



Карактеристике брзина возила на прилазу кружне раскрснице

Немања Гаруновић^{*}, Вук Богдановић^а, Лука Драгић, Мирко Глигић

^а Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075/PIS.65.01.05

Стручни рад

Примљен: 22/12/2018

Прихваћен: 01/03/2019

Кључне речи:

Кружна раскрсница

Брзина возила

Мере за успорење саобраћаја

РЕЗИМЕ

Избор типа раскрснице и примењених пројектних елемената врши се у зависности од категорије саобраћајнице и њене функције на мрежи, као и односа прогнозираних захтева за протоком и потребне пропусне моћи. Пројектни елементи уличне мреже директно утичу на услове одвијања саобраћаја, између осталог и на брзину саобраћајног тока. У овом раду је извршена анализа брзина возила на прилазима кружне раскрснице. Анализа је вршена са циљем да се добију одговарајући параметри на основу којих би се могло одговорити на питања како кружна раскрсница утиче на брзине возила на прилазу. Истраживање је вршено на уличној мрежи у стамбеном подручју на територији Новог Сада.

1. Увод

Раскрснице представљају места укрштања саобраћајних токова, а генерално се могу поделити на раскрснице у нивоу или површинске и раскрснице у више нивоа или денивелисане раскрснице. Укрштања у нивоу представљају најбројнију групу раскрсница у путној мрежи. С обзиром на облик и начин регулисања саобраћаја, површинске раскрснице се могу поделити на класичне и кружне раскрснице. Према изведби класичне раскрснице могу бити са три или више кракова. С обзиром на начин регулисања саобраћаја раскрснице могу бити несигнализоване или сигнализоване раскрснице. [1,2] Кружна раскрсница је каналисана раскрсница кружног облика са централним острвом које може бити непроходно, делимично проходно или проходно за возила, и кружним током у који се улива три или више кракова пута и по којем се одвија вожња у смеру супротном од смера казаљке на сату [3]. Код оваквих раскрсница приоритет проласка имају возила која се налазе у кружењу, док су прилази раскрсници регулисани саобраћајним знаком „уступање првенства пролаза“ (II-1). У изузетним случајевима круже раскрснице могу бити регулисане и светлосном сигнализацијом [4].

У току планирања и пројектовања саобраћајница често се поставља питање који тип раскрснице се треба применити: кружна или класична раскрсница. Да би се донела правилна одлука потребно је у студији оправданости изградње раскрснице проверити основне критеријуме за избор типа раскрснице. Према [5] основни критеријуми и подкритеријуми који се вреднују при избору типа раскрснице су:

- Критеријум безбедности саобраћаја
 - улови локације,
 - конфликтне тачке.
- Критеријум протока саобраћаја
 - квалитет протока,
 - геометријске карактеристике.
- Критеријум просторног уклапања
 - површинско уклапање
 - естетско уклапање
- Критеријум економичности
 - трошкови грађења,
 - трошкови одржавања

^{*} Corresponding author: garunovic@uns.ac.rs

На избор типа раскрснице утичу и основни функционални услови које свака раскрсница мора да испуни: препознатљивост, уочљивост, прегледност, разумљивост за кориснике, повезаност, комплетност, уравнотеженост.

Први концепт кружног саобраћајног тока дао је француз Енар 1903. године, а прва практична примена кружног система био је „Columbus circle“ изграђен у Њујорку 1905. године. У Европи прва раскрсница са кружним током изграђена је у Паризу 1907. године на месту „Place De L'etoil“, а неколико година касније и у Великој Британији на „Sollershott Circus“ 1910. године. [6]

На кружним раскрсницама у почетку њихове примене нису постојала конкретна правила којим је било дефинисано кретање возила кроз раскрснице са кружним током саобраћаја. Првим примењеним принципом дефинисано је да возила која улазе у раскрсницу имају приоритет над онима која су већ у раскрсници. Овакав начин регулације резултовао је загушењем раскрснице при повећаном обима саобраћаја.

