu moć ulaza u kružno raskrižje

B.7. UTJECAJ BIKIKLISTA NA PROPUSNU MOĆ ULAZA U KRUŽNO RASKRIŽJE PREMA NIZOZEMSKOJ METODI

Ako je prijelaz za bicikliste izveden usporedno s pješačkim prijelazima, utjecaj biciklista na smanjenje propusne moći može se odrediti na jednak način kao utjecaj pješaka ili se za proračun može koristiti izraz prema nizozemskoj metodi:

$$C_{UL} = (1440 - I_{KR} - 0,5 \cdot I_{IZ}) \cdot (1 - I_{BIC} / 800) \text{ [PAJ/h]}$$

gdje je:

- C_{UL} - propusna moć ulaza (PAJ/h)
- I_{KR} - jakost prometnog toka u kružnom toku (PAJ/h)
- I_{IZ} - jakost prometnog toka na izlazu iz kružnog raskrižja (PAJ/h)
- I_{BIC} - jakost prometnog toka biciklista [biciklista/h]