

3. OSOBENOSTI SAOBRAĆAJNOG TOKA I KARAKTERISTIČNE VREDNOSTI OSNOVNIH PARAMETARA

Za što potpunije opisivanje saobraćajnih tokova i izučavanje zakonitosti kretanja motornih vozila, odnosno saobraćajnih tokova na drumskim saobraćajnicama, pored definisanja osnovnih pokazatelja-parametara saobraćajnog toka, neophodno je definisati i značajnije osobenosti saobraćajnog toka, kao i karakteristične vrednosti osnovnih parametara saobraćajnog toka. Karakteristične vrednosti osnovnih parametara saobraćajnog toka od značaja su kako za adekvatno opisivanje relacija između osnovnih parametara saobraćajnog toka, tako i za rešavanje konkretnih zadataka iz inženjerske prakse.

U red važnijih osobenosti saobraćajnog toka, značajnih za opisivanje zakonitosti kretanja vozila, odnosno saobraćajnih tokova na drumskim saobraćajnicama i za sadržajnije opisivanje osnovnih parametara saobraćajnog toka, pre svega protoka vozila, spadaju:

- 1) Složenost saobraćajnog toka,
- 2) Opšti uslovi odvijanja saobraćaja,
- 3) Sastav ili struktura saobraćajnog toka i merodavna vozila u toku za analizu kapaciteta, nivoa usluge i dimenzionisanje kolovozne konstrukcije,
- 4) Vremenska neravnomernost saobraćajnog toka i karakteristične vrednosti saobraćajnog toka (q_m - merodavni protok, q_{15} - maksimalni 15-minutni protok pri q_m , maksimalni časovni protok- q_{max}),
- 5) Neravnomernost toka po smerovima pri q_m , q_{15} i q_{max} ,
- 6) Neravnomernost toka po trakama,
- 7) Karakteristike vozača u PA sa aspekta redovnosti u korišćenju automobila.

U definisanju metodologije za formiranje informacione osnove o saobraćajnim tokovima, koja se zasniva na permanentnom brojanju vozila, merenju brzina i osovinskih opterećenja neophodno je osigurati podatke za analizu svih navedenih značajnih osobenosti saobraćajnog toka i karakterističnih vrednosti osnovnih parametara.

3.1. SLOŽENOST SAOBRAĆAJNOG TOKA

U opisivanju saobraćajnih tokova i zakonitosti kretanja motornih vozila na mreži drumskih saobraćajnica, pri korišćenju osnovnih parametara saobraćajnog toka, a pre svega protoka vozila, od značaja je znati i kakav je saobraćajni tok sa gledišta broja nizova i smerova i kakav je međusobni odnos smerova i nizova tj. kakva je slika saobraćajnih tokova na funkcionalne delove posmatrane mreže. Sa tog gledišta saobraćajni tok može biti:

- prost tok
- složen tok.

a) Prost saobraćajni tok

Prost saobraćajni tok se sastoji od jednog niza vozila koja se kreću u jednom pravcu i u jednom smeru. Najmanji broj vozila, s obzirom na interakcijsku međuzavisnost u kretanju, iznosi 2 vozila u jednom nizu u istom smeru.

Na bazi prostog saobraćajnog toka, koga sačinjavaju dva vozila u jednom nizu u istom smeru, zasnivaju se matematički deterministički modeli (prost dinamički model sleđenja i model “sledi vođu”) za opisivanje saobraćajnih tokova.



Slika 3-1. Prost saobraćajni tok

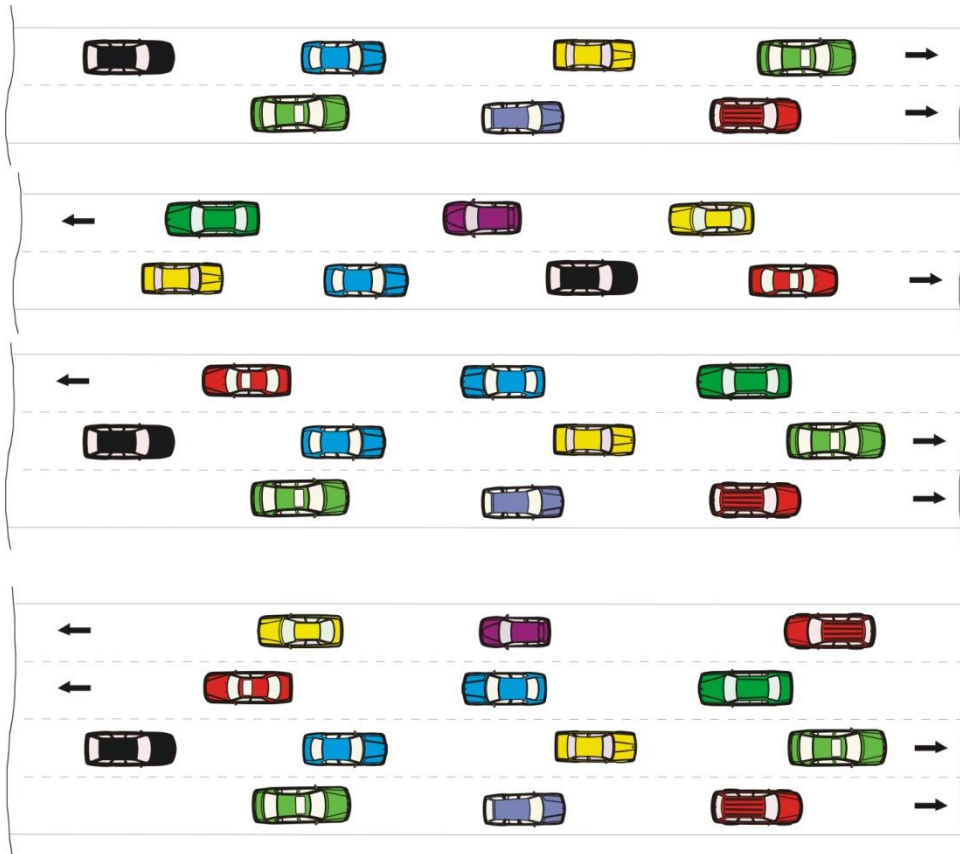
Prost saobraćajni tok predstavlja osnovu tj. Ima značenje baznog (merodavnog) toka, za definisanje fundamentalnih teorijskih relacija između osnovnih parametara saobraćajnog toka.

U stručnoj literaturi često se za prost tok koristi termin elementarni tok, ili pak jedinični tok.

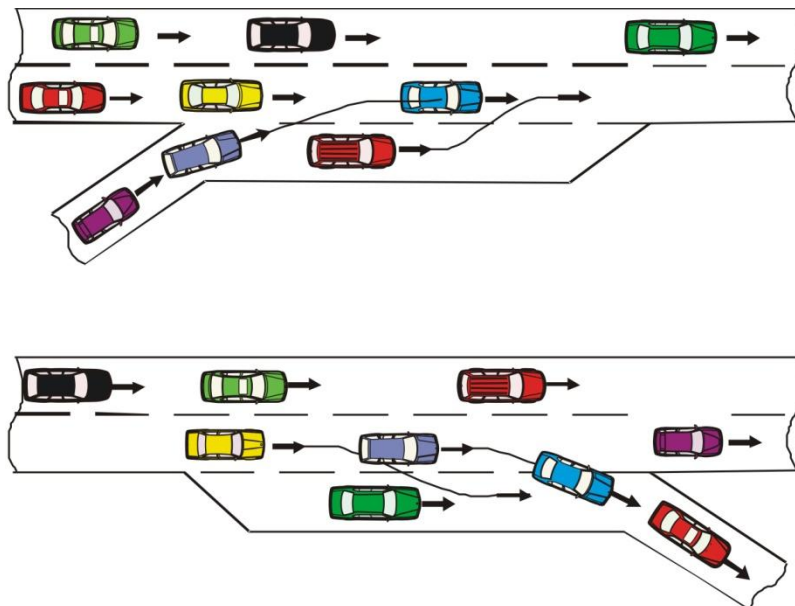
b) Složen saobraćajni tok

Složen saobraćajni tok se sastoji od dva ili više prostih saobraćajnih tokova koji, s obzirom na međusobne odnose nizova i smerova, može biti:

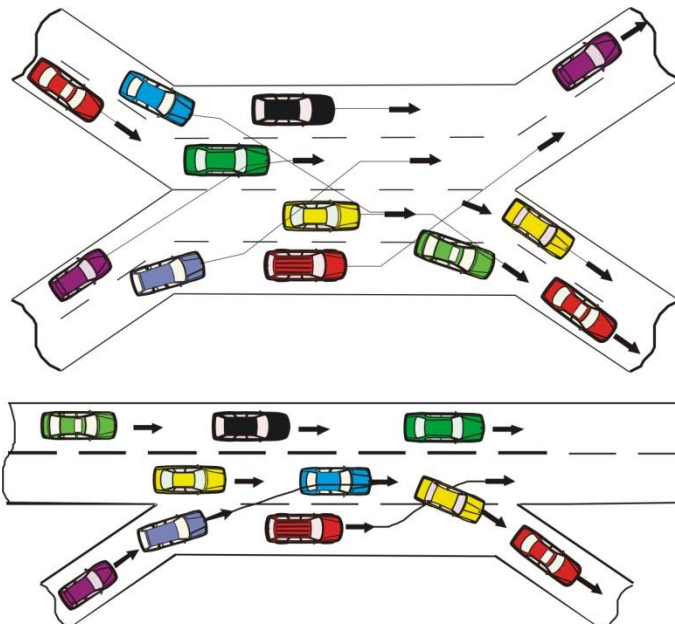
- Složen saobraćajni tok od dva ili više prostih tokova međusobno paralelnih u istom ili suprotnom smeru;
- Složen saobraćajni tok od dva ili više prostih tokova koji se međusobno spajaju (ulivaju) ili razdvajaju (odlivanje);
- Složen saobraćajni tok od dva ili više prostih tokova koji se međusobno prepliću;
- Složen saobraćajni tok od dva ili više prostih tokova koji se međusobno seku.