Концепт савремених кружних раскрсница развијен је 1960. године у Великој Британији када је предложено да раскрснице буду мање са већом дефлексијом трасе кретања возила, а 1966. је усвојено правило да на оваквим раскрсницама приоритет имају возила која су већ у раскрсници, односно да су возила на прилазу раскрснице у обавези да пропусте возила која се налазе у кружењу. У периоду након 2000. године изградња кружних раскрсница као доказано безбеднијег начина укрштања путева у нивоу почиње да буде све учесталија, како у свету тако и у Србији. [7]

Подела кружних раскрсница може се извршити у односу на локацију и величину, намену, броју кракова, начину вођења појединих праваца, начину извођења и према облику кружног тока. Најучесталија подела ових раскрсница је према типу и величини као што је приказано у наредној табели (Табела 1).

Табела 1. Подела кружних раскрсница према типу и величина [8]

| Тип кружне раскрснице | Спољни пречник [m] | Оквирни капацитет [возила/дан] |
|---|--------------------|--------------------------------|
| Мини градска | 14-25 | 10.000 |
| Мала градска | 22-35 | 15.000 |
| Градска средње величине | 30-40 | 20.000 |
| Велика градска | 35-45 | 22.000 |
| Са спиралним кружним током (градска и ванградска) | 40-70 | 40.000 |
| Велика ванградска | >70 | - |

Према намени, кружне раскрснице се могу поделити на раскрснице чија је основна сврха умирење саобраћаја и раскрснице за ограничавања

саобраћаја односно обезбеђивања максималног дозвољеног протока или унапређење услова одвијања саобраћаја односно повећање проточности и побољшање нивоа услуге.

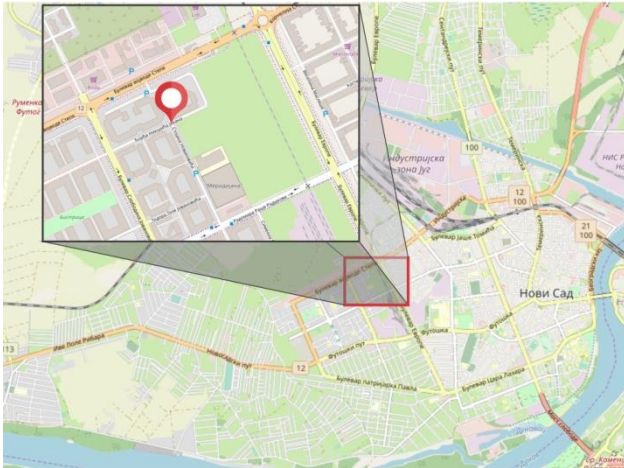
Према важећој законској регулативи у Републици Србији [9] возач који се приближава раскрсници дужан је да прилагоди вожњу условима саобраћаја на раскрсници, а нарочито да вози брзином при којој може да се заустави и пропусти возила која на раскрсници имају првенство пролаза. Аналогно томе раскрсница се може посматрати као елемент уличне мреже који директно утиче на брзину саобраћајног тока. С обзиром на чињеницу да раскрсница може утицати на брзину возила у одређеним случајевима раскрсница са својим пројектним елементима поред своје основне функције може бити посматрана као мера за успорење саобраћаја [10, 11].

Предмет овог рада је мерење брзина возила на прилазима кружне њихова упоредна анализа. Циљ рада је да се измерене брзине возила на прилазу анализирају и на тај начин покаже утицај овог типа раскрснице на услове одвијања саобраћаја са аспекта брзине возила.

2. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА И НАЧИН ПРИКУПЉАЊА ПОДАТАКА

