

KAPACITET SAOBAĆAJNE DEONICE PUTA

Za adekvatno uključivanje saznanja iz teorije saobraćajnog toka u postupke opisivanja uslova odvijanja realnog saobraćaja na konkretnim putevima, neophodno je izvršiti analizu reletivnih eksploatacionih karakteristika puta, u koje spada i **praktični kapacitet deonice puta**. U tom smislu, neophodno je najpre definisati kapacitet saobraćajne trake, odnosno brzinu i gustinu zasićenog toka na saobraćajnoj traci pri idealnim putnim i približno idealnim saobraćajnim uslovima.

Osnovni kapacitet saobraćajne trake (C_0)

Pod pojmom osnovnog kapaciteta saobraćajne trake (C_0) podrazumeva se maksimalni broj jednog niza putničkih automobila, u jednom smeru, koji može proći u jedinici vremena (1 čas) kroz poprečni presek saobraćajne trake sa idealnim tehničko-eksploatacionim karakteristikama u idealnim ambijentalnim uslovima.

Pod optimalnim, tj. idealnim tehničko – eksploatacionim karakteristikama saobraćajne trake i saobraćajnog toka podrazumeva se sledeća situacija:

- Širina saobraćajne trake $\geq 3,5$ m uz postojanje minimalno 2 saobraćajne trake u jednom smeru
- Postojanje slobodnog bočnog pojasa pored saobraćajne trake bez nepokretnih smetnji $\geq 1,75$ m
- Saobraćajna traka na pravcu, što znači da nema horizontalnih krivina
- Saobraćajna traka na horizontaliu, što znači da nema uzdužnih nagiba
- Savremeni kolovoz u odličnom stanju
- Jedan niz vozila u saobraćajnom toku, što znači da ne postoje pokretne smetnje
- Saobraćajni tok sastavljen isključivo od putničkih automobila kojima upravljaju vozači istih psihofizičkih sposobnosti

S obzirom da je fundamentalna relacija tri osnovna parametara saobraćajnog toka bazirana na idealnom homogenom saobraćajnom toku jednog niza i jednog smeru vozila, koji se odvija na idealnoj saobraćajnoj traci pri idealnim uslovima ambijenta, to ovu relaciju treba shvatiti kao početnu i za definisanje osnovnog kapaciteta, Fundamentalna relacija između triju osnovnih parametara saobraćajnog toka glasi:

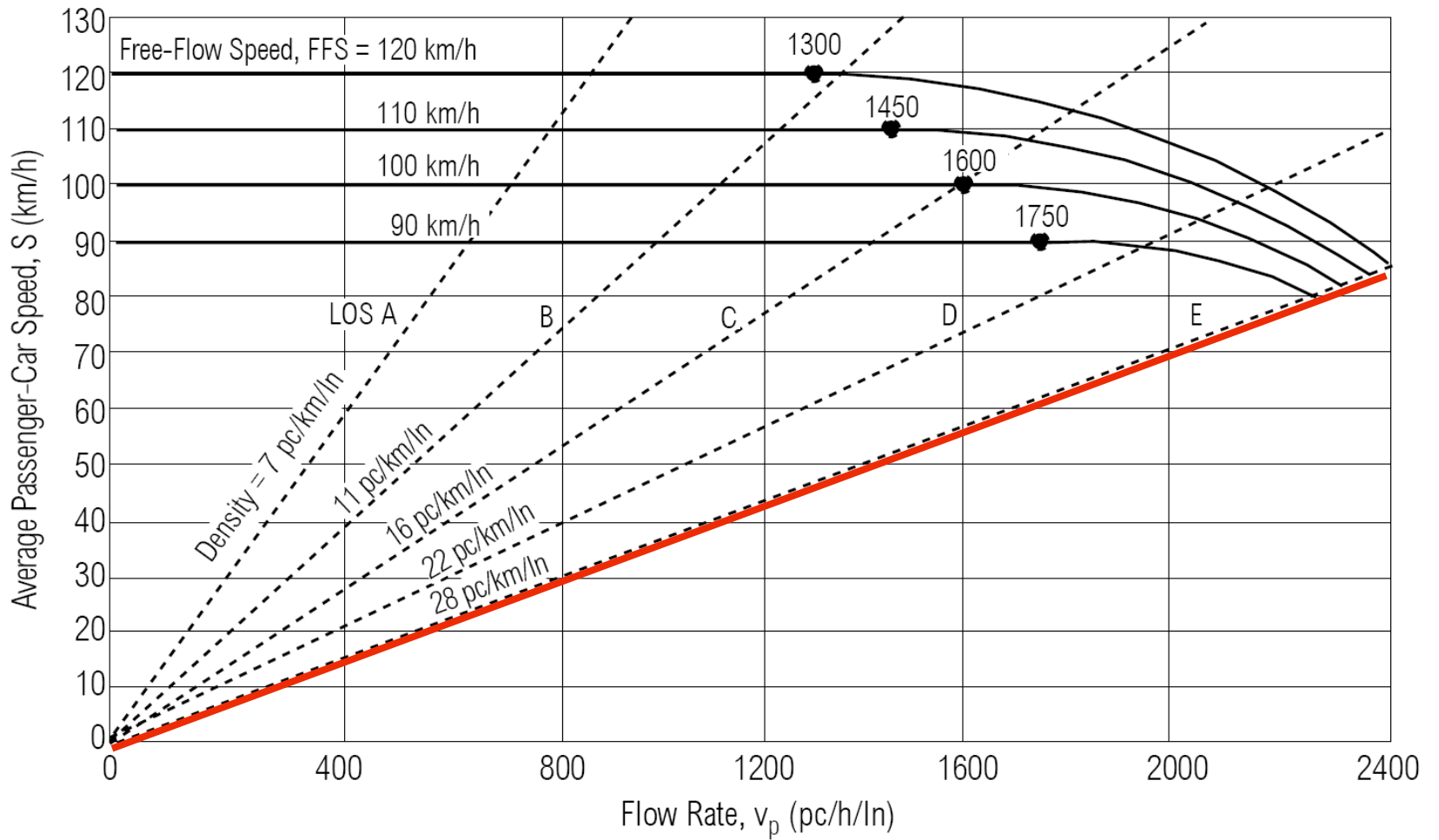
$$C_o = q_{max} = V_s \cdot g \text{ [pa / h]} \quad (1)$$

Gde je:

q - protok vozila (pa/h),

g - gustina toka (pa/km) i

V_s - srednja prostora brzina toka (km/h).



NIVO USLUGE	A			B			C			D			E		
Gustina toka g (pa/km)	7			11			16			22			28		
Brzina toka Vs (km/h)	120	100	80	120	100	80	120	100	80	120	100	80	120	100	80
Kapacitet trake Co (pa/h)	840	700	560	1320	1100	880	-	1600	1280	-	-	1760	-	-	2240
Rastojanje sledjenja Sh (m)	143	143	143	91	91	91	-	63	63	-	-	45	-	-	36
Interval sleđenja vozila th (s)	4,3	5,1	6,4	2,7	3,3	4,1	-	2,3	2,8	-	-	2,0	-	-	1,6

Praktični kapacitet saobraćajne deonice autoputa (C)

Polazeći od osnovnih relacija definisanih u teoriji saobraćajnog toka, i od zaključka po pitanju osnovnog kapaciteta saobraćajne trake, jasno je da i praktični kapacitet saobraćajne deonice autoputa (C) predstavlja proizvod **brzine pri praktičnom kapacitetu (V_c) i gustine pri praktičnom kapacitetu (g_c)**.

Tokom dugogodišnjih praktičnih istraživanja utvrđeno je da praktični kapacitet deonice autoputa zavisi od većeg broja uticajnih faktora koji se mogu svrstati u sledeće četiri grupe:

- I) tehničko-eksploatacione karakteristike puta
- II) karakteristika saobraćajnog toka
- III) karakteristika regulative
- IV) karakteristika ambijenta i okoline

I) tehničko-eksploatacione karakteristike puta u koje spadaju:

- smanjenje širine saobraćajne trake ispod 3,5 m,
- smanjenje udaljenosti bočnih smetnji ispod 1,75m,
- postojanje pokretne bočne smetnje (više nizova saobraćajnog toka),
- postojanje razdelnog ostrava,
- horizontalne krivine,
- uzdužni nagibi i
- stanje kolovoza.

II) karakteristika saobraćajnog toka u koje spadaju:

- prisustvo komercijalnih vozila (teretna vozila i autobusi) u toku,
- učešće tzv. "vikend vozača" u saobraćajnom toku, kao i
- neravnomernost protoka po smerovima

III) karakteristika regulative (način regulisanja, upravljanja i vođenje saobraćajnih tokova) i

IV) karakteristika ambijenta i okoline (vidljivost, klimatsko-meteorološke prilike i drugo).

