

TEHNIČKE ZNANOSTI

Ivica Barišić¹
Veljko Pevalek²
Damir Pilepić³

Prethodno priopćenje
UDK 625.712.44

UTJECAJ PRIMJENE PROMETNIH RJEŠENJA S KRUŽNIM RASKRIŽJEM NA SUSTAV ODRŽIVOG PROMETA⁴

SAŽETAK

Utjecaji primjene prometnih rješenja s kružnim raskrižjem na prometni sustav u kontekstu održivog prometa u ovom su radu analizirani kroz sljedeće pokazatelje: sigurnost i protočnost prometa, utjecaj na urbani okoliš, društveno-gospodarski utjecaj i ekološki utjecaj. Kroz analizu većeg broja izvedenih primjera i provedenih istraživanja može se zaključiti da kružna raskrižja imaju jedinstvene značajke koje im u kontekstu održivog prometa daju prednosti u odnosu na druge tipove raskrižja. To se prvenstveno ogleda u povećanju sigurnosti prometa uz značajno smanjenje broja i posljedica prometnih nesreća te boljoj protočnosti prometa na raskrižju. Kružno raskrižje nudi mogućnost stvaranja ugodnije slike u okolišu i mogućnost kvalitetnog estetskog uređenja i oblikovanja gdje središnji otok može poslužiti kao prostor za postavu i/ili uređenje novih urbanih promišljanja estetike prostora. Primjena ovog prometnog rješenja nudi i mogućnost smirivanja prometa i poboljšanje integracije prometa i pješaka, te značajno smanjenje potrošnje goriva, smanjenje emisije štetnih plinova i smanjenje buke. Svi ovi pokazatelji govore u prilog tezi da prometna rješenja s kružnim raskrižjem daju značajan doprinos sustavu održivog prometa.

Ključne riječi: kružno raskrižje, održivi promet, sigurnost prometa

1. UVOD

U dosadašnjem načinu planiranja i projektiranja prometne infrastrukture naglasak je uglavnom bio na pronalaženju takvog tehničkog rješenja koje će zadovoljiti tražene uvjete protočnosti i sigurnosti prometa, uz prihvatljivu cijenu izgradnje. U tom procesu nedovoljno pozornosti posvećivalo se utjecaju prometa na održivi razvoj kao i utjecaju na okoliš. Danas se javljaju sve snažniji poticaji za promjene u sagledavanju i planiranju prometa i prometne infrastrukture, kako bi se u budućnosti smanjio negativan utjecaj prometa.

Do sada pojam održivog razvoja nije bio povezan s pojmom održivog prometa. Ovim radom pokušat će se ukazati na važnost korištenja i tog pojma, a poglavito na utjecaj primjene prometnih rješenja s kružnim raskrižjem na održivi razvoj prometa.

¹ Dr. sc., profesor visoke škole, Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, Rijeka, Hrvatska. E-mail: ivica.barisic@veleri.hr

² Mag. ing. aedif., asistent, Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska. E-mail: veljko.pevalek@veleri.hr

³ Struč. spec. ing. traff., asistent, Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska. E-mail: damir.pilepic@veleri.hr

⁴ Datum primitka rada: 15. 1. 2016.; datum prihvaćanja rada: 1. 4. 2016.

2. ODRŽIVI RAZVOJ I ODRŽIVI PROMET

Održivi razvoj može se pojasniti kao razvoj koji zadovoljava sadašnje potrebe bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija u zadovoljavanju njihovih potreba. To je proces promjena u kojem su iskorištavanje izvora, smjer ulaganja, usmjerenje tehničkog razvoja i institucijske promjene u međusobnom skladu i omogućavaju ispunjavanje potreba i očekivanja sadašnjih i budućih naraštaja. Ovaj pristup utvrđen je u Izvještaju Svjetske komisije za okoliš i razvoj iz 1987. godine, kojom je predsjedavala Gro Harlem Brundtland, i od tada je održivi razvoj postao jedan od ključnih elemenata u promišljanju i provođenju razvojnih politika u svijetu (Brundtland, 1987:1).

Razvoj se više ne promatra samo s društvenog i ekonomskog gledišta, već i kroz utjecaj na okoliš. Ova tri gledišta predstavljaju trokut suvremenog poimanja održivog razvoja. Ovakav pristup razvoju zove se integralnim ili holističkim. On u potpunosti mijenja potrebe i načine djelovanja u smjeru razvoja. Opći cilj održivog razvoja jest poboljšanje kvalitete ljudskog života i za sadašnje i za buduće generacije. Upravljanje održivim razvojem uključuje, stoga, uvažavanje gospodarskog i društvenog gledišta, kao i razmišljanja o okolišu (Kordej-De Villa et al., 2007:86).

2.1 Održivi promet

Pokretljivost je osnovna ljudska potreba. Ljudski opstanak i društveni međuodnosi ovise o sposobnosti kretanja ljudi i roba. Troškovi društva ogledaju se i kroz troškove posljedica prometnih nesreća, zagađenje zraka, tjelesnu neaktivnost stanovništva, izgubljeno vrijeme provedeno u prometu, osjetljivost na povećanje cijena goriva, zagušenja koja usporavaju dostavu robe i usluga. Utjecaj prometa na okoliš može biti izravan, neizravan i kumulativan, a iz svega proizlaze dodatni učinci koji mogu ozbiljno štetiti ekosustavu. Prema nekim istraživanjima cestovni promet je taj koji je najodgovorniji za većinu negativnih utjecaja prometa na okoliš (Brozović et al., 2014:282-285). Utjecaji prometa na okoliš ogledaju se kroz utjecaj na kvalitetu zraka (posljedice se očituju kroz klimatske promjene, kisele kiše, zagađen zrak u gradovima), osiromašenje prirodnih izvora, povećano zauzimanje površine, utjecaj na biološku raznolikost, utjecaj na kvalitetu tla i vode, buka, vizualni i estetski utjecaji. Negativni vizualni i estetski utjecaj prvenstveno je posljedica lošeg planiranja i projektiranja.⁵

Uz sve ove negativne utjecaje, javljaju se sve snažniji poticaji za promjene u sagledavanju i planiranju prometa i njegove infrastrukture. Nastala je globalna potreba za provođenjem novih ideja i sustava kojima bi se u budućnosti promijenio negativan utjecaj prometa. Taj novi pogled poznat je kao *održivi prometni sustav*. Nova ideja održivog prometa opisuje ga kao sustav koji daje pozitivan doprinos zaštiti okoliša, društvenoj i gospodarskoj održivosti zajednice. Jedan od opisa održivog prometa je: ispunjavanje naše sadašnje potrebe pokretljivosti bez ugrožavanja potreba budućih generacija. Cilj održivog prometa je zaštititi okoliš i očuvati resurse, uzimajući u obzir društvene potrebe (Ariniello, Przybyl, 2010:83).

⁵ Kao mogući primjer negativnog vizualnog utjecaja prometne infrastrukture mogu se uzeti vijadukti na čvoru Sv. Kuzam iznad Bakra, koji su znatno i trajno negativno utjecali na vizuru grada Bakra.