2.1. Избор локације

Овим истраживањем прикупљене су брзине возила кружној раскрсници која се налази на територији Новог Сада. Раскрсница која је предмет анализе налази се у урбаном подручју и део су уличне мреже унутар стамбених блокова. Према типу анализирана раскрсница спада у мини градске раскрснице. По правилу овеј тип раскрсница користи се у збијеним градским срединама у сврху умирења саобраћаја, на којим је очекивана брзина возила је до 25,0 km/h. [8]. Анализирана кружна раскрсница је раскрсница улица Стојана Новаковића и Ђорђа Никшића Јохан која се налази у урбаног средини. Максимална дозвољена брзина кретања у зони раскрснице је 30 km/h јер се раскрсница налази у подручју које је регулисано као „зона 30“. На прилазу анализиране раскрснице приоритет је регулисан саобраћајним знаком „уступање првенства пролаза“ (II-1). На прилазима су обележени пешачки прелази ширине 3,00 m, са обележеном испрекиданом линијом заустављања у виду троуглова. Прилази на којим су прикупљани подаци о брзинама возила састоје од две саобраћајне траке ширине 3,00 m, а саобраћај се одвија у оба смера. Са леве и десне стране сваког анализираног прилаза налазе се означена места за паркирање путничких возила под углом од 90°. На уливном грлу и прилазу раскрсници постоји одговарајућа прегледност као осталим прилазима раскрснице.



Слика 1. Положај анализираних раскрсница на територији града Новог Сада

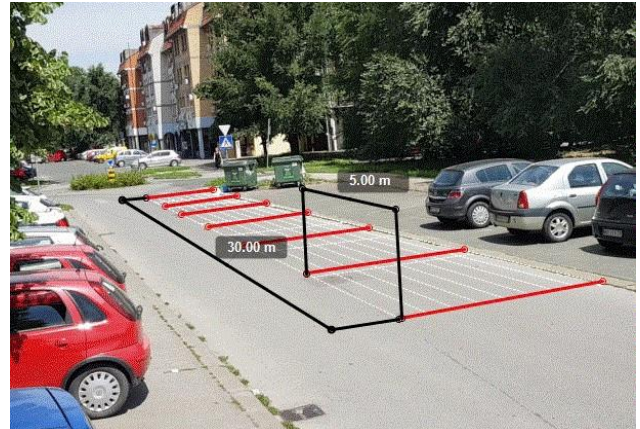
2.2. Начин прикупљања података

За мерење брзина возила која се приближавају раскрсници потребно је посматрати позицију возила у референтној тачки или пресеку током времена. За потребе истраживања параметара возила у процесима кретања на прилазу раскрсници примењена је методологија заснована се на снимању саобраћајног тока видео камером и анализе видео материјала. Овакав начин анализе саобраћајног тока показао се као ефикасан и приликом спровођења других сличних истраживања [12, 13].

Прикупљени узорак на кружној раскрсници се састоји од 205 брзина возила. Узорком су обухваћене само брзине путничких аутомобили и комби возила. Приликом прикупљања података нису у обзир узета возила која су се заустављала ради пропуштања пешака или ако је реч о кружној раскрсници ради уступања првенства пролаза возилима која се налазе у кружењу.

Пре почетка снимања саобраћајног тока на прилазу извршена је припрема локације. Припрема је подразумевала физичку поделу прилаза на шест једнаких сегмената дужине 5,0 m мерено од доње ивице зауставне линије ка прилазу, супротно од смера кретања возила. Почетак и крај сваког сегмента ограничен је маркер траком која је јасно уочљива забележеном видео снимку. Место обележено маркер траком представља референтни пресек (p_n). Камера којом је бележено кретање возила на прилазу била је постављена поред коловоза на висини која омогућава добру прегледност анализираних зоне на прилазу. Сачињен видео материјал фреквентности 24 *fps* обрађен је софтверу у који омогућава означавање референтних линија, анализу кретања објекта на снимку и преглед снимка по секвенцама у тачности од приближно 0,042 секунде.

На слици 2 дат је приказан је детаљ видео снимка прилаза након обраде у описаном програму (Слика 2). На тако обележеном прилазу извршено је анализа кретања возила бележењем времена проласка кроз референтни пресек. На основу добијених времена и познате дужине између референтних пресека израчунате су просечне временске брзине сваког возила на сваком од шест дефинисаних сегмената.



