

Modeliranje kapaciteta kružnih raskrižja u Osijeku

Ištoka Otković, Irena

Source / Izvornik: **Tehnički vjesnik, 2008, 15, 41 - 47**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:649921>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSIJEK
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Repository / Repozitorij:

[Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek](#)



MODELIRANJE KAPACITETA KRUŽNIH RASKRIŽJA U OSIJEKU

Irena Ištoka Otković

Pregledni članak

Za modeliranje kapaciteta kružnih raskrižja razvijen je veliki broj modela. U radu je prikazana kratka povijest razvoja modela koji su prošli verifikaciju kroz terenska ispitivanja, a detaljnije je prikazan model koji je odabran za modeliranje kapaciteta kružnih raskrižja u Osijeku. Rezultati modeliranja su prikazani, analizirani i uspoređeni s iskustvima drugih zemalja. Rezultati modeliranja kapaciteta za jednostručno kružno raskrižje su unutar očekivanih vrijednosti, ali za dvostučno nisu.

Ključne riječi: kružno raskrižje, modeliranje kapaciteta, prometna studija, grad Osijek

Capacity modelling of roundabouts in Osijek

Subject review

A great number of models have been made for roundabouts capacity modelling. The author has briefly presented the development history of models that passed verification through field tests. The model selected for capacity modelling of roundabouts in Osijek is more precisely described. Modelling results have been presented, analysed and compared with the experience gained in other countries. The results of capacity modelling for the single-line roundabout are within expected values, whereas for the double-line are not.

Key words: roundabouts, capacity modelling, traffic study, city of Osijek

1

Uvod

Introduction

Analiza odvijanja prometa na raskrižju podrazumijeva ocjenu kapaciteta i prilagodljivost promatranog prometnog rješenja potrebama različitih vidova prometa i različitih korisnika. Mjerljivi pokazatelji koji se razmatraju u kvalitativnoj ocjeni su rezerva kapaciteta, stupanj zasićenja, vremenski gubici i dužina reda vozila u raskrižju.

Kapacitet svakog, pa i kružnog, raskrižja definiran je [1] kao maksimalan broj vozila koji mogu proći raskrižje (repernu dionicu svakog prometnog pravca) u zadanom vremenskom periodu i u definiranim prometnim, vremenskim i drugim uvjetima. Rezerva kapaciteta je razlika između kapaciteta raskrižja i njegovog stvarnog prometnog opterećenja i izražava se brojem vozila. Stupanj zasićenja definiran je odnosom stvarnog opterećenja i kapaciteta raskrižja i izražava se u postocima. Vremenski gubici definiraju se kao ukupno vrijeme čekanja vozila u raskrižju uslijed prometnih i vremenskih uvjeta, prometne regulacije, geometrije raskrižja, preglednosti u raskrižju, usporjenja i ubrzanja vozila te drugih čimbenika. Dužina reda vozila je broj vozila u koloni na pristupnim prometnicama u zoni raskrižja.

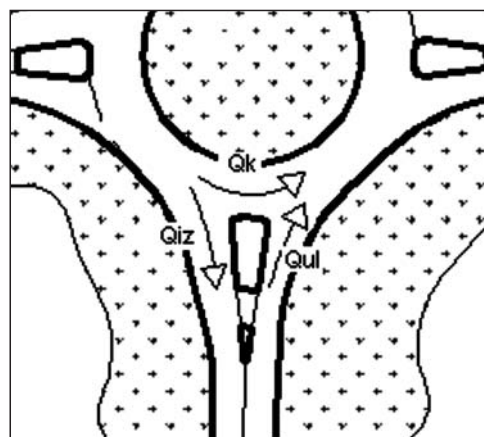
Kapacitet kružnog raskrižja u funkciji je kapaciteta ulivnih traka, kružnog dijela raskrižja i odlivnih traka. Uvjeti odvijanja prometa u funkciji su odnosa iznose stvarnih ulivnih (q_{ul}), kružnih (q_k) i izlivnih tokova (q_{iz}) (slika 1) te kapaciteta raskrižja.

