

VREDNOVANJE MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA EVALUATION MEASURES FOR IMPROVING TRAFFIC CONDITIONS ON THE INTERSECTION

Andreja Malacko, Vuk Bogdanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Kratak sadržaj – U okviru rada izvršena je analiza karakteristika saobraćajnog toka na analiziranoj raskrsnici ulica Sentandrejski put – Teodora Mandića, Partizanskog odreda u Novom Sadu. Primenom inženjerskih alata, utvrđeni su nivo usluge i vremenski gubici za postojeće stanje. Nakon toga, urađena je optimizacija signalnih planova a rezultat su značajno smanjenje vremenskih gubitaka i poboljšanje nivoa usluge. Funkcionalnim i ekonomskim vrednovanjem je pokazano da bi predložena optimizacija značajno uticala na smanjenje troškova.

Ključne reči: Brojanje saobraćaja, Analiza saobraćajnog toka

Abstract – Within the work, the analysis of traffic flow characteristics was performed at the analyzed crossroads of Sentandrejski put - Teodor Mandić, Partisan Detachment in Novi Sad. With the use of engineering tools, the level of service and time losses for the current situation are determined. After that, the optimization of the signal plans was made and the result was a significant reduction of time losses and improvement of the level of service. Functional and economic valuation has shown that the proposed optimization would significantly influence the cost reduction.

Keywords: Traffic counting, traffic flow analysis

1. UVOD

Predmet ovog rada je analiza uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici Sentandrejski put – Put Partizanskog odreda – Teodora Mandića. Sentandrejski put predstavlja jedan od važnih ulaznih pravaca u Novi Sad, na kojem se svakodnevno odvija intenzivan tranzitni saobraćaj. Ujedno, ovom ulicom se pruža državni put IIA reda. Pored toga što ima veliku ulogu u odvijanju tranzitnog saobraćaja Sentandrejski put ima i veliki značaj za odvijanje lokalnog saobraćaja i zbog toga predstavlja jedan od najopterećenijih putnih pravaca gradske saobraćajne mreže. U okviru ovog rada izvršena je analiza postojećeg stanja na raskrsnici kao i analiza uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici.

Nakon analize i definisanja problema na datoj raskrsnici predložene su mere za poboljšanje stanja funkcionisanja same raskrsnice, nakon čega je izvršeno njihovo vrednovanje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vuk Bogdanović, red. prof.

2. KARAKTERISTIKE I GEOMETRIJA ANALIZIRANE RASKRSNICE

Raskrsnica se nalazi u severnom delu grada Novog Sada na jednom od glavnih izlaznih pravaca iz grada koji vodi ka Sirigu. Sastoji se od 4 prilaza. Prilazi 1 i 3 predstavljaju sastavni deo Sentandrejskog puta jednog od glavnih izlaznih pravaca iz Novog Sada dok prilaz 4 je prilaz koji vodi do carine i industrijske zone jug. Raskrsnica je površinska četvorokraka na kojoj je saobraćaj regulisan svetlosnom signalizacijom. Kada ne radi svetlosna signalizacija, prioritetni pravac predstavlja Sentandrejski put. Na sva četiri prilaza postoje pešački prelazi kao i prelazi biciklističkih traka. Takođe postoje trotoari na sva 4 prilaza sa obe strane puta osim na prilazu 3 gde se trotoar nalazi samo sa leve strane gledano u smeru Novi Sad-Sirig.

Prilaz 1 - Predstavlja severni prilaz na raskrsnici. Sastoji se od 5 saobraćajnih traka od kojih se 3 nalaze na ulivnom grlu, a 2 na izlivnom grlu. Prilaz 1 je regulisan saobraćajnim znakom „put sa prvenstvom prolaza“ (III-3) sa desne strane kolovoza, saobraćajnim znakom „obavezno obilaženje sa desne strane“ (II-45) koji se nalazi na razdelnom ostrvu na sredini kolovoza i sa leve strane prilaza postoji saobraćajni znak „staza za bicikliste“ (II-40) okrenuta je prema vozilima koja se izlivaju iz raskrsnice. Na sredini prilaza nalazi se razdelno ostrvo koje razdvaja ulivno i izlivno grlo prilaza kao i pešački prelaz u zoni raskrsnice.