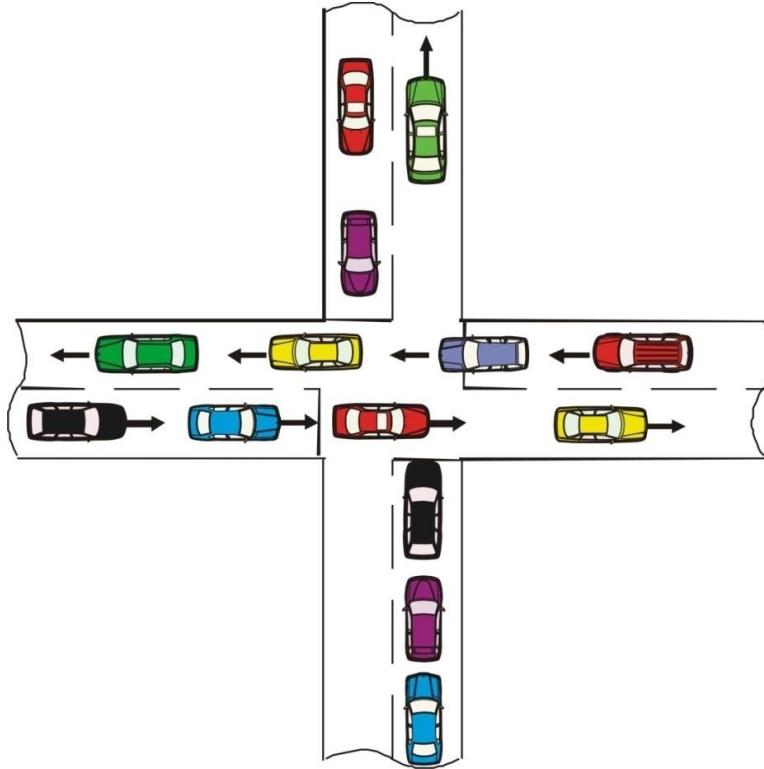
Slika 3-2. Složen saobraćajni tok od dva ili više paralelnih prostih tokova međusobno paralelnih u istom ili suprotnom smeru



Slika 3-3. Složen saobraćajni tok od dva ili više prostih tokova koji se međusobno spajaju (ulivaju) ili razdvajaju (odlivanje)



Slika 3-4. Složen saobraćajni tok od dva ili više prostih tokova koji se

međusobno prepliću

Slika 3-5. Složen saobraćajni tok od dva ili više prostih tokova koji se međusobno seku

Realni saobraćajni tokovi u principu pripadaju grupi složenih saobraćajnih tokova. Zato, kada je reč o realnom saobraćajnom toku, pojam za protok vozila kao i pojmovi za ostale osnovne parametre sa praktičnog aspekta moraju biti dopunjeni objašnjenjem o kakvom se saobraćajnom toku radi, s obzirom na izloženu klasifikaciju.

O ovoj osobenosti saobraćajnog toka neophodno je voditi računa u definisanju parametara koji se statistički prate kroz aktivnosti brojanja saobraćaja na mreži drumskih saobraćajnica.

Uticaj stepena složenosti, kao osobenosti realnog saobraćajnog toka, na uslove saobraćaja ima izvanredno veliki značaj u definisanju analitičkog instrumentarija za analizu praktičnog kapaciteta i nivoa usluge funkcionalnih delova mreže drumskih saobraćajnica.

3.2. OPŠTI USLOVI ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

S obzirom na opšte uslove u odvijanju saobraćaja, saobraćajni tokovi mogu biti:

- neprekinuti
- neprekinuti ali delimično ometani
- povremeno prekinuti tokovi.

a) Neprekinuti tokovi

To su tokovi kod kojih na uslove kretanja vozila jedino deluje njihova međusobna interakcija, koja je prvenstveno zavisna od gustine toka. Uslove za neprekinute tokove pružaju osnovni odseci autoputeva idealne geometrije koji su van uticaja saobraćajnih čvorišta.

Neprekinuti saobraćajni tok predstavlja osnovu i značenje baznog (merodavnog) toka za definisanje fundamentalnih relacija između osnovnih parametara saobraćajnog toka u teorijski idealnim i u praktično idealnim uslovima.

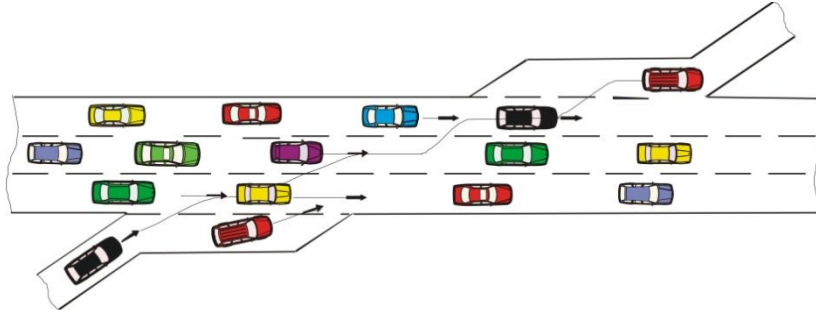


Slika 3-6. Uslovi odvijanja saobraćajnih tokova pri neprekinutom toku

b) Neprekinuti ali delimično ometani tokovi

To su tokovi kod kojih na uslove kretanja vozila, pored njihove međusobne interakcije, utiču i promene saobraćajne trake u kretanju vozila zbog ulivanja ili izlivanja, kao i zbog preplitanja na odsecima drumskih saobraćajnica u zonama saobraćajnih čvorišta.

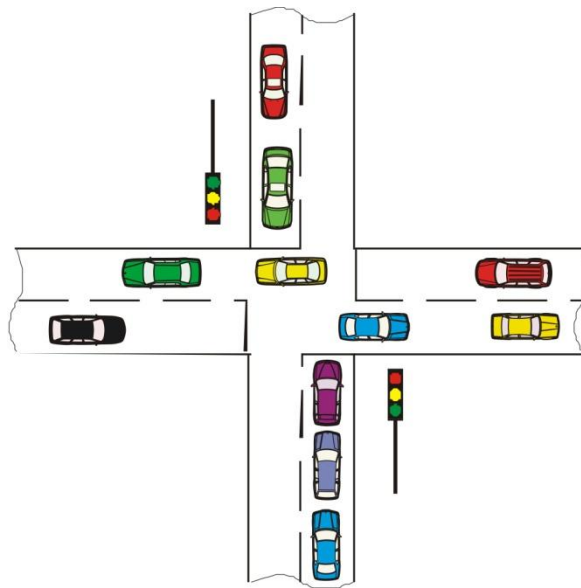
Uslove za neprekinute ali delimično ometane tokove pružaju odseci puteva na kojima se vrši ulivanje, izlivanje ili pak preplitanje tokova. Ovi uslovi u toku vladaju, pre svega, na odsecima puteva u zonama saobraćajnih čvorišta, gde su ukrštaji putnih pravaca denivelisani.



Slika 3-7. Uslovi odvijanja saobraćajnih tokova pri neprekinutim ali delimično ometanim kretanjima saobraćajnih tokova

c) Povremeno prekinuti tokovi

To su tokovi kod kojih na uslove kretanja vozila, pored njihove međusobne interakcije, utiču i potrebe za vremenskom podelom prava korišćenja istih saobraćajnih površina, od strane vozila iz raznih pravaca kretanja, koji se međusobno seku. Uslove za povremeno prekinute tokove pružaju saobraćajna čvorišta gde su ukrštaji pravaca rešeni u istom nivou.



Slika 3-8. Uslovi odvijanja saobraćajnih tokova pri povremeno prekinutim kretanjima saobraćajnih tokova

3.3. SASTAV ILI STRUKTURA SAOBRAĆAJNOG TOKA

S obzirom na sastav ili strukturu saobraćajni tok može biti:

- homogen
- nehomogen (mešoviti) tok.

Pored iznete klasifikacije, za potrebe rešavanja praktičnih zadataka figuriše i pojam *uslovno homogen tok (mešoviti tok transformisan u homogen tok)*.

3.3.1. HOMOGEN TOK

Sa gledišta potrebnih uslova, ali ne i dovoljnih, tok je homogen ako je sastavljen od jedne vrste motornih vozila, kao npr.:

- tok putničkih automobila,
- tok autobusa,
- tok teretnih vozila itd.

Naime, sa gledišta uslova kretanja vozila u saobraćajnom toku karakteristika sastava toka ima veoma kompleksnu i snažnu ulogu, kroz koju se ispoljava uticaj velikih razlika koje postoje u fizičkim i tehničko-eksploatacionim karakteristikama motornih vozila, kao i u psihofizičkim osobinama vozača (obučenosti i motivisanosti) u osnovnim vrstama vozila.

Ukoliko je homogen tok sastavljen od putničkih automobila potpuno istih tehničko-eksploatacionih karakteristika kojima upravljaju vozači potpuno istih psiho-fizičkih osobina i potpuno iste motivisanosti za vožnju, to je tzv. *teorijski idealan - homogen tok*.

