

#### **4. RELACIJE IZMEĐU OSNOVNIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA**

Na bazi poznavanja osnovnih parametara i značajnijih karakteristika saobraćajnog toka moguće je u znatnoj meri razumeti uslove kretanja vozila u saobraćajnom toku. Definisanje osnovnih parametara i njihovih značajnijih karakteristika, kao i definisanje odgovarajućih relacija između osnovnih parametara, omogućavaju potpunije razumevanje uslova kretanja vozila u saobraćajnim tokovima na mreži drumskih saobraćajnica.

Definisanje relacija između osnovnih parametara saobraćajnog toka od značaja je sa:

- Teorijskog aspekta;
- Praktičnog aspekta.

Opis relacija između osnovnih parametara saobraćajnog toka, sa teorijskog aspekta, značajan je za stvaranje ishodišnih obrazaca o vezama između osnovnih parametara saobraćajnog toka u teorijski idealnim vladajućim uslovima.

Opis relacija između osnovnih parametara saobraćajnog toka, sa praktičnog aspekta, značajan je za definisanje osnovnih obrazaca-alata za analizu praktičnog kapaciteta i nivoa usluge deonice putne mreže, kao i vremenskih gubitaka na raskrsnicama i sl.

##### **4.1. VLADAJUĆI USLOVI U DEFINISANJU RELACIJA IZMEĐU OSNOVNIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA**

U vladajuće uslove u kojima se odvijaju saobraćajnih tokovi spadaju:

- Karakteristike saobraćajnog toka (uključujući i karakteristike vozila i vozača);
- Karakteristike puta;
- Opšti ambijentalni uslovi.

S obzirom na variranje karakteristika saobraćajnog toka i karakteristika puta, uz idealne opšte ambijentalne uslove, u definisanju relacija između osnovnih parametara saobraćajnog toka razlikuju se tri tipična slučaja vladajuća uslova i to:

- Teorijski idealni vladajući uslovi;
- Praktično idealni vladajući uslovi;
- Realno vladajući uslovi;

#### 4.1.1. TEORIJSKI IDEALNI VLADAJUĆI USLOVI

U ove uslove spadaju:

- **Karakteristike saobraćajnog toka**, koje podrazumevaju jedan niz jednosmernog toka jednakih voznih jedinica (najpribližnijih PA) kojima upravljaju vozači istih psihofizičkih karakteristika, koji reaguju na isti način u svakom trenutku u vožnji.
- **Karakteristike puta**, koje podrazumevaju prav horizontalan put širine trake veće od  $\geq 3,5\text{m}$ , sa bankinama (udaljenost bočnih smetnji)  $\geq 1,8\text{m}$  i asfaltnim kolovozom u odličnom stanju.
- **Sa aspekta opštih ambijentalnih uslova**, podrazumevaju se idealni uslovi (dnevno svetlo, dobra vidljivost, suv kolovoz, bez vetra i dr.).

Ovi uslovi su praktično neostvarivi, pre svega zbog psihofizičkih razlika vozača putničkih automobila.

Teorijski idealni uslovi predstavljaju osnov za definisanje fundamentalne relacije o međuzavisnosti tri bazna parametra saobraćajnog toka ( $q$ ,  $g$  i  $V_s$ ), koja je pozajmljena iz druge naučne oblasti.

#### 4.1.2. PRAKTIČNO IDEALNI VLADAJUĆI USLOVI

U ove uslove spadaju:

- **Karakteristike saobraćajnog toka**, koje podrazumevaju jedan niz jednosmernog toka putničkih automobila kojima upravljaju vozači različitih psihofizičkih karakteristika različitog vozačkog iskustva i različite motivisanosti za vožnju.
- **Karakteristike puta**, koje podrazumevaju prav horizontalan put širine trake veće od  $\geq 3,5\text{m}$ , sa bankinama (udaljenost bočnih smetnji)  $\geq 1,8\text{m}$  i asfaltnim kolovozom u odličnom stanju.
- **Sa aspekta opštih ambijentalnih uslova**, podrazumevaju se idealni uslovi (dnevno svetlo, dobra vidljivost, suv kolovoz, bez vetra i dr.).

Praktično idealni uslovi predstavljaju temelj za definisanje: veličina osnovnog (baznog) kapaciteta saobraćajne trake ( $C_o$ ), brzine pri osnovnom (baznom) kapacitetu ( $V_{Co}$ ) i gustine pri osnovnom (baznom) kapacitetu ( $g_{Co}$ ), kao i za definisanje konvencije o veličinama osnovnih parametara u šestostepenoj skali nivoa usluge osnovnih odseka.

#### 4.1.3. REALNO VLADAJUĆI USLOVI

U ove uslove spadaju:

- **Karakteristike saobraćajnog toka**, koje podrazumevaju realan saobraćajni tok (najčešće tok sastavljen od više nizova jednosmeran ili dvosmeran, nehomogene strukture i dr.) u kome vozilima upravljaju vozači različitih psihofizičkih karakteristika, različitog vozačkog iskustva i različite motivisanosti za vožnju.
- **Karakteristike puta**, koje podrazumevaju realan put koji može biti sa više traka, širine trake  $\leq 3,5\text{m}$  u jednom ili dva smera, sa udaljenošću bočnih smetnji  $\leq 1,8\text{m}$ , sa uzdužnim nagibima, horizontalnim i vertikalnim krivinama kao i sa realnim stanjem kolovoza.
- **Sa aspekta opštih ambijentalnih uslova**, i u realnim vladajućim uslovima podrazumevaju se idealni uslovi (dnevno svetlo, dobra vidljivost, suv kolovoz, bez vetra i dr.).

Navedeni realni vladajući uslovi predstavljaju temelj u definisanju opštih obrazaca za analizu praktičnog kapaciteta i nivoa usluge. Međutim, u *slučaju nepovoljnih opštih ambijentalnih uslova*, za analizu praktičnog kapaciteta ne mogu se koristiti opšti obrasci, već se u svakom konkretnom slučaju pristupa neposrednoj analizi.

### 4.2. RELACIJE IZMEĐU OSNOVNIH PARAMETRA SAOBRAĆAJNOG TOKA U TEORIJSKI IDEALNIM USLOVIMA

#### 4.2.1. RELACIJE IZMEĐU TRI OSNOVNA PARAMETRA SAOBRAĆAJNOG TOKA

Fundamentalne relacije između protoka ( $q$ ), gustine ( $g$ ) i srednje prostorne brzine ( $V_s$ ) formulirane su pomoću odgovarajućeg analitičkog obrasca i dijagrama.

(1) *Osnovni analitički obrasci glase:*

$$q = g V_s, \quad (\text{PA/h/tr}) = (\text{PA/km/tr})(\text{km/h}); \quad [4-1]$$

$$V_s = \frac{q}{g}, \quad (\text{km/h}) = (\text{PA/h/tr}) / (\text{PA/km/tr}); \quad [4-2]$$

$$g = \frac{q}{V_s}, \quad (\text{PA/km/tr}) = (\text{PA/h/tr}) / (\text{km/h}); \quad [4-3]$$

gde je:

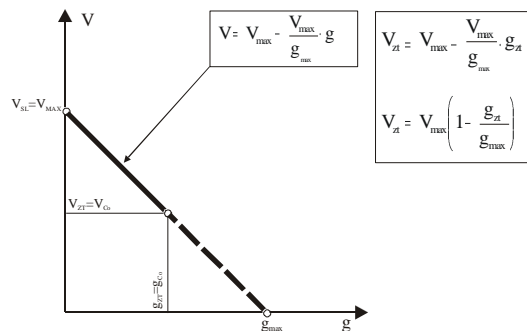
$q$  – protok vozila;

$g$  – gustina saobraćajnog toka;

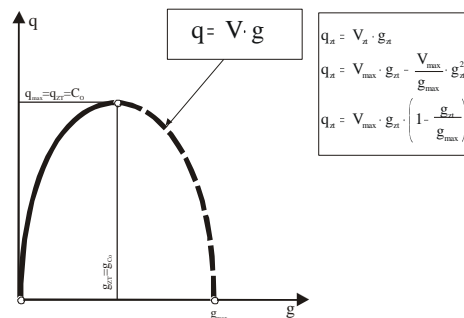
$V_s$  – srednja prostorna brzina saobraćajnog toka.

## (2) Osnovni dijagrami

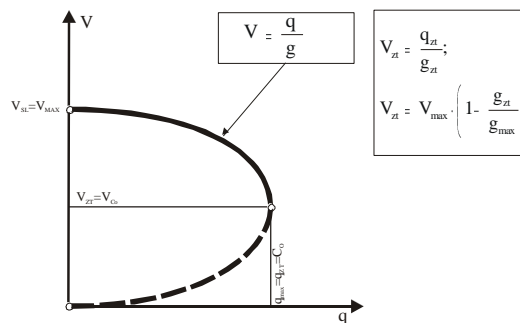
Funkcionalne međuzavisnosti pojedinih parova osnovnih parametara saobraćajnog toka ( $V$ - $g$ ,  $q$ - $g$  i  $V$ - $q$ ) u apstraktno zamišljenim teorijski idealnim uslovima izražene u dijagramskoj formi imaju sledeći oblik (slika 4-1, 4-2 i 4-3), a na slici 4-4 prikazana je međuzavisnost između baznih parametara u trodimenzionalnom koordinatnom sistemu.