Istovremeno, Centar za održivi promet Sveučilišta u Plymouthu (*Centre for Sustainable Traffic University of Plymouth*) u Velikoj Britaniji daje široko prihvaćeno tumačenje održivog prometnog sustava u kojem stoji:

Održivi prometni sustav je onaj koji:

- omogućava zadovoljenje potreba pojedinca i društva, koje treba ispuniti u skladu s potrebama ljudi i ekosustava, uz kapitalnu rezervu za sljedeće naraštaje;
- je pristupačan, učinkovit, nudi izbor različitih načina prijevoza, a podupire zdravo gospodarstvo;
- ima ograničenu emisiju štetnih tvari i otpada unutar apsorpcijske mogućnosti planeta, smanjuje potrošnju neobnovljivih izvora energije, razvija korištenje obnovljivih izvora, prerađuje i reciklira svoje komponente i minimizira korištenje zemljišta i proizvodnju buke. (AASHTO, 2009:2)

Nije moguće sa sigurnošću procijeniti budući razvoj prometnog sustava, ali bi svakako svi sudionici u sustavu, od vlade do planera i projekatana, stručnjaka i aktivista, morali biti svjesni potrebe za planiranjem održivog prometnog sustava.

2.2 Prometna rješenja s kružnim raskrižjem u funkciji održivog prometa

Doprinos raskrižja u sustavu prometa uključuje uz sigurnost, protočnost i ekonomičnost (troškovi izgradnje, vrijednost zemljišta, troškovi održavanja), a uz sve to, kod održivog prometa veliku pozornost treba posvetiti njihovom uklapanju u okoliš i visokim ekološkim mjerilima zaštite okoliša. Suvremena kružna raskrižja, za razliku od drugih oblika kontrole prometa, mogu znatno više pridonijeti ostvarenju ciljeva održivog razvitka prometnog sustava. Neke od prednosti kružnih raskrižja u smislu održivog prometnog sustava i održivog oblikovanja raskrižja ogledaju se kroz smanjenje:

- broja prometnih nesreća i njihovih posljedica
- brzine vožnje kroz raskrižje
- čekanja na raskrižju
- potrošnje goriva i količine ispušnih plinova
- troškova održavanja u odnosu na semaforizirana raskrižja
- bolje estetsko uklapanje u okoliš.

Utjecaji kružnih raskrižja na prometni sustav u kontekstu održivog razvitka u ovom radu analizirani su kroz sljedeće pokazatelje:

- sigurnost i protočnost prometa
- utjecaj na urbanu sredinu
- društveno-gospodarski utjecaj
- ekološki utjecaj.

3. UTJECAJ PRIMJENE PROMETNIH RJEŠENJA S KRUŽNIM RASKRIŽJEM NA SIGURNOST I PROTOČNOST PROMETA

U ovom dijelu razmatra se sigurnosni aspekt primjene prometnih rješenja s kružnim raskrižjem, utjecaj kružnih raskrižja na smanjenje vremenskih gubitaka pri prolasku kroz raskrižje te utjecaj kružnih raskrižja na sigurnost nemotoriziranih sudionika u prometu.

3.1 Sigurnosni aspekt primjene prometnih rješenja s kružnim raskrižjem

Primjena prometnih rješenja s kružnim raskrižjem u praksi se pokazala kao kvalitetna mjera za povećanje stupnja sigurnosti odvijanja prometa, rezultat čega je značajan pad broja prometnih nesreća i ublažavanje posljedica (Mensah et al., 2011:5; Isebrands, 2009:1-6, Barišić, 2007:112-122, Pilko, 2014:67-102). Geometrija i fizički oblik kružnih raskrižja eliminiraju brojne konfliktne točke koje su prisutne na klasičnom raskrižju, prisiljavaju vozača na smanjivanje brzine, čime se smanjuje ukupan broj potencijalnih konflikta na raskrižju, kao i same posljedice eventualnih konflikata. Zbog geometrije modernih kružnih raskrižja smanjuje se brzina i kut ulaska u raskrižje, a time i energiju sudara. Kod klasičnih raskrižja najčešći tip prometne nesreće jest frontalni ili bočni sudar s velikom kinetičkom energijom, što za posljedicu ima najveća oštećenja i ozljede. Sudari koji se javljaju na kružnim raskrižjima su obično mnogo blaži nego na klasičnom četverokrakom raskrižju, a time su i posljedice, odnosno ozljede obično blaže.

Prema podacima iz opsežnih istraživanja o utjecaju suvremenih kružnih raskrižja na sigurnost prometa u urbanim sredinama koja su provedena u SAD-u, kod primjene ovog tipa prometnih rješenja rezultati su sljedeći:

- smanjenje ukupnog broja prometnih nesreća za 39 %
- smanjenje teških tjelesnih ozljeda za 76 %
- smanjenje smrtnih slučajeva za 90 % (Mensah et al., 2011:5).

Smanjenje prometnih nesreća na izvangradskim raskrižjima, prema istraživanju u SAD-u na 17 raskrižja koja su rekonstruirana u kružna, dovelo je do sljedećih rezultata:

- smanjenje prometnih nesreća s ozlijeđenima za 84 %
- smanjenje broja ozlijeđenih osoba za 89 %
- smanjenje broja smrtno stradalih za 100 % (Isebrands, 2009:1-6).

Svi ovi rezultati u skladu su s rezultatima i drugih međunarodnih studija koje pokazuju učinkovitost kružnih raskrižja na polju smanjenja broja prometnih nesreća i posljedica. U tablici 1 prikazani su rezultati istraživanja vezani uz prosječno smanjenje broja prometnih nesreća u različitim zemljama.

Tablica 1. Prosječno smanjenje broja prometnih nesreća u različitim zemljama

Država	Prosječno smanjenje %	
	Sve nesreće	Nesreće s ozlijeđenima
Australija	41 - 61	45 - 87
Francuska	-	57 - 78
Njemačka	36	-
Nizozemska	47	-
Velika Britanija	-	25 - 39
SAD	35	76

Izvor: Barišić, 2014:19, prema FHWA, 2010:5-16

U Hrvatskoj ne postoji sličan sustavan rad na praćenju i analizi sigurnosti prometa na kružnim raskrižjima, ali neka provedena istraživanja pokazuju da su suvremena kružna raskrižja, s obzirom na sigurnosti prometa, znatno prihvatljivije rješenje (Barišić, 2007:112-122; Pilko, 2014:67-102). Postoji problem zbog vrlo različitih prometnih rješenja s kružnim raskrižjem, što može utjecati na smanjenje sigurnosti, a tome umnogome pridonosi i nedostatak domaće regulative, prostorno-prometnog oblikovanja i istraživanje analize prometnih tokova te ustupanje izrade projekata neiskusnim projektantima.