Teorijski idealan - homogen saobraćajni tok praktično ne postoji. Značajno je podvući da teorijski idealan - homogen saobraćajni tok ima jedinu ulogu u definisanju tzv. fundamentalne relacije između osnovnih parametara saobraćajnog toka, koja je pozajmljena iz druge naučne oblasti.

Tok putničkih automobila, za čijim upravljačima sede vozači koji su u principu različitih psihofizičkih osobina i motivisanosti za vožnju, naziva se *praktično idealan homogen tok* i kao takav ima značenje baznog (merodavnog) toka u definisanju *baznog kapaciteta saobraćajne trake i definisanju nivoa usluge u praktično idealnim uslovima*.

3.3.2. NEHOMOGENI ILI MEŠOVIT TOK

Realan tok je u principu nehomogen ili mešoviti tok. Znači, tok sastavljen od dve ili više različitih vrsta motornih vozila je **nehomogen** ili **mešoviti tok**.

Stepen nehomogenosti saobraćajnog toka izražava se procentualnim učešćem ostalih vozila (autobusa, kamiona i autovozova, tzv. komercijalnih vozila-KV) u saobraćajnom toku. Procentualno učešće ostalih vozila (P_{KV}) u saobraćajnom toku iznosi:

$$P_{KV} \% = \frac{q_{BUS} + q_{TV} + q_{AV}}{q_{PA} + q_{BUS} + q_{TV} + q_{AV}} \cdot 100 \quad [3-1]$$

Stepen homogenosti saobraćajnog toka izražava se procentualnim učešćem putničkih automobila u saobraćajnom toku. Procentualno učešće putničkih automobila (P_{PA}) u saobraćajnom toku iznosi:

$$P_{PA} \% = \frac{q_{PA}}{q_{PA} + q_{BUS} + q_{TV} + q_{AV}} \cdot 100 \quad [3-2]$$

Sastav saobraćajnog toka tj. pitanje u kojoj je meri tok homogen ili nehomogen, predstavlja značajnu karakteristiku toka od koje snažno zavise uslovi koji vladaju u saobraćaju na mreži. Sa porastom stepena nehomogenosti toka pogoršavaju se uslovi u saobraćajnom toku u odnosu na uslove u homogenom toku. Razlog pogoršanja uslova u saobraćajnom toku kod nehomogenog toka, u odnosu na homogeni tok je, pre svega, što ostala vozila (autobusi, kamioni i autovozovi-tzv. komercijalna vozila) imaju veće dimenzije (dužinu, širinu, visinu), a lošije voznodinamičke karakteristike (nepovoljniji odnos snaga/težina) radi čega su sporija od putničkih automobila. To naročito dolazi do izražaja pri vožnji na usponu i u zoni čvorišta.

U praktičnim situacijama često se na putu i putnički automobili moraju prilagođavati brzinama kretanja sporih i teških komercijalnih vozila. Razume se, i u okviru iste vrste motornih vozila (npr. putničkih automobila) mogu postojati bitne razlike u dimenzijama i vožno-dinamičkim osobinama, što ukazuje da su neophodna i dalja istraživanja uticaja strukture toka na uslove kretanja vozila, odnosno saobraćajnih tokova na drumskim saobraćajnicama.

S obzirom na permanentne promene koje se događaju u razvoju motorizacije i putnog saobraćaja, kao i s obzirom na dosada dostignuti nivo saznanja o uticaju karakteristike sastava toka na uslove saobraćaja, s pravom se može reći da je uticaj ove karakteristike toka na uslove saobraćaja na mreži nedovoljno izučen i da ovo predstavlja važno područje budućih istraživanja.

Radi ilustracije prednjeg stava, dovoljno je reći da je između svih karakteristika realnog toka u odnosu na praktično idealni tok, na kome su zasnovane vrednosti BAZNOG KAPACITETA saobraćajne trake, najveća razlika između realnog i praktično idealnog pre svega u karakteristici homogenosti toka.

Karakteristika nehomogenosti toka ima izuzetno veliki značaj na dimenzionisanje poprečnog profila, posebno na uzdužnim nagibima, zatim na dimenzionisanje kolovozne konstrukcije i na standarde održavanja puteva. Zato je, pored pokazatelja o učešću BUS, TV i AV neophodno poznavati i strukturu TV, posebno AV, s obzirom na osovinska opterećenja, kao i s obzirom na odnose između ukupne težine i snage motora merodavnih TV i AV. Iz izloženog se nameće i sadržaj podataka o saobraćajnim tokovima koje treba evidentirati, kroz sistem brojanja saobraćaja na mreži.

3.3.3. USLOVNO HOMOGEN TOK

Uslovno homogen tok praktično ne postoji, već se radi o čisto teorijskoj aproksimaciji. Naime, s obzirom na činjenicu da su sva teorijska uopštavanja u teoriji saobraćajnog toka bazirana na nepostojećem tzv. *teorijski idealnom homogenom toku*, a praktična uopštavanja na toku *putničkih automobila* tj. na *praktično idealnom homogenom toku* to su, u cilju primene pomenutih uopštavanja na stvarne tokove, rešenja tražena kroz prevođenje nehomogenog toka u tzv. *uslovno homogeni tok*. Uslovno homogeni tok se izražava u tzv. jedinicama putničkih automobila – (PAJ). Osnovni cilj ove transformacije je da se nehomogen tok, prevede u tok u kome su uslovi saobraćaja slični praktično idealnom homogenom toku.

Prevođenje nehomogenog toka u *uslovno homogen tok* vrši se preko određenih ekvivalenata (E_i) kojima se množe protoci za pojedine vrste vozila iz sastava toka. Veličina ekvivalenata je u funkciji vrste vozila, dužine vozila, voznodinamičkih karakteristika vozila, karakteristika puta i praktičnog zadatka koji se rešava. Relativne vrednosti ekvivalenata pomoću kojih se pojedine vrste vozila transformišu u ekvivalentne jedinice putničkih automobila su:

- za motocikle ($E < 1$),
- za putničke automobile ($E = 1$),
- za sva ostala vozila ($E > 1$).

Postupak transformisanja nehomogenog toka u uslovno homogen tok odvija se na sledeći način:

Tabela 3-1. Primer transformisanja nehomogenog toka u uslovno homogen tok upotrebom ekvivalenata

NEHOMOGEN TOK	EKVIVALENT	HOMOGENO TOK
q_{PA} (PA/h)	$E_{PA} = 1$	$q_{PA} \cdot E_{PA}$ (PAJ/h)
q_{BUS} (BUS/h)	$E_{BUS} > 1$	$q_{BUS} \cdot E_{BUS}$ (PAJ/h)
q_{TV} (TV/h)	$E_{TV} > 1$	$q_{TV} \cdot E_{TV}$ (PAJ/h)
q_{AV} (AV/h)	$E_{AV} > 1$	$q_{AV} \cdot E_{AV}$ (PAJ/h)
$\sum q_{NEHOMOGENO}$ (voz/h)		$\sum q_{USLOVNO\ HOMOGENO}$ (PAJ/h)

U stručnoj literaturi se mogu sresti razne tablične vrednosti ovih ekvivalenata koje se preporučuju za transformaciju nehomogenog toka u uslovno homogen tok pri raznim praktičnim proračunima. Tako je za određivanje vrednosti ovih ekvivalenata od strane V.V. Siljanova¹ izloženo više metoda, kao što su:

a) Analiza rastojanja sleđenja i vremenskih intervala sleđenja pri zasićenom toku za razne vrste vozila u odnosu na intervale koji se ostvaruju kod putničkih automobila.

Obrazac za izračunavanje ekvivalenata glasi:

$$E_{KV} = \frac{S_{h(KV)}}{S_{h(PA)}} \quad [3-3]$$

ili

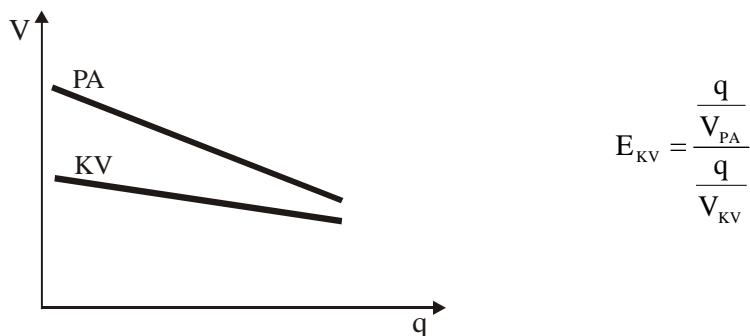
$$E_{KV} = \frac{t_{h(KV)}}{t_{h(PA)}} \quad [3-4]$$

gde je:

- $S_{h(KV)}$ – rastojanje sleđenja između komercijalnih vozila (KV),
- $S_{h(PA)}$ – rastojanje sleđenja između putničkih automobila (PA),
- $t_{h(KV)}$ – interval sleđenja između komercijalnih vozila (KV),
- $t_{h(PA)}$ – interval sleđenja između putničkih automobila (PA).