Слика 2. Обележавање прилаза у програму за анализу видео записа

2.2. Обрада података

Прорачун времена проласка појединачног возила између два суседна пресека, израчунато је на следећи начин:

$$T_n = t_{n+1} - t_n \quad [s] \quad (1)$$

Где је:

- T_n - време вожње дуж посматраног сегмента
- t_n - време проласка возила кроз пресек (n)
- t_{n+1} - време проласка возила кроз наредни пресек посматрано у смеру вожње ($n + 1$)

Прорачун просечне временске брзине појединачног возила извршен је на следећи начин:

$$\bar{V} = 3,6 L_s / T_n \quad [km/h] \quad (2)$$

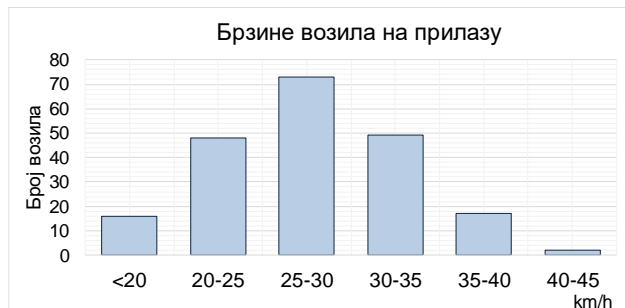
Где је:

- \bar{V} - средња временска брзина возила на сегменту
- L_s - дужина посматраног сегмента (5 m)

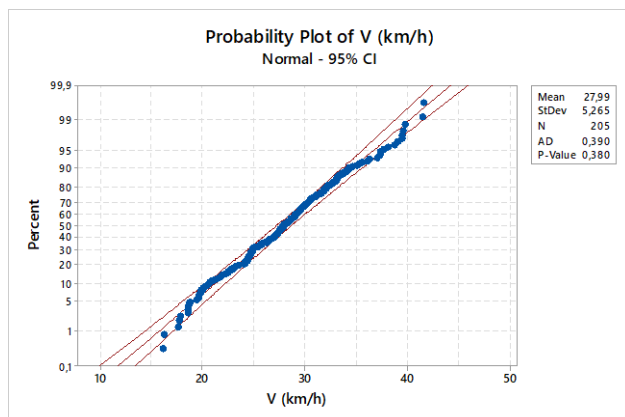
3. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

На основу прикупљених података извршена је анализа брзина где је одређена расподела брзина возила, минимална, максимална и средња вредност остварених брзина као и други релевантни дескриптивни параметри.

По разматрању добијених резултата изведени су закључци у који се доносе на карактеристике брзина возила на прилазу кружне раскрснице. Обрадом података о брзинама на прилазу кружној раскрсници утврђено је да се највећи број возила (35,4 %) крећу брзином између 25 и 30 km/h, односно 82,5 % возила креће се брзином 20 km/h и 35 km/h. На седећем графику приказана је расподела брзина возила по класама на прилазу кружној раскрсници. На основу приказаних података може се закључити да су се сва возила у анализираном узорку кретала брзином која не прелази границу општег ограничења брзине у насељу (50 km/h), али и да се 33,0% возила кретало просечном брзином која је већа од дозвољене у зони раскрснице.



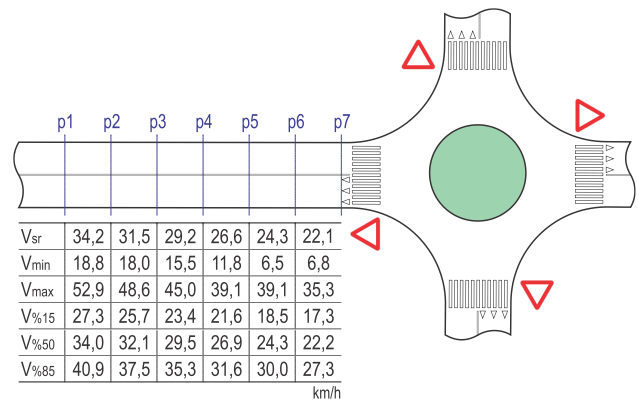
Графикон 1. Расподела брзина возила



Графикон 2. Тест на тип расподеле брзина возила

Средња вредност брзина возила на прилазу кружној раскрсници сагласна је са нормалном расподелом ($p\text{-value}=0,380$) са стандардним одступањем 5,27. Средња вредност брзине возила на прилазу износи 28,0 km/h.