2

Teorijske osnove modeliranja kapaciteta kružnih raskrižja

Theoretical basis for capacity modelling of roundabouts

Temeljem empirijskih regresijskih metoda razvijen je veliki broj modela za izračunavanje kapaciteta koji se



Slika 1 Veličine prometnog opterećenja na ulivu, izlivu i u kružnom toku
Figure 1 Traffic flow rates entry flow, exit flow and circulating flow

razvijaju i dorađuju u interakciji s podacima prikupljenim mjerenjima u realnim prometnim uvjetima. Razvojni tijek započinje linearnim regresijskim modelima baziranim na teorijskim postavkama koje je postavio Kimber (1980.). Stuwe (1992.) je razradio postupak kojim uvodi geometrijske parametre raskrižja u proračun, ali model daje diskutabilne rezultate, čak i unutar područja primjene [2]. Dobru korespondenciju s bazom izmjerenih podataka, koja je rađena dugogodišnjim monitoringom na kružnim raskrižjima u Njemačkoj, daje eksponencijalna linearna regresijska jednadžba modela koji su razvili Brilon, Bondzio (1996.).

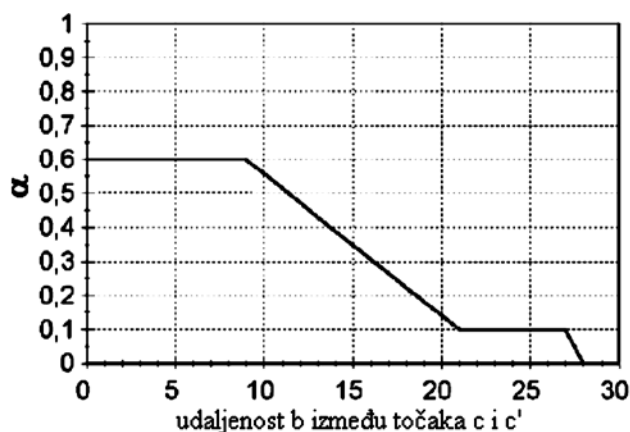
Drugi pravac razvoja su eksponencijalni regresijski modeli bazirani na graničnim vremenskim intervalima slijeda vozila koju razvijaju Trutbeck (1989.), Wu (1997.) i drugi. U Njemačkoj je napravljen računarski program Kreisel (verzije od 1 do 6) koji implementira različite modele za modeliranje kapaciteta razvijene u svijetu. Program Kreisel, naime, preporučuje model koji je razvio Wu, a za modeliranje vremenskih gubitaka preporučuje metodologiju razvijenu u modelu Kimber, Hollis (1979.).

$$\gamma_{iz} - \text{centralni kut izliva (rad)} = \arcsin \left[\frac{R_{iz} + B_{iz} + 0,5 \cdot B}{R_v + R_{iz}} \right]$$

$$\gamma_{ul} - \text{centralni kut uliva (rad)} = \arcsin \left[\frac{R_{ul} + B_{ul} + 0,5 \cdot B}{R_v + R_{ul}} \right]$$

Dijagram za određivanje faktora α u ovisnosti od veličine geometrijskog parametra b dan je na slici 4.

Kasnije je model doraden za višetračna kružna raskrižja i pristupne prometnice dodatnim koeficijentima β i γ koji uvode utjecaj većeg broja traka na kapacitet.



Slika 4 Dijagram za određivanje faktora α [2]
Figure 4 Diagram for the parameter α [2]

Kapacitet uliva je [2]:

$$q_{u,max} = \left(1500 - \frac{8}{9} \cdot q_b \right) \cdot \frac{1}{\gamma}, \text{ OVJ/h} \quad (3)$$

pri čemu je:

$$q_b = \beta \cdot q_k + \alpha \cdot q_i, \text{ OVJ/h}$$

Lako se može zaključiti da je formula (1) specijalni slučaj formule (3) kada su $\gamma = 1$ i $\beta = 1$. Vrijednosti koeficijenata γ i β prikazane su u Tablici 1. Usvojene vrijednosti parametara dobivene su regresivnom analizom i preporučene u literaturi [2].