¹ Siljanov, V.V., "Teorija transportnih tokov u projektovanju dorog i organizaciji dviženja", Transpor, Moskva, 1977.

b) Analiza relacija “protok-brzina” pri zasićenom toku za razne vrste vozila u odnosu na relacije kod putničkih vozila



Slika 3-9. Relacija brzina-protok pri zasićenom toku za PA i KV

c) Analiza propusne sposobnosti puta (C) pri različitim vrstama vozila u saobraćajnog toka

$$E_{KV} = \frac{C_{PA}}{C_{KV}} \quad [3-5]$$

d) Analiza gustine zasićenog saobraćajnog toka pri različitim vrstama vozila

$$E_{KV} = \frac{g_{PA}}{g_{KV}} \quad [3-6]$$

e) Iz odnosa maksimalnog broja preticanja u nehomogenom toku i broja preticanja u homogenom toku

$$E_{KV} = \frac{N_{\max} \text{ (NEHOMOGEN TOK)}}{N_{\max} \text{ (OK PA)}} \quad [3-7]$$

Rezultati istraživanja po navedenim metodama ilustracije radi dati su u narednoj tabeli:

Tabela 3-2. Vrednosti ekvivalenata prema različitim analitičkim obrascima

Vrsta vozila	Vrednost ekvivalenata (E)					Srednja vrednost za (E)
	a	b	c	d	e	
Putnički auto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Motocikli	0,75	0,70	0,68	0,40	0,72	0,65
Laki kamioni	1,20	1,60	1,70	1,40	1,68	1,52
Srednji kamioni	1,36	1,83	1,95	1,68	1,92	1,75
Teški kamioni	1,75	2,6	3,10	1,75	2,80	2,40

Takođe, ilustracije radi, pored iznetih vrednosti i ekvivalenata koji se odnose na rešavanje zadataka vezanih za saobraćajne deonice, kada se radi o analizi kapaciteta raskrsnica u istom nivou koje su regulisane znakom “stop” ili “trougao”, vrednosti ekvivalenata za transformaciju realnog mešovitog toka u tok jedinica putničkih automobila² dati su u tabeli 3-3:

Tabela 3-3. Vrednosti ekvivalenata u funkciji uzdužnog nagiba

Tip vozila	nagib (%)	VREDNOST EKVIVALENATA (E)				
		-4	-2	0	+2	+4
Motocikl		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Putnički aut.		0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
Kamioni		1,0	1,2	1,5	2,0	3,0
Kamioni sa prikolicom		1,2	1,5	2,0	3,0	6,0
Srednja vrednost za sva motorna vozila normalne strukture		0,9	1,0	1,1	1,4	1,7

Pored transformacije nehomogenog toka u uslovno homogen tok, koje imaju značaja za analizu praktičnog kapaciteta i nivoa usluge, značajno je istaći i osnovni postupak kojim se vrši transformacija nehomogenog toka u odgovarajuće **kumativne ekvivalente težinskog opterećenja** (agresivnost osovinskog opterećenja) u cilju dimenzionisanja kolovozne konstrukcije.

3.3.4. TRANSFORMACIJA REALNOG NEHOMOGENOG SAOBRAĆAJNOG TOKA ZA POTREBE DIMENZIONISANJA KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

(1) Kratak prikaz ispitivanja asfaltnih kolovoznih konstrukcija u okviru AASHO testa

AASHO-Road Test (1958-1960) predstavlja jedan od temeljnih istraživačkih projekata obavljenih u području kolovoznih konstrukcija. Iako se radi o empirijskom načinu ispitivanja kolovoznih konstrukcija, iskustva i rezultati dobijeni u okviru AASHO testa poslužili su kao podloga za mnogobrojne analize, studije, kao i metoda dimenzionisanja ne samo u SAD nego i u celom svetu.

Opsežni podaci koji su bili na raspolaganju nakon završetka AASHO testa svestrano su analizirani i proučavani u mnogim istraživačkim centrima i univerzitetima u SAD, a potom i u drugim zemljama sveta.

Prvenstveni cilj AASHO-testa bio je iznalaženje odnosa između ponašanja

² “Forschungsgesellschaft für das strassenwesen”, Merkblatt für licht signalanlagen an landstrassen, Ausgabe, Köln, 1972.

kolovoznih konstrukcija s obzirom na debljine slojeva i uticaja različitih osovinskih opterećenja vozila po veličini i intenzitetu uz poznate nosive karakteristike tla posteljice.

Izgradnju test deonica iniciralo je Američko udruženje za javne puteve AASHO (American Association of State Highway Officials) s namerom da se dođe do potrebnih tehničkih i ekonomskih podataka vezanih za program izgradnje putne mreže u SAD. AASHO test deonice bile su planirane na iskustvima prethodnih manjih test deonica od betonske konstrukcije u Marylandu i asfaltnih konstrukcija WASHO³ Road Test.

Test deonice bile su izgrađene na lokaciji između gradova Ottawe i La Salla (država Illinois) na oko 130 km od grada Čikaga. U okviru test deonica bila su izgrađena četiri velika i dva manja poligona. Severne strane kolovoza imale su asfaltnu konstrukciju, a južne betonske. Ukupno su bile izgrađene 234 asfaltnu kolovozne konstrukcije i 184 betonske, različitog sastava i debljine slojeva. Širina kolovoza u pravcu iznosila je 7,30 m i bila je podeljena razdelnom linijom na dve trake (spoljnu i unutrašnju voznu traku). Dužine pojedinih test polja s istim sastavom i debljinom slojeva kod asfaltnih kolovoznih konstrukcija iznosile su 30 do 49m.











Poligon broj 1 nije bio izložen saobraćajnom opterećenju. Jedna traka tog poligona korištena je za studije specijalnih opterećenja, a druga za detaljnije istraživanje uticaja okoline i ambijentalnih uslova. Po spoljnim voznim trakama na poligonima broj 3 do 6, kretala su se isključivo vozila s jednostrukim osovinama, a po unutarnjim trakama vozila sa dvostrukim osovinama. Poligon broj 2 služio je samo za istraživanje uticaja laganih vozila s jednostrukim osovinama. Reprezentativna vozila koja su se kretala po pojedinim voznim trakama test poligona prikazana su na slici 30. Na delovima poligona u pravcu, vozila su se u pravilu kretala konstantnom brzinom od oko 56 km/h.

U toku 25 meseci, koliko je trajao test na svakoj voznoj traci na poligonima 2 do 6 obavljeno je ukupno 1114000 prelaza osovinskih opterećenja. Tlo na području test deonica prema AASHO klasifikaciji je niske do visoke plastičnosti i spada u grupu tla A-6 do A-7-6. Klima na tom području je umereno kontinentalna. Obavljena istraživanja na asfaltnim kolovoznim konstrukcijama mogu se svrstati u dve grupe, i to:

- glavni istraživački program,

³ *Western Association of State Highways Officials*

- specijalni istraživački program.

POLIGON	VOZ. TRAKA		OSOVINSKO OPTEREĆENJE u kN		
			PREDNJA OSOVINA	ZADNJA OSOVINA	UKUPNO
2	1		9	9	18
	2	 PREDNJA ZADNJA	9	27	36
3	1	 PREDNJA ZADNJA ZADNJA	18	55 x 2	128
	2		27	109 x 2	245
4	1		27	82 x 2	191
	2		41	145 x 2	331
5	1		27	102 x 2	231
	2		41	182 x 2	405
6	1		41	136 x 2	313
	2		55	218 x 2	491

Slika 3-10. Šema reprezentativnih vrsta vozila koja su simulirala saobraćajno opterećenje na test deonicama

U okviru glavnog istraživačkog programa bila su izgrađena 332 test polja sa istim tipom asfaltne kolovozne konstrukcije, sa sledećim sastavom:

- zastor od asfaltbetona,
- nosivi sloj (gornji) od drobljenog kamenog materijala, i
- nosivi sloj (donji) od šljunka.

Debljine slojeva asfaltnih kolovoznih konstrukcija varirale su u širokom rasponu. Specijalistički istraživački programi sadržavali su više projekata, od kojih je svaki imao posebnu namenu. Tako npr. na poligonu br. 1 posebno su proučavani nosivi slojevi (gornji i donji) ispod asfaltnih slojeva, te promjene u tlu posteljice u toku godine, promjene u temperaturi kolovoza i dr.

Na poligonu br 2 bilo je proučavano ponašanje površinskih obrada, kao završnog sloja kolovozne konstrukcije, u zavisnosti debljine gornjeg i donjeg nosivog sloja. Ostala specijalna istraživanja su: proučavanje uticaja različitih širina bankine s asfaltnim zastorom, na ponašanje cele kolovozne konstrukcije, kao i proučavanje različitih tipova nosivih slojeva ispod asfaltnog zastora na delu voznih traka. Razmatrane su četiri vrste nosivih slojeva, i to od tucanika, šljunka, kao i slojeva sa cementom ili bitumenom stabiliziranog (vezanog) zrnastog kamenog materijala.

(2) Ekvivalentno saobraćajno opterećenje

Na pojavu oštećenja kolovozne konstrukcije, osim veličine opterećenja koje se prenosi preko pojedinačnih točkova vozila, veliki uticaj imaju broj i razmak osovina vozila, kao i ukupan broj prelaza pojedinih osovina u analiziranom projektnom periodu. Uticaj nehomogenog (mešovitog) saobraćajnog opterećenja, koje je merodavno za dimenzionisanje, preračunava se pomoću odgovarajućih faktora ekvivalencije na jedinično standardno osovinsko opterećenja. Za jedinično osovinsko opterećenje usvojeno je maksimalno dozvoljeno osovinsko opterećenja po jednostrukoj osovini u SAD koje iznosi 18 kips ili 80kN.

Faktori ekvivalencije pojedinih osovinskih opterećenja vozila u odnosu na jedinično osovinsko opterećenje za kolovoznu konstrukciju istog sastava i debljine određuje se po definiciji:

$$e_i = \frac{W_{t_{18}}}{W_i} \quad [3-8]$$

gde je:

- e_i – faktor ekvivalencije za određeno osovinsko opterećenja,
- $W_{t_{18}} = W_{80}$ – ukupni broj prelaza jedinične osovine sa opterećenjem 18kips⁴ = 80kN,
- W_i – ukupan broj prelaza jednostruke ili dvostruke osovine sa opterećenjem L_i (izraženim u kips ima).