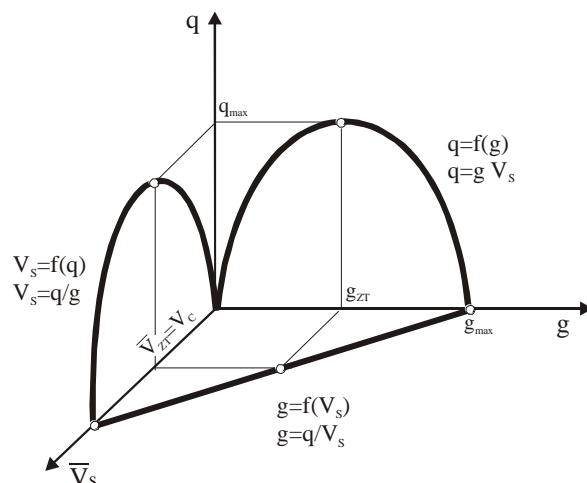
Slika 4-1. Međuzavisnost brzine i gustine u teorijski idealnim uslovima



Slika 4-2. Međuzavisnost protoka i gustine u teorijski idealnim uslovima



Slika 4-3. Međuzavisnost brzine i protoka u teorijski idealnim uslovima



Slika 4-4. Trodimenzionalna međuzavisnost brzina-protok-gustina u teorijski idealnim uslovima

Veličina maksimalne brzine -  $V_{\max}$  u apstraktno zamišljenim teorijski idealnim uslovima zavisi od sposobnosti vozila i vozača da bez ikakvih ograničenja i smetnji ostvare maksimalno bezbednu brzinu. Relativno zadovoljavajući odgovor na ovo pitanje može se dobiti utvrđivanjem srednje veličine maksimalne bezbedne brzine reprezentativnog novog putničkog automobila, iz odgovarajućeg broja vožnji od strane istog reprezentativnog vozača odličnih psihofizičkih osobina na traci idealnih tehničko-eksploatacionih karakteristika i u idealnim opštim ambijentalnim uslovima.

Veličinu maksimalne gustine  $g_{\max}$ , koja se dostiže u trenutku kada brzina postaje nula u apstraktno zamišljenim teorijski idealnim uslovima, nije moguće merenjem utvrditi na zadovoljavajući način, kao što je rečeno za utvrđivanje  $V_{\max}$ . Naime, u ovom slučaju merenje se ne može izvesti sa istim vozilom i vozačem, već nizom putničkih vozila za čijim upravljačima sede različiti vozači. Vozila mogu biti približno istih tehničko-eksploatacionih karakteristika, ali sa vozačima različitih psihofizičkih osobina, koji i da su istih psihofizičkih osobina, samo slučajno mogu reagovati istovremeno na isti način u vožnji.

Istim argumentima, kojima je pokazano da je nemoguće merenjem utvrditi veličinu  $g_{\max}$  (koja odgovara apstraktno zamišljenim teorijski idealnim uslovima), može se objasniti da je merenjem nemoguće utvrditi ni veličinu maksimalnog toka  $q_{\max}$ , niti veličinu gustine  $g_{ZT}$  i brzine toka  $V_{ZT}$  pri kojima se ostvaruje maksimalni protok  $q_{\max}$ .

Iz izloženog logično proizilazi da je merenjem nemoguće utvrditi veličine osnovnih parametara toka koji odgovaraju apstraktno zamišljenim teorijski idealnim uslovima.

#### 4.2.2. RELACIJE IZMEĐU OSTALIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA

Pored izloženih fundamentalnih relacija između protoka, gustine i srednje prostorne brzine toka, za analizu uslova kretanja vozila u saobraćajnom toku od značaja su i druge relacije između osnovnih parametara saobraćajnog toka.

U red ostalih relacija spadaju:

1.  $g = \frac{1000}{S_h}$
2.  $V_s = \frac{3,6 S_h}{t_h} = \frac{3600}{t_h g} = \frac{q S_h}{1000}$
3.  $t = \frac{60 S}{\frac{1000}{q} \sum_i V_i} = \frac{60 S}{1000 V_s} = \frac{60 S g}{1000 q} = t_m S$
4.  $t_m = \frac{60}{V_s} = \frac{t}{S}$
5.  $t_h = \frac{3600}{q} = \frac{3,6 S_h}{V_s} = \frac{3600}{V_s g}$
6.  $\overline{V_g} = \frac{q \cdot c_k}{o}$

gde je

- q – protok (voz/h),
- t<sub>h</sub> – interval sleđenja (s),
- g – gustina (voz/km),
- S – dužina odseka (m),
- V<sub>s</sub> – srednja prostorna brzina (km/h),
- t – vreme putovanja(s),
- S<sub>h</sub> – rastojanje sleđenja (m),
- t<sub>m</sub> – jedinično vreme putovanja (s),
- c<sub>k</sub> = (L + d),
- L – dužina vozila (m),
- d – širina zone koju zahvata detektor (m).

#### 4.2.3. TRETMAN OSNOVNIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA PRI ZASIĆENOM TOKU U TEORIJSKI IDEALNIM USLOVIMA

U teorijski zamišljenim idealnim uslovima pri zasićenom toku, veličine protoka ( $q_{ZT}$ ), brzine ( $V_{ZT}$ ) i gustine ( $g_{ZT}$ ) imaju karakter konstanti, jer se zasićen tok u ovim uslovima uvek događa pri istim veličinama ( $g_{ZT}=\text{const.}$ ,  $V_{ZT}=\text{const.}$ ,  $q_{ZT}=\text{const.}$ ).

Veličina protoka pri zasićenom toku ( $q_{ZT}$ ) predstavlja maksimalnu ordinatu parabole  $q = V g$ , odnosno predstavlja maksimalnu veličinu protoka u jedinici vremena jednog niza putničkih automobila apsolutno istih vožno-dinamičkih karakteristika, za čijim upravljačima sede vozači apsolutno istih psihofizičkih osobina koji u svakom trenutku na potpuno isti način reaguju u toku vožnje.

Iz izloženog logično proizilazi da TEORIJSKI IDEALNI vladajući uslovi praktično ne postoje i da takvi uslovi mogu biti samo apstraktno zamišljeni.

#### 4.3. RELACIJE IZMEĐU OSNOVNIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA I NJIHOV TRETMAN PRI ZASIĆENOM TOKU U PRAKTIČNO IDEALNIM USLOVIMA

*Praktično idealni uslovi*, ili *bazni uslovi*, su realno ostvarivi za razliku od teorijski idealnih uslova koji se mogu samo apstraktno zamisliti.

Praktično idealni uslovi podrazumevaju:

- idealne uslove puta (prava, horizontalna i ravna saobraćajna traka u odličnom stanju, širine  $\geq 3,5$  m, sa bankinama ili bočnom smetnjama  $\geq 1,75$  m) i asfaltnim kolovozom u odličnom stanju;
- približno idealan jednonizni tok novoprodukovanih putničkih automobila iste marke i iste serije kojima upravljaju vozači različitih psihofizičkih karakteristika;
- idealne opšte ambijentalne uslove (vidljivost, klima i sl.);
- različite osobe za upravljačima putničkih automobila, koje mogu biti sličnih psihofizičkih osobina, ali koji u saobraćajnom toku ne reaguju na isti način u svakom trenutku kako to pretpostavlja TEORIJSKI IDEALNI USLOVI.

Prema definicijama koje su date u T.4.1 **praktično idealni uslovi** su stanje između apstraktno zamišljenih **teorijski idealnih uslova** na bazi kojih je definisana tzv.

**fundamentalna relacija** ( $q=V \cdot g$ ), i **realnih uslova**, koji su vladajući na stvarnoj putnoj mreži.

U definisanju adekvatnog alata-analitičkog instrumentarija, kojim se u inženjerskoj praksi u svim realnim slučajevima analiziraju veličine osnovnih parametara toka nije moguće ostvariti direktnu vezu između apstraktno zamišljenih (apsolutno nepoznatih) veličina ovih parametara u **teorijski idealnim uslovima** i veličina istih u **realnim uslovima**. Ovo se posebno odnosi na veličinu zasićenog toka, tj. maksimalnog toka koji za saobraćajnicu predstavlja njen praktični kapacitet, kao i na veličine brzine i gustine pri zasićenom toku.

Međutim, moguće je uspostaviti direktnu vezu između veličina osnovnih parametara toka u **praktično idealnim uslovima** i veličina istih u **realnim uslovima**.

Značaj uvođenja trostepenog opisivanja vladajućih uslova za adekvatno tretiranje osnovnih parametara ogleda se u sledećem:

- Što teorijski idealni uslovi predstavljaju temelj za definisanje fundamentalne relacije u teoriji saobraćajnog toka ( $q=V \cdot g$ ), koja je pozajmljena iz druge naučne oblasti.
- Što praktično idealni uslovi koji, uz poštovanje fundamentalne relacije, predstavljaju temelj za definisanje veličina osnovnih parametara saobraćajnog toka ( $q$ ,  $V$  i  $g$ ) u svim realnim domenima gustine toka, a to znači i pri zasićenom toku ( $q_{ZT}$ ,  $V_{ZT}$  i  $g_{ZT}$ ). Veličine zasićenog toka predstavljaju bazne veličine kapaciteta ( $C_o=q_{ZT}$ ), brzine pri baznom kapacitetu ( $V_{C_o}=V_{ZT}$ ) i gustine pri baznom kapacitetu ( $g_{C_o}=g_{ZT}$ ) jedne saobraćajne trake pri praktično idealnim uslovima.
- Što realni uslovi predstavljaju predmet inženjerske prakse za koje se definišu obrasci (alat) za analizu praktičnog kapaciteta i nivoa usluge.

Može se reći da **praktično idealni uslovi** predstavljaju neophodnu međustепенicu za implementaciju fundamentalnih relacija, utemeljenih u teorijski idealnim uslovima, pri formulisanju inženjerskog alata - analitičkog instrumentarija, koji se koristi za analizu **praktičnog kapaciteta i nivoa usluge puteva u realnim uslovima**.