Tablica 1 Koeficijenti γ i β [2]
Table 1 Parameters γ and β [2]

Pristup	γ	usvojeno γ	β	usvojeno β
jednotračni	0,9 - 1,0	1,0	0,9 - 1,1	1,0
dvotračni	0,6 - 0,7	0,66	0,6 - 0,8	0,66
trotračni	0,5 - 0,6	0,55	0,5 - 0,6	0,55

U modeliranje kapaciteta neophodno je uvesti utjecaj pješćkih tokova na kapacitet ulivnih i izlivnih tokova. Redukcijski faktori [1, 4] ovise od veličine pješćkih tokova. Pri tome nije zanemariv podatak da utjecaj pješćkih tokova na kapacitet pada s porastom intenziteta konfliktnih tokova vozila. Novija istraživanja u Švicarskoj objavljena 2004. godine [5] pokazuju da pri prometnom opterećenju od 800 voz/h u kružnom toku zapravo nema utjecaja pješćkih tokova jer pješćci prolaze pored vozila u koloni. Dosadašnja usvojena granica veličine konfliktnog

prometnog toka vozila u jednotračnom kružnom raskrižju pri kojoj pješćki promet nema utjecaja, prema njemačkim istraživanjima, iznosila je 900 voz/h [1]. Nastavak istraživanja donosi novosti u procjeni veličine utjecaja pješćaka na kapacitet uliva pri niskom prometnom opterećenju kružnog toka. Rezultati pokazuju da je utjecaj pješććkih tokova otprilike dvaput veći od dosadašnjih koeficijenata s kojima se ulazilo u proračun, čak i u uvjetima kada pješććki tokovi nisu veliki [5]. Za generalizaciju zaključaka potrebno je dalje istraživanje i verifikacija u stvarnim prometnim uvjetima konfliktnih tokova pješćci-vozila, na što upućuju saznanja i zaključci dosadašnjih istraživanja koja su u tijeku u više zemalja [3].

4

Kapacitet kružnih raskrižja u Osijeku

Capacities of roundabouts in Osijek

Za ocjenu kapaciteta na kružnim raskrižjima u Osijeku odabrana su dva najstarija od ukupno četiri kružna raskrižja u Osijeku, jedno dvotračno, a drugo jednotračno. Kružno raskrižje "Đakovština" (slika 5a) zapadna su "vrata" za centralnu gradsku zonu, kojima se promet sa zapadnog ulaza u grad uvodi u urbanu prometnu mrežu. Raskrižje je dvotračno s pet pristupnih pravaca, s tri jednotračna (oba uliva Reisnerove, Sv. L. B. Mandića) i dva dvotračna uliva (Vinkovačka, Županijska). Eliptičnog je oblika, s vanjskim promjera $D_{v1}=63,5$ m i $D_{v2}=72$ m čiji je odnos 1,13, što se uklapa u projektnu preporuku [7] o odnosu dijametara do 1,15, proizašlu iz zahtjeva homogenih dinamičkih uvjeta raskrižja.

Raskrižje "Divalentova" rekonstruirano je 2003. godine u jednotračno kružno raskrižje (slika 5b) od dva postojeća klasična raskrižja Divalentova-Huttlerova i Divalentova-Srijemska ulica, koja su imali smanjenu preglednost i veliki broj prometnih nezgoda. Kružno raskrižje je u obliku elipse promjera $D_{v1}=24$ m i $D_{v2}=42$ m, koji su u odnosu 1,74 što ukazuje na nehomogene dinamičke uvjete². Razlog takvom rješenju su nepovoljni rubni prostorni uvjeti.