3.2 Utjecaj kružnih raskrižja na smanjenje vremenskih gubitaka pri prolasku kroz raskrižje

Vremenski gubici vozila u zoni raskrižja obuhvaćaju vrijeme vožnje (ili vrijeme stajanja) u koloni i vrijeme provedeno na liniji zaustavljanja (crta STOP na nesemaforiziranom ili crta zaustavljanja na semaforiziranom raskrižju), odnosno kod kružnog raskrižja vrijeme uzrokovano čekanjem pojave vremenskih praznina u konfliktnom kružnom traku. Postoji više računalnih modela za proračun ovog pokazatelja, među kojima je poznat model iz Australije (aaSIDRA), prema kojemu je napravljena usporedba gubitka vremena za kružno i klasično raskrižje. S porastom udjela lijevih skretača u oba slučaja značajno rastu i vremenski gubici na raskrižju. Rekonstrukcijom klasičnog raskrižja u kružno mogu se ostvariti značajne uštede u vremenu putovanja, jer se prometni tok na kružnom raskrižju odvija, u pravilu, bez zaustavljanja vozila (ili s vrlo kratkim zaustavljanjem), za razliku od uvjeta na klasičnom raskrižju sa svjetlosnom signalizacijom (na kojemu neki od prometnih tokova uvijek moraju stati pred raskrižjem). U tablici 2 prikazani su podatci o prosječnom trajanju zaustavljanja vozila na raskrižju u uobičajenim okolnostima odvijanja prometa, odnosno u uvjetima kada promet vršnog sata iznosi od 1.200 do 1.400 vozila/h.⁶

⁶ Promet vršnog sata (vršni sat) definira se kao najveći broj vozila koja prolaze kroz presjek dionice ceste ili raskrižje u 60 uzastopnih minuta. Jutarnji i poslijepodnevni vršni sat u radnom danu na gradskim i prigradskim prometnicama najvećim dijelom nastaju zbog putovanja dom - posao i obratno.

Tablica 2. Prosječno trajanje zaustavljanja na raskrižju

	Prosječno trajanje zaustavljanja vozila na raskrižju (u sekundama)	
	10 % udio lijevih skretača	30 % udio lijevih skretača
Kružno raskrižje	2	7,5
Semaforizirano raskrižje	14	19

Izvor: Barišić, 2014:20, prema FHWA, 2000:63

Najveće uštede vremena pri prolasku kroz kružno raskrižje, u odnosu na klasično raskrižje, mogu se očekivati kod podjednagog prometnog opterećenja po prilaznim ulicama. Neposredna posljedica uštede vremena je i manja potrošnja goriva kod motornih vozila, a posredna se očituje kroz povoljniji utjecaj na okoliš, odnosno manju emisiju štetnih produkata izgaranja goriva.

3.3 Utjecaj kružnih raskrižja na sigurnost nemotoriziranih sudionika u prometu

Prema Zakonu⁷, *pješak* je svaka osoba koja je uključena u promet, a ne nalazi se u motornom vozilu. Uključenost pješaka u promet glavni je čimbenik kod planiranja i projektiranja prometnica. Pješaci su dio svakog prometnog okruženja, a pozornost treba obratiti na njihovu nazočnost i u urbanim i u ruralnim područjima. Jesu li kružna raskrižja sigurna za pješake, pitanje je koje se često postavlja. Budući da kod kružnih raskrižja nema semafora na kojemu se vozila moraju zaustaviti, postavlja se pitanje kada i kako pješaci trebaju prijeći raskrižje i hoće li biti zaštićeni. Stručnjaci i dio javnosti koji ne podržavaju izgradnju kružnih raskrižja smatraju da su kružna raskrižja nesigurnija od semaforiziranih. Ipak, trendovi prometne sigurnosti u Europi, SAD-u i Australiji pokazuju da su kružna raskrižja sigurnija i za pješake.⁸

Detaljno istraživanje provedeno je na lokaciji raskrižja Hillsborough-Horne (Raleigh, NC, SAD) koje je četvrto po učestalosti nesreća pješaka u Sjevernoj Karolini, a rezultati istraživanja su sljedeći:

- kružno raskrižje utječe na smanjenje brzine vožnje, broja konfliktnih točaka vozilo - pješak te uvodi jasnije vođenje prometa kroz raskrižje, čime povoljnije utječe na sigurnost pješaka;
- za potrebe ove analize izrađen je model nesreća na raskrižjima u Ulici Hillsborough na dionici u dužini od jedne milje. U slučaju izgradnje kružnog raskrižja ovaj model prognozira smanjenje nesreća pješaka;

⁷ Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 180/08), čl. 2.: Pješak je osoba koja sudjeluje u prometu, a ne upravlja vozilom niti se prevozi u vozilu ili na vozilu, osoba koja vlastitom snagom gura ili vuče ručna kolica, zaprežno vozilo ili motorno vozilo, dječje prijevozno sredstvo, bicikl ili prijevozno sredstvo na osobni ili motorni pogon za osobe s invaliditetom ili starije osobe, ako se pritom kreće brzinom čovječjeg hoda te osoba koja klizi klizaljka, skijama ili saonicama, ili se vozi na koturaljkama, skateboardu i sl. ...

⁸ Više u: Stone, J. R. (2002) The Effects of Roundabouts on Pedestrian Safety, North Carolina State University, Raleigh, NC, SAD; TRB (2011), NCHRP Report 674: Crossing Solutions at Roundabouts and Channelized Turn Lanes for Pedestrians with Vision Disabilities, Transportation Research Board, Washington, D.C., SAD; Granà, A. (2013) Safety effects on pedestrians at urban roundabouts: an overview, WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, Vol 66, WIT Press, www.witpress.com.

- analiza rješenja raskrižja Hillsborough-Horne pokazala je da će planirano kružno raskrižje imati veći kapacitet, bolji protok pješaka i veću sigurnost u odnosu na prethodno semaforizirano raskrižje (Stone, 2002:37-41).

Biciklisti su specifični sudionici u prometu. Oni u vožnji kroz raskrižje imaju intenciju zadržati svoju kinetičku energiju bez da se zaustavljaju, što može ugroziti njihovu sigurnost. To se posebice odnosi na bicikliste početnike. Zbog smanjene brzine vožnje kroz raskrižje i jednostavnog dizajna jednostranih kružnih raskrižja, ona su sigurnija za bicikliste, budući da ih vozači lakše uočavaju nego na klasičnim četverokrakim raskrižjima. Za bicikliste su posebno opasana nesemaforizirana raskrižja.

Slabovidni pješaci zahtijevaju posebnu pozornost kod planiranja i projektiranja prometne infrastrukture. Raskrižja su posebno opasna za njihovu sigurnost. Važno pitanje za uvođenje prometnih rješenja s kružnim raskrižjem jest pristup i kretanje za slijepo i slabovidne osobe. Dok na semaforiziranim raskrižjima ovim kategorijama pješaka značajno pomažu zvučni signalni uređaji koji označavaju vrijeme kada slobodno mogu prijeći preko pješačkog prijelaza, kod kružnih raskrižja takva pomoć ne postoji. Zbog tog razloga ove kategorije mogu imati teškoće prilikom prolaska kroz kružno raskrižje. Pješački prijelazi na kružnim raskrižjima nalaze se na pozicijama koje se razlikuju od klasičnog semaforiziranog raskrižja. Uređenje okoliša i različite kombinacije uređenja nogostupa mogu se koristiti za označavanje lokacije pješačkog prijelaza. Na nogostupima moraju biti postavljene taktilne površine za osiguranje kretanja slabovidnim osobama.