2.3.2.1 Obrazac za proračun praktičnog kapaciteta deonice autoputa kod koje, s obzirom na osnovne tehničko-eksploatacione karakteristike, odlučujući uticaj na kapacitet imaju ostale karakteristike, tj. karakteristike poprečnog profila

$$C = g_c \cdot V_c \text{ (voz/h)}$$

$$g_c = g_{co} \cdot N \cdot F(KV) \text{ (voz/km);}$$

$$V_c = V_{co} \cdot F(\check{S}) \cdot F(BS) \cdot F(PS) \text{ (km/h)}$$

$$C = V_{co} \cdot g_{co} \cdot N \cdot F(\check{S}) \cdot F(BS) \cdot F(PS) \cdot F(KV) \text{ (voz/h)}$$

pošto je:

$$g_{co} \cong 37 \text{ (voz/km)}$$

$$V_{co} \cong 60 \text{ (km/h)}$$

$$\text{to je: } C_o = g_{co} \cdot V_{co} \cong 2200 \text{ (voz/h).}$$

Obrazac za proračun praktičnog kapaciteta autoputa može se napisati u sledećem obliku:

$$C = 2200 \cdot N \cdot F(\check{S}) \cdot F(BS) \cdot F(PS) \cdot F(KV) \text{ (voz/h)}$$

Dati obrazac važi uz uslov da su karakteristike horizontalnog toka trase, uzdužnog profila i stanja kolovoza takve da je slobodna brzina merodavnog vozila veća od V_{co} . Preciznije, izloženi obrazac važi uz uslove:

- za $V_{mv}(R) > 60 \text{ (km/h)}$; odnosno za $V_{mv}(R) = 50-60 \text{ (km/h)}$,
ako je $\check{S} < 3,25 \text{ (m)}$ i $BS < 1,5 \text{ (m)}$,
- za $V_{mv}(UN) > 60 \text{ (km/h)}$; odnosno za $V_{mv}(UN) = 50-60 \text{ (km/h)}$,
ako je $\check{S} < 3,25 \text{ (m)}$ i $BS < 1,5 \text{ (m)}$,
- za $V_{mv}(SK) > 60 \text{ (km/h)}$; odnosno za $V_{mv}(SK) = 50-60 \text{ (km/h)}$,
ako je $\check{S} < 3,25 \text{ (m)}$ i $BS < 1,5 \text{ (m)}$.

gde je:

- $g_{Co} = 37$ - gustina pri osnovnom kapacitetu,
 $V_{Co} = 60$ - brzina pri osnovnom kapacitetu,
 N - broj saobraćajnih traka deonice autoputa u jednom smeru,
 $F(\check{S})$ - faktor kojim se iskazuje kvantitativni uticaj širine saobraćajne trake na brzinu toka pri praktičnom kapacitetu i na praktični kapacitet deonice autoputa. Vrednosti ovih faktora date su u tabeli 22.
 $F(BS)$ - faktor kojim se iskazuje kvantitativni uticaj udaljenosti nepokretnih bočnih smetnji na brzinu toka pri praktičnom kapacitetu i na praktični kapacitet deonice autoputa. Vrednosti ovih faktora date su u tabeli 23.
 $F(PS)$ - faktor kojim se iskazuje kvantitativni uticaj udaljenosti pokretnih bočnih smetnji na brzinu toka pri praktičnom kapacitetu i na praktični kapacitet deonice autoputa. Vrednosti ovih faktora date su u tabeli 24.
 $F(KV)$ - faktor kojim se iskazuje kvantitativni uticaj heterogenosti saobraćajnog toka iskazan procentualnim učešćem tzv. komercijalnih vozila u toku na gustinu toka pri praktičnom kapacitetu i na praktični kapacitet deonice autoputa. Vrednosti ovih faktora date su u tabeli 31.
 $V_{vm}(R)$ - najveća bezbedna brzina merodavnog vozila u funkciji radijusa horizontalne krivine. Vrednosti ovih brzina date su u tabeli 25.
 $V_{mv}(UN)$ - najveća brzina merodavnog teretnog vozila na kraju uspona u funkciji veličine i dužine uzdužnog nagiba. Vrednosti ovih brzina date su u tabeli 26.
 $V_{mv}(SK)$ - najveća bezbedna brzina merodavnog vozila u funkciji eksploatacionog stanja kolovoza. Vrednosti ovih brzina date su u tabeli 27.