Omogućeno je odvijanje prometa preko središnjeg otoka u dodatnoj širini od 2 m i u toj širini izveden je od kamene kocke. Raskrižje je jednotračno, s formalno pet krakova, ali za sjeverni krak Srijemske ulice vrijedi regulacija prometa koja omogućava samo desno skretanje zasebnim trakom u Divalentovu ulicu, bez ulaženja u kružno raskrižje. Omogućen je samo izliv iz kružnog raskrižja u peti krak koji je, prometno gledano, neznatan (u dva od četiri promatrana intervala nije prošlo niti jedno vozilo) pa raskrižje praktički funkcionira kao četverokrako. Desna skretanja iz istočnoga kraka Divalentove u Huttlerovu ulicu vođena su posebnim kolnikom i ne ulaze u kružno raskrižje.

Tablica 2 Brojanje prometa na raskrižjima
Table 2 Counting of roundabout traffic volume data

Lokacija	Datum	Dan	Vremenski intervali, h
"Đakovština"	03.05.2005.	utorak	Dnevni: 8-9, 11-12 i 15-16 Večernji: 20-21
"Divalentova"	10.05.2005.	utorak	Dnevni: 8-9, 11-12 i 16-17 Večernji: 20-21

² Nehomogeni dinamički uvjeti nepovoljni su jer uzrokuju različitu zahtijevanu preglednost koja je u funkciji mjerodavne brzine, neujednačeni bočni potisak uslijed promjene jedinične centrifugalne sile, a bočni potisak djeluje kao povratna sprega na vozača i regulacijski je faktor brzine vožnje i dr.



Slika 5a Dvotračno kružno raskrižje "Đakovština"
Figure 5a Double-line roundabout "Đakovština"



Slika 5b Jednotračno kružno raskrižje "Divaltova"
Figure 5b Single-line roundabout "Divaltova"

Brojanje prometa u trajanju od 15 minuta izvršeno je u tri dnevna i jednom večernjem terminu (tablica 2). Iz baze podataka prometnih opterećenja koji su prikazani tabelarno i grafički za sva brojanja [3] korišteni su podaci za proračun kapaciteta kružnih raskrižja.

U Hrvatskoj ne postoji usvojen model za proračun kapaciteta kružnih raskrižja niti kalibracija koeficijenata koji bi opisivali lokalne prometne uvjete. Za kalibraciju koeficijenata bilo kojeg modela koji se primjenjuje u svijetu potrebna je baza podataka monitoringa dovoljno dugog vremenskog perioda, a mi je u Hrvatskoj nemamo. Proračun kapaciteta kružnih raskrižja napravljen je prema švicarskom modelu Lausanne (poglavlje 3), a postupak je detaljno prikazan u literaturi [3]. Za potrebe modeliranja korišteni su koeficijenti kalibracije koji se primjenjuju u

Sloveniji i koji su preporučeni za Hrvatsku [9], jer su prometni uvjeti u Hrvatskoj i Sloveniji slični.

Rezultati proračuna kapaciteta pokazuju da je u raskrižju "Đakovština" u prijedpnevnom vršnom prometnom opterećenju kapacitet dostignut na ulivu iz Ulice Svetog Leopolda Bogdana Mandića (uliv B) sa stupnjem zasićenja od 97 % i rezervom kapaciteta od 31 OVJ/h (tablica 3). Ostali ulivi funkcioniraju u granicama kapaciteta, s maksimalnim stupnjem zasićenja od 85 % na ulivu iz zapadnog kraka Reisnerove ulice. Poslijepodnevno vršno opterećenje je kritično jer dolazi do prekoračenja kapaciteta na četiri od pet uliva (Tablica 4). U izvanvršnom opterećenju raskrižje funkcionira s maksimalnim stupnjem zasićenja uliva do 80 %, što omogućava dobre eksploatacijske karakteristike raskrižja [3].