Da bi sigurno prošle kroz raskrižje, osobe s oštećenjem vida moraju obaviti četiri zadatka u suvremenim kružnim raskrižjima:

- pronaći pješački prijelaz
- otkriti sigurnu prazninu u prometnom tijeku kada mogu prijeći
- pronaći perforirani dio u razdjelnom otoku
- pronaći odgovarajući nogostup na suprotnoj strani kako bi nastavile put.

I osobe smanjene pokretljivosti (osobe koja ima privremene ili trajne smetnje pri kretanju zbog invalidnosti donjih ekstremiteta, dobi, trudnoće ili drugih razloga) također mogu imati poteškoća prilikom prelaska raskrižja, ako se kod planiranja i projektiranja prometne infrastrukture ne vodi dovoljno računa o njima. Na pješačkim prijelazima moraju biti postavljeni odgovarajući upušteni rubnjaci sukladno propisima.

4. UTJECAJ KRUŽNIH RASKRIŽJA NA URBANU SREDINU

Prometna infrastruktura, uz osnovnu zadaću pružanja prometnih usluga korisnicima, nužno ima i velik utjecaj na okoliš, pa je treba planirati tako da se uklopi ili čak nadopuni određeni okoliš. Dobro dizajnirana i uklopljena u urbani okoliš, kružna raskrižja predstavljaju važan element identiteta naselja, gradske četvrti ili ulice. Uvođenjem kružnih raskrižja postiže se učinak smanjivanja brzine kretanja vozila kroz naselje, smanjivanje čekanja na raskrižju, povećanje zelenila, što sve utječe na obilježja ulice i povećanje kvalitete života u urbanoj sredini (Barišić, 2014:22).

Zbog velikog broja vozila i povećanja dimenzija višetračnih raskrižja, središta gradova postala su mjesta koja nisu privlačna ili su opasna za kretanje pješaka. Izgradnja trakova za lijeve i desne skretače iziskuje značajnu potrebu za prostorom. Taj prostor mogao bi se iskoristiti za šire nogostupe, razdjelne zelene pojaseve, biciklističke trakove, postavljanje elemenata urbane opreme i sl., čime bi se povećala kvaliteta života. Na slici 1. prikazan je primjer rekonstrukcije semaforiziranog raskrižja s trakovima za lijeve i desne skretače u kružno (Asheville, NC, SAD) čime je ostvaren bolji protok prometa, smanjena brzina vožnje, a ostvarena je i znatna ušteda u prostoru. Posebno je važno što je pješacima skraćena dužina prelaska preko kolnika, a prostor koji je prije bio pod asfaltom sada je uređen kao zelena površina. Buka prometa znatno je manja, tako da je okolina postala povoljnija za komercijalnu djelatnost i socijalne i društvene kontakte koji su značajni za život u gradu (Sides, 2011:2).

Slika 1. Semaforizirano raskrižje rekonstruirano u kružno, Asheville, NC, SAD

a) izgled raskrižja prije preuređenja



b) izvedeno stanje



Izvor: Barišić, 2014:22, prema: North Carolina Department of Transportation, 2004:26

Primjena prometnih rješenja s kružnim raskrižjem nije ograničena samo na pojedinačna izdvojena raskrižja. U SAD-u se sve češće cijeli koridori ulica planiraju i izvode kao prometna rješenja s nizom kružnih raskrižja, kao ključnim elementom koridora. Svaki presjek duž koridora predstavlja mogućnost i priliku da u kružnom raskrižju stvori žarišnu točku percepcije, a raskrižja u ulici postaju zone smirenog prometa, sigurne i udobne za sve sudionike u prometu, posebice nemotorizirane sudionike bez obzira na njihovu dob i sposobnosti. Svako kružno raskrižje u koridoru učinkovito propušta promet, smanjuje redove čekanja vozila unutar koridora, olakšava uključivanje u promet sudionika iz sporednih ulica te povoljno utječe na potrošnju goriva i emisiju ispušnih plinova (Sides, 2011:4).

Budući da kod primjene kružnih raskrižja nisu potrebni trakovi za lijeve skretače, po cijeloj dužini dionice između raskrižja mogu se urediti kontinuirane površine kao zeleni razdjelni pojas koji smanjuje loš učinak širokih asfaltnih površina, djeluje na usporavanje prometa, daje ljepšu sliku u okolišu, te stvara mogućnost hortikulturnog ili tematskog uređenja javne

površine u skladu s lokalnim uvjetima. Ovisno o lokalnim uvjetima, površina dobivena uklanjanjem trakova za lijeve skretače može se urediti kao biciklistička traka, površina za parkiranje, proširenje nogostupa i sl.

4.1 Uloga kružnih raskrižja u formiranju slike grada

Prometne površine predstavljaju važan dio svakodnevnice i u urbanim i u ruralnim sredinama. Njihovo značenje za zajednicu ističe se i kroz zakonsku regulativu u kojoj su te površine definirane kao javne, odnosno svima jednako dostupne pod određenim uvjetima koji jednako vrijede za sve.⁹

Čovjekova potreba za kretanjem i djelovanjem oduvijek je vezana uz komunikaciju. Ceste, putovi, staze, prolazi, gradske ulice i trgovi, mjesta su i neizbježan okvir svakodnevnog ljudskog života i komunikacije. Svaka životna situacija, zbivanje, pojava, događaj i promjena izvan zatvorenog ili posebno određenog objekta, odvijaju se na nekim od navedenih središta komunikacije. Ulice i trgovi imaju i ulogu reprezentativnih slika naselja; to su prostori koji se brižljivo uređuju, održavaju i zakonski zaštićuju brojnim zakonima i odredbama (Lipovac, Dumbović Bilušić, 2008:8).

Tu posebnu ulogu imaju raskrižja, kao točka posebne percepcije, koja, ako su dobro uređena i uklopljena u okoliš, mogu utjecati na stvaranje pozitivne vizualne slike urbane sredine i opće slike krajolika.

Ako se pokuša definirati pojam vizualne slike u našoj svijesti, može se ustvrditi da je ona uvijek subjektivni odraz objektivne stvarnosti, ne samo u smislu vizualnih senzacija, već i u smislu širih spoznaja prostora oko nas. Ona je, dakle, duhovni otisak fizičkog okruženja oblikovanog nizom senzacija koje primaju naša osjetila dok se krećemo ili naprosto stojimo i promatramo određeni prostor, ali i određenog načinom na koji doživljavamo te vizualne senzacije. Dakle, spoznajni se proces zbiva "opažanjima" mnoštva svojstvenosti što pripadaju promatranom prostoru. To je prva razina aktivnosti, koja prethodi oblikovanju svake slike u našoj svijesti. Opažanje ili percipiranje prostora glavni je oblik veze između nas i fizičke okoline. Individualnost u prijemu senzacija prostora rezultira i individualnim, subjektivnim zaključcima. Povećanjem stupnja objektivnosti promatranja povećava se i objektivnost slike u našoj svijesti (Grgurević, 1994:285-290).