⁴ kips – jedinica za težinu koja je jednaka 1000lbf = 153,59 kN

Faktori ekvivalencije za različita osovinska opterećenja zavise osim od mase, koja se prenosi preko osovine, još i od indeksu debljine kolovozne konstrukcije (SN), kao i od vrednosti indeksa vozne sposobnosti kolovoza (p_i) izraženog preko funkcija G i β .

U svrhu pojednostavljena načina proračuna HRB predlaže, da se za određivanje faktora ekvivalencije različitih osovinskih opterećenja kod asfaltnih kolovoznih konstrukcija mogu s dovoljnom tačnošću primeniti sledeći odnosi:

- za jednostruke osovine

$$e_i = \left(\frac{L_i}{18} \right)^4 \quad [3-9]$$

- za dvostruke osovine

$$e_i = \left(\frac{L_i}{33} \right)^4 \quad [3-10]$$

gde je:

L_i – osovinsko opterećenje u kipsima.

Tabela 3-4. Faktori ekvivalencije za dvostruke osovine ($p_i=2,5$)

OSOVINSKO OPTEREĆENJE kips	INDEKS DEBLJINE SN (inča)					
	1	2	3	4	5	6
10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
12	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
14	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
16	0,04	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04
18	0,07	0,10	0,11	0,09	0,08	0,07
20	0,11	0,14	0,16	0,14	0,12	0,11
22	0,16	0,20	0,23	0,21	0,18	0,17
24	0,23	0,27	0,31	0,29	0,26	0,24
26	0,33	0,37	0,42	0,40	0,36	0,34
28	0,45	0,49	0,55	0,53	0,50	0,47
30	0,61	0,65	0,70	0,70	0,66	0,63
32	0,81	0,84	0,89	0,89	0,86	0,83
34	1,06	1,08	1,11	1,11	1,09	1,08
36	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	1,75	1,73	1,69	1,68	1,70	1,73
40	2,21	2,16	2,06	2,03	2,08	2,14
42	2,76	2,67	2,49	2,43	2,51	2,61
44	3,41	3,27	2,99	2,88	3,00	3,16
46	4,28	3,98	3,58	3,40	3,55	3,79
48	5,08	4,80	4,25	3,98	4,17	4,49

e_i – faktori ekvivalencije za pojedinu grupu osovinskih opterećenja.

Ukupno ekvivalentno osovinsko opterećenje iznosi:

$$W_{t_{80}} = W_1 + W_2 + \dots + W_i + \dots + W_n$$

odnosno,

$$W_{t_{80}} = \sum_{i=1}^n W_i = N_t \sum_{i=1}^n P_i e_i \quad [3-12]$$

Analiza se obavlja za prosečno godišnje dnevno ekvivalentno osovinsko opterećenje od 80kN u 20-godišnjem projektnom periodu ili za ukupno ekvivalentno osovinsko opterećenje u analiziranom razdoblju, koje može biti i manje od 20 godina.

(3) Određivanje ukupnog ekvivalentnog saobraćajnog opterećenja u projektnom periodu za dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija prema standardu JUS U.C.4.012

U analizi se ne uzimaju u obzir PA (putnički automobili), zbog vrlo malog uticaja na oštećenja kolovozne konstrukcije, u odnosu na teška teretna motorna vozila. Zbog toga se analiza radi samo za teška teretna vozila.

Pod teškim teretnim vozilom podrazumevaju se vozila sa pojedinačnim osovinskim opterećenjem većim od 20kN. Pri analizi saobraćajnog opterećenja uzimaju se u obzir sledeći elementi:

- prosečni godišnji dnevni (24-satni) broj teških teretnih vozila u početnoj godini eksploatacije puta,
- prosečna godišnja stopa rasta broja teških teretnih vozila u projektnom periodu dimenzionisanja kolovozne konstrukcije,
- osovinsko opterećenje reprezentativnih vrsta vozila,
- prosečno iskorišćenje nosivosti teških teretnih vozila,
- raspodela saobraćajnog opterećenja po voznim trakama.

Podaci o prosečnom godišnjem broju teških teretnih vozila se utvrđuju na osnovu saobraćajnih studija.

Prema vrsti osovina, preko kojih se prenosi opterećenje vozila na kolovoznu konstrukciju, razlikuju se jednostruke i dvostruke osovine. Pod dvostrukim osovinama podrazumevaju se osovine na međusobnom razmaku između 1 i 2 m.

Osovinska opterećenja pojedinih analiziranih teških teretnih vozila, koje se

uzimaju u obzir za proračun, pretvaraju se u standardno osovinsko opterećenje pomoću odgovarajućih faktora ekvivalencije. Prosečni faktori ekvivalencije (f_e) pojedinih osovinskih opterećenja vozila u odnosu na uticaj standardne 80kN osovine obrađeni su na temelju analize merodavnih parametara.

Za određivanje faktora ekvivalencije usvojeni su sledeći izrazi:

- za jednostruke osovine:

$$f_e = \left(\frac{L_i}{80} \right)^4 = 2,441 \cdot 10^{-8} L_i^4 \quad [3-13]$$

- za dvostruke osovine:

$$f_e = \left(\frac{L_i}{150} \right)^4 = 1,975 \cdot 10^{-9} L_i^4 \quad [3-14]$$

gde je:

L_i – osovinsko opterećenje u kipsima.

Tabela 3-6. Faktori ekvivalencije (f_e)

OSOVINSKO OPTEREĆENJE kN	FAKTORI EKIVALENCIJE U ODNOSU NA STANDARDNO OSOVINSKO OPTEREĆENJE MASE 80kN	
	JEDNOSTRUKA OSOVINA	DVOSTRUKE OSOVINE:
10	0,0002	-
20	0,0039	-
30	0,020	-
40	0,062	-
50	0,152	0,0124
60	0,316	0,0256
70	0,59	0,0474
80	1,00	0,081
90	1,60	0,13
100	2,44	0,20
110	3,57	0,29
120	5,06	0,41
130	6,97	0,56
140	9,38	0,76
150	12,36	1,00
160	16,00	1,29
170	20,39	1,65
180	25,62	2,07
190	-	2,57
200	-	3,16
210	-	3,84
220	-	4,63

(4) *Određivanje ukupnog ekvivalentnog saobraćajnog opterećenja u projektnom periodu za dimenzionisanje novih asfaltnih konstrukcija prema standardu JUS U.C4.015*

Ukupno ekvivalentno saobraćajno opterećenje u projektnom periodu za voznu traku koja se dimenzioniše, izražava se po broju prelaza “standardnih opterećenja” od 80kN po osovini:

$$ESO_{80} = R_s R_t eso \quad [3-15]$$

gde je:

ESO_{80} – ukupno ekvivalentno saobraćajno opterećenje od 80kN po osovini za voznu traku u toku perioda,

R_s – koeficijent raspodele saobraćaja po smerovima,

R_t – koeficijent raspodele saobraćaja po trakama ako ih u jednom smeru ima dve ili više,

eso – ukupno ekvivalentno saobraćajno opterećenje od 80kN po osovini u oba smera za određenu deonicu puta u toku projektnog perioda.

$$T_1 = N_1 e_1 = N_T P_1 e_1$$

$$T_2 = N_2 e_2 = N_T P_2 e_2$$

$$T_3 = N_3 e_3 = N_T P_3 e_3$$

$$\dots\dots\dots$$

$$T_n = N_n e_n = N_T P_n e_n \quad [3-16]$$

Ukupno ekvivalentno osovinsko opterećenje iznosi:

$$eso = T_1 + T_2 + \dots + T_i + \dots + T_n$$

$$eso = \sum_{i=1}^n T_i = N_T \sum_{i=1}^n P_i e_i \quad [3-17]$$

gde je:

T_i – ekvivalentno osovinsko opterećenje od 80kN za grupu osovinskih opterećenja “i”,

N_i – broj prelaza osovinskog opterećenja koji se očekuje za grupu opterećenja “i”,

N_T – ukupan broj osovina,

P_i – procenat osovina u grupi opterećenja “i”,

e_i – faktori ekvivalencije za pojedinu grupu opterećenja⁵.