Како вредност средње вредности брзине возила представља релативно грубу меру за описивање карактеристика брзине у оквиру истраживања анализираних су остварене средње временске брзине возила на дефинисаним сегментима. На наредној слици приказани су подаци о просечној вредности брзина кретања возила, минимална и максимална брзина, 15-перцентил, медиана и 85-перцентил, на сваком дефинисаном сегменту. Приказане вредности изражене су у km/h.



Слика 3. Вредности брзина по сегментима на прилазу кружне раскрснице

Анализом вредности података приказаних на претходној слици (Слика 3) може се закључити да на 30,0 m непосредно пре кружне раскрснице брзина константно опада. Тек 20,0 m пре зауставне линије средња вредност брзине износи мање од дозвољене брзине кретања у зони раскрснице (30 km/h), док 85,0% возила и ову границу достиже тек 10,0 m пре зауставне линије.

Обрадом средње брзине возила дефинисане по сегментима на прилазу раскрснице утврђено је да брзина опада линеарно. Регресионом анализом утврђеној је да је са великом тачношћу ($R^2=99,9\%$) могуће предвидети средњу вредност брзине возила на одређеној удаљености од зауставне линије и то на следећи начин:

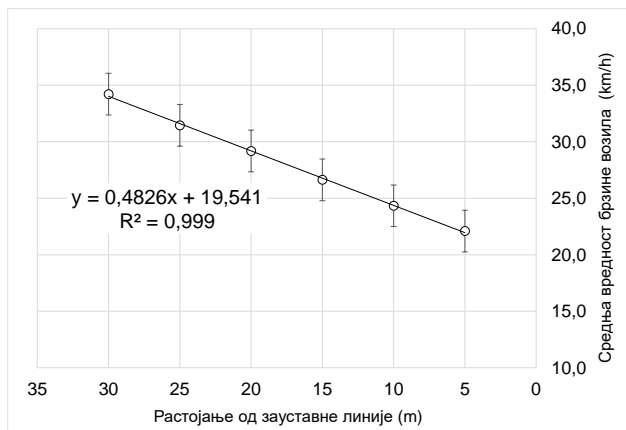
$$V_{pred}^X = 0,4826 X + 19,541 \quad [km/h] \quad (3)$$

Где је:

- V_{pred}^X - средња вредност брзине возила (тока) на удаљености "X"
- X - растојање од зауставне линије до тачке за коју се рачуна брзина ($X_{max}=30,0$ m)

Прорачун брзине на овај начин мора узети у обзир ограничења која су дефинисана у оквиру методологије прикупљања података, односно:

- поступак је примењив само на растојању до 30,0 m од зауставне линије, на прилазу мини градске кружне раскрснице,
- поступак не узима у обзир ометање кретања возила од стране пешака или других возила у раскрсници,
- поступак је ограничен на саобраћајне токове са 0,0% учешћа теретних возила.



Графикон 3. Математички опис профила брзине возила на прилазу кружне и раскрснице

3. ЗАКЉУЧАК

У овом раду систематизована је и приказана анализа брзина возила на прилазу кружне раскрснице. Раскрсница на којој је извршено истраживање део је мреже блоковских саобраћајница. Прикупљање података извршено је у реалном саобраћајном току, снимањем тока видео камером и обрадом видео материјала. На основу прикупљених података утврђене су брзине кретања појединачних возила по сегментима прилаза, односно промена брзина возила не прилазу у дужини од 30,0 m непосредно пре раскрснице. Укупан узорак укључује само возила која су прилазила раскрсници и чије кретање није било ометено од стране пешака или возила у раскрсници. Резултати спроведеног истраживања показали су да се брзина возила на прилазу кружној раскрсници креће у границама до 50,0 km/h. Брзине на прилазу у складу су са нормалном расподелом, а средња вредност брзина свих возила у току износи 28,0 km/h. Поред тога утврђено је да на 30,0 m непосредно пре кружне раскрснице брзина возила константно опада, као и да 85,0% возила брзину мању од 30,0 km/h остварује тек 10,0 m пре зауставне линије.