Veličine osnovnih parametara pri zasićenom toku ( $q_{ZT}=C_o$ ,  $V_{ZT}=V_{C_o}$  i  $g_{ZT}=g_{C_o}$ ) u praktično idealnim uslovima nisu konstante kao u teorijski idealnim uslovima, već promenljive.



*Međutim, iz čisto praktičnih razloga, u stvaranju jednostavnog i efikasnog alata-obrazaca za analizu praktičnog kapaciteta puteva u realnim uslovima, kao i u utvrđivanju konvencijske skale o veličinama osnovnih parametara saobraćajnog toka kojim se definišu nivoi usluge, nameće se potreba da se jedan od osnovnih parametara pri zasićenom toku u praktično idealnim uslovima tretira kao uslovna konstanta.*

Definisanje međuzavisnosti osnovnih parametara saobraćajnog toka u praktično idealnim uslovima uz tretman maksimalnog protoka (zasićenog toka) kao uslovne konstante ( $q_{\max}=q_{ZT}=C_o$ ) ostvareno je na osnovu Petorežimskog modela.

Petorežimski model definisan je 1978. godine od strane autora ovog rada, a iz opreznosti je nazvan hipotetički Petorežimski model međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka. Pod ovim imenom je uključen u univerzitetski udžbenik za Teoriju saobraćajnog toka koji je publikovan na Saobraćajnom fakultetu 1980. godine.

Ideja o petorežimskom modelu proizašla je iz rezultata eksperimentalnog utvrđivanja maksimalnog toka i brzina pri maksimalnom toku putničkih automobila na saobraćajnoj traci u približno praktično idealnim uslovima, kao i iz iskustava autora ovog rada stečenih u izradi brojnih studija izvodljivosti projekata autoputeva.

Naime, u izradi studija izvodljivosti projekata autoputeva, čest je slučaj bio da prognozirani saobraćaj pri merodavnom vršnom toku na postojećem dvotračnom putu prevazilazi njegov realan kapacitet. U ovim slučajevima postavljao se praktičan problem kako analitički utvrditi brzine na postojećem putu s obzirom na prognozirani saobraćaj u 20-godišnjem periodu, jer su u stručnoj literaturi svi poznati obrasci za utvrđivanje brzina važili u domenu  $0 < (q/C) \leq 1$ .

S obzirom da je praktično nemoguć događaj  $(q/C) > 1$ , autor ovog rada je umesto pojma protok ( $q$ ) uveo pojam ZAHTEVANI PROTOK ( $q_z$ ), čime su stvoreni uslovi za definisanje obrasca za proračun brzine toka i pri  $(q_z/C) > 1$ .

Merenjima maksimalnih protoka ( $>96\%$  PA) i brzina u peto-minutnim intervalima (28 merenja) na deonici Surčin-Beograd (idealnih geometrijskih karakteristika), koja su vršena od strane stručnjaka Saobraćajnog fakulteta i Instituta za puteve iz Beograda u periodu 1969. do 1975. godine, utvrđeni su sledeći pokazatelji:

- Maksimalni protoci, (od 1900 do 2600 PA/h/tr);
- Srednja vrednost protoka iznosila je 2250 PA/h/tr ali je iz praktičnih razloga usvojena veličina od 2200 PA/h/tr;
- Prosečne brzine pri maksimalnim protocima kretale su se u rasponu od 70 km/h do 85 km/h;
- Prosečne gustine pri maksimalnim protocima kretale su se u rasponu od 31,43 PA/km/tr do 25,88 PA/km/tr).

Polazeći od izloženih ideja, a na osnovu rezultata merenja maksimalnih protoka i brzina pri maksimalnim protocima, kao i na osnovu težnje da se definiše obrazac za proračun približno realnih brzina u uslovima kad je  $(q_z/C) > 1$ , formulisani su:

**a) Obrazac za proračun približnih prosečnih brzina toka u slučajevima  $(q_z/C) > 1$  koji glasi:**

$$V_e = \frac{V_c}{\left( \frac{q_z}{C} + f_q \right)}$$

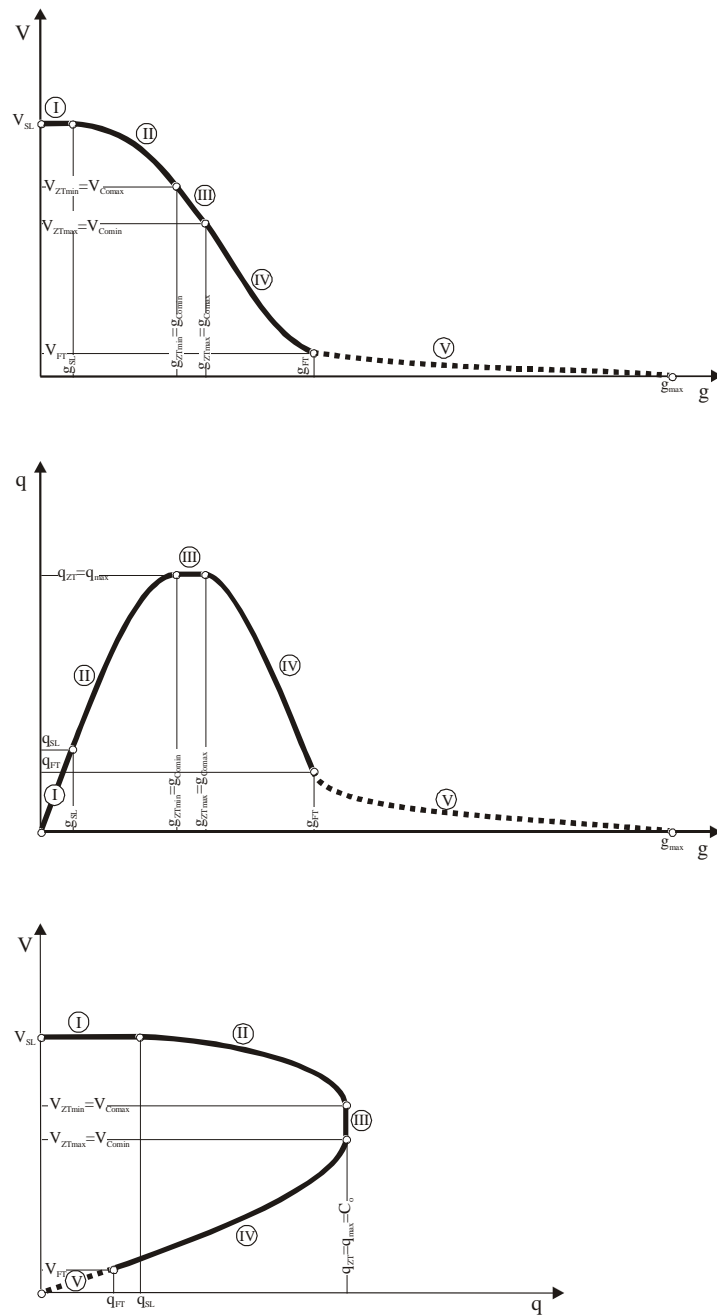
gde je:  $f_q = F \left[ \frac{q_z}{C} > 1 \right]$ , frekvencije i rasporeda intervala u kojima je  $\frac{q_z}{C} > 1$

**b) Hipotetički Petorežimski model međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka.**

Reperne prosečne veličine baznih parametara saobraćajnog toka izložene su u tabeli 4-1, a grafički prikaz opšteg oblika petorežimskog modela prikazan je u narednim slikama .

Tabela 4-1. Reperne prosečne veličine baznih parametara saobraćajnog toka

REŽIM	BRZINA (km/h)	GUSTINA (PA/km/tr)	PROTOK (PA/h/tr)
I	$V_{SL} \geq 115$	$g_{SL} \leq 6,21$	$0 < q_{SL} \leq 715$
II	$115 > V_s > V_{ZT}$	$6,21 < g < g_{ZT}$	$715 < q < 2200$
III	$V_{ZTmin} = V_{Comax} = 85$	$g_{ZTmin} = g_{Comin} = 25,88$	$q_{ZT} = 2200$
	$V_{ZTmax} = V_{Comin} = 70$	$g_{ZTmax} = g_{Comax} = 31,43$	$q_{ZT} = 2200$
IV	$70 > V_{FT} > 10$	$31,43 < g_{FT} \leq 52,00$	$550 \leq q_{FT} < 2200$
V	$V_{gmax} = 0$	$g_{max} = 120,00$	$q_{gmax} = 0$



Slika 4-5. Petorežimski model međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka

#### 4.3.1. KOME OSNOVNOM PARAMETRU PRI ZASIĆENOM TOKU U PRAKTIČNO IDEALNIM USLOVIMA DODELITI ULOGU USLOVNE KONSTANTE

Dilema po pitanju kome osnovnom parametru saobraćajnog toka u praktično idealnim uslovima, je najpogodnije dodeliti ulogu uslovne konstante, praktično se svodi na veličinu protoka pri zasićenom toku ( $q_{zT}=C_o$ ) i na veličinu gustine pri zasićenom toku ( $g_{zT}=g_{Co}$ ). Ovo zato što brzina pri zasićenom toku ( $V_{zT}=V_{Co}$ ) i brzina u slobodnom toku ( $V_{SL}$ ) reprezentuju primenjene tehničke elemente za tipične klase osnovnog segmenta (odseka) autoputa, koji odgovaraju praktično idealnim uslovima u različitim terenima. Ovo imperativno upućuje na stav da veličinu brzine pri zasićenom toku treba tretirati kao promenljivu.