Zamisao duhovne, mentalne spoznaje prostora, tj. proces spoznavanja i određivanje subjektivno spoznate objektivne stvarnosti u našoj svijesti u obliku slike određenoga gradskog prostora u svojim je radovima najpotpunije oblikovao Kevin Lynch. Značajan prilog u analiziranju i razumijevanju vizualne forme i slike grada jest njegova knjiga "Slika jednog grada", koja je nastala kao rezultat proučavanja triju američkih gradova: Bostona, Jersey Cityja i Los Angelesa. Lynch je postavio tezu o postojanju mentalne vizualne slike grada koja se oblikuje

⁹ Zakon o cestama (NN 84/11), čl. 2.: Javne ceste su ceste razvrstane kao javne ceste sukladno ovom Zakonu, koje svatko može slobodno koristiti na način i pod uvjetima određenim ovim Zakonom i drugim propisima, nerazvrstane ceste su ceste koje se koriste za promet vozilima, koje svatko može slobodno koristiti na način i pod uvjetima određenim ovim Zakonom i drugim propisima, a koje nisu razvrstane kao javne ceste u smislu ovog Zakona, raskrižje je prometna površina na kojoj se u istoj razini ili na različitim razinama križaju dvije ili više cesta ili na kojoj se više cesta spaja u širu prometnu površinu...

na temelju pet svojstvenih gradskih elemenata koji tvore kostur urbane vizualne slike svakoga grada. Prema Lynchu (Lynch, 1974:46-48), sadržaj slike može se razdvojiti na pet elemenata:

- *putovi* - putanje kojima se promatrač kreće
- *rubovi/granice* - što razgraničuju različite površine ili faze i označavaju prekide kontinuiteta
- *područja/distrikti* - veliki ili srednje veliki dijelovi grada tipičnog karaktera
- *čvorovi* - strateške točke nekoga grada
- *orijentiri/obilježja* - jedinstvena i upečatljiva obilježja u odnosu na urbani kontekst.

Niti jedan od tipskih elemenata ne postoji kao izdvojena jedinica: distrikti su konstruirani od čvorišta, definirani granicama, kroz njih prolaze putovi po kojima su razasuta obilježja - elementi se preklapaju i uzajamno prožimaju, te slika grada nastaje iz preklapanja mnogih individualnih slika.

Jedna od prvih uloga kružnih raskrižja bila je upravo to da budu orijentiri u velikim francuskim kraljevskim parkovima, gdje su se šetači znali izgubiti, pa je svako stjecište velikih dijagonala u parkovima i šumama - parkovima rađenim na tzv. „francuski način” bilo prigodnim mjestom da se izgubljeni snađu i da vide, duž radijalnih aleja, gdje prolazi ostalo društvo. Uz to se, postavljanjem spomenika, fontana ili obeliska u središte tzv. *rond-pointa* (kružne točke) povećava mogućnost orijentacije, kako u svojoj prvobitnoj namjeni u parkovima 17. i 18. stoljeća, tako i na kružnim raskrižjima kasnije u gradovima. Primjer takvog monumentalnog povijesnog spomenika prikazan je na slici 2 i nalazi se u Berlinu. U središnjem parku Tiergarten Stup pobjede visine 67,00 m smješten je u središnjem otoku kružnog raskrižja koji ujedno predstavlja čvornu točku i orijentir grada.

Slika 2. Stup pobjede (*Siegestäule*) - spomenik u središnjem otoku kružnog raskrižja, Berlin



Izvor: <https://de.wikipedia.org>

4.2 Središnji otok kružnog raskrižja kao prostor za urbanu umjetnost

Kružna raskrižja mogu se koristiti u kontekstu uređenja prostora, gdje slobodan prostor središnjeg otoka kružnog raskrižja može poslužiti kao prostor za stvaranje novih specifičnih urbanih dizajnerskih rješenja, kao mjesto za urbanu umjetnost kroz koju će se manifestirati određene specifičnosti urbane sredine i koji se uz posebno promišljeno uređenje u krajoliku može koristiti kao svojevrsni *Land Art* (Barišić, 2014:25).

Za prikaz korištenja središnjeg otoka kružnog raskrižja u svrhu urbane umjetnosti dat je primjer iz američkog grada Nashvilea. Music Row je područje jugozapadno od središta Nashvilea, gdje se nalazi mnogo izdavačkih kuća vezanih uz *country* glazbu, gospel i suvremenu kršćansku glazbu te sjedište mnogih radijskih postaja. Na središnjem raskrižju koje je izvedeno kao kružno, 2003. postavljena je umjetnička instalacija, skulptura službenog imena *Musica*. Zanimljivo je da je vrijednost projekta uređenja raskrižja iznosila 1,1 milijun dolara i ju je financirao anonimni donator (<http://www.events-in-music.com>).

Slika 3. Skulptura *Musica* na središnjem otoku kružnog raskrižja, Nashville, SAD



Izvor: <http://www.thecommunitypaper.com/>

Spomenik se sastoji od devet likova: dvije bijele žene, jedan bijeli čovjek, afroamerička žena i muškarac, jedna azijska žena, jedan lik Indijanca, latinoamerička žena i muškarac, s ucrtanim crtama lica i tijela živih modela (sl. 3). Cijeli spomenik je visine 38 metara, sa svakim likom u rasponu od 13 do 15 metara visine. Likovi su smješteni u krug u plesnoj pozi. Materijali koji se koriste za izradu skulpture su vapnenac (koji je rasprostranjen u području Nashvilea) i bronca, a skulptura teži oko 10 t. Instalacija je izazvala i polemike, posebice kod dijela domaćeg konzervativnog stanovništva zbog

golih likova, ali je na kraju prihvaćena te je postala turistički simbol koji posjeti mnoštvo posjetitelja. Uz to je, prema podacima tamošnjih dužnosnika zaduženih za sigurnost prometa, broj prometnih nesreća na raskrižju od izgradnje smanjen za 50 % (<http://www.events-in-music.com>).

U našim područjima središnji otok kružnog raskrižja najčešće se uređuje sadnjom trave i/ili sezonskog cvijeća, u rijetkom slučajevima radi se krajobrazni projekt uređenja, dok o izvedbi umjetničkih djela na središnjem otoku za sada nema saznanja.

5. UTJECAJ PRIMJENE KRUŽNIH RASKRIŽJA NA DRUŠTVENO-GOSPODARSKE ODNOSE

U dosadašnjoj praksi nije se pridavala veća pozornost utjecaju prometnog rješenja raskrižja na društveno-gospodarske odnose. No primjena prometnih rješenja s kružnim raskrižjem može utjecati na društveno-gospodarske odnose, prvenstveno kroz gospodarsku održivost kružnih raskrižja te međuodnos kolnog i pješačkog prometa (dijeljeni prostor ulice).

5.1 Društveno-gospodarski utjecaj suvremenih kružnih raskrižja

Gospodarska održivost kružnih raskrižja u kontekstu održivog prometa ogleda se kroz obilježja sljedećih pokazatelja:

- smanjenje troškova posljedica prometnih nesreća (intervencija prve pomoći i policije, troškovi sudskog postupka, liječenje i rehabilitacija povrijeđenih osoba, troškovi sahrane, socijalna davanja za nastradale i članove obitelji, troškovi uništenih vozila i oštećene prometne infrastrukture i dr.)
- trošak održavanja i upravljanja kod kružnih raskrižja niži je nego kod semaforiziranih raskrižja
- smanjenje troškova putovanja kroz kružna raskrižja u odnosu na semaforizirana
- izgradnja kružnih raskrižja na mjestu klasičnih semaforiziranih raskrižja može smanjiti potrošnju goriva za oko 30 % (Várhelyi, 2002:65-71)
- prema istraživanjima na 10 kružnih raskrižja u američkoj državi Virginiji, smanjenje potrošnje goriva iznosilo je više od 200.000 litara goriva na godinu (Bergh et al., 2005:9).

