

UDK/UDC: 625.711.1(497.11)

## ANALIZA EKSPLOATACIJSKIH KARAKTERISTIKA MAGISTRALNOG PUTA M-5 NA DEONICI OPŠTINE TRSTENIK

Radoš Pantić<sup>1)</sup>, Branimir Milosavljević<sup>2)</sup>, Saša Babić<sup>3)</sup>, Milomir Mijatović<sup>1)</sup>

Kategorija rada:  
PREGLEDNI RAD

AFILIJACIJA/ADRESA:

1) Visoka tehnička mašinska škola Trstenik, R. Krstića 19

2) ATP Morava AD Vrnjačka Banja

3) "Marfin bank" Vrnjačka Banja

**Rezime:** Geografski položaj opštine Trstenik i putni pravci koji prolaze kroz teritoriju opštine od posebnog su značaja za SR Srbiju. Deonica magistralnog putnog pravca M-5, Zaječar-Paraćin-Stalac, od posebne je važnosti jer se preko ove saobraćajnice ostvaruju regionalne veze u svim pravcima, posebno područja sa Moravskom magistralom na istoku i Ibarskom magistralom na pravcu sever-jug.

Obzirom da ova magistrala prolazi kroz opštinu u dužini 19,1 km, u radu je izložena analiza eksploatacijskih karakteristika kao osnova za objedinjavanje kvaliteta saobraćajnih tokova na istoj.

**Ključne reči:** M-5, eksploataciona analiza, opština Trstenik

### 1. UVOD

Magistralni put M-5 Paraćin-Stalac-Kraljevo-Čačak, kao i regionalni putevi R-217 (Kruševac-Kraljevo) i R-219 (Trstenik-Rekovac-Kragujevac), čine okosnicu vangradske putne i gradske ulične mreže Trstenika. Preko ovih saobraćajnica, Trstenik ostvaruje saobraćajnu vezu povezujući ovo područje sa Moravskom magistralom na istoku i Ibarskom magistralom na zapadu.

Magistralni putni pravac M-5, čija je Evropska oznaka E-761 predstavlja značajnu vezu u putnoj mreži Srbije. Do 1991 godine magistralni pravac M-5 predstavljao je jedan od pet magistralnih pravaca međunarodnog i domaćeg značaja. Deonica magistralnog puta M-5 na teritoriji opštine Trstenik na putnom pravcu od Čaira do Stopanje, jedan je od 8 deonica na potezu od Kraljeva do Kruševca. Deonica Čairi-Stopanja podeljena je na dve poludeonice radi što bolje preglednosti. Saobraćajne deonice su delovi puta između čvorišta, dok su saobraćajni odseci određeni kao homogene celine u pogledu elemenata poprečnog profila, stepena zakrivljenosti i ostalih relevantnih karakteristika. Na potezu ove deonice (tabela 1) širina saobraćajne trake je 3,0 m, udaljenost bočnih smetnji uglavnom 0,50 m. Stanje kolovoznog zastora ocenjujemo ocenom 3 (100). Kolovozni zastor je od asfalta,

Tabela 1 – Podela deonice Čairi – Stopanja

Oznaka deonice	Saobraćajna deonica	Dužina (m)	Karakter deonice
35 PP	Trstenik (ulaz) – Trstenik (izlaz)	2.618	vangradska
36 PP	Trstenik (izlaz) – Stopanja (R- 219)	11.262	vangradska

### 3. METODOLOGIJA ZA PRORAČUN I ANALIZU PRAKTIČNOG KAPACITETA C, BRZINE Vc I GUSTINE gc PRI KAPACITETU OSNOVNIH ODSEKA DVOTRAČNIH PUTEVA

Opšti oblik obrasca za proračun praktičnog kapaciteta (C) osnovnih odseka svih puteva je:

$$C = Vc * gc \quad \dots \dots \dots (1)$$

gde su:

konfiguracije terena je ravničarska. Osnovna podela navedene deonice prikazana je u tabeli 1.