Vrednosti faktora $F(\check{S})$ kojim se iskazuje kvantitativni uticaj širine saobraćajne trake na brzinu toka pri raznim nivoima usluge

Tabela 22

Tipične širine saobraćajne trake \check{S} (m)	Vrednost faktora $F(\check{S})$	
	Za NU "A" do "D"	Za NU "E"
3,75	1,00	1,00
3,50	0,98	1,00
3,25	0,93	0,95
3,00	0,87	0,90
2,75	0,75	0,80
2,50	0,70	0,75
2,25	0,65	0,70

Vrednosti faktora F(BS) kojim se iskazuje kvantitativni uticaj udaljenosti nepokretnih bočnih smetnji na brzinu toka pri raznim nivoima usluge

Tabela 23

Udaljenosti nepokretne bočne smetnje od ivice kolovoza BS(m)	Smetnje sa 1 strane		Smetnje sa 2 strane	
	Za NU "A"÷"D"	Za NU "E"	Za NU "A"÷"D"	Za NU "E"
1,75	1,00	1,00	1,00	1,00
1,50	0,98	0,99	0,96	0,98
1,25	0,96	0,98	0,92	0,96
1,00	0,94	0,97	0,88	0,94
0,75	0,92	0,96	0,83	0,92
0,50	0,90	0,95	0,78	0,90
0,25	0,88	0,94	0,74	0,88
0,00	0,86	0,93	0,70	0,86

Vrednosti faktora $F(PS)$ kojim se iskazuje kvantitativni uticaj pokretnih bočnih smetnji na brzinu toka pri praktičnom kapacitetu

Tabela 24

Vrsta pokretne bočne smetnje	Vrednost faktora pokretne bočne smetnje $F(PS)$
Istosmerna sa jedne strane	0,98
Istosmerna sa obe strane	0,97
Suprotnosmerna sa jedne strane	0,96
Suprotnosmerna sa jedne i istosmerna sa druge strane	0,95

Slobodne brzine merodavnog vozila $V_{mv}(R)$ u zavisnosti od poluprečnika horizontalne krivine

Tabela 25

R_{min} (m)	V (km/h)
20	30
40	40
70	50
120	60
180	70

Najveće slobodne brzine merodavnog teretnog vozila (specifične snage od 124 kg/kw) na kraju odseka u usponu u funkciji veličine UN(%) i dužine l(m) uspona, ukoliko je dolazna brzina $V_d = 80$ (km/h)

Tabela 26

l (m)	V_{mv} (UN) (km/h)													
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
0-50	80	79	78	78	77	77	77	77	77	77	77	76	75	
50-100	79	79	78	77	77	76	75	75	75	74	74	72	70	
100-150	79	78	77	77	74	73	71	70	69	68	67	67	65	
150-200	79	78	76	75	72	69	67	66	64	62	60	60	60	
200-250	78	77	75	73	69	67	64	62	60	59	58	56	54	
250-300	78	76	73	70	68	65	62	60	57	55	53	50	48	
300-350	78	76	72	69	65	62	60	57	54	50	48	45	43	
350-400	77	75	70	68	65	60	55	53	50	47	44	40	38	
400-600	76	72	66	63	60	55	49	45	40	37	34	32	30	
600-800	75	69	63	60	56	50	45	42	37	36	32	30	28	
800-1000	74	69	60	58	53	48	43	40	37	34	32	29	28	
1000-1200	73	68	60	57	51	47	42	39	37	34	32	29	27	
1200-1400	73	67	60	56	49	46	42	39	37	35	32	29	27	
1400-1600	73	67	60	55	48	46	42	39	37	35	32	29	27	
1600-1800	72	67	60	55	48	46	42	39	37	35	32	29	27	
>1800	72	67	60	54	47	45	42	39	37	35	32	29	27	

Slobodne brzine merodavnog vozila u zavisnosti od eksploatacionog stanja kolovoza V_{mv} (SK)