Studija izrađena za područje američke države Kansas iz 2003. godine pokazala je da se kod primjene prometnih rješenja s kružnim raskrižjem postiglo prosječno smanjenje kašnjenja vozila za 75 %, a zaustavljanja vozila za 52 % (Mandavilli et al., 2003:16).

Iz navedenih istraživanja vidljivo je da se rekonstrukcijom klasičnih raskrižja u suvremena kružna raskrižja može smanjiti ukupna potrošnja goriva. Budući da cijena goriva sudjeluje u najvećem iznosu troškova prijevoza, niža potrošnja goriva na kružnim raskrižjima znači i niže troškove putovanja.

Prednost kružnih raskrižja ogleda se i u smanjenju gubitka slobodnog vremena zbog manjeg čekanja na raskrižju. Skraćivanje vremena čekanja na kružnim raskrižjima u usporedbi sa signaliziranim raskrižjima smanjuje razinu frustracija i agresivnosti kod vozača, čime se povećava sigurnost vožnje. Prednost prolaska unutar kružnog toka i oduzeto prvenstvo prolaska i usporenje na ulasku u kružni tok navodi najveći dio vozača na veću uljudnost i veću razinu odgovornosti, budući da nema suprotstavljanja vozača koji pri velikim brzinama prolaze izravno kroz klasično

raskrižje. Prema provedenim istraživanjima, vozači koji čekaju ne zeleno svjetlo osjećaju veću potrebu voziti agresivnije nego netko tko vozi kroz kružno raskrižje i na prilazu usporava te nailazi na znak s oduzetom prednošću i crtkanom zaustavnom crtom. (TRB, 1998:29)

Još jedan aspekt primjene kružnih raskrižja, koje kod nas još nije istražen, jest utjecaj kružnih raskrižja na poslovanje gospodarskih subjekata u okruženju. Istraživanje provedeno u prigradskoj trgovačkoj zoni South Golden Road (CO, SAD) pokazalo je da izgradnja kružnih raskrižja djeluje stimulirajuće na poslovanje gospodarskih subjekata u zoni raskrižja. Izgradnja četiriju kružnih raskrižja unutar ovog, pola milje dugog koridora (slika 4) rezultirala je smanjenjem brzine, ali kraćim vremenom putovanja i manjim kašnjenjem u odnosu na prijašnju regulaciju semaforima.

Slika 4. Koridor s izgrađenim kružnim raskrižjima South Golden Road, CO, SAD



Izvor: Arinello, Hartman, 2005:3

Rezultati su sljedeći: ukupan broj prometnih nesreća smanjen je za 88 %, a broj prometnih nesreća s nastradalima za 93 %. Poboļšana je protočnost i omogućen sigurniji pristup do poslovnih sadržaja, što je u kombinaciji s uređenjem pješačkih komunikacija potaknulo gospodarsku aktivnost. Rezultati pokazuju rast poreznih prihoda od prodaje na koridoru, koji su povećani za 60 % u periodu od šest godina (1999. - 2004.). Osim toga, više od 75.000 m² maloprodajnih i uredskih prostora izgrađeno je u gospodarskoj zoni od izgradnje kružnih raskrižja. Ukupni zaključak istraživanja jest da je primjena prometnih rješenja s kružnim raskrižjem pridonijela gospodarskom razvitku zone (Arinello, Hartman, 2005:9).¹⁰

¹⁰ Ovakva istraživanja kod nas nisu provedena, ali izgleda da su vlasnici velikih trgovačkih lanaca dobro prepoznali ove prednosti. Najčešći su, gotovo ultimativni zahtjevi investitora kod izgradnje novog trgovačkog centra da se budući centar spoji na glavnu cestu, i to preko kružnog raskrižja. Ova činjenica definira današnje trgovačke centre kod nas jednima od većih pokretača izgradnje kružnih raskrižja (Zagreb, Zaprešić, Poreč, Rovinj, Virovitica, Našice, Slavonski Brod...).

5.2 Međuodnos kolnog i pješačkog prometa – dijeljeni prostor ulice

Kružna raskrižja imaju važnu ulogu u međuodnosu kolnog i pješačkog prometa, posebice u novom načelu planiranja ulice i prometa koji je nazvan *dijeljeni - zajednički prostor ulice* (engl. *shared space*). Ovo načelo zasniva se na uklanjanju regulatornih značajki prometne kontrole kao što su: semafori, prometni znakovi, horizontalne oznake na kolniku, pa čak i rubnjaka, zamjenu klasičnih raskrižja s kružnim, dok se različitim oploćenjem prometne površine ističu bolje nego prometnom signalizacijom.

Začetnik načela *dijeljenog prostora ulice* nizozemski je inženjer Hans Monderman (1945. - 2008.). Njegovo načelo promijenilo je neke od uvriježenih koncepata u urbanom planiranju prometa i primorao planere i projektante da na novi i potpuno drugačiji način gledaju na organizaciju prometa i međusobni odnos sudionika u prometu. Većim dijelom 20. stoljeća inženjeri i planeri smatrali su da se učinkovitost prometnih tokova i sigurnost u prometu mogu postići samo razdvajanjem vozila od ostalih sudionika prometa u gradskim prostorima. Monderman je razvio pristup koji poštuje vozačev zdrav razum i inteligenciju, umjesto oslanjanja na znakove, oznake na kolniku, prometne signale i fizičke zapreke. On je prepoznao da povećanje kontrole i regulacije koje čini država smanjuje pojedinačnu i kolektivnu odgovornost, te je pokrenuo nov način razumijevanja odnosa između ulice, prometa i uljudnosti. Monderman je utvrdio da će se prometna učinkovitost i sigurnost na gradskim ulicama poboljšati kada ulica i okolni javni prostor budu preoblikovani tako da potaknu svakog sudionika u prometu na dogovor i kada oni u svojem kretanju izravno uspostavljaju kontakt jedni s drugima (<http://en.wikipedia.org>).

Godine 2004. pokrenut je istraživački program o "zajedničkom prostoru" kao dio projekta Europske unije, koji se temelji na ovim principima. Cilj projekta bio je razvoj novih pravila i ideja u pristupu planiranju zajedničkih zona višenamjenskog karaktera u kojima su čovjek i njegov okoliš stavljeni u prvi plan. Ovaj program proveden je na osnovi sedam pokusnih projekata u najrazvijenijim europskim zemljama poput Nizozemske, Belgije, Francuske, Danske, Njemačke i Velike Britanije. Mondermanov se utjecaj u Velikoj Britaniji može vidjeti u programima kao što su Kensington High Street u Londonu, New Road u Brightonu i mnogim drugim gradskim projektima obnove (Hamilton-Baillie, 2005:39-47).