Tablica 3 Rezultati modeliranja propusne moći "Đakovština" prvo vršno opterećenje
Table 3 Results of capacity modelling of the roundabout "Đakovština" during the first peak periods

Prijepodnevno vršno opterećenje							
	Q_{UL} , OVJ/h	Q_{IZ} , OVJ/h	Q_{KR} , OVJ/h	C_{UL} , OVJ/h	c	A , %	R , OVJ/h
A	793	660	560	929	1	85	136
B	871	831	522	902	1	97	31
C	943	756	637	848	0,6 0,4	67 44	282 471
D	453	573	1007	675	1	67	222
E	408	648	812	776	0,6 0,4	32 21	531 612
Q_{UL} - prometno opterećenje uliva Q_{IZ} - prometno opterećenje izliva Q_{KR} - prometno opterećenje kružnog toka C_{UL} - teorijski kapacitet uliva c - koeficijent raspodjele opterećenja po trakama na dvotračnom ulivu A - stupanj zasićenja, R - rezerva kapaciteta				A, B, C, D, E - ulivne prometnice A - Reisnerova ulica zapad – jednotračan uliv B - Ulica Sv. L. B. Mandića – jednotračan uliv C - Vinkovačka ulica – dvotračan uliv D - Reisnerova ulica istok – jednotračan uliv E - Županijska ulica – dvotračan uliv			

Tablica 4 Rezultati modeliranja propusne moći "Đakovština" drugo vršno opterećenje
Table 4 Results of capacity modelling of the roundabout "Đakovština" during the second peak periods

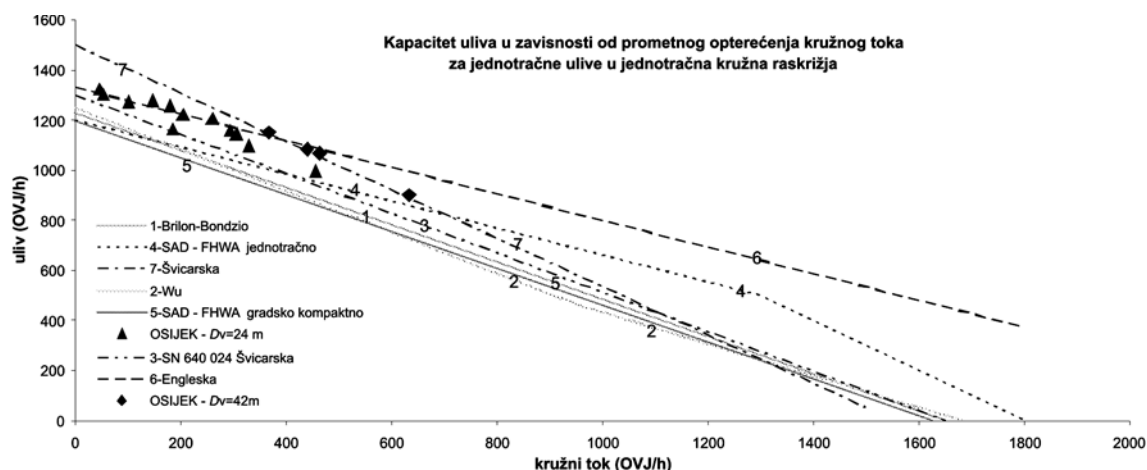
Poslijepodnevno vršno opterećenje							
	Q_{UL} , OVJ/h	Q_{IZ} , OVJ/h	Q_{KR} , OVJ/h	C_{UL} , OVJ/h	c	A , %	R , OVJ/h
A	720	549	1130	611	1	118	-109
B	726	708	1142	557	1	130	-169
C	1197	1014	854	626	0,6 0,4	115 76	-92 147
D	663	801	1250	445	1	149	-218
E	615	849	1064	551	0,6 0,4	67 45	182 305

Tablica 5 Rezultati modeliranja propusne moći "Divalentova" prvo vršno opterećenje
Table 5 Results of capacity modelling of the roundabout "Divalentova" during the first peak periods