⁵ Dati su u funkciji osovinskog opterećenja, broja osovina (jednostruka, dvostruka i trostruka), konstrukcionog broja kolovoza (SN) i vrednosti p_i

B2) Proračun faktora ekvivalencije i ukupnog broja standardnih osovina za pojedine vrste reprezentativnih komercijalnih vozila [prema JUS U.C4.010 Tačke 4.1 i 4.2]

- za jednostruke osovine

$$f_{e1} = 2,212 \times 10^{-8} \times L_1^4 \quad [3-18]$$

- za dvostruke osovine

$$f_{e2} = 1,975 \times 10^{-9} \times L_2^4 \quad [3-19]$$

$$F_e = f_{e \text{ prednjaj osovina}} + f_{e \text{ zadnja osovina}} \quad [3-20]$$

pri čemu je:

- $f_{e(i)}$ – faktor ekvivalencije za pojedine osovine komercijalnih vozila
- F_e – ukupan broj standardnih osovina za pojedine vrste reprezentativnih vrsta komercijalnih vozila

Faktori ekvivalencije i ukupan broj standardnih osovina za pojedine vrste reprezentativnih komercijalnih vozila

Tabela 3-7. Faktori ekvivalencije i ukupan broj standardnih osovina po vrstama vozila

Vrsta vozila		Osovina						F _e
		Prednja			Zadnja			
		Tip	Sila (kN)	f _e	Tip	Sila (kN)	f _e	
AV ₁	BUS	I	43,50	0,079	I	86,50	1,238	1,317
	LT	I	16,25	0,002	I	25,75	0,010	0,012
	ST	I	35,50	0,035	I	54,00	0,188	0,223
	TT ₁	I	45,00	0,091	I	80,00	0,906	0,997
	TT ₂	I	55,75	0,214	II	127,00	0,514	0,728
	osn.vozilo	I	55,75	0,214	II	127,00	0,514	1,212
	prikolica	I	57,50	0,242	I	57,50	0,242	
	AV ₂	osn.vozilo	I	55,00	0,202	II	137,50	0,706
prikolica				II	132,50	0,609		
AV ₃	osn.vozilo	I	55,00	0,202	I	89,00	1,388	2,227

prikolica	III	185,00	0,637
-----------	-----	--------	-------

B3) Prosečno godišnje dnevno ekvivalentno saobraćajno opterećenje komercijalnih vozila po godinama razmatranog perioda eksploatacije iskazano brojem standardnih osovina (Td) [prema JUS U.C4.010 Tačka 4.3]

$$T_{di} = PGDS_i \times F_{ei} \quad [3-21]$$

$$T_d = \sum_i T_{di} \quad [3-22]$$

gde je:

- T_{di} – prosečno godišnje dnevno ekvivalentno saobraćajno opterećenje za vrstu vozila (i),
- T_d – prosečno godišnje dnevno ekvivalentno saobraćajno opterećenje za ukupan prosečan godišnji dnevni saobraćajni tok komercijalnih vozila.

Tabela 3-8. Prosečno godišnje dnevno ekvivalentno saobraćajno opterećenje komercijalnih vozila (broj standardnih osovina/dan)

Godina	T_{di}								Ukupno (T_d)
	BUS	LT	ST	TT ₁	TT ₂	AV _{pnk.}	AV _{2 osov}	AV _{3 osov}	
2005	109	2	33	30	30	124	76	243	647
2006	112	2	34	31	31	128	79	254	671
2007	116	2	35	32	32	135	82	265	699
2008	120	2	36	33	33	141	86	276	727
2009	122	2	38	34	35	147	90	287	755
2010	126	2	39	35	36	153	94	301	786
2011	130	2	40	36	37	158	97	312	812
2012	134	3	41	38	38	164	100	323	841
2013	138	3	43	39	39	170	105	334	871
2014	142	3	44	40	41	176	108	345	899
Ukupno za 10 godina	1249	23	383	348	352	1496	917	2940	7708

B4) Ukupno godišnje ekvivalentno osovinsko saobraćajno opterećenje komercijalnih vozila u razmatranom periodu eksploatacije iskazano brojem standardnih osovina (T_g) [prema JUS U.C4.010 Tačka 4.3]

$$T_{gi} = 365 \times T_{di} \quad [3-23]$$

$$T_g = \sum_i T_{gdi} \quad [3-24]$$

gde je:

- T_{gi} – godišnje ekvivalentno saobraćajno opterećenje za vrstu vozila (i),
 T_g – godišnje ekvivalentno saobraćajno opterećenje za ukupan godišnji saobraćajni tok komercijalnih vozila.

B5) Ukupno ekvivalentno osovinsko saobraćajno opterećenje komercijalnih vozila u razmatranom periodu eksploatacije iskazano brojem standardnih osovina (T_u) [prema JUS U.C4.010 Tačka 4.4]

$$T_{ui} = \sum_j T_{gi} \quad [3-25]$$

$$T_u = \sum_i T_{ui} \quad [3-26]$$

gde je:

- T_{ui} – ukupno ekvivalentno osovinsko saobraćajno opterećenje u projektnom periodu eksploatacije za vrstu vozila (i)
 T_u – ukupno ekvivalentno osovinsko saobraćajno opterećenje u projektnom periodu dimenzionisanja kolovozne konstrukcije

Tabela 3-9. Ukupno ekvivalentno osovinsko saobraćajno opterećenje u projektnom periodu dimenzionisanja kolovozne konstrukcije (broj standardnih osovina)

Smer vožnje	BUS	L T	S T	T T ₁	T T ₂	AV _{prik}	AV _{2 osov}	AV _{3 osov}	Ukupno (N _e)
Oba smera	455885	8395	139795	127020	128480	546040	334705	1073100	2813420
Više opterećen smer vožnje	250737	4617	76887	69861	70664	300322	184088	590205	1547381
Manje opterećen smer vožnje	205148	3778	62908	57159	57816	245718	150617	482895	1266039

Zaključak:

[prema JUS U.C4.010 Tačka 6]

Merodavno ekvivalentno osovinsko opterećenje u opterećenijem smeru vožnje za eksploatacioni period od 10 godina je:

$$N_e = 1,5 \times 106 \text{ standardnih osovina.}$$

Navedeno ekvivalentno osovinsko opterećenje u projektnom periodu eksploatacije spada u kategoriju srednje teškog saobraćajnog opterećenja.

3.4. VREMENSKA NERAVNOMERNOST PROTOKA VOZILA

Posmatrano hronološki po jednakim vremenskim jedinicama na preseku (lokalno posmatranje) u stvarnim uslovima, protok vozila je promenljiva veličina uslovljena brojnim faktorima, koji su promenljivi u prostoru i vremenu.

Karakteristika vremenske neravnomernosti saobraćajnih tokova predstavlja u znatnoj meri i posledicu prirode nastajanja potreba za prostornim premeštanjem ljudi i dobara u procesu društvenih i privrednih aktivnosti na uticajnom području posmatrane mreže. Neravnomernost protoka vozila na nekom delu mreže može biti izazvana i nekim poremećajima na mreži kao što su, na primer, uska grla, vremenske i klimatske neprilike i slično, što znači da pojedini faktori koji utiču na neravnomernost protoka imaju karakter slučajnih promenljivih.

Najzad, vremenska neravnomernost praktično u određenoj meri zavisi od karaktera saobraćajnih tokova (lokalni, međugradski i tranzitni-daljinski) koji su u funkciji položaja, uloge i značaja posmatranog pravca u putnoj mreži (lokalnoj, međugradskoj i međunarodnoj).

Karakteristika vremenske neravnomernosti saobraćajnog toka ima izuzetan značaj pri definisanju projektnih elemenata i donošenju odluka o opravdanosti izgradnje saobraćajnica. Značaj ove karakteristike saobraćajnog toka je naglašen i za mere koje se preduzimaju u regulisanju i upravljanju saobraćajem na postojećoj mreži. Ovo posebno u uslovima višeg nivoa razvijenosti motorizacije i putnog saobraćaja. To je realno očekivati u budućnosti kada će se znatno više nego danas, kroz mere regulisanja i upravljanja, morati iznalaziti rezerve kapaciteta u postojećoj mreži, **umesto građenja novih** saobraćajnica, koje sve više koštaju, doprinose umanjivanju obradivih površina, narušavaju ekološku ravnotežu i dr.

Zbog velikog značaja neravnomernosti protoka vozila, za praktične odluke u procesu planiranja drumskih saobraćajnica, još od ranih faza razvoja motorizacije, naponi stručnjaka bili su usmereni ka što boljem upoznavanju sa zakonitostima vremenske neravnomernosti protoka vozila.

Na današnjem nivou razvijenosti teorije saobraćajnog toka definisane su opšte zakonitosti vremenske neravnomernosti protoka vozila. Saznanja tih zakonitosti su iskorišćena u definisanju odgovarajućih kriterijuma koji se praktično koriste u planiranju i projektovanju mreže, kao i u eksploataciji mreže. Sva dosadašnja uopštavanja zakonitosti vremenske neravnomernosti protoka vozila vršena su

polazeći od dva stanovišta, i to:

- Da se zakonitosti vremenske neravnomernosti protoka vozila iskažu po određenim vremenskim jedinicama i periodima, preko kojih se te zakonitosti u većoj meri dovede u vezu sa uzročnicima tj. iskazuju kao posledica cikličnosti u nastajanju zahteva za prevozom ljudi i dobara. Vremenska neravnomernost posmatrana sa ovog gledišta biće izložena u sledećem odeljku. To je tzv. deterministički pristup u tretiranju karakteristika vremenske neravnomernosti protoka.
- Da se zakonitosti vremenske neravnomernosti protoka opišu odgovarajućim matematičkim modelima pomoću raspodele verovatnoća slučajnih promenljivih. Razmatranja zakonitosti saobraćajnog toka sa ovog gledišta dati su u okviru stohastičkih matematičkih modela (T.6.2.). To je tzv. stohastički pristup u tretiranju karakteristika vremenske neravnomernosti protoka.

3.4.1. VREMENSKA NERAVNOMERNOST PROTOKA VOZILA KOJA JE U VEĆOJ MERI POSLEDICA CIKLIČNOSTI U NASTAJANJU ZAHTEVA ZA PREVOZOM LJUDI I DOBARA

Za potrebe prakse od posebnog su značaja karakteristike vremenske neravnomernosti protoka vozila, koje su u većoj meri posledica cikličnosti nastajanja zahteva za prevozom ljudi i dobara. Reč “u većoj meri” upotrebljena je zato što na pojavu vremenske neravnomernosti protoka uvek utiču i faktori koji imaju karakter slučajnih pojava.