Na primjeru nizozemskog grada Drachtena može se najbolje vidjeti primjena ovog načela. Raskrižje Laweplein prije rekonstrukcije, koja je provedena 2003., bilo je regulirano semaforima sa zasebnim trakovima za vozila, te biciklističkim i pješačkim stazama (slika 5a). Nakon preuređenja po načelu *shared space* raskrižje je preuređeno u javni trg s drvećem, travnatim površinama i fontanama s vodoscocima (slika 5b). Visina vodoscoka povećava se s povećanjem broja vozila, čime se postiže učinak povećanja pozornosti sudionika u prometu. Regulacija i kontrola prometa provodi se s minimalnim prometnim znakovljem, a namjena prometnih površina istaknuta je različitim teksturama oploćenja. Od strogo podijeljenih prometnih površina i semafora, danas je dobiven prostor otvoren za sve, sa smirenim prometom i povećanim stupnjem sigurnosti prometa koji pruža ugodnu sliku u krajoliku.

Slika 5. Primjena načela *shared space*, Drahten, Nizozemska

a) Laweplein Squareabout prije obnove

b) Laweplein Squareabout nakon preuređenja



Izvor: <http://www.fietsberaad.nl>

Da bi se pristupilo primjeni načela dijeljenog prostora, ulice moraju biti ciljano planirane i opremljene za sporiji promet. To zahtijeva primjenu različitih projektnih rješenja, od uvođenja kružnih raskrižja, postavljanja različite teksture na podlozi, povišene opeke na pješačkim prijelazima, korištenja različitih boja, podloga i dr., čime se ostvaruje preduvjet da ulica propisuje pravila u prometovanju bolje nego bilo koja prometna signalizacija. Pored toga potrebna je i intenzivna obrazovna kampanja kako bi se svi sudionici upoznali s novim pravilima, no i prometna kultura treba biti na određenom stupnju razvitka (Barišić, 2014:28).

6. PRIMJENA KRUŽNIH RASKRIŽJA S EKOLOŠKOG GLEDIŠTA

Kada su pravilno projektirana i izvedena, suvremena kružna raskrižja, u usporedbi s drugim tipovima raskrižja, mogu značajno smanjiti količinu štetnih tvari koju vozila ispuštaju u atmosferu prilikom prolaska kroz raskrižje, ukoliko su prometna opterećenja unutar kapaciteta. Na semaforiziranim raskrižjima mnogi vozači moraju čekati i do 20 sekundi ili dulje za zeleno svjetlo, čak i tijekom izvanvršnog perioda, odnosno i onda kada na susjednim privozima raskrižja nije prisutno niti jedno vozilo. Takve su situacije na kružnim raskrižjima uklonjene tako da, ako nema prometa iz susjednih privoza, vozila prolaze kroz raskrižje bez zaustavljanja, uz smanjenu brzinu. Kada je vozilo zaustavljeno na raskrižju, emitira više štetnih plinova kao što su ugljikov monoksid i dušikov oksid u atmosferu. Te emisije u velikim količinama pridonose zagađenju zraka i nastajanju smoga, što negativno utječe na ljude i okoliš. Skraćivanjem zadržavanja vozila na raskrižju smanjuje se ispuštanje štetnih tvari u okoliš, ali i smanjuje potrošnja goriva.

Studija koju je 2003. godine provelo sveučilište iz američke države Kansas (Kansas State University, Manhattan, KS, SAD) na tri raskrižja preuređena iz klasičnih u kružna, pokazala je jasno vidljivo smanjenje ispuštanja štetnih tvari:

- ugljikov monoksid (CO) 32 %
- dušikov oksid (N₂O) 34 %
- ugljikov dioksid (CO₂) 37 %

- ugljikovodik (CH) 42 % (Mandavilli et al., 2003:16).

Druge provedene studije pokazuju da se postižu pozitivni učinci za okoliš kada se raskrižja (semaforizirana ili nesemaforizirana) preurede u kružna. U američkoj državi Kolorado provedena je detaljna studija koja je obuhvatila 15 raskrižja odabranih za procjenu utjecaja na okoliš i potrošnju energije i to za različite vrste prometnih rješenja: nesemaforizirano, semaforizirano i kružno. Raskrižja su podijeljena u tri skupine, ovisno o količini prometa u vršnom satu: prva skupina raskrižja s niskim prometom od 500 do 1.000 vozila/h, druga skupina raskrižja s umjerenim prometom od 1.000 do 2.000 vozila/h i treća skupina raskrižja s visokim prometnim opterećenjem od preko 2.000 vozila/h. Simulacija je izrađena u računalnom programu aaSIDRA, koji može izraditi različite analize vezane uz prometnu učinkovitost, potrošnju goriva i emisije štetnih plinova za različite vrste prometnih rješenja raskrižja (Ariniello, Przybyl, 2010:82-89).

U tablici 3 prikazani su rezultati simulacija koje su rađene za svih 15 raskrižja i to za inačice: nesemaforizirano ili semaforizirano vs. kružno raskrižje.

Tablica 3. Smanjenje potrošnje goriva i emisije CO₂ po skupinama raskrižja

Skupina	Usporedba	Potrošnja goriva		Emisija CO ₂	
		Smanjenje litara/god.	Smanjenje %	Smanjenje tona/god.	Smanjenje %
Nisko	nesemaforizirano vs. jednotračno kružno	36.226	19,4	90,9	19,5
Umjereno	semaforizirano vs. jednotračno kružno	15.141	5,6	37,7	5,5
Visoko	semaforizirano vs. dvotračno kružno	89.782	13,3	224,5	13,3

Izvor: Barišić, 2014:29, prema Ariniello, Przybyl, 2010:88

Prema dobivenim rezultatima kružna raskrižja omogućuju značajno smanjenje potrošnje goriva i emisije CO₂. Smanjenja potrošnje goriva za oko 6 do 20 % može se očekivati kada su kružna raskrižja izvedena umjesto semaforiziranih. Slične pogodnosti vezane uz primjenu kružnih raskrižja mogu se očekivati kada se uspoređuju emisije CO₂ za svaku vrstu prometnog rješenja raskrižja. Najveće koristi ostvarene su za raskrižja s nižim vršnim prometom i to u slučajevima kada se klasično raskrižje zamijeni jednotračnim kružnim raskrižjem, kao i na raskrižjima s većim opterećenjem, kada se zamijene dvotračnim kružnim umjesto velikih semaforiziranih raskrižja (Ariniello, Przybyl, 2010:82-89).

Rezultati navedenih istraživanja pokazuju kako prometna rješenja s kružnim raskrižjem mogu značajno pridonijeti očuvanju okoliša i ostalim svojim osobinama mogu značajno pridonijeti sustavu održivog prometa.

7. ZAKLJUČAK

Uz sve negativne utjecaje koje ima današnji promet, javlja se sve snažnija inicijativa za promjene u smislu poboljšanja. Nastala je globalna potreba za provođenjem novih ideja i sustava kojima bi se u budućnosti promijenio negativan utjecaj prometa. Ovaj novi pogled poznat je kao održivi prometni sustav. Ta nova paradigma održivog prometa definira održivi prometni sustav kao sustav koji daje pozitivan doprinos zaštiti okoliša, socijalnoj i ekonomskoj održivosti zajednice.