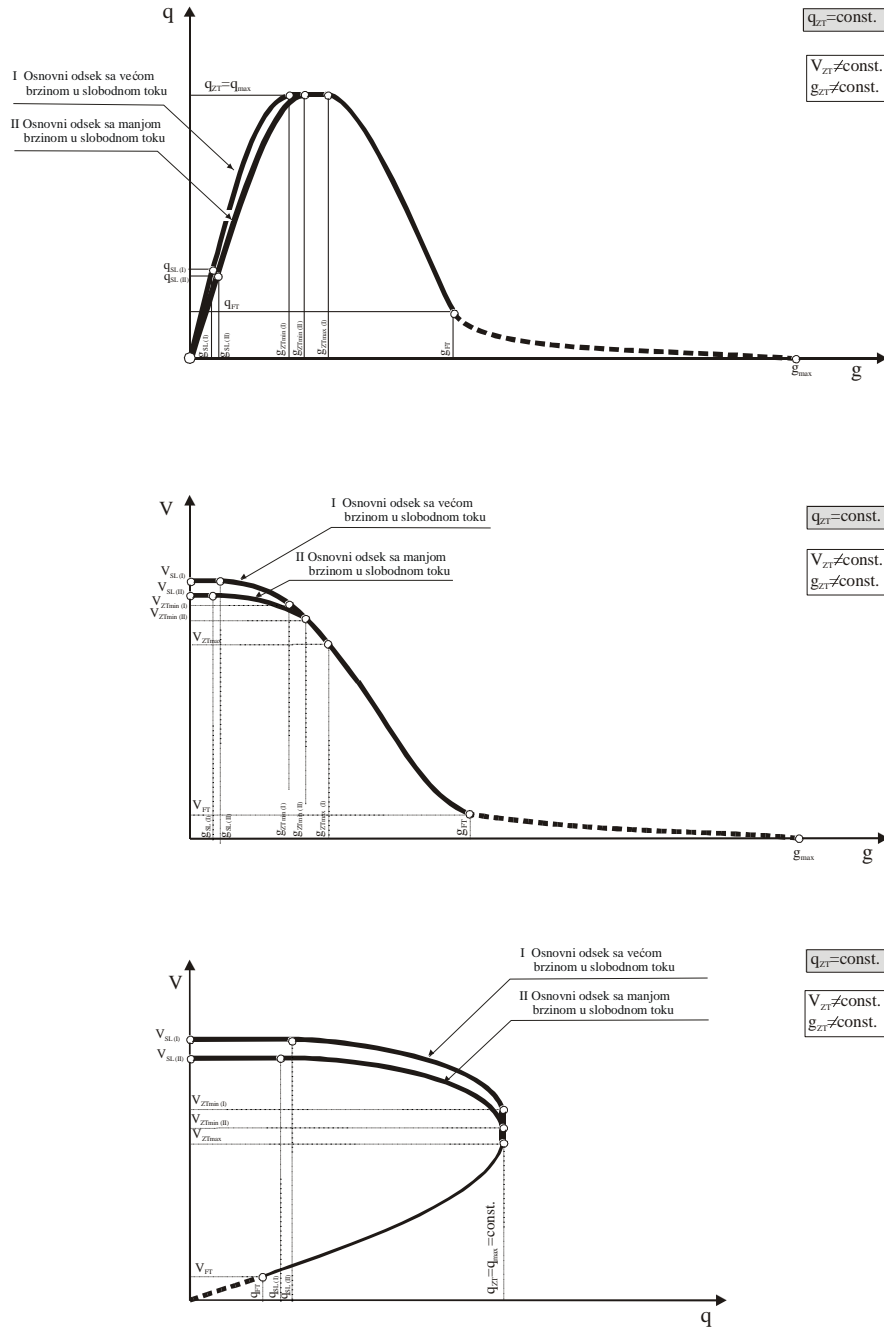
##### 4.3.1.1. Petorežimski model međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka ukoliko se veličina zasićenog toka ( $q_z=C_o$ ) tretira kao uslovna konstanta u praktično idealnim uslovima

Opšti oblik petorežimskog modela, ukoliko se veličina  $q_z=C_o$  tretira kao uslovna konstanta, prikazan je na slici 4-6.

U američkim priručnicima za kapacitet puteva (HCM) u izdanjima od 1965 (tabela 4-2) i 1985 (tabela 4-3) godine sve do izdanja HCM-a od oktobra 1994 godine (tabela 4-2), za saobraćajnu traku puta u idealnim uslovima (praktično idealnim, primedba autora ovog rada), preporučivane su pogrešne (primedba autora ovog rada) veličine osnovnog (baznog) kapaciteta (zasićenog toka)  $C_o = 2000$  PA/h pri brzini  $V_{Co} = 48$  km/h i gustini  $g_{Co} = 41,67$  PA/km. Veličine navedenih parametara tretirane su kao konstante, i bile eksplicitno iste za deonice autoputeva i višetraknih puteva u idealnim uslovima (praktično idealnim, primedba autora ovog rada), a implicitno iste i za deonice dvotračnih puteva u istim uslovima.

U izdanju HCM-1994 preporučena je konstantna veličina osnovnog (baznog) kapaciteta (zasićenog toka) trake osnovnog segmenta (odseka) autoputa u idealnim uslovima (praktično idealnim, primedba autora ovog rada).

U citiranom priručniku, u HCM-1994, za navedene veličine osnovnog (baznog) kapaciteta ( $C_o$ ), brzine ( $V_{Co}$ ) i gustine ( $g_{Co}$ ) pri zasićenom toku trake četvortračnog autoputa, eksplicitno se kaže da se odnose na idealne uslove što je pogrešno (primedba autora ovog rada)..



Slika 4-6. Petorežinski model međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka pri ( $q_{ZI} = \text{const.}$ )

Međutim, zbog tretmana brzine i gustine pri zasićenom toku kao promenljivih, a veličina osnovnog (baznog) kapaciteta kao konstante, na implicitan način se priznaje da se defakto radi o praktično idealnim uslovima. U HCM-1994 osnovni (bazni) kapacitet trake (veličina zasićenog toka) tretiran je kao konstanta verovatno iz praktičnih razloga (primeđba autora ovog rada).

Preporuke o osnovnom (baznom) kapacitetu trake (veličini zasićenog toka) kao konstanti, a gustini i brzini pri osnovnom (baznom) kapacitetu (zasićenom toku) kao promenljivim u znatnoj meri su saglasne sa ***petorežimskim modelom o međuzavisnostima osnovnih parametara*** saobraćajnog toka, koji je definisan od strane Jugoslovenskih stručnjaka 1978. godine što je naročito uočljivo kod dijagrama tok-brzina. Čak je u potpunosti ostvarena i saglasnost po pitanju veličina osnovnog (baznog) kapaciteta trake u iznosu od 2200 PA/h, vidi tabelu 4-4.

Visok stepen saglasnosti preporuka datih u HCM-1994, za osnovni segment (odsek) četvorotračnog autoputa, sa stavovima izloženim u petorežimskom modelu ilustrovan je na slici 4-7.

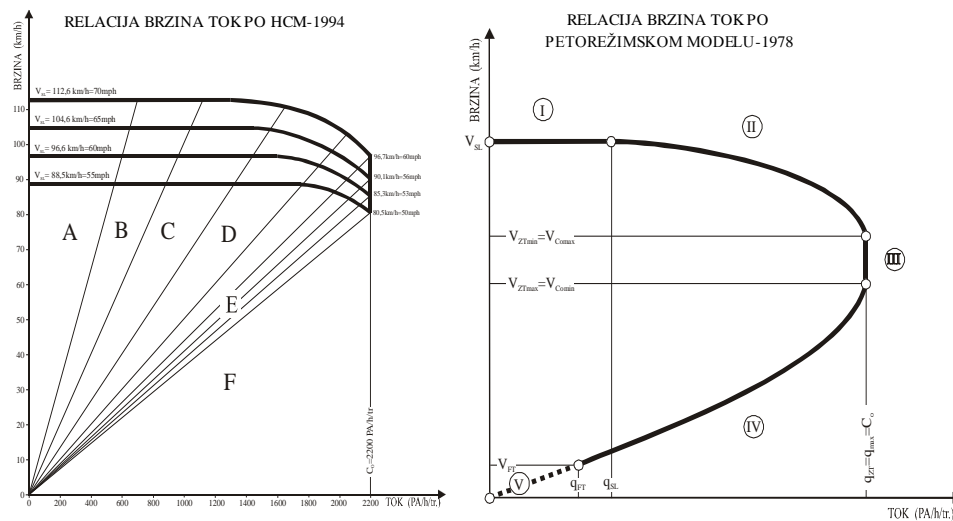
Na slici 4-7 prikazane su dijagramske, a u tabeli 4-4 numeričke međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka koje su upotrebljene u HCM-1994, u definisanju kapaciteta i *nivoa usluge* osnovnih segmenta (odseka) autoputa, odnosno osnovnog (baznog) kapaciteta i *nivoa usluge* saobraćajne trake u praktično idealnim uslovima.

Prema HCM-1994 (slika 4-7 i tabela 4-4) eksplicitno je pokazano da se, na saobraćajnoj traci osnovnog segmenta (odseka) četvorotračnog autoputa u praktično idealnim uslovima, maksimalni protok (osnovni-bazni kapacitet saobraćajne trake) u iznosu od  $C_0=2200\text{PA/h/tr}$  ostvaruje pri različitim brzinama  $V_{C_0}$  i različitim gustinama  $g_{C_0}$ .

Naime, maksimalni protok (osnovni -bazni kapacitet saobraćajne trake) se ne ostvaruje pri jednoj veličini brzine  $V_{C_0}$  i gustine  $g_{C_0}$ , kako je to definisano u HCM-1965 i HCM-1985, već pri različitim veličinama brzine  $V_{C_0}$  i gustine  $g_{C_0}$ . Dakle, definisano je upravo onako kako je to prikazano u Petorežimskom modelu (slika 4-7).