Tabela 27

Eksploataciono stanje kolovoza		Stepen istrošenosti u pojedinim stanjima u %	V_{mv} (km/h)
ODLIČNO	SK=1	-	120
		25%	95-100
DOBRO	SK=2	50%	90-95
		75%	85-90
		100%	80-85
		25%	75-80
SREDNJE	SK=3	50%	70-75
		75%	65-70
		100%	60-65
		25%	55-60
LOŠE	SK=4	50%	50-55
		75%	45-50
		100%	40-45
		25%	35-40
VRLO LOŠE	SK=5	50%	30-35
		75%	25-30
		100%	20-25
		25%	-
NEUPOTREBLJIVO	SK=6	50%	-
		75%	-
		100%	-

Vrednosti faktora $F(R)$ kojim se iskazuje uticaj horizontalne krivine na brzinu toka pri praktičnom kapacitetu

Tabela 28

V_{mv} (km/h)	$F(R)$
30	0,92
40	0,93
50	0,94
60	0,95

Vrednosti faktora $F(UN)$ kojim se iskazuje uticaj veličine, dužine uzdužnog nagiba na brzinu toka pri praktičnom kapacitetu

Tabela 29

V_{mv} (km/h)	$F(UN)$
25	0,915
30	0,920
35	0,925
40	0,930
45	0,935
50	0,940
55	0,945
60	0,950

Vrednosti faktora F(SK) kojim se iskazuje uticaj eksploatacionog stanja kolovoza na brzinu toka pri praktičnom kapacitetu

Tabela 30

V_{mv} (km/h)	F(SK)
20	0,910
25	0,915
30	0,920
35	0,925
40	0,930
45	0,935
50	0,940
55	0,945
60	0,950

$$g_c = 37 \cdot N \cdot F(KV) \text{ (voz/km)}$$

Heterogenost saobraćajnog toka iskazuje se procentualnim učešćem tzv. komercijalnih vozila (autobusi, kamioni i autovozovi) u saobraćajnom toku.

Vrednosti faktora F(KV) kojim se iskazuje uticaj heterogenosti toka na gustinu toka pri praktičnom kapacitetu

Tabela 31

Učešće komercijalnih vozila (autobus + TV + AV) u saobraćajnom toku	Vrednost faktora F(KV) [voz/PA]
0	1,000
2	0,995
4	0,990
6	0,985
8	0,980
10	0,975
12	0,970
14	0,965
16	0,960
18	0,955
20	0,950
24	0,940
28	0,930
32	0,920
36	0,910
40	0,900
50	0,895*
60	0,870
70	0,845
80	0,820
90	0,795
100	0,770

NIVO USLUGE SAOBAĆAJNE DEONICE PUTA

Tabela 49.

Skala vrednosti relevantnih pokazatelja N.U. za razne vrste puteva

Nivo usluge (NU)	Auto-put			Put sa 4 i više saobrać. traka	Put sa 2 i 3 saob. trake za dvosm. saobraćaj		Gradske arterije		Gradske ulice		
	V (km/h)	q/C			V (km/h)	q/C	V (km/h)	q/C		V (km/h)	
A	≥96	≤0,35	≤0,40	≤0,43	≥96	≤0,30	≥96	≤0,20	≥48	≤0,6	≥40
B	≥88	≤0,50	≤0,58	≤0,63	≥88	≤0,50	≥80	≤0,45	≥40	≤0,7	≥32
C	≥80	≤0,75	≤0,80	≤0,83	≥72	≤0,75	≥64	≤0,70	≥32	≤0,8	≥24
D	≥64	≤0,90	≤0,90	≤0,90	≥56	≤0,90	≥56	≤0,85	≥24	≤0,9	≥16
E	48-56	≤1,00	≤1,00	≤1,00	≈48	≤1,00	≈48	≤1,00	≥24	≤1,0	≈16
F	<48	-	-	-	<48	-	<48	-	<24	-	stani-vozi

GRANIČNE VREDNOSTI OSNOVNIH POKAZATELJA NIVOA USLUGE ZA DEONICE DVOTRAČNIH PUTEVA ZA DVOSMERNI SAOBRAĆAJ

Tabela 57.