Kroz analizu većeg broja izvedenih primjera i provedenih istraživanja može se zaključiti da kružna raskrižja imaju jedinstvene značajke koje im u kontekstu održivog prometa daju prednosti u odnosu na druge tipove raskrižja. To se prvenstveno ogleda u povećanju sigurnosti prometa uz značajno smanjenje broja i posljedica prometnih nesreća te boljoj protočnosti prometa na raskrižju. Kružno raskrižje nudi mogućnost stvaranja ugodnije slike u okolišu i mogućnost kvalitetnog estetskog uređenja i oblikovanja, gdje središnji otok može poslužiti kao prostor za postavu i/ili uređenje novih urbanih promišljanja estetike prostora. Primjena ovog prometnog rješenja nudi i mogućnost smirivanja prometa i poboljšanje integracije prometa i pješaka, te značajno smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije štetnih plinova i smanjenje buke. Svi ovi pokazatelji govore u prilog tezi da prometna rješenja s kružnim raskrižjem, ako su primjereno projektirana, daju značajan doprinos sustavu održivog prometa.

LITERATURA

- AASHTO *American Association of State Highway and Transportation Officials* (2009) *Transportation and Sustainability Best Practices Background*, Center for Environmental Excellence by AASHTO, Washington, DC, SAD
- Arinello, A., Hartman, D. (2005) *Are Roundabouts Good for Business?* TRB National Roundabout Conference, Vail, CO, SAD
- Ariniello, A., Przybyl, B. (2010) *Roundabouts and Sustainable Design*, Green Streets and Highways Conference 2010, Denver, CO, SAD, str. 82-89
- Barišić, I. (2007) *Kriteriji lociranja i izvedbe kružnih raskrižja u urbanim sredinama*. Magistarski rad. Arhitektonski fakultet Zagreb, Zagreb
- Barišić, I. (2014) *Urbanistički parametri pri planiranju kružnih raskrižja*. Doktorska disertacija. Arhitektonski fakultet Zagreb, Zagreb
- Bergh, C., Retting, R. A., Myers, E. J. (2005) *Continued reliance on traffic signals: the cost of missed opportunities to improve traffic flow and safety at urban intersections*, Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, VA, SAD
- Brozović, I., Regent, A., Grgurević, M. (2014) *Emisije stakleničkih plinova, osobito iz prometa*, *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, 2(2014), br. 1, pp. 275-294
- Brundtland (1987) *Naša zajednička budućnost - izvještaj*, Svjetska komisija o okolišu i razvoju, UN
- Grgurević, O. (1994) *Od pojma slike grada do pojma opće slike krajolika*, *Prostor*, 2(1994), br. 3-4, pp. 285-290
- Hamilton-Baillie B., Jones, P. (2005) *Improving traffic behaviour and safety through urban design*, *Civil Engineering* 158 V/2005, pp. 39-47
- https://de.wikipedia.org/wiki/Berliner_Siegess%C3%A4ule, (15. 2. 2016.)
- <http://www.events-in-music.com/what-is-the-music-row-roundabout.html> (15. 1. 2016.)

http://en.wikipedia.org/wiki/Hans_Monderman (17. 2. 2016.)

<http://www.fietsberaad.nl>, (17. 2. 2016.)

http://www.thecommunitypaper.com/archive/2009/07_09/index.php (16. 2. 2014.)

Isebrands, H. (2009) *Crash Analysis of Roundabouts at High-Speed Rural Intersections*, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, Washington, pp. 1-7

Kordej-De Villa, Ž., Stubbs, P., Sumpor M. (2009) *Participativno upravljanje za održivi razvoj*, Ekonomski institut, Zagreb
Lipovac, N., Dumbović Bilušić, B. (2008) *Prepoznavanje znakova u kulturnom krajoliku – ikonički kôd kulturnog krajolika Žumberak-samoborsko gorje*, Međunarodni naučni skup Znakovi pored puta - znak u zaštićenom području, Budva, Crna Gora

Lynch, K. (1974) *Slika jednog grada*, Građevinska knjiga, Beograd

Mandavilli, S., Russell, E., Rys, M. (2003) *Environmental Impact of Kansas Roundabouts*, TAC Conference (Transport, Atmosphere, and Climate) St. John's, Newfoundland and Labrador, Kanada

Mensah, S., Eshragh, S., Faghri, A. (2011) *Roundabouts and Sustainable Intersection Design*, 3rd International Conference on Roundabouts, Carmel, Indiana US

Pilko, H. (2014) *Optimiziranje oblikovne i sigurnosne komponente raskrižja s kružnim tokom prometa*. Doktorski rad. Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

Stone, J. R. (2002) *The Effects of Roundabouts on Pedestrian Safety*, North Carolina State University, Raleigh, NC, SAD

Sides, K. (2011) *Roundabouts as Context sensitive solutions*, ITE Journal, Institute of Transportation Engineers, Washington, SAD, pp. 38-44

TRB *Transportation Research Board* (1998) NCHRP Synthesis 264 *Modern Roundabout Practice in the U.S.*, Transportation Research Board, Washington D.C., SAD

Várhelyi, A. (2002) *The effects of small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study*, Transportation Research Part D: Traffic and Environment 7:pp. 65-71

Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13 54/13. i 148/13) (17. 2. 2016.)

Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13 i 92/14) (17. 2. 2016.)

Ivica Barišić¹
Veljko Pevalek²
Damir Pilepić³

Preliminary communication
UDC 625.712.44

THE IMPACT OF THE APPLICATION OF TRAFFIC SOLUTIONS USING ROUNDABOUTS ON THE SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEM⁴

ABSTRACT

This study analyzes the impact of the application of traffic solutions using roundabouts on the traffic system in the context of sustainable transport through the following indicators: safety and traffic flow, the impact on the urban environment, socio-economic and environmental impact. Through the analysis of a large number of derivative examples and conducted studies, it can be concluded that roundabouts have unique features in the context of sustainable transport giving them advantages over other types of intersections. This is reflected primarily in the increase of traffic safety with a significant reduction in the number of traffic accidents and their consequences and better traffic flow at intersections. A roundabout offers a possibility of creating a comfortable image in the environment and a possibility for quality aesthetic design and shaping where the central island can be used as a space for exhibition and/or arranging new urban considerations of aesthetic space. The use of this traffic solution offers the possibility of calming traffic and improving the integration of traffic and pedestrians, and a significant reduction in fuel consumption, emissions and traffic noise. All these indicators contribute to the thesis that traffic solutions using roundabouts make a significant contribution to the sustainable transport system.

Key words: roundabout, sustainable transport, traffic safety

¹ PhD, Principal Lecturer, Polytechnic of Rijeka, Vukovarska 58, Rijeka, Croatia. E-mail: ivica.barisic@veleri.hr

² Mag. ing. aedif, Assistant, Polytechnic of Rijeka, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Croatia. E-mail: veljko.pevaleb@veleri.hr

³ Spec. ing. traff, Assistant, Polytechnic of Rijeka, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Croatia. E-mail: damir.pilepic@veleri.hr

⁴ Received: 15. 1. 2016; Accepted: 1. 4. 2016.