Bitnije razlike, između preporuka HCM-1994 i Petorežimskog modela definisanog u Jugoslaviji 1978. godine, odnose se na veličine brzina i gustina pri

osnovnom (baznom) kapacitetu. Prema *petorežimskom modelu* iz 1978. godine izmerene veličine brzine pri osnovnom (baznom) kapacitetu trake iznosile su od 70 km/h do 85 km/h, a analitički izračunata gustina od 31,43 PA/km/tr – 25,88 PA/km/tr. Prema HCM-1994 veličine brzine pri osnovnom (baznom) kapacitetu iznosile su od 80 do 96,7 km/h i gustine od 22,8 PA/km/tr – 25,0 PA/km/tr.



Slika 4-7. Međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka prema HCM-1994 i prema Petorežimskom modelu

Tabela 4-2. Veličine osnovnih pokazatelja-kriterijuma nivoa usluge, za autoputeve i ekspresne puteve prema HCM-1965

NIVO USLUGE	Eksploataciona brzina		ODNOS TOK/KAPACITET $v/C$ ( - )	MAKSIMALNA VELIČINA TOKA ( PA/h/tr )
	(mph)	(km/h)		
A Slobodan tok	$\geq 60$	$\geq 97$	$\leq 0,35$	700
B Stabilan tok	$\geq 55$	$\geq 88$	$\leq 0,50$	1000
C Stabilan tok	$\geq 50$	$\geq 80$	$\leq 0,75 \times PHF$	1500
D Približavanje nestabilnom toku	$\geq 40$	$\geq 64$	$\leq 0,90 \times PHF$	1800
E Nestabilan tok	30-35	48-56	$\leq 1,00$	2000
F Forsirani tok	$< 30$	$< 48$	$> 1,00$	Varira od 0 do kapaciteta

Tabela 4-3. Veličine osnovnih pokazatelja-kriterijuma nivoa usluge, za tri tipične klase osnovnih segmenata (odseka) autoputa prema HCM-1985

*Relacije između osnovnih parametara saobraćajnog toka*

Nivo Usluge	GUSTINA		BRZINA		v/C	Maks. tok (PA/h/tr)
	(PA/mi/tr)	(PA/km/tr)	(mph)	(km/h)		
SLOBODNA BRZINA=70mph						
A	≤ 12	≤7,46	≥ 60	≥ 97	0,35	700
B	≤ 20	≤12,4	≥ 57	≥ 92	0,54	1100
C	≤ 30	≤18,6	≥ 54	≥ 87	0,77	1550
D	≤ 42	≤26,1	≥ 46	≥ 74	0,93	1850
E	≤ 67	≤41,6	≥ 30	≥ 48	1,00	2000
F	> 67	>41,6	< 30	< 48	-	-
SLOBODNA BRZINA=60mph						
A	≤ 12	≤7,46	-	-	-	-
B	≤ 20	≤12,4	≥ 50	≥ 80	0,49	≥ 50
C	≤ 30	≤18,6	≥ 47	≥ 76	0,69	≥ 47
D	≤ 42	≤26,1	≥ 42	≥ 68	0,84	≥ 42
E	≤ 67	≤41,6	≥ 30	≥ 48	1,00	≥ 30
F	> 67	>41,6	< 30	< 48	-	< 30
SLOBODNA BRZINA=50mph						
A	≤ 12	≤7,46	-	-	-	-
B	≤ 20	≤12,4	1000	-	-	-
C	≤ 30	≤18,6	1400	≥ 43	≥ 69	0,67
D	≤ 42	≤26,1	1700	≥ 40	≥ 64	0,83
E	≤ 67	≤41,6	2000	≥ 28	≥ 45	1,00
F	> 67	>41,6	-	< 28	< 45	-

*Tabela 4-4. Reperne veličine baznih parametara saobraćajnog toka po Nivoima  
Usluge za osnovne odseke autoputa prema HCM-1994*

NIVO USLUGE	MAKSIMALNA GUSTINA		MINIMALNA BRZINA		MAKSIMALNA VELIČINA TOKA	MAKSIMALNI ODNOS TOK/KAPACITET
	(PA/mi/tr)	(PA/km/tr)	(mi/h)	(km/h)	(PA/h/tr)	(-)
<b>V<sub>SL</sub>=70mi/h=112,63km/h</b>						
A	100	6,21	700	112,63	700	0,3180,304
B	160	9,94	700	112,63	1.120	0,5090,487
C	240	14,91	685	110,21	1.644	0,7470,715
D	320	19,89	630	101,37	2.015	0,9160,876
E	36,7/39,7	22,78/24,67	600/58,0	96,6/93,32	2.200/2.300	1,00
F	-	-	-	-	-	-
<b>V<sub>SL</sub>=65mi/h=104,59km/h</b>						
A	100	6,21	650	104,59	650	0,2950,283
B	160	9,94	650	104,59	1.040	0,4730,452
C	140	14,91	645	103,78	1.548	0,7040,673
D	320	19,89	610	98,15	1.952	0,8870,849
E	39,3/43,4	24,4/26,97	560/53,0	90,10/85,28	2.200/2.300	1,00
F	-	-	-	-	-	-
<b>V<sub>SL</sub>=60mi/h=96,54km/h</b>						
A	100	6,21	600	96,54	600	0,2720,261
B	160	9,94	600	96,54	900	0,4360,417
C	240	14,91	600	96,54	1.440	0,6550,626
D	320	19,89	570	91,71	1.824	0,8290,793
E	41,5/46,0	25,79/28,59	530/50,0	85,28/80,45	2.200/2.300	1,00
F	-	-	-	-	-	-
<b>V<sub>SL</sub>=55mi/h=88,50km/h</b>						
A	100	6,21	550	88,50	550	0,2500,239
B	160	9,94	550	88,50	880	0,4000,383
C	240	14,91	550	88,50	1.320	0,6000,574
D	320	19,89	548	88,17	1.760	0,8000,765
E	44,0/47,9	27,34/29,77	500	80,45	2.200/2.300	1,00
F	-	-	-	-	-	-

NAPOMENA : Ako veličine u tabeli sadrže razlomačku crtu (npr: 2200/2300) onda se prva vrednost odnosi na četvortrake autoputeve, a druga vrednost na šestotrake autoputeve.

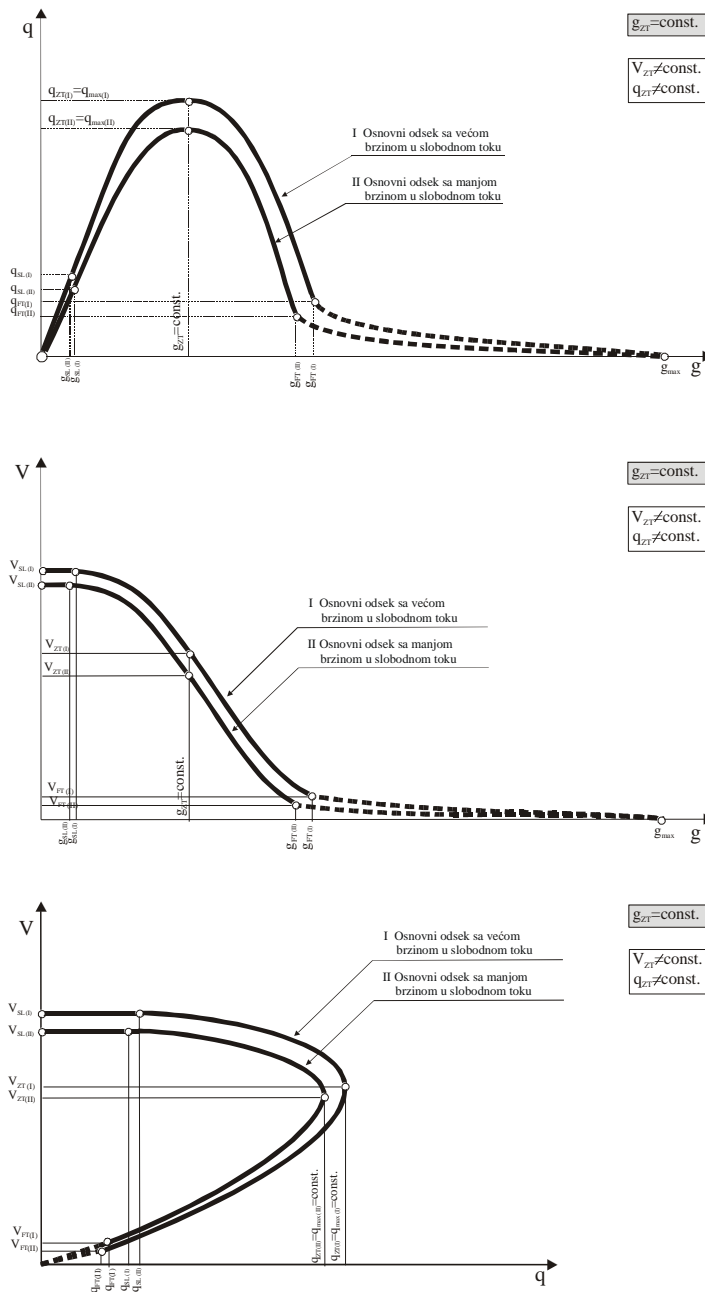


Tabela 4-5. Veličine osnovnih pokazatelja-kriterijuma nivoa usluge, za četiri tipične klase osnovnih segmenata (odseka) autoputa prema HCM-2000