Prije podnevno vršno opterećenje							
	Q_{UL} , OVJ/h	Q_{IZ} , OVJ/h	Q_{KR} , OVJ/h	C_{UL} , OVJ/h	c	A , %	R , OVJ/h
A	465	426	54	1301	-	36	836
B	84	79	440	1082	-	8	998
C	120	230	294	1157	-	10	1037
D	318	234	180	1257	-	25	939
A - Divalentova ulica – zapad, C - Divalentova – istok, B - Srijemska ulica, D - Huttlerova ulica							

Tablica 6 Rezultati modeliranja propusne moći "Divalentova" drugo vršno opterećenje
Table 6 Results of capacity modelling of the roundabout "Divalentova" during the second peak periods

Poslijepodnevno vršno opterećenje							
	Q_{UL} , OVJ/h	Q_{IZ} , OVJ/h	Q_{KR} , OVJ/h	C_{UL} , OVJ/h	c	A , %	R , OVJ/h
A	555	484	185	1163	-	48	608
B	102	107	633	900	-	11	798
C	186	279	456	995	-	19	809
D	345	312	330	1096	-	31	751
A - Divalentova ulica – zapad, C - Divalentova – istok, B - Srijemska ulica, D - Huttlerova ulica							



Slika 6 Usporedba kapaciteta uliva za jednostručne ulive u jednostručna kružna raskrižja
Figure 6 Comparison of the capacity for the single-line approach and single-line roundabout

Kružno raskrižje "Divalentova" radi u granicama kapaciteta u svim promatranim intervalima, a u poslijepodnevnom vršnom satu maksimalno je opterećen zapadni uliv Divalentove ulice, i to 48 % od kapaciteta uliva (tablica 5).

5 Usporedba domaćih i svjetskih iskustava Comparison of Croatian and world experience

Grafikoni (slika 6, 7 i 8) prikazuju ovisnost kapaciteta uliva u kružno raskrižje od veličine prometnog opterećenja kružnog toka, sukladno modelima koji se primjenjuju u svijetu. U istim grafikonima prikazane su izračunate veličine kapaciteta uliva u odabranim kružnim raskrižjima iz Osijeka.

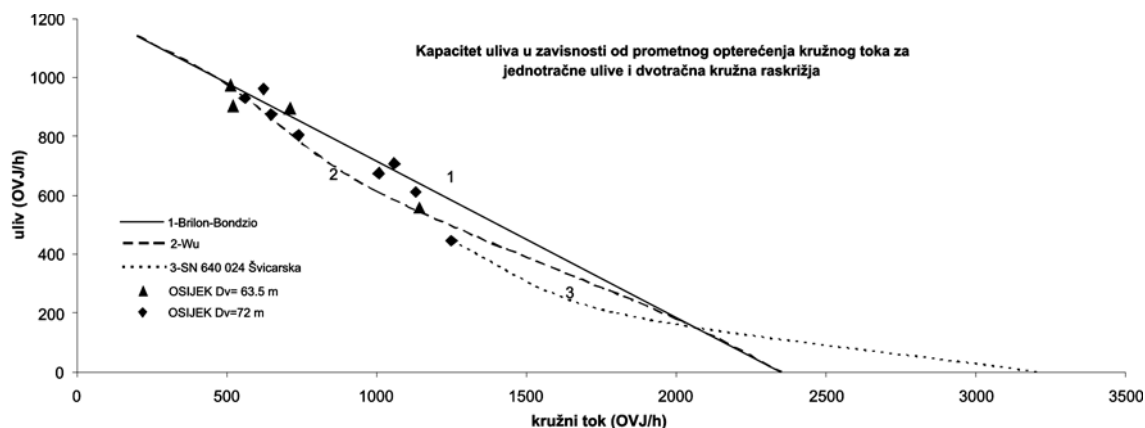
Modeliranje kapaciteta raskrižja temelji se na regresivnoj analizi i zahtijeva bazu podataka sustavnog dugogodišnjeg monitoringa prometnih uvjeta raskrižja. Zbog relativno malog broja podataka u okviru ovog istraživanja i zbog koeficijenata kalibracije koji ne odražavaju lokalne prometne uvjete, može se govoriti samo o osnovnom uvidu u kapacitet promatranih kružnih raskrižja u gradu Osijeku. Iz dobivenih podataka modeliranja prikazanih u grafikonima, vidljivo je da se