Prilaz 2 – Predstavlja istočni prilaz iz ulice Teodora Mandića. Prilaz se sastoji iz dve saobraćajne trake odnosno jednom ulivnom trakom i jednom izlivnom trakom. Prilaz 2 je regulisan saobraćajnim znakom „ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza“ (II-1).

Prilaz 3 - Predstavlja pravac za kretanja iz centra Novog Sada, koji se sastoji iz ulivnog i izlivnog grla koji su fizički odvojeni razdelnim ostrvom. Ulivno grlo se sastoji iz tri trake dok se izlivno grlo sastoji iz dve trake, ali se nakon 18 m od raskrsnice proširuje se za još jednu traku koja je namenjena isključivanju sa puta, odnosno za pristup benzinskoj pumpi koja se nalazi pre raskrsnice.

Na prilazu 3 saobraćaj je regulisan saobraćajnim znakom „put sa prvenstvom prolaza“ (III-3) koji se nalazi sa desne strane saobraćajnim znakom „obavezno obilaženje sa desne strane“ (II-45). Razdelno ostrvo pored toga što razdvaja ulivno i izlivno grlo, deli i pešački prelaz na dva dela odnosno postoji pešačko ostrvo za prelazak pešaka na prilazu 3.

Prilaz 4 - Predstavlja zapadni prilaz raskrsnice odnosno Put Partizanskog odreda. Put vodi ka industrijskoj zoni jug. Sastoji se iz ukupno tri saobraćajne trake od kojih dve pripadaju ulivnom grlu, a jedna izlivnom grlu. Prilaz 4 regulisan je saobraćajnim znakom „ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza“ (II-1).

Raskrsnica je regulisana svetlosnom signalizacijom odnosno na svim prilazima postoje postavljene vozačke i pešačke lanterne kao i dodatne lanterne za uslovno desno skretanje na semaforskim stubovima, a na prilazima 1,3,4 postoje i na konzolnim stubovima.

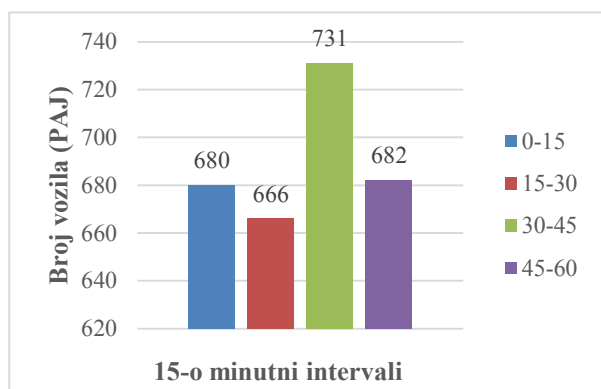
3. ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA NA RASKRSNICI

Analiza saobraćajnog opterećenja vrši se na osnovu podataka koji se dobijaju brojanjem saobraćaja na

Tabela 1. Časovna distribucija protoka vozila po ulivnim grlima na raskrsnici Sentandrejski put – Put Partizanskog odreda – Teodora Mandića

VREME	PRILAZ 1		PRILAZ 2		PRILAZ 3		PRILAZ 4		UKUPNO	
	voz	paj	voz	paj	voz	paj	voz	paj	voz	paj
07:00-08:00	763	804	190	207	869	918	457	510	2279	2439
08:00-09:00	686	740	217	223	781	820	439	495	2123	2278
09:00-10:00	672	717	241	246	780	821	410	478	2103	2262
13:00-14:00	823	880	227	235	872	929	412	473	2334	2517
14:00-15:00	891	962	294	297	934	978	457	522	2576	2759
15:00-16:00	855	905	329	332	867	921	375	413	2426	2571
18:00-19:00	652	695	153	160	786	821	215	227	1806	1903
19:00-20:00	824	856	174	175	783	817	179	192	1960	2040
20:00-21:00	682	705	82	84	512	528	198	213	1474	1530
UKUPNO	6848	7264	1907	1959	7184	7553	3142	3523	19081	19299