KRITERIJUM	NIVO USLUGE				
	A	B	C	D	E
<b>V<sub>SL</sub> = 120 km/h</b>					
Maksimalna gustina (PA/km/tr)	7	11	16	22	28
Minimalna brzina (km/h)	120.0	120.0	114.6	99.6	85.7
Maksimalni odnos tok/kapacitet (-)	0.35	0.55	0.77	0.92	1.00
Maksimalna veličina toka ( PA/h/tr )	840	1320	1840	2200	2400
<b>V<sub>SL</sub> = 110 km/h</b>					
Maksimalna gustina (PA/km/tr)	7	11	16	22	28
Minimalna brzina (km/h)	110.0	110.0	108.5	97.2	83.9
Maksimalni odnos tok/kapacitet (-)	0.33	0.51	0.74	0.91	1.00
Maksimalna veličina toka ( PA/h/tr )	770	1210	1740	2135	2350
<b>V<sub>SL</sub> = 100 km/h</b>					
Maksimalna gustina (PA/km/tr)	7	11	16	22	28
Minimalna brzina (km/h)	100.0	100.0	100.0	93.8	82.1
Maksimalni odnos tok/kapacitet (-)	0.30	0.48	0.70	0.90	1.00
Maksimalna veličina toka ( PA/h/tr )	700	1100	1600	2065	2300
<b>V<sub>SL</sub> = 90 km/h</b>					
Maksimalna gustina (PA/km/tr)	7	11	16	22	28
Minimalna brzina (km/h)	90.0	90.0	90.0	89.1	80.4
Maksimalni odnos tok/kapacitet (-)	0.28	0.44	0.64	0.87	1.00
Maksimalna veličina toka ( PA/h/tr )	630	990	1440	1955	2250

#### 4.3.1.2. Petorežimski model međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka ukoliko se veličina gustine zasićenog toka ( $g_{ZI}=g_{Co}$ ) tretira kao uslovna konstanta u praktično idealnim uslovima

Prema HCM-2000, napravljen je novi zaokret kako u tretmanu tako i u veličinama osnovnih parametara toka (vidi sliku 4-8). To je učinjeno tako što je pri osnovnom (baznom) kapacitetu, gustini zasićenog toka trake osnovnog segmenta (odseka) autoputa pri baznim uslovima dodeljena uloga konstante, a tretman promenljivih veličina dodeljen je osnovnom (baznom) kapacitetu (veličini zasićenog toka) i brzini pri osnovnom (baznom) kapacitetu (brzini pri zasićenom toku). Dakle, nakon 30-godišnjeg istraivanja na pogrešnim veličinama i neadekvatnom tretmanu osnovnih parametara pri zasićenom toku jednog niza putničkih automobila na saobraćajnoj traci autoputa idealnih tehničko eksploatacionih karakteristika, u poslednjih šest godina (HCM-1994 i HCM-2000) učinjene su (uglavnom) pozitivne promene u odnosu na HCM-1965 i HCM-1985, što je opisano u tački 4.3.2.1. ovog rada. Međutim, promene u HCM-2000 u odnosu na HCM-1994, pored opisanog pozitivnog pomaka, su izazvale i određenu konfuziju u praktičnoj primeni tretiranih parametara, što je detaljnije opisano u tački 4.3.2.2.



Slika 4-8. Petorežinski model međuzavisnosti baznih parametara saobraćajnog toka pri ( $g_{zt} = \text{const.}$ )

#### 4.3.2. PROMENE KRITERIJUMA NIVOA USLUGE DATIH U IZDANJIMA IZ HCM-1965, HCM-1985, HCM-1994 I HCM-2000

##### 4.3.2.1. Promene u HCM-1994 u odnosu na HCM-1965 i 1985

- (1) Promene učinjene u HCM-1994 (tabela 4-4) u odnosu na HCM-1965 (tabela 4-2) i 1985 (tabela 4-3) posmatrane sa kvalitativnog aspekta, tj. po pitanju *tretmana* osnovnih parametara zasićenog toka, jednog niza putničkih automobila na traci osnovnog segmenta (odseka) autoputa idealne geometrije, predstavljaju značajan pozitivan pomak u **teorijskom i praktičnom smislu**. Pozitivan pomak sa teorijskog aspekta ogleda se u tretmanu **brzine i gustine kao promenljivih veličina**, pri osnovnom (baznom) kapacitetu trake u idealnim uslovima (praktično idealnim, primedba autora ovog rada). Mada teorijski posmatrano i veličina zasićenog toka, tj veličina osnovnog (baznog) kapaciteta trake u praktično idealnim uslovima ima karakter promenljive, u HCM-1994 ova veličina je tretirana kao konstanta, što je posmatrano sa praktičnog aspekta apsolutno prihvatljivo opredeljenje.
- (2) Nasuprot apsolutno prihvatljivog pozitivnog pomaka u HCM-1994 u odnosu na HCM-1965 i HCM-1985 po pitanju tretiranja osnovnih parametara, za učinjene promene sa **kvantitativnog aspekta** se ne može reći da predstavljaju apsolutno pozitivan pomak, jer su **drastične** i prelaze granicu realnosti. Ovo se prvenstveno odnosi na brzinu pri osnovnom (baznom) kapacitetu (brzinu pri zasićenom toku) koja je od 30mph (48km/h) iz HCM-1965 (tabela 4-2) i 1985 (tabela 4-3) promenjena na 60mph (96,7km/h) u HCM-1994 u slučaju osnovnog segmenta (odseka) autoputa sa slobodnom brzinom od 70mph (112,6 km/h).

##### 4.3.2.2. Promene u HCM-2000 u odnosu na HCM-1965, HCM-1985 i HCM-1994

- (1) Promene učinjene u HCM-2000 (tabela 4-5) u odnosu na HCM-1965 (tabela 4-2), HCM-1985 (tabela 4-3) posmatrane sa **kvalitativnog aspekta**, tj. po pitanju *tretmana* osnovnih parametara zasićenog toka jednog niza putničkih automobila na traci osnovnog segmenta (odseka) autoputa idealne geometrije, gledane iz ugla teorije predstavljaju značajan pozitivan pomak kao što je učinjeno i u HCM-1994 (tabela 4-4). Pozitivan pomak u odnosu na HCM-1994 ostvaren je zamenom pojma **idealni uslovi** pojmom **bazni uslovi** koji je u potpunosti saglasan sa pojmom **praktično idealni uslovi**. Međutim, gledano iz ugla praktične primene u analizi praktičnog kapaciteta

puteva u realnim uslovima, učinjena promena kojom se **gustina zasićenog toka** (gustina pri osnovnom-baznom kapacitetu) tretira **kao uslovna konstanta** ne predstavlja apsolutno pozitivan pomak u odnosu na HCM-1994. Ovo zato što se svi tradicionalno klasični obrasci za analizu praktičnog kapaciteta osnovnih segmenata (odseka) autoputeva u realnim vladajućim uslovima  $[C \text{ (voz/h)}]$  zasnivaju na proizvodu broja traka ( $N$ ) i veličini osnovnog (baznog) kapaciteta (zasićenog toka) jedne trake u praktično idealnim uslovima ili baznim uslovima  $[C_o \text{ (PA/h)}]$ , koji se umanjuje redukcionim faktorima u funkciji odstupanja realnih putnih i saobraćajnih uslova u odnosu na praktično idealne uslove. Iz opšteg oblika tradicionalno klasičnih obrazaca za analizu praktičnog kapaciteta osnovnih odseka autoputeva, koji glasi  $C = C_o \cdot N \prod F_i$ , proizlazi da je praktično povoljnije ukoliko je  $C_o = \text{const.}$  Inače po HCM-2000 obrazac mora da glasi  $C = C_{oi} \cdot N \prod F'_j$ . U ovom slučaju za svako  $V_{SL}$  sledi odgovarajuće različito  $C_o$ , što u praktičnoj primeni može stvarati određenu konfuziju. Naime, u ovom slučaju veličina praktičnog kapaciteta se dobija nakon dvostepenog odlučivanja i to:

–PRVI PUT kroz vrednost  $C_{oi}=2400$  ili 2350 ili 2300 ili 2250 PA/h/tr, jer je  $C_{oi}=f(V_{SLi})$

–DRUGI PUT kroz vrednost redukcionih faktora  $\prod F'_j$ .

- (2) Za promene koje su učinjene u HCM-2000 u odnosu na HCM-1994 posmatrane sa **kvantitativnog aspekta**, po pitanju veličina osnovnih parametara može se reći:

–Učinjen je apsolutno pozitivan pomak po pitanju smanjenja maksimalne veličine **brzine** pri osnovnom (baznom) kapacitetu u odnosu na HCM-1994, jer je ista sa 96,7km/h c smanjena na 85,7 km/h.

–Opređen je da se gustina pri osnovnom (baznom) kapacitetu tretira kao konstanta (uslovna, primedba autora ovog rada), dovelo je do povećanja maksimalne vrednosti osnovnog (baznog) kapaciteta trake osnovnog segmenta (odseka) autoputa pri idealnim (baznim) uslovima (praktično idealnim, primedba autora ovog rada) na 2400 PA/h/tr. Ova veličina posmatrana sa aspekta klasičnog funkcionisanja sistema «V-V-P» (“vozač-vozilo-put”) premašuje granicu standardne realnosti. Sa stvaranjem tzv. inteligentnog puta i vozila tj. sa kompjuterskim vođenjem vozila, realno je očekivati povećanje osnovnog (baznog) kapaciteta trake pri baznim (praktično idealnim) uslovima verovatno i na vrednost veće od 2400PA/h/tr.

—

#### **4.4. PREDLOG UNAPREĐENJA KRITERIJUMA NIVOA USLUGE ZA TIPIČNE KLASSE OSNOVNIH SEGMENTA AUTOPUTA U PRAKTIČNO IDEALNIM USLOVIMA**

Predlog unapređenja kriterijuma nivoa usluge zasniva se na konsekventnom poštovanju petorežimskog modela međuzavisnosti osnovnih (baznih) parametara saobraćajnog toka na traci tipičnih klasa osnovnih segmenta (odseka) autoputa u praktično idealnim (po HCM-2000 baznim) uslovima.