kapacitet jednostručnih uliva u jednostručna i dvotračna kružna raskrižja nalazi u granicama definiranim postojećim svjetskim modelima.

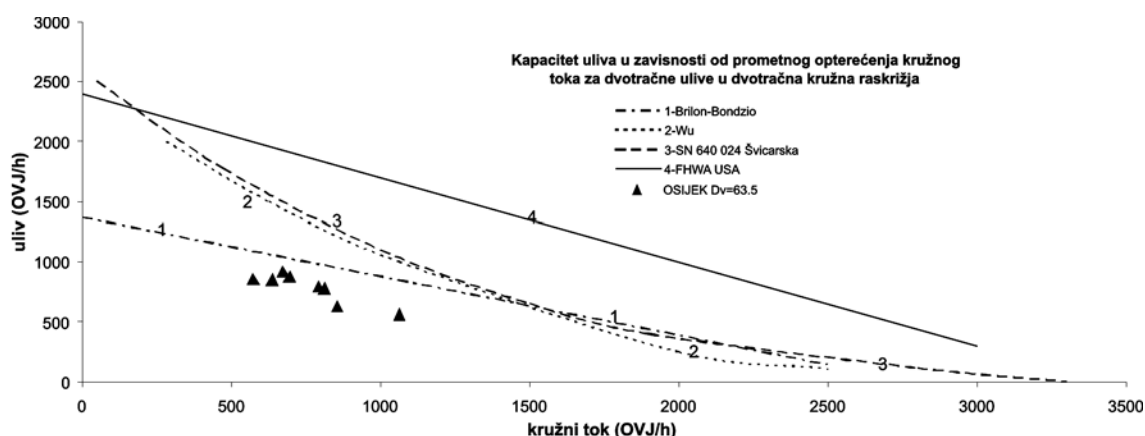
Za modeliranje kapaciteta jednostručnih uliva za jednostručna kružna raskrižja, podatci za grad Osijek nalaze se u granicama modela Švicarske, Velike Britanije i modela SAD–FHWA, kao što je vidljivo na slici 6.

Podatci za Osijek, u modelima kapaciteta za jednostručne ulive u dvotračna kružna raskrižja (slika 7), nalaze se u većini između podataka dobivenih modelom Brilon-Bondzio i modelom Wu, a nastavljaju se u krivulju koja je dobivena prema modelu koji preporučuje švicarska norma SN 640 024.

Za dvotračna kružna raskrižja s dvotračnim pristupnim prometnicama, izračunati i izmjereni podaci za grad Osijek pokazuju vrijednosti manjega kapaciteta od očekivanoga i nalaze se ispod modeliranih podataka prikazanih modela kapaciteta za dvotračna kružna raskrižja (slika 8).



Slika 7 Usporedba kapaciteta uliva za jednostrane ulive u dvotračna kružna raskrižja
Figure 7 Comparison of the capacity for the single-line approach and double-line roundabout



Slika 8 Usporedba kapaciteta uliva za dvotračne ulive u dvotračna kružna raskrižja
Figure 8 Comparison of the capacity for the double-line approach and double-line roundabout

6

Analiza i zaključci

Analysis and conclusions

Cilj ovog rada je, na primjerima dvaju kružnih raskrižja u gradu Osijeku, provjeriti osnovne teorijske pretpostavke operativnih karakteristika kružnih raskrižja u lokalnim uvjetima.