Zakонitosti vremenske neravnomernosti protoka vozila sa ovog determinističkog gledišta iskazuju se kroz:

- Časovnu neravnomernost u periodu jednog dana (24 časa),
- Časovnu neravnomernost u periodu cele godine (8760 sati),
- Dnevnu neravnomernost u periodu sedmice (7 dana),
- Dnevnu neravnomernost u periodu meseca,
- Dnevnu neravnomernost u periodu cele godine,
- Mesečnu neravnomernost u periodu cele godine,
- Sezonske neravnomernosti (letnji, zimski i dr.) u periodu godine,
- Neravnomernost protoka po manjim vremenskim jedinicama od jednog časa, pre svega neravnomernost po 15-min periodima u okviru vršnog časa.

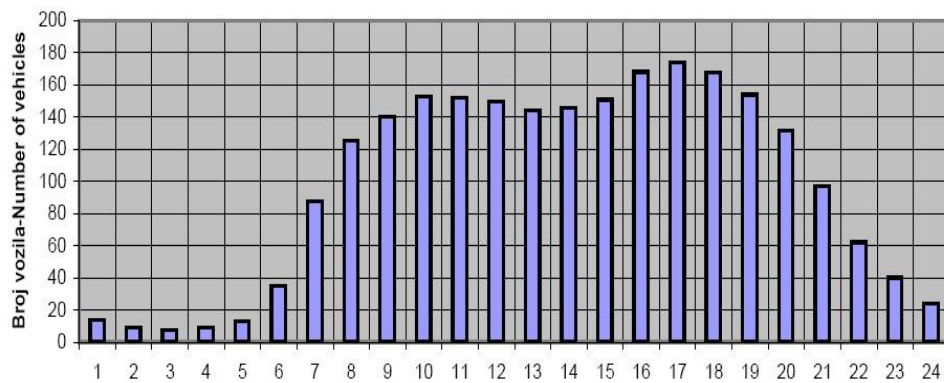
(1) Časovna neravnomernost protoka vozila u periodu dana

Časovna neravnomernost protoka vozila u periodu dana predstavlja variranje protoka po pojedinim časovima u periodu dana tj. u periodu 24 časa. Ova neravnomernost se iskazuje odnosom između protoka u pojedinim časovima i srednjeg časovnog protoka u periodu dana. Prema tome:

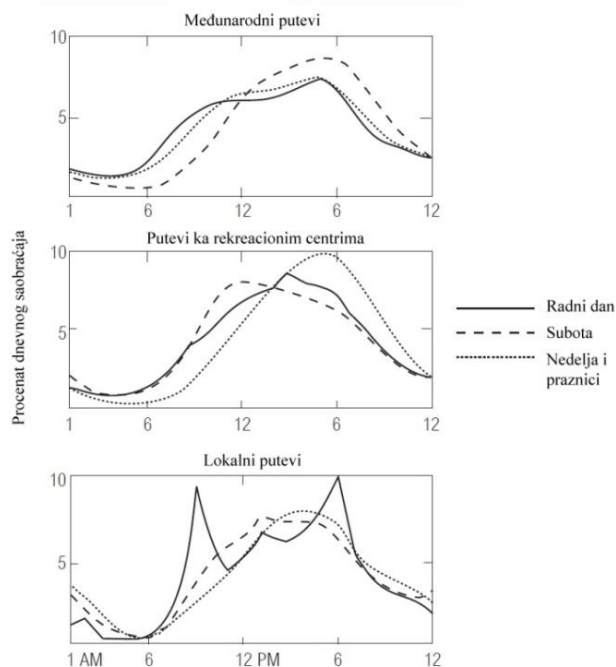
$$F_i = \frac{q_i}{\bar{q}}; \quad F_i \geq 1, \leq 1; \quad i = 1, 2, 3, \dots, 24; \quad \bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^{24} q_i}{24};$$

$$F_i = \frac{24q_i}{\sum_{i=1}^{24} q_i} \quad [3-27]$$

Tipična slika raspodele časovnih protoka vozila u periodu dana data je na slici 3-11 i 3-12.



Slika 3-11. Časovna neravnomernost protoka vozila u periodu dana (24h)



Slika 3-12. Časovna neravnomernost protoka vozila u periodu dana (24h) za različite tipove puta i tipične dane u okviru sedmice

Za praktične odluke značajne su maksimalne vrednosti faktora (F_1) i brojna zastupljenost časova sa ovim vrednostima faktora. Po ovoj karakteristici u principu se razlikuju tokovi s obzirom na vreme posmatranja (radni dan, dan vikenda, zimski dan, letnji dan i sl.) i s obzirom na funkciju saobraćajnice kojoj pripada posmatrana deonica u mreži (vangradski put, prigradski put, gradska saobraćajnica i dr.).

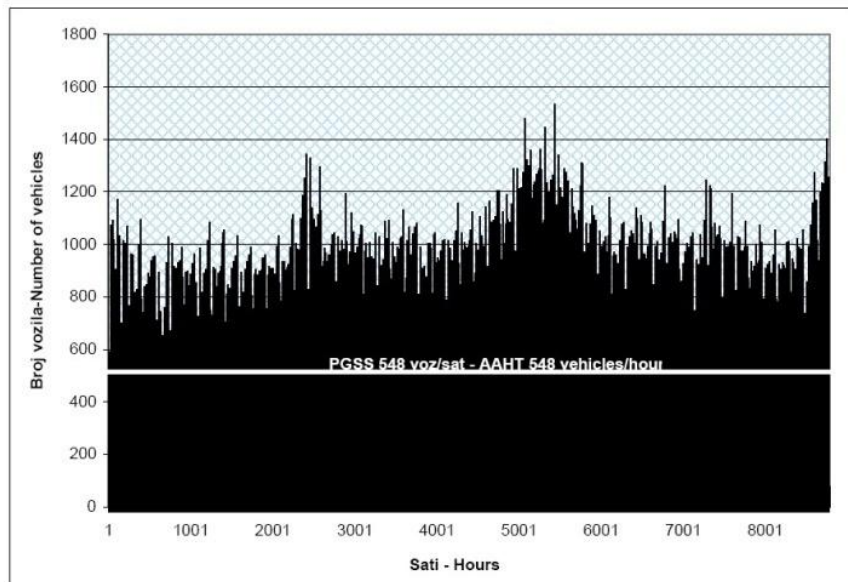
(2) Časovna neravnomernost protoka vozila u periodu cele godine

Časovna neravnomernost protoka u periodu cele godine predstavlja variranje protoka vozila po pojedinim časovima u periodu cele godine tj. u periodu 8760 časova.

$$F_{2_i} = \frac{q_i}{q_2}; F_{2_i} : \geq 1, \leq 1; i = 1, 2, 3, \dots, 8760; \bar{q}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{8760} q_i}{8760};$$

$$F_{2_i} = \frac{8760 q_i}{\sum_{i=1}^{8760} q_i} \quad [3-28]$$

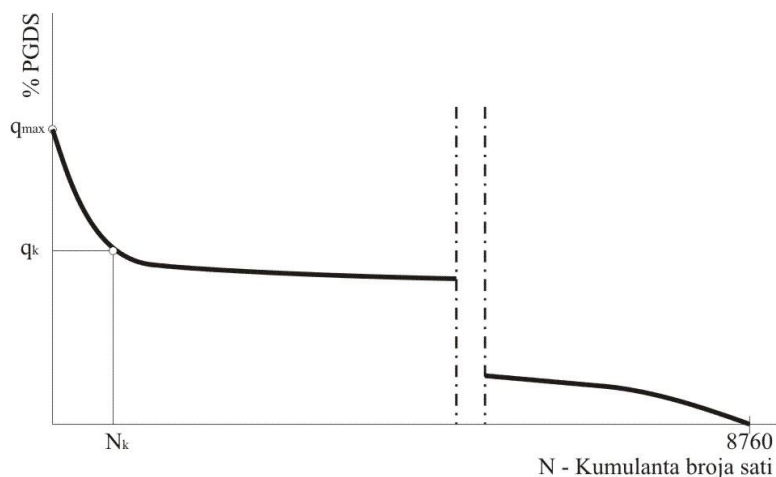
Uočavanje zakonitosti variranja časovnih protoka u periodu cele godine tj. u periodu svih 8760 časova predstavljalo je osnovu kod uspostavljanja prvih kriterijuma pri definisanju merodavnog časovnog protoka vozila za dimenzionisanje poprečnih profila saobraćajnica. Početna saznanja o zakonitostima variranja časovnih protoka u periodu svih 8760 sati u godini, na osnovu kojih je iniciran prvi kriterijum za definisanje merodavnog protoka, poznat kao protok 30-og časa, utvrđen je u SAD u periodu između 1941. i 1945. godine. Potpunija saznanja o zakonitosti variranja časovnih protoka praktično su ostvarena 1950. godine u SAD nakon uvođenja automatskih brojača saobraćaja pomoću kojih je izvršeno neprekidno evidentiranje protoka vozila u svih 8760 sati.



Slika 3-13. Časovna neravnomernost protoka vozila u periodu cele godine (8760h)

Časovni protoci na određenoj deonici u periodu godine po hronološkom redosledu časova mogu se grafički ilustrovati sledećom slikom:

Karakteristika vremenske neravnomernosti časovnih protoka vozila u periodu 8760 sati u godini iskazuje se dijagramom časovnih protoka vozila svrstanih po veličini u svih 8760 sati na deonici saobraćajnice. Praktični rezultati prvih brojanja saobraćaja pokazali su da dijagrami časovnih protoka vozila svrstanih po veličini na svim saobraćajnicama imaju gotovo identičan oblik, kao na sledećoj slici.