Ideja predloga unapređenja kriterijuma nivoa usluge na traci tipičnih klasa osnovnih segmenta (odseka) autoputa u praktično idealnim uslovima razlikuju se od preporuka iz HCM-2000 u tome što se karakter uslovne konstante dodeljuje maksimalnom toku, tj. zasićenom toku, odnosno OSNOVNOM (BAZNOM) KAPACITETU umesto maksimalnoj gustini zasićenog toka. Dodeljivanje karakteristike uslovne konstante osnovnom (baznom) kapacitetu umesto maksimalnoj gustini zasićenog toka ima prednost sa praktičnog i teorijskog aspekta.

Prednost sa praktičnog aspekta ogleda se u pojenostavljenju obrasca za analizu praktičnog kapaciteta deonice autoputa u realnim vladajućim uslovima.

Prednost sa teorijskog aspekta ogleda se u prostoj logici koja glasi: da je maksimalna gustina zasićenog toka veća pri manjim brzinama, a manja pri većim brzinama.

Preporuke koje su date u HCM-2000 da je maksimalna gustina toka 28 PA/h/tr jednaka pri brzini od 85,7 km/h i pri brzini od 80,4km/h nisu saglasne sa citiranom prostom logikom. Nelogično opredeljenje za uslovnu konstantu maksimalne gustine zasićenog toka pri različitim brzinama zasićenog toka na trakama tipičnih segmenta (odseka) autoputa dovelo je do različitih maksimalnih veličina toka pri nivou usluge «E», odnosno pri osnovnom (baznom) kapacitetu u rasponu od 2250 PA/h/tr do 2400 PA/h/tr. Treba istaći da čime veličine osnovnog (baznog) kapaciteta iznad 2250 PA/h/tr, pored toga što premašuju granice realnosti, komplikuju formiranje obrazaca za analizu praktičnog kapaciteta puteva u realnim vladajućim uslovima.

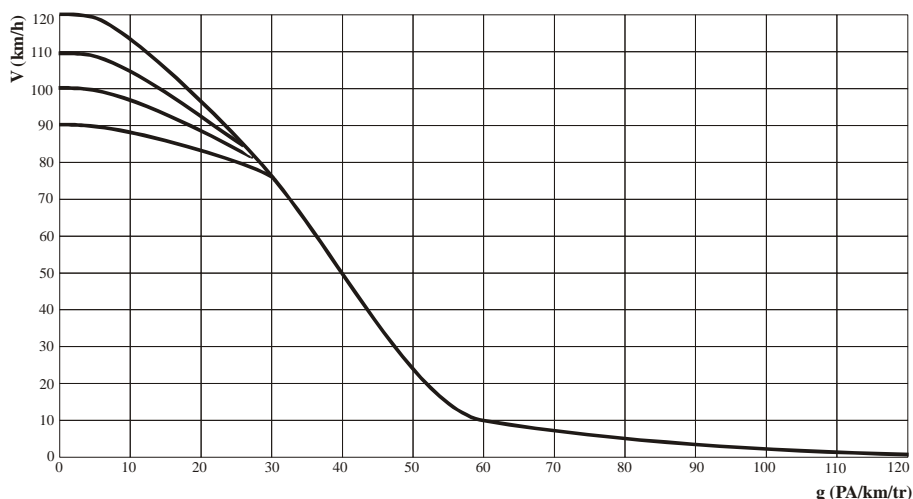
Predlog unapređenja kriterijuma nivoa usluge iskazana je u formi preporuka kroz Petorežimski model međuzavisnosti osnovnih parametara saobraćajnog toka (slika 4-9, 4-10, i 4-11) i kroz tabelarni pregled veličina osnovnih parametara

saobraćajnog toka po nivoima usluge za četiri tipične klase osnovnih segmenata (odseka) autoputa u praktično idealnim (po HCM-2000 baznim) uslovima (tabela 4-6 i 4-7)

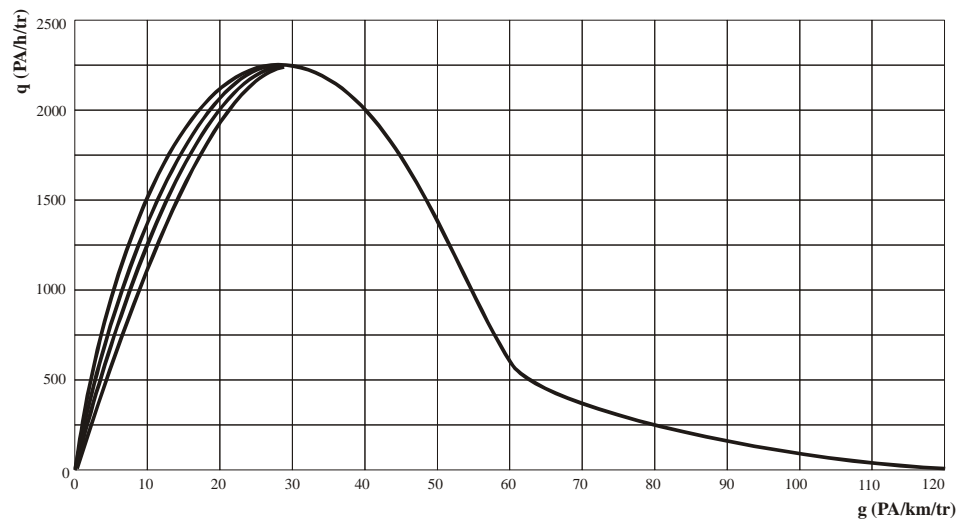
#### 4.4.1. UNAPREĐENI OBLIK KRIVULJA MEĐUZAVISNOSTI OSNOVNIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA NA TRACI TIPIČNIH KLASA OSNOVNIH SEGMENTA AUTOPUTA U PRAKTIČNO IDEALNIM USLOVIMA.

Ovi dijagrami (slika 4-9, 4-10, i 4-11) i tabele (tabela 4-6 i 4-7) predstavljaju rezultantu dobijenu sintezom zaključaka o:

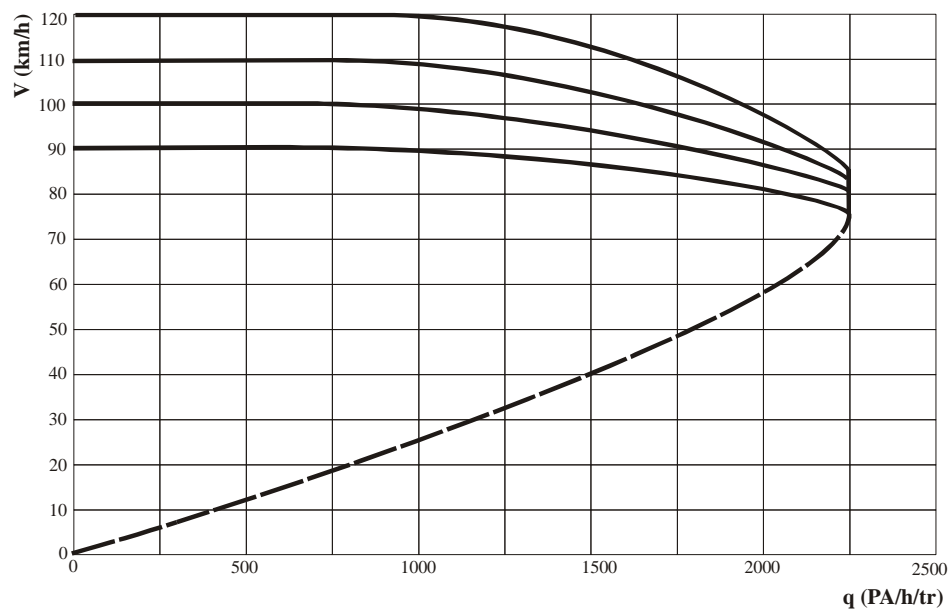
- ulozi petorežimskog modela,
- tretmanu međuzavisnosti osnovnih parametara u zasićenom toku, datog u HCM-1994,
- veličinama brzina u zasićenom toku na traci tipičnih klasa osnovnih segmenata (odseka) autoputa u baznim (praktično idealnim) uslovima, datih u HCM-2000.
- veličini osnovnog(baznog) kapaciteta na traci tipičnih klasa osnovnih segmenata (odseka) autoputa u baznim (praktično idealnim) uslovima, na bazi sinteze preporuka datih u HCM-2000 i merenja izvršenih u našoj zemlji od 1969 do 1975 godine.