Спроведеном регресионом анализом математички је описана зависност између остварене средње вредности брзина свих возила у току и растојања од зауставне линије. Ова зависност неизоставно укључује дефинисана ограничења.

Правци даљих истраживања могу да буду усмерени ка утврђивању степена утицаја других типова кружних раскрсница на брзину возила на прилазу. Поред тога, даља истраживања могу да укључе утицај теретних возила на брзину току на овим местима, ометање кретања возила од стране пешака или других возила у раскрсници, као и комбиновани утицај ових параметара.

Characteristics of vehicle speed on roundabout approach

Nemanja Garunović, M.Sc. TE

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, garunovic@uns.ac.rs

Vuk Bogdanović, PhD TE

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, vuk@uns.ac.rs

Luka Dragić, B.Sc. TE

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, luka.dragic23@gmail.com

Mirko Gligić, B.Sc. TE

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, mirko.gligic@yahoo.com

Abstract: *The choice of the type of intersection and their design elements has been done in dependence of the street category and its functions on the network, as well as the relationship between the forecast traffic flow and required capacity. Street network design elements have direct influence on traffic condition, among other things, also on the vehicular speed. In this paper, the analysis of the vehicular speed on the roundabout intersection approaches was conducted. The analysis was conducted in order to get a relevant parameter that could answer the questions how to this type of intersection impact on the speed of approaching vehicles. The survey was realized on the street network in residential zone in the city of Novi Sad.*

Keywords: *roundabout, vehicular speed, traffic calming measures.*

Литература

- [1] Малетин, М. (2009). Планирање и пројектовање саобраћајница у градовима. Београд
- [2] Bogdanović, V., Ruškić, N., Kulović, M., Han, L.: Toward a Capacity Analysis Procedure for Nonstandard Two-Way Stop-Controlled Intersections. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2395 (2013), pp. 132-138., <https://doi.org/10.3141/2395-15>
- [3] Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, (2012). Јавно предузеће Путеви Србије
- [4] Al-Mudhaffar A., Berg S.: Signal Control of Roundabouts. Procedia - Social and Behavioral Sciences. Vol. 16, (2011), pp. 729-738, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.492>
- [5] Кењић, З. Избор типа раскрснице примјеном мултикритеријске анализе. Холандија
- [6] М. Милинковић, Д. Радовић, „Анализа саобраћаја на двотрачној кружној раскрсници - студија примјера кружна раскрсница "Петрићевац" на магистралном путу М-16," у Безбједност саобраћаја у локалној заједници, Бања Лука, 2016.
- [7] М. Савићевић, „Ефективност замене раскрсница са директним укрштањем токова кружним раскрсницама са аспекта безбедности саобраћаја," Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, Београд, 2017.

- [8] Rodegerdts, L., Bansen, J., Tiesler, C., Knudsen, J., Myers, E. (2010). Roundabouts: An informational guide. Report 672 - Second Edition. Transportation Research Board – National Cooperative Highway Research Program. Washington DC, USA
- [9] Закон о безбедности саобраћаја на путевима ("Сл. гласник РС", бр. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - одлука УС, 55/2014, 96/2015 - др. закон, 9/2016 - одлука УС, 24/2018, 41/2018, 41/2018 - др. закон и 87/2018), (2018), Република Србија
- [10] Bellefleur O., Gagnon F. (2011), Urban Traffic Calming and Health, National Collaborating Centre for Healthy Public Policy, Québec, Canada
- [11] SafetyNet. (2009). Speeding, European Commission. (on-line) Доступно преко: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/specialist/knowledge/pdf/speeding.pdf (11.01.2019.)
- [12] AMAL-Taei, A. (2016). Gap Analysis and Delay Development Modeling on Pedestrian Midblock Crossing in Dohuk City Road Network. International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering, 5(11), pp. 34–44.
- [13] Kadali, B. R., Chiranjeevi, T., Rajesh, R. (2015). Effect of pedestrians unsignalised mid-block crossing on vehicular speed. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 5(2), pp. 170–183. [https://doi.org/10.7708/ijtte.2015.5\(2\).07](https://doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(2).07)