Slika 3-14. Dijagram časovnih protoka vozila svrstanih po veličini u periodu 8760 sati u godini

gde je:

- K – koleno dijagrama,
- q_k – relativni časovni protok izražen u % od PGDS⁶ u kome se javlja koleno dijagrama,
- N_k – ukupan broj časova godišnje u kojima je protok veći ili jednak sa protokom (q_k) koji odgovara kolenu,
- q_{max} – veličina najvećeg ostvarenog časovnog protoka izražena u % od PGDS-a.

Nakon prvih brojanja časovnih protoka u periodu cele godine konstatovano je da pored gotovo identičnog oblika dijagrama svrstanih časovnih protoka vozila po veličini u svih 8760 sati, za sve puteve približno istog karaktera i značaja u saobraćajnoj mreži, postoji visok stepen identičnosti i u sledećem:

- položaju kolena dijagrama (K),
- relativnoj veličini časovnog protoka u kolenu, izraženoj u % od PGDS-a (q_k),
- ukupnom broju časova godišnje (n_k) u kojima je protok veći ili jednak sa protokom (q_k),
- u veličini najvećeg ostvarenog časovnog protoka (q_{max}) izraženog u % od PGDS-a.

Posebno značajno iz prvih saznanja bilo je da se položaj kolena u dijagramu

⁶ PGDS - Prosečan godišnji dnevni saobraćaj

svrstanih časovnih protoka vozila u svih 8760 sati, nalazi u približno istim koordinatama koje okvirno iznose:

$$N_k \cong 30; \quad q_k \cong (0,14 \text{ do } 0,16) \text{ PGDS}$$

Saznanja do kojih se došlo u SAD, koja datiraju od 1941. godine poslužila su za obrazloženje prvog kriterijuma o merodavnom časovnom protoku vozila za dimenzionisanje poprečnog profila saobraćajnica. Ovaj kriterijum poznat je pod nazivom kriterijum protoka "30-og časa".

Kriterijum protoka "30-og časa" održao se dugi niz godina, koji doseže i do današnjeg perioda, kao merodavni časovni protok za dimenzionisanje poprečnog profila puta. Teorijski posmatrano još od prvih dana uspostavljanja ovog kriterijuma bilo je nesporno da on ima značenje samo orijentacione mere. Mada treba istaći da je posle 1950. godine u većem broju zemalja, a pre svega u Americi, dosta eminentnih institucija i stručnjaka tvrdilo da dimenzionisanje kapaciteta puta prema kriterijum protoka "30-og časa" dovodi do optimalnog odnosa između efekata u eksploataciji i troškova uloženi u put⁷.

Posmatranjem oblika dijagrama svrstanih časovnih protoka vozila po veličini svih 8760 sati godišnje u dužem nizu godina, sa porastom motorizacije i drumskog motornog saobraćaja, uočene su određene promene oblika ovih dijagrama. Promene se uočavaju, pre svega u pomeranju relativnog položaja kolena u dijagramu svrstanih časovnih protoka.

Naime, sa porastom apsolutnih vrednosti protoka vozila (časovno, dnevno, mesečno, godišnje) na dijagramu svih časovnih protoka svrstanih po veličini u 8760 sati uočavaju se sledeće promene:

- U povećanju ukupnog broja časova godišnje (N_k) u kojima je protok veći ili jednak sa protokom u tački kolena (K). Naime, sa povećanjem PGDS-a povećava se i N_k tj. $N_k > 30$.
- U relativnom smanjenju časovnog protoka q_k koji odgovara kolenu dijagrama u odnosu na PGDS izraženog u % od PGDS-a. Naime, relativna vrednost protoka (q_k) u odnosu na prosečni godišnji dnevni saobraćaj postaje sve manja tj. $q_k < 0,14 \text{ PGDS}$.
- U relativnom smanjenju najvećih časovnih protoka (q_{\max}) izraženih u % od PGDS-a.

Sa uočavanjem tendencija u menjanju položaja kolena na dijagramu svrstanih

⁷ Ovo je bio stav američkog komiteta za kapacitet puteva, Odbora za saobraćajna istraživanja, zatim MATSON-a, SMITH-a i HURD-a. Na ovu zabluđu podsećaju J.D. Crabtree i J.A. Deacon u svom radu "Highway sizing" u TRB 869 od 1983. god.

časovnih protoka vozila po veličini u svih 8760 sati godišnje menjali su se i globalni kriterijumi o merodavnom časovnom protoku. Tako su, sa povećanjem PGDS na putnoj mreži definisani kriterijumi “50-og časa”, “80-og časa”, “100-og časa”, “150-og časa” i “200-og časa”. Protok 200-og časa predstavlja kriterijum za utvrđivanje merodavnog toka u mnogim razvijenim zemljama. Treba istaći da se u nekim zemljama u koje spada i Srbija koristi i kriterijum “300-og časa”, uz napomenu da ima i zemalja gde još uvek važi kriterijum “30-og časa”.

Vremenska neravnomernost časovnih protoka vozila u periodu svih 8760 sati u godini, zavisna je direktno i pre svega od karaktera tokova i funkcije posmatrane saobraćajnice u mreži (vangradska mreža, prigradska mreža, gradska mreža, magistralni vangradski put, lokalni vangradski put, turistički vangradski put i dr.).

Ove stavove najbolje ilustruje naredna tabela, kojom su za određene karakteristike tokova, položaja i funkcije saobraćajnice u mreži, date vrednosti merodavnih časovnih protoka u odnosu na prosečni godišnji dnevni saobraćaj, a s obzirom na kriterijume 30-og, 50-og i 100-og časa⁸.

Tabela 3-10. Vrednosti merodavnog časovnog protoka (u % PGDS)

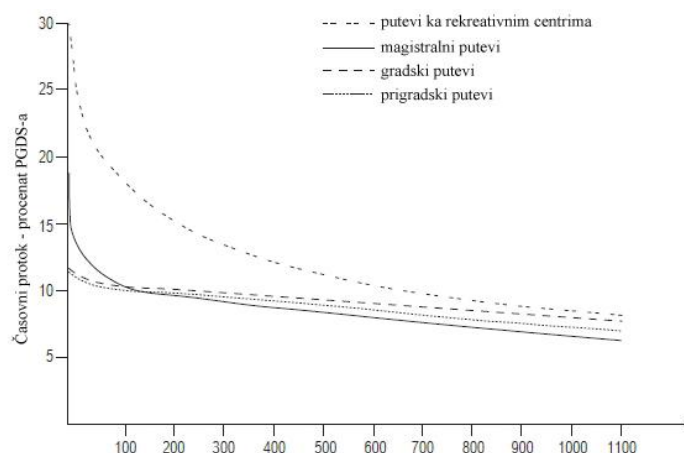
Karakteristike tokova, položaj i funkcija saobraćajnice u mreži	Relativna vrednost merodavnog časovnog protoka u % od PGDS-a		
	po kriterijumu “30-og časa”	po kriterijumu “50-og časa”	po kriterijumu “100-og časa”
Izrazito sezonski put	38	34	28
Delimično sezonski put	23	21	18
Vangradski regionalni put	20	18	17
Vangradski magistralni put	15	14	13
Prigradski put	12	11	10
Gradski magistralni put	8	8	7,5

Znači, sa poznavanjem podataka o časovnim protocima vozila u periodu svih 8760 časova u godini i podataka o karakтеру tokova moguće je definisati veličine merodavnih protoka (q_m) u procesu planiranja i projektovanja saobraćajnica, a pre svega za saobraćajno-tehničko dimenzionisanje puteva.

Na današnjem nivou znanja iz teorije saobraćajnog toka, planiranja saobraćaja i ekonomike saobraćaja, razvijeni su **novi postupci za utvrđivanje** merodavnog protoka vozila. Merodavni protoci utvrđeni novim postupkom, zasnovani su na analizi troškova građenja i troškova eksploatacije vozila u 20-godišnjem periodu.

⁸ Ove vrednosti su izložili Norman Kennedy, James H. Kell i Wolfgang S. Homburger u radu “Fundamentals of Traffic Engineering”; Str. IV-6; Tabela IV-1 u izdanju The Institute of transportation and traffic engineering, University of California, Berkeley, California, 1963.

Ovako utvrđeni merodavni protoci predstavljaju vrednosti pri kojima se uspostavlja optimalna ravnoteža između uložених sredstava za gradnju određenog puta i efekata koje taj put pruža u periodu eksploatacije (obično 20 godina). Istraživanja po ovom pitanju, koja su vršena u bivšoj Jugoslaviji⁹ pokazuju da je tako utvrđena relativna vrednost merodavnog protoka znatno manja od relativne vrednosti koje su do sada preporučivane prema položaju kolena u dijagramu svih časovnih protoka svrstanih po veličini u 8760 sati.



Slika 3-15. Dijagram časovnih protoka vozila svrstanih po veličini za različite tipove vozila

Do gotovo identičnih zaključaka o merodavnom protoku vozila došli su američki stručnjaci nakon istraživanja koja su obavljena u državi Kentaki 1977. godine čiji su rezultati objavljeni 1983. godine¹⁰.

(3) Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu sedam dana

Dnevna neravnomernost protoka u periodu sedam dana predstavlja variranje protoka vozila po pojedinim danima u periodu 7 dana. Ova neravnomernost se iskazuje odnosom, između protoka vozila u pojedinim danima i srednjeg dnevnog protoka u posmatranom sedmodnevnom periodu.