*Slika 4-9. Petorežimski model međuzavisnosti brzine i gustine*



Slika 4-10. Petorežimski model međuzavisnosti protoka i gustine



Slika 4-11. Petorežimski model međuzavisnosti brzine i protoka

#### 4.4.2. PREPORUKA VELIČINA OSNOVNIH PARAMETARA SAOBRAĆAJNOG TOKA PO NIVOIMA USLUGE ZA ČETIRI KLASSE OSNOVNIH SEGMENTA AUTOPUTA U PRAKTIČNO IDEALNIM (BAZNIM) USLOVIMA

U narednim tabelarnom pregledima izložene su granične veličine osnovnih parametara saobraćajnog toka po nivoima usluge za četiri tipične klase osnovnih segmenta (odseka) autoputa u praktično idealnim uslovima. Klase osnovnih segmenta (odseka) autoputa definisane su veličinom brzine u slobodnom toku i to:

- I klasa osnovnog odseka sa  $V_{SL} = 120$  km/h
- II klasa osnovnog odseka sa  $V_{SL} = 110$  km/h
- III klasa osnovnog odseka sa  $V_{SL} = 100$  km/h
- IV klasa osnovnog odseka sa  $V_{SL} = 90$  km/h

Tabela 4-6. Tabelarni pregled veličina osnovnih parametara saobraćajnog toka za četiri klase osnovnih odseka autoputa u praktično idealnim (baznim) uslovima

Klase osnovnih odseka autoputa u praktično idealnim (baznim) uslovima s obzirom na brzinu u slobodnom toku	Brzina u slobodnom toku	Brzina u zasićenom toku, tj. brzina pri baznom kapacitetu $V_{ZI}=V_{Co}$ (km/h)	Gustina u zasićenom toku, tj. gustina pri baznom kapacitetu $g_{ZI}=g_{Co}$ (voz/km)	Veličina zasićenog toka tj. baznog kapaciteta $q_{ZI}=C_o$ (voz/h)
I klasa osnovnog odseka	120	85; 82; 79 i 76	26,47; 27,44; 28,48 i 29,6	2250
II klasa osnovnog odseka	110	82; 79 i 76	27, 44; 28,4 i 29,6	2250
III klasa osnovnog odseka	100	79 i 76	28,48 i 29,6	2250
IV klasa osnovnog odseka	90	76	29,6	2250

Tabela 4-7. Reperne veličine baznih parametara saobraćajnog toka po nivoima usluge za osnovne odseke autoputa prema 5-to režimskom modelu

Osnovni parametri saobraćajnog toka-kriterijumi nivoa usluge za osnovne odseke autoputa	NIVO USLUGE					
	A	B	C	D	E	F
I klasa osnovnog odseka $V_{SL} = 120$ km/h						
Maksimalna gustina (PA/kmtr)	7	10	15	19	26,47 (29,60)	-
Minimalna brzina (km/h)	120	117	108	100	85 (76)	-
Maksimalni odnos tok/kapacitet (-)	0,37	0,52	0,72	0,84	1,00	-
Maksimalna veličina toka (PA/h/tr)	840	1170	1620	1900	2250	-
II klasa osnovnog odseka $V_{SL} = 110$ km/h						
Maksimalna gustina (PA/kmtr)	6,73	9,65	14,50	18,74	27,44 (29,60)	-
Minimalna brzina (km/h)	110	107	100	95	82 (76)	-
Maksimalni odnos tok/kapacitet (-)	0,33	0,47	0,64	0,79	1,00	-
Maksimalna veličina toka (PA/h/tr)	740	1032	1450	1780	2250	-
III klasa osnovnog odseka $V_{SL} = 100$ km/h						
Maksimalna gustina (PA/kmtr)	6,55	9,47	14,15	18,44	28,48 (29,60)	-
Minimalna brzina (km/h)	100	98	94	90	79 (76)	-
Maksimalni odnos tok/kapacitet (-)	0,29	0,41	0,59	0,74	1,00	-
Maksimalna veličina toka (PA/h/tr)	655	928	1330	1660	2250	-
IV klasa osnovnog odseka $V_{SL} = 90$ km/h						
Maksimalna gustina (PA/kmtr)	6,44	9,20	13,95	18,21	29,60	-
Minimalna brzina (km/h)	90	88	86	84	76	-
Maksimalni odnos tok/kapacitet (-)	0,26	0,36	0,53	0,68	1,00	-
Maksimalna veličina toka (PA/h/tr)	580	810	1200	1530	2250	-



#### 4.4.3. ZAKLJUČNI STAVOVI O ZNAČAJU PREDLOŽENOG UNAPREĐENJA KRITERIJUMA ZA DEFINISANJE NIVOVA USLUGE OSNOVNIH SEGMENTATA AUTOPUTA

- (1) Veličine osnovnih parametara po nivoima usluge iz prethodne tabele (tabela 4-6 i 4-7), za četiri tipične klase osnovnih segmenata (odseka) autoputa u praktično idealnim uslovima, po prvi put u relevantnoj svetskoj literaturi u celosti su saglasne sa unapređenim oblikom krivulja o međuzavisnosti osnovnih parametar saobraćajnog toka pomoću petorežimskog modela (slika 4-9, 4-10, i 4-11) u kome je uloga uslovne konstante dodeljena maksimalnom toku  $q_{max}$ , tj. zasićenom toku  $q_{ZT}$ , odnosno veličini osnovnog (baznog) kapaciteta saobraćajne trake  $C_o = 2250$  (PA/h/tr).
- (2) Opređen je da se maksimalnom toku, tj. osnovnom (baznom) kapacitetu saobraćajne trake ( $C_o$ ) dodeli uloga uslovne konstante dovodi do rezultata da je veličinu  $C_o = 2250$  (PA/h/tr) moguće ostvariti na svim tipičnim klasama osnovnih segmenata (odseka) autoputa, s tim što se na segmentima (odsecima) sa većim brzinama u slobodnom toku maksimalna veličina toka može ostvariti u širem rasponu brzina i gustina. Tako:
  - Na osnovnom segmentu (odseku) sa  $V_{SL} = 120$  (km/h) osnovni (bazni) kapacitet saobraćajne trake  $C_o = 250$  (PA/h/tr) se ostvaruje pri brzini  $V_{ZT} = 85$  (km/h) i gustini  $q_{ZT} = 26,47$  (PA/km/tr), ali i pri brzinama i gustinama zasićenog toka koje odgovaraju osnovnim odsecima sa  $V_{SL} = 110$  (km/h),  $V_{SL} = 100$  (km/h) i  $V_{SL} = 90$  (km/h);
  - Na osnovnom segmentu (odseku) sa  $V_{SL} = 110$  (km/h) osnovni (bazni) kapacitet saobraćajne trake  $C_o = 2250$  (PA/h/tr) se ostvaruje pri brzini  $V_{ZT} = 82$  (km/h) i gustini  $q_{ZT} = 27,44$  (PA/km/tr), ali i pri brzinama i gustinama zasićenog toka koje odgovaraju osnovnim odsecima sa  $V_{SL} = 100$  (km/h) i  $V_{SL} = 90$  (km/h);
  - Na osnovnom segmentu (odseku) sa  $V_{SL} = 100$  (km/h) osnovni (bazni) kapacitet saobraćajne trake  $C_o = 2250$  (PA/h/tr) se ostvaruje pri brzini  $V_{ZT} = 79$  (km/h) i gustini  $q_{ZT} = 28,48$  (PA/km/tr), ali i pri brzini i gustini zasićenog toka koje odgovaraju osnovnom odseku sa  $V_{SL} = 90$  (km/h);
  - Na osnovnom segmentu (odseku) sa  $V_{SL} = 90$  (km/h) bazni kapacitet saobraćajne trake  $C_o = 2250$  (PA/h/tr) se ostvaruje samo pri brzini  $V_{ZT} = 76$  (km/h) i gustini  $q_{ZT} = 29,60$  (PA/km/tr).
- (3) S obzirom na izloženo, a zahvaljujući dodeljivanju uslovne konstante veličini maksimalnog toka tj. veličini osnovnog (baznog) kapaciteta, moguće je na

jednostavan način formulisati opšti obrazac za analizu praktičnog kapaciteta deonice autoputeva, koji glasi:

$$C = C_o \cdot N \cdot \prod_{i=1}^n F_i, \text{ odnosno } C = 2250 \cdot N \cdot \prod_{i=1}^n F_i$$

- (4) U ovom radu je usvojena veličina osnovnog (baznog) kapaciteta saobraćajne trake  $C_o=2250$  (PA/h/tr) koja se razlikuje u odnosu na veličinu  $C_o=2200$  (PA/h/tr) datu na bazi istraživanja u periodu od 1969. do 1975. godine i koja je uključena i u udžbenik «Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica» u izdanju Saobraćajnog fakulteta iz 2000. godine. Veličina od 2250 (PA/h/tr) više odgovara savremenim karakteristikama putničkih automobila i psihofizičkih karakteristika vozača, a rezultati istraživanja od 1969 do 1975 godine davali su podršku i za veličinu  $C_o=2250$  PA/h/tr. Konačno i po preporukama HCM-2000 za osnovni segment (odsek) puta sa  $V_{SL}=90$  km/h preporučena je veličina osnovnog (baznog) kapaciteta  $C_o=2250$  PA/h/tr..
- (5) Izloženi predlog kriterijuma nivoa usluge za tipične klase osnovnih segmenata (odseka) autoputa u praktično idealnim uslovima predstavlja unapređenje ne samo u odnosu na preporuke dat u HCM-2000 već i u odnosu na udžbenik «Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica» autora prof dr Ljubiše Kuzovića u izdanju Saobraćajnog fakulteta iz 2000. godine.
- (6) U cilju smelijeg pristupa u oceni preporuka datih u HCM-2000, prikazane su promene veličina osnovnih pokazatelja-kriterijuma nivoa usluge koje su vršene u svim izdanjima HCM-a od 1965 do 2000 godina kako bi se uputila poruka da se veličine osnovnih pokazatelja-kriterijuma nivoa usluge koje su date u HCM-2000 moraju KRITIČKI tretirati. Na kritički pristup upućuju kako argumenat teorijske i praktične prirode, tako i argumenti koji su imali na umu autori HCM-ovih izdanja u kojima se u izdanjima iz 1994 i 2000. godine u odnosu na izdanja iz 1965 i 1985 godine nije radilo o postupnim promenama zasnovanim na kritičkom pristupu, već o revolucionarnim promenama. U ovom radu je data ocena svih učinjenih promena u izdanjima HCM-a, ali i u svetlu teorijskih i eksperimentalnih radova autora ovog izlaganja koji su publikovani u periodu od 1996 godine do danas.