Rezultati pokazuju, kao što je iz vidljivo iz grafikona (slika 6), dobro poklapanje za jednostrana kružna raskrižja s jednostranim ulivima. Rezultati proračuna jednostranih uliva u dvotračno kružno raskrižje su, također, unutar očekivanih vrijednosti (slika 7).

Međutim, očekivane vrijednosti za dvotračne ulive u dvotračna kružna raskrižja veće su od izračunatih (Slika 8). Razlozi mogu biti višestruki, i potrebno je izvršiti duži monitoring te analizirati dobivene podatke da bi se znao točan uzrok ovog nepoklapanja. Jedan od mogućih razloga je činjenica da se ulivne trake dvotračnog uliva ne koriste ravnomjerno i da se kolona u pravilu prvo formira na vanjskoj ulivnoj traci. Razlog produženom vremenu reakcije vozača može proisteci iz konteksta nailaska na nedovoljno poznatu prometnu situaciju jer vozači, koji svakodnevno ne koriste dvotračno kružno raskrižje, ne doživljavaju ga kao rutinsku prometnu situaciju.

Svakako treba imati u vidu i činjenicu da je modeliranje dvotračnih uliva u dvotračna kružna raskrižja još u fazi monitoringa i da modelirani podatci ne daju očekivano poklapanje s izmjerenim podatcima ni u drugim zemljama [2, 7, 8].

Zbog broja prikupljenih podataka u gradu Osijeku [3], zaključci proistekli iz analize tih podataka su indikativni, ali ne mogu se generalizirati. Nastavak monitoringa o eksploatacijskim i dinamičkim karakteristikama, neophodan je preduvjet za stvaranje kvalitetne podloge koja bi obuhvaćala lokalne specifičnosti. Takva podloga bila bi smjernica projektantima i donositeljima odluka o opravdanosti rješenja, a jedna od praktičnih primjena bila bi kalibracija koeficijenata modeliranja kapaciteta za lokalne uvjete odvijanja prometa.

7

Literatura

References

- [1] Federal Highway Administration: Roundabouts: An Informational Guide. FHWA-RD-00-067, USDOT, FHWA, 2000. // www.tfhrc.gov/safety/00068.htm/;
- [2] Beschreibung der Berechnungsverfahren. KREISEL-Handbuch, Anhang A, Version Okt. 2004.
- [3] Otković, I. Istraživanje efekata primjene modernih kružnih raskrižja u gradskim naseljima, magistarska teza. Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, 2005.
- [4] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute. Schweizer Norm SN 640 024, Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Knoten mit Kreisverkehr. VSS Zürich, August, 1999.
- [5] Lidenmann, H. P.; Belopitov I.; Spacek, P. Leistungsfähigkeit hochbelasteter Kreisel (Grundlagen), Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen und Eisenbahnbau. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich, 2004.

- [6] Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen. 2001.
- [7] Luttinen, R. T. Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections. Finnish Road Administration, 2004. [//www.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200849e-vcapacitylevelserv.pdf](http://www.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200849e-vcapacitylevelserv.pdf)
- [8] Taekratok, T. Modern Roundabouts for Oregon. Oregon Department of Transportation Research Unit, June, 1998. [//http://www.odot.state.or.us/techserv/engineer/pdu/Modern%2520Roundabouts.pdf](http://www.odot.state.or.us/techserv/engineer/pdu/Modern%2520Roundabouts.pdf)
- [9] Dadić, I.; Tollazi, T. i drugi. Smjernice za projektiranje i opremanje raskrižja kružnog oblika - rotora. Institut prometa i veza. Broj projekta IPV/S-118/01, Zagreb, 2002.

Adresa autora

Author's Address

Mr. sc. Irena Ištoka Otković, dipl. ing. građ.

Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Građevinski fakultet u Osijeku

Drinska 16a, 31000 Osijek, Hrvatska

e-mil: iirena@gfos.hr