Kao što je već pomenuto na osnovu celodnevnog brojanja saobraćaja utvrđeno je da je vršni sat između 14 i 15 časova. Za taj vršni sat urađena je raspodela broja vozila po 15-to minutnim intervalima koja će biti prikazana na Grafikonu 1. Sa datog grafikona jasno se može videti da je u okviru vršnog sata maksimalno vršno opterećenje od 14:30-14:45 časova, kada za 15 minuta prođe 731 vozilo kroz analiziranu raskrsnicu.



Grafikon 1. Raspodela broja vozila na analiziranoj raskrsnici tokom vršnog časa

U toku vršnog časa najopterećeniji su prilazi 1 i 3. Najveći protok vozila ostvaren je na prilazu 3 i iznosi 755 PAJ/čas i odnosi se na kretanje vozila pravo. Najveći protok za desna skretanja ostvaren je na prilazu 1 sa 23 PAJ/čas, dok su leva skretanja najopterećenija sa prilaza 4 i iznose 345 PAJ/čas. Najopterećenije ulivno grlo je na

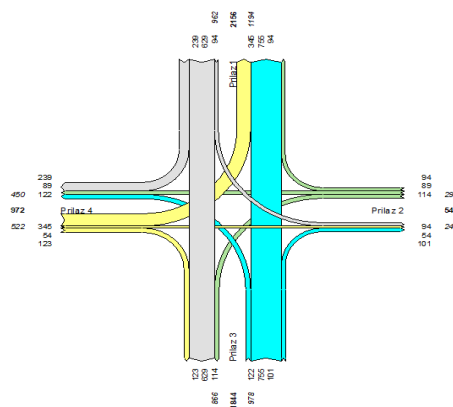
raskrsnici. [1] Brojanje saobraćaja za analiziranu raskrnicu rađeno je 23.04.2015. godine, vršeno je u tri karakteristična perioda u toku dana 07:00-10:00, 13:00-16:00 i od 18:00-21:00.

Celokupno istraživanje podeljeno je na 15-o minutne intervale. Na osnovu rezultata brojanja utvrđeni su vršni sati za jutarnji, popodnevni i večernji period brojanja. Jutarnji vršni sat je od 07:00-08:00, popodnevni od 14:00-15:00 i večernji od 18:00-19:00.

Najopterećeniji sat u toku dana bio je od 14:00-15:00 časova što je ujedno i vršni sat na osnovu kog se radila analiza saobraćajnog opterećenja.

U narednoj tabeli (Tabela 1.) biće prikazani rezultati brojanja po prilazima i ukupno za sve sate brojanja.

prilazu 3 sa 978 PAJ/čas, dok je najopterećenije izlivno grlo na prilazu 1 i iznosi 1194 PAJ/čas. Naredna slika daje prikaz opterećenosti tokova što je prikazano proporcionalno prema debljini linija uz pomoć programa Strodio.



Slika 1. Distribucija tokova na raskrsnici po smerovima kretanja u popodnevnom vršnom času od 14:00-15:00 časova

4. ANALIZA USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

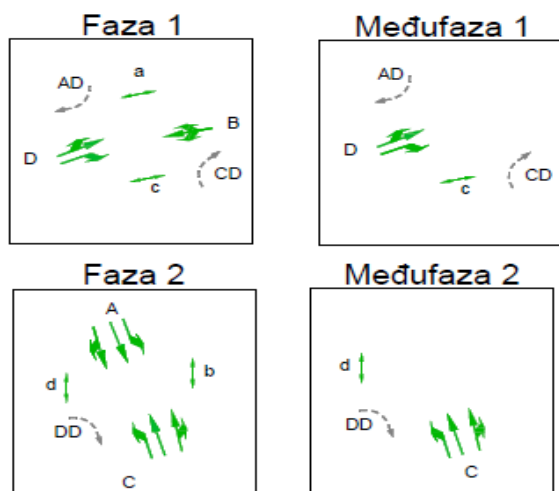
U okviru analize korišćen je HCS 2000 program kako bi se dobili odgovarajući rezultati. HCS je možda najčešće korišćen alat za utvrđivanje nivoa usluge. On verovatno sprovodi procedure definisane u priručniku o kapacitetima autoputeva odnosno u HCM-u (Highway Capacity Manual) [3] i koristi se za saobraćajne operacije, koriste

ga projektanti kao i planeri i drugi stručnjaci u oblasti saobraćaja, širom sveta. Na osnovu ulaznih podataka dobijeni su podaci o vremenskim gubicima i kao krajnji rezultat dobija se nivo usluge za datu raskrsnicu. Analiza raskrsnice urađena je za postojeće i optimizovano stanje. U postojećem stanju analizom su dobijeni dosta loši rezultati odnosno dobijeni su vremenski gubici od čak 133,2 s/vozilu na nivou celokupne raskrsnice što pokazuje da je nivo usluge na datoj raskrsnici „F“ odnosno najlošiji nivo usluge. Kako bi se poboljšao nivo usluge odnosno smanjili vremenski gubici na raskrsnici neophodno je da se predlože određene mere za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja. Kao mera za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja na analiziranoj raskrsnici predložena je optimizacija odnosno smanjenje dužine trajanja ciklusa . Dužina ciklusa je u postojećem stanju 110 sekundi , međutim kako bi se dobili pozitivni rezultati dužina ciklusa je smanjena na 69 s što je pokazalo pozitivne

rezultate. Optimizacijom došlo je do smanjenja vremenskih gubitaka od čak 98,3 s odnosno u optimizovanom stanju vremenski gubici iznose 34,9 s, čime se i nivo usluge poboljšao na „C“. Optimizacijom su postignuti značajniji rezultati odnosno došlo je do značajnih ušteda vremena čekanja na raskrsnici, vozila se manje zadržavaju u raskrsnici i samim tim mnogo je manje stresnih situacija, mnogo su manja zagađenja vazduha kako zbog buke tako i zbog štetnih gasova koji se javljaju najviše za vreme stajanja vozila. Kao rezultat optimizacije urađen je i novi signalni plan (plan tempiranja) zbog smanjenja vremena trajanja ciklusa i dobijena su nova zaštitna vremena. Na narednim slikama biće prikazan novi signalni plan (slika 2) i fazni plan koji je zadržao prvobitno stanje (slika 3).



Slika 2. Plan tempiranja nakon optimizacije



Slika 3. Fazni plan

5. VREDNOVANJE MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

5.1. Funkcionalno vrednovanje

Nakon što je izvršena analiza i optimizacija uslova odvijanja saobraćaja uz pomoć programa HCS 2000 na raskrsnici Sentandrejski put – Put Partizanskog odreda – Teodora Mandića dobijeni su pozitivni rezultati odnosno došlo je do značajnog smanjenja vremenskih gubitaka što znači i značajnu uštedu vremena, a samim tim i poboljšanje nivoa usluge.

Kako bi se jasnije videli rezultati optimizacije u tabeli 2 prikazani su vremenski gubici i nivo usluge pre i posle optimizacije. Najveća ušteda vremena dobijena je na prilazu 2 gde su gubici smanjeni za 234702 s.

Tabela 2. Prikaz vremenskih gubitaka i nivoa usluge pre i posle optimizacije – poređenje

Br. prilaza	Pre optimizacije			Posle optimizacije		
	kapacitet	Vremenski gubici	LOS	kapacitet	Vremenski gubici	LOS
Prilaz 1	1348	47,0	D	1114	41,2	D
l	88	168,7	F	110	85,5	F
pd	1260	33,7	C	1004	36,4	D
Prilaz 2	133	829,4	F	437	33,8	C
lpd	133	829,4	F	437	33,8	C
Prilaz 3	2090	23,0	C	1371	31,0	C
l	348	36,2	D	188	51,7	D
pd	1742	21,0	C	1183	28,1	C
Prilaz 4	1072	66,8	E	1262	32,1	C
lp	455	80,1	F	513	38,5	D
d	617	24,0	C	749	11,5	B
V.G. (sek/voz)	133,2			34,9		
LOS	F			C		

Pored toga, na prilazu 1 ušteda je bila 5568 s, prilaz 4 je imao uštede od 18079 s, dok je na prilazu 3 došlo do povećanja vremenskih gubitaka za 8 s po vozilu, pa su vremenski gubici povećani za 7776 s. Na kompletnoj raskrsnici optimizacijom su ukupni vremenski gubici smanjeni za 270128 s, odnosno 75 časova.

5.2. Ekonomsko vrednovanje

Optimizacijom postojećeg načina funkcionisanja analizirane raskrsnice izvršene su značajne uštede vremenskih gubitaka koje imaju veliki uticaj i na uštedu goriva. Veliki troškovi goriva javljaju se zbog čestih zaustavljanja vozila.

Zagušenja u saobraćaju i loš nivo usluge mogu izazvati pogoršanje socijalnog i zdravstvenog života stanovnika, produženo vreme putovanja, veću nervozu kod učesnika u saobraćaju i povećane troškove goriva. Na troškove goriva pored broja vozila u vršnom vremenskom periodu, PGDS-a i vremenskih gubitaka, utiču i prosečna potrošnja goriva i njegova cena.

U postojećem stanju ukupni troškovi goriva zbog vremenskih gubitaka vozila su 352.534 \$ na godišnjem nivou dok su nakon optimizacije dobijeni znatno manji troškovi od 282.476 \$ na godišnjem nivou što bi značilo da je optimizacija uticala na uštedu od 70.058 \$ na godišnjem nivou.

Takođe, pored troškova goriva, usled vremenskih gubitaka javljaju se i ekološki troškovi zbog povećane emisije izduvnih gasova. U okviru analize razmatrana su tri najznačajnija polutanta: CO – ugljen monoksid, CO₂ – ugljen-dioksid, NO_x – oksidi azota.

Proračun troškova zagađenja vazduha izduvnim gasovima na analiziranoj raskrsnici direktno zavisi od dobijenih vremenskih gubitaka, od broja vozila u vršnom satu, od PGDS-a, od cene emisije izduvnog gasa kao i od emisije izduvnog gasa u toku jednog časa.

Na osnovu istraživanja u toku jednog sata rada motora emituje se 10 kg CO, 110 kg CO₂, 0,3 kg NO_x.

Proračunom su utvrđeni vremenski gubici pre i nakon optimizacije, a ušteda iznosi 1.125.677 \$ na godišnjem nivou.

6. ZAKLJUČAK

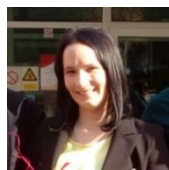
Cilj rada je bio da se ukaže na nedostatke vezane za uslove odvijanja saobraćaja na analiziranoj raskrsnici i da se nakon analize predlože mere za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja.

Uz pomoć programa HCS 2000 izvršena je analiza postojećeg i optimizovanog stanja, a zatim je vršena uporedna analiza dobijenih rezultata. Analiza je pokazala da je optimizacija uticala na smanjenje vremenskih gubitaka i poboljšanje nivoa usluge sa „F“ na „C“, čime su ostvarene značajne uštede zbog smanjenja potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova što je prikazano funkcionalnim i ekonomskim vrednovanjem mera za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja.

6. LITERATURA

- [1] Internet stranica <https://mctrans.ce.ufl.edu/mct/index.php/about-the-mctrans-center/>;
- [2] Dr Tihomir Đorđević, Regulisanje saobraćajnih tokova svetlosnom signalizacijom, Beograd 1997;
- [3] Highway Capacity Manual (2000). Washington D.C.: Transportation Research Board of The National Research Council

Kratka biografija:



Andreja Malacko rođena je u Vrbasu 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Planiranje, regulisanje i bezbednost saobraćaja odbranila je 2018.god. kontakt: andreja.malacko3@gmail.com

Vuk Bogdanović rođen je u Sremskoj Mitrovici 1966. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., a od 2017 je u zvanju redovnog profesora.