Nivo usluge	POKAZATELJI NIVOA USLUGE	USLOVI TERENA			Deonice na uzdužnim usponima
		Ravničarski	Brežuljkast	Plainski	
A	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 95	≥ 90	≥ 90	≥ 85
	RELACIJA: tok/kapac. (q/C)	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,14	≤ 0,14
	VREMEN.ZASTOJI: (VZ) (%)		≤ 30		
B	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 90	≥ 85	≥ 85	≥ 80
	RELACIJA: tok/kapac. (q/C)	≤ 0,27	≤ 0,26	≤ 0,25	≤ 0,25
	VREMEN.ZASTOJI: (VZ) (%)		31 - 45		
C	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 85	≥ 80	≥ 75	≥ 70
	RELACIJA: tok/kapac. (q/C)	≤ 0,43	≤ 0,42	≤ 0,39	-
	VREMEN.ZASTOJI: (VZ) (%)		46 - 60		
D	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 80	≥ 75	≥ 70	≥ 65
	RELACIJA: tok/kapac. (q/C)	≤ 0,64	≤ 0,62	≤ 0,58	≤ 0,58
	VREMEN.ZASTOJI: (VZ) (%)		61 - 75		
E	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 65	≥ 60	≥ 55	≥ 35-50
	RELACIJA: tok/kapac. (q/C)	≤ 1,00	≤ 0,97	≤ 0,91	≤ 0,91
	VREMEN.ZASTOJI: (VZ) (%)		> 75		
F	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	< 65	< 60	< 55	< 35-50
	RELACIJA: tok/kapac. (q/C)	-	-	-	-
	VREMEN.ZASTOJI: (VZ) (%)		100		

Tablične vrednosti odgovaraju odseku 2-tračnog puta za dvosmerni saobraćaj sa približno idealnim karakteristikama puta i saobraćajnog toka:

- širina saobraćajne trake min 3,5 (m),
- udaljenost bočnih smetnji min 1,75 (m),
- dužina preglednosti za bezbedno preticanje ≥ 450 (m) na celoj dužini odseka,
- bez oštih horizontalnih krivina
- bez velikih uzdužnih nagiba,
- ravan kolovoz,
- saobraćajni tok sastavljen od PA 100%,
- raspodela tokova po smerovima 50%:50%,
- bez učešća vozača koji povremeno voze, bez tzv. "vikend vozača",
- zadovoljavajući uslovi ambijenta.

GRANIČNE VREDNOSTI OSNOVNIH POKAZATELJA NIVOVA USLUGE ZA DEONICE
AUTOPUTEVA PRIBLIŽNO IDEALNIH KARAKTERISTIKA PUTA I SAOBRAĆAJNOG
TOKA

Tabela 59.

Nivo usluge	POKAZATELJI NIVOVA USLUGE	RAČUNSKA BRZINA		
		110 km/h	95 km/h	80 km/h
A	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 95	-	-
	RELACIJA: tok/kapacitet	≤ 0,35	-	-
	GUSTINA: (g PA/km/l traci)		≤ 8	
B	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 90	≥ 80	-
	RELACIJA: tok/kapacitet	≤ 0,54	≤ 0,49	-
	GUSTINA: (g PA/km/l traci)		≤ 13	
C	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 85	≥ 75	≥ 70
	RELACIJA: tok/kapacitet	≤ 0,77	≤ 0,69	≤ 0,67
	GUSTINA: (g PA/km/l traci)		≤ 19	
D	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 75	≥ 65	≥ 65
	RELACIJA: tok/kapacitet	≤ 0,93	≤ 0,84	≤ 0,83
	GUSTINA: (g PA/km/l traci)		≤ 26	
E	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	≥ 60	≥ 60	≥ 55
	RELACIJA: tok/kapacitet	≤ 1,00	≤ 1,00	≤ 1,00
	GUSTINA: (g PA/km/l traci)		≤ 37	
F	BRZINA TOKA: (V) (km/h)	< 60	< 60	< 55
	RELACIJA: tok/kapacitet	-	-	-
	GUSTINA: (g PA/km/l traci)		> 37	

Tablične vrednosti odgovaraju jednom smeru autoputa (min 2 trake po smeru) sa približno idealnim karakteristikama puta i saobraćajnog toka:

- širina saobraćajne trake min 3,5 (m),
- najmanje 2 saobraćajne trake u jednom smeru,
- udaljenost bočnih smetnji min 1,75 (m),
- saobraćajni tok sastavljen od PA 100%,
- bez učešća vozača koji povremeno voze, bez tzv. "vikend vozača",
- bez oštih horizontalnih krivina $V_R \geq 110; 95; 80$ (km/h),
- bez velikih uzdužnih nagiba,
- ravan kolovoz,
- zadovoljavajući uslovi ambijenta.