### 2. FUNKCIONALNO VREDNOVANJE USLOVA SAOBRAĆAJA NA DEONICAMA 35 PP I 36 BEZ REVITALIZACIJE

Funkcionalno vrednovanje putne mreže predstavlja proceduru ocenjivanja uslova saobraćaja na putnoj mreži tj. proračun osnovnih pokazatelja NU po deonicama (odsecima) i upoređivanje sa odgovarajućim kriterijumima (zahtevanim vrednostima osnovnih pokazateljima NU). Ocena uslova saobraćaja zasnovana je na pokazateljima NU. Na osnovu analize relevantnih pokazatelja NU na postojećoj mreži i upoređivanjem dobijenih vrednosti sa zahtevanim repnim vrednostima definišu se:

- Sposobnosti postojeće mreže da udovolji zahteve saobraćajnih tokova u prostoru i vremenu, tj. pruža odgovor o postojanju ili ne postojanju funkcionalnih potreba za poboljšanje (revitalizaciju) postojeće mreže.
- Identifikuju glavni uzroci postojećeg stanja na putnoj mreži.
- Iniciraju potrebe za revitalizaciju i otklanjanje identifikovanih uzroka radi podizanja NU saobraćajnica na deonici.

Tehničko-eksploatacione karakteristike mreže bez revitalizacije prikazane su u tabeli 2.

Vc - prosečna brzina toka pri praktičnom kapacitetu  
gc - prosečna gustina toka pri praktičnom kapacitetu  
1) Obrasce za proračun brzine toka pri C za osnovne odseke dvotračnog puta

a) Obrazac za brzinu pri praktičnom kapacitetu za deonice dvotračnih puteva za dvosmerni saobraćaj kod kojih odličujući uticaj na V imaju k-ke poprečnog profila puta – standardni model:

- Za  $V_{mv} > 70 \text{ km/h}$   
 $Vc = V_{co} * F(\dot{S}T) * F(BS) * F(a/b) \quad \dots \dots \dots (2)$

Vco-brzina pri osnovnom kapacitetu saobraćajne trake  
 F(BS)-faktor kojim se iskazuje udaljenost nepokretnih bočnih smetnji na brzinu toka pri C  
 F(ST)-faktor kojim se iskazuje širina saobraćajne trake na V toka pri C

Fv(a/b)-faktor kojim se iskazuje uticaj neravnomernosti zahteva tokova po smerovima, pri merodavnom vršnom protoku, na V toka pri C

b) Obrazac za proračun brzine  $V_c$  pri kapacitetu puteva za dvosmerni saobraćaj kod kojih odlučujući uticaj na brzinu V toka imaju: veličina uzdužnog nagiba (UN), radijus krivine u horizontalnoj ravni (R) i stanje kolovoza (R) – specijalni model

- Odseci dvotračnog puta u specifičnom uzdužnom nagibu, ako je zasićen tok u smeru uspona

$$V_c = V_{mv}(UN) * F(UN) \dots\dots\dots (4)$$

$V_{mv}$ -brzina merodavnog vozila uslovljena veličinom i dužinom uzdužnog nagiba (UN)

F(UN)-faktor kojim se iskazuje uticaj veličine i dužine uzdužnog nagiba na brzinu pri kapacitetu (C)

- Odseci dvotračnog puta sa horizontalnim krivinama u kojima je brzina merodavnog vozila na odseku u krivinama  $V_r < 70$  (km/h)

$$V_c = V_{mv}(R) * F(R) \dots\dots\dots (5)$$

$V_{mv}(R)$ -slobodna brzina merodavnog vozila uslovljena horizontalnom krivinom određenog radijusa (R)

F(R)-faktor kojim se iskazuje uticaj veličine radijusa horizontalne krivine pri kapacitetu

- Odseci dvotračnog puta sa lošim stanjem kolovoza na kojima je brzina merodavnog vozila  $V_{mv}(SK) < 70$  (km/h)

$$V_c = V_{mv}(SK) * F(SK) \dots\dots\dots (6)$$

$V_{mv}(SK)$  -slobodna brzina merodavnog vozila uslovljena stanjem kolovoza (SK)

F(SK)-faktor kojim se iskazuje uticaj stanja kolovoza na V pri C

Tabela 2 - Tehničko-eksplatacione karakteristike mreže bez revitalizacije na deonici puta M-5

Oznaka deonice	Saob. deonica	Odsek	Dužina odseka (km)	Broj saobraćajnih traka/širina trake (m)	Udaljenost bočnih smenji	Stanje kolovoza/istrošenost (%)	Min rad horiz. kriv. [m]/ prosečna zakrivljenost	Pregled. za bezb. preticanje	Ogranič. brzina
35 PP	Trstenik (ulaz) - Trstenik (Izlaz)	/	2,618	2/3,0	0,50	3/100	290/0,8	60	50
36 PP	Trstenik (izlaz) - Stopanja	1	7,352	2/3,0	0,50	3/75	9999/0,0	100	60
		2	1,920	2/3,0	0,50	3/50	140/0,9	100	/
		3	1,990	2/3,0	0,50	3/50	40/4,4	80	60

2) Obrasci za proračun gustine toka pri praktičnom kapacitetu za osnovne odseke dvotračnog puta

$$g = g_{co} * F(KV) * F_g(a/b) \dots\dots\dots (7)$$

$g_{co} = 39,45$  (PA/km/oba smer) gustina pri baznom kapacitetu osnovnog odseka puta u praktično idealnim uslovima za tok PA i odnos veličine tok po smerovima 50:50 %

F(KV) – faktor kojim se iskazuje kvantitativni uticaj heterogenosti saobraćajnog toka pri C

Fg(a/b)-faktor kojim se iskazuje uticaj neravnomernosti zahteva za protokom po smerovima, pri merodavnom vršnom časovnom protoku na gustinu toka pri C, kada je u jednom smeru dostignut zasićen tok

Na osnovu vrednosti merodavnog časovnog protoka  $q_{mv}$  na posmatranoj deonici magistralnog puta M-5 i tehničkih karakteristika deonice 35PP i 36PP, primenom (2), (5), (6) određene su vrednosti brzina u slobodnom toku  $V_{sl}$  i eksploatacijskih brzina  $V_e$  za 2002 i  $V_e$  za 2021 (tabela 3).

Tabela 3 - Brzine osnovnih deonica i brzine saobraćajnog toka na deonicama 35 PP i 36

Oznaka deonice	Vsl (km/h)					Ve-2002 (km/h)					Ve-2021 (km/h)					
	PA	BUS	TV	AV	TOK	PA	BUS	TV	AV	TOK	PA	BUS	TV	AV	TOK	
35PP	75	65	60	50	70	67	59	55	47	64	63	55	51	43	59	
36PP	1	75	70	65	60	73	70	65	60	55	67	63	59	54	49	60
	2	90	80	75	70	86	83	73	68	63	79	75	65	60	55	71
	3	75	70	63	55	72	70	66	59	52	67	66	62	55	48	63

**4. KRITERIJUMI ZA OCENU USLOVA NA DEONICAMA 35 PP I 36 PP MAGISTRALNOG PRAVCA M-5**

Kriterijumi funkcionalnog vrednovanja se dobijaju kada se osnovnim pokazateljima NIVO USLUGE dodele odgovarajuće repere vrednosti. Osnovni kriterijumi funkcionalnog vrednovanja su:

- Granični stepen iskorišćenja praktičnog kapaciteta ( $q_m/C$ )

Kriterijum  $q_m/C$ :

-  $q_m/c <$  (tabličnoj vrednosti pokazatelja), na deonici su zadovoljavajući uslovi odvijanja saobraćaja

- (tablična vrednost)  $< q_m/C <$  (1,05\* tablična vrednost), na deonici su podnošljivi uslovi saobraćaja

-  $q_m/C >$  (1,05\* tablična vrednost), na deonici su nezadovoljavajući uslovi saobraćaja

- Zahtevana prosečna brzina ( $V_e$ )

Kriterijum  $V_e$ :

-  $V_e >$  (tabličnoj vrednosti pokazatelja), na deonici su zadovoljavajući uslovi odvijanja saobraćaja

- (tablična vrednost)  $> V_e >$  (1,05\* tablična vrednost), na deonici su podnošljivi uslovi saobraćaja

-  $V_e <$  (1,05\* tablična vrednost), na deonici su nezadovoljavajući uslovi saobraćaja

- Granična zastupljenost i adekvatna raspoređenost pregledne daljine za bezbedno preticanje (PP)

Kriterijum PP (%):

- P (%)  $>$  (tabličnoj vrednosti pokazatelja), na deonici su zadovoljavajući uslovi odvijanja saobraćaja

- (tablična vrednost)  $> P$  (%)  $>$  (0,90\* tablična vrednost), na deonici su podnošljivi uslovi saobraćaja

- P (%)  $<$  (0,90\* tablična vrednost), na deonici su nezadovoljavajući uslovi saobraćaja

- Stanje bezbednosti saobraćaja

**Kriterijum:**

S obzirom na ostvareni broj saobraćajnih nezgoda godišnje na 1 km deonice puta (N<sub>sn</sub>) u odnosu na **granični (podnošljivi) broj (N<sub>sng</sub>), tipične ocene sa aspekta bezbednosti** su:

- za (N<sub>sn</sub>) < (N<sub>sng</sub>), na deonici su zadovoljavajući uslovi saobraćaja
- za (N<sub>sn</sub>) > (N<sub>sng</sub>), na deonici su nezadovoljavajući uslovi saobraćaja

Tabela 4 – Zahtevani NIVOI USLUGE u planiranom periodu eksploatacije

Godina eksploatacije puta	NU	qm/C	Ve
Prva	A (B)	<30	>90
ciljna	D	<0,62	>75

Za proveru da li postojeće deonice udovoljavaju očekivane saobraćajne tokove u planiranom periodu eksploatacije na zahtevanom NU u prvoj godini (A (B)) i NU (C (D)) u ciljnoj godini posmatranog perioda, sproveden je **postupak funkcionalnog vrednovanja**:

Tabela 5 – Praktični kapacitet, brzina pri C i iskorišćenog C

Oznaka deonice	Dužina deonice	Vc [km/h]	C [voz/h]	Uzrok	qm/C		
					2002.	2021.	
35 PP		2,618	58	2.196	Vc=f (SK)	0,28	0,62
36 PP	1	11,262	57	2.104	Vc=f (KPP)	0,29	0,64
	2		71	2.692	Vc=f (KPP)	0,23	0,51
	3		61	2.286	Vc=f (Rmin)	0,27	0,60

**5. REZULTATI ANALIZE**

**Deonica 35PP: Trstenik (ulaz) – Trtenik (izlaz)**

Karakteristika koja ima presudnu ulogu na obaranje brzine je stanje kolovoza SK=3 (100 %). Ocena uslova odvijanja saobraćaja na analiziranoj deonici je:

Tabela 6 – Ocena uslova saobraćaja

Oznaka deonice	2002. godina						2021. godina						
	qm/C			Ve			Izrač. vred.			Zaht. vred.			
	Izrač. vred.	Zaht. vred.	Ocena	Izrač. vred.	Zaht. vred.	Ocena	Izrač. vred.	Zaht. vred.	Ocena	Izrač. vred.	Zaht. vred.	Ocena	
35PP	0,28	<0,30	Zad.	64	>90	Nez.	0,62	<0,62	Pod.	59	>75	Nez.	
36PP	1	0,29	<0,30	Zad.	67	>90	Nez.	0,64	<0,62	Pod.	60	>75	Nez.
	2	0,23	<0,30	Zad.	79	>90	Nez.	0,51	<0,62	Zad.	71	>75	Nez.
	3	0,27	<0,30	Zad.	67	>90	Nez.	0,60	<0,62	Zad.	63	>75	Nez.

**Deonica 36PP: Trstenik (izlaz) – Stopanja (odsek 1)**

Karakteristika koja ima presudnu ulogu na obaranje brzine je k-ka poprečnog profila; ŠT=3,0 m, a udaljenost bočnih smetnji je 0,5 m. Ocena uslova odvijanja saobraćaja na analiziranoj deonici je:

- po kriterijumu brzine (Ve) i u baznoj i u ciljnoj godini deonica ne zadovoljava uslove saobraćaja
- po kriterijumu (q/C) u 2002. godini uslovi odvijanja saobraćaja su zadovoljavajući, a u ciljnoj 2021. godini deonica ima podnošljive uslove odvijanja saobraćaja
- po kriterijumu pregledne daljine za bezbedno preticanje deonica zadovoljava uslove saobraćaja

**Deonica 36PP: Trstenik (izlaz) – Stopanja (odsek 2)**

Karakteristika koja ima presudnu ulogu na obaranje brzine je k-ka poprečnog profila ŠT= 3,0 m, a udaljenost bočnih smetnji je 0,5 m. Ocena uslova odvijanja saobraćaja na analiziranoj deonici je:

- po kriterijumu brzine (Ve) u 2002. godini uslovi odvijanja saobraćaja su zadovoljavajući, a u ciljnoj 2021. godini deonica ima podnošljive uslove odvijanja saobraćaja
- po kriterijumu (q/C) i u baznoj i u ciljnoj godini deonica zadovoljava uslove saobraćaja
- po kriterijumu pregledne daljine za bezbedno preticanje deonica zadovoljava uslove saobraćaja

**Deonica 36PP: Trstenik (izlaz) – Stopanja (odsek 3)**

Karakteristika koja ima presudnu ulogu na obaranje brzine je minimalni radijus horizontalne krivine Rmin=140 m. Ocena odvijanja saobraćaja na analiziranoj deonici je:

- po kriterijumu brzine (Ve) i u baznoj i u ciljnoj godini deonica ne zadovoljava uslove saobraćaja
- po kriterijumu (q/C) i u baznoj i u ciljnoj godini deonica zadovoljava uslove saobraćaja
- po kriterijumu pregledne daljine za bezbedno preticanje deonica zadovoljava uslove saobraćaja

**6. ZAKLJUČAK**

Prostornim planom Republike Srbije planira se izgradnja autoputa M-5 koji se poklapa sa evropskim putem E-761 (Pojate-Kruševac-Kraljevo-Čačak), kojim se povezuje postojeći autoput Beograd-Niš (E-75) sa planiranim autoputem Beograd-Južni Jadran (E-763). Položaj planiranog autoputa u odnosu na Trstenik, sa saobraćajnog aspekta, predstavlja saobraćajnicu koja je od izuzetnog značaja, jer se u odnosu na grad pruža u pravcu istok-zapad, a pri tome predstavlja jednu kvalitetnu saobraćajnu vezu između postojećeg autoputa Beograd-Niš (E-75) sa planiranim autoputem Beograd-Južni Jadran. Prognoza saobraćajnog

opterećenja na postojećem magistralnom putu, za planski period izrade Plana, u slučaju da ne postoji autoput, pokazalo je da će već 2010. godine pojaviti opterećenje postojećeg puta apsolutno neprihvatljivo za put koji već sada ima nezadovoljavajuće eksploatacione - tehničke karakteristike.

Magistralni pravac M-5 koji prolazi kroz Opštinu Trstenik (neposredno kroz fabrički krug "P. Petoletke"), od velikog je značaja za funkcionisanje celokupnog saobraćajnog sistema opštine. Naselja na levoj strani Zapadne Morave, nisu fizički spojena sa magistralom, pa su saobraćajni tokovi prinuđeni da u svom kretanju ka istoj opterećuju gradsku uličnu mrežu i doprinose pogoršanju saobraćajnih uslova. Sama činjenica da za održavanje magistrale je zaduženo preduzeće "Kruševac put" iz istoimenog grada, a za kontrolisanje bezbednosti SUP-a iz Kruševca, dodatno pogoršava situaciju, jer se ne dozvoljava da domicilna policija i preduzeća reaguju ako je intervencija hitno potrebna ili uočena. U takvim okolnostima najviše gube stanovnici opštine, jer je zatvoren začarani krug nadležnosti i obaveza.

Nakon utvrđene ocene stanja uslova saobraćaja u periodu od 2002. do 20021. godine na delu magistrale M-5 koji prolazi kroz Opštinu Trstenik, konstantovani su nezadovoljavajući uslovi saobraćaja i uzimajući u obzir rezultate dobijene ocenom stanja i značaja ovog putnog pravca, definisan je sledeći program mera poboljšanja:

- Mere poboljšanja odnosa puta i naselja (urbanističko-tehničke mere)
- Mere regulative koje obuhvataju:
  - građevinske mere
  - zaštitu pešaka i dece
  - poboljšanje parkiranja vozila (sa posebnim osvrtom na probleme teretnih vozila i autobusa)
  - mere poboljšanja horizontalne i vertikalne signalizacije
  - ostale mere

## ANALYSIS OF EKSPLOATATION CHARACTERISTICS HIGHWAY M-5 ON THE SECTION OF MUNICIPALITY TRSTENIK

**Abstract:** *The geographical position of the municipality Trstenik and roads that pass through the territory of the municipality of special importance for SR Serbia. Section main road direction M-5, Cinema Paraćin-Stalać, of particular importance because it is realized through the regional road links in all directions, especially areas with tour bus in the east & Ibar highway in north-south direction.*

*Considering that this bus passes through the municipality of 19.1 km in length, the paper is exposed to analysis exploitation characteristics as the basis for uniting the quality of traffic flow on the same.*

**Keywords:** *M-5, exploitation analysis, municipalities Trstenik*

Datum prijema rada: 03. III 2010.

## LITERATURA

- [1] M. D. Popović, "Trstenik i njegova okolina", izdanje skupštine Opštine Trstenik, 1968.
- [2] Lj. Kuzović, "Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica", Saobraćajni fakultet Beograd 2000.
- [3] R. Pantić, S. Babić, "Tehnike saobraćajnog toka", Visoka tehnička mašinska škola strukovnih studija, Trstenik 2009
- [4] S. Babić, "Analiza bezbednosti drumskog saobraćaja na području Opštine Trstenik u periodu od 1996. do 2001. godine sa predlogom mera za poboljšanje postojećeg stanja", diplomski rad, Saobraćajni fakultet Beograd 2002.
- [5] S. Vukanović, "Predavanja iz predmeta Regulisanje saobraćajnih tokova", Saobraćajni fakultet Beograd 1998.
- [6] CEP (Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd), "Plan generalne regulacije Trstenika – dokumentaciona osnova", 2003.
- [7] E. Vladimir, "Optimalni program poboljšanja uslova saobraćaja na putu Kraljevo - Kruševac", diplomski rad, Saobraćajni fakultet Beograd 2002.
- [8] Službeni list Opštine Trstenik, broj 4, 1999.
- [9] Službeni list Opštine Trstenik, broj 3, 2000.
- [10] B. Stanić, "Predavanja iz predmeta Saobraćajno projektovanje", saobraćajni fakultet Beograd 2001.
- [11] S. Vukanović, T. Đorđević, B. Stanić, "IV savetovanje o tehnikama regulisanja saobraćaja – TES 2000", Sombor 2000.
- [12] Uprava za informatiku, Odeljenje za razvoj i projektovanje, "Broj registrovanih motornih vozila po kategorijama i mestu stanovanja za period 2002. god. u Opštini Trstenik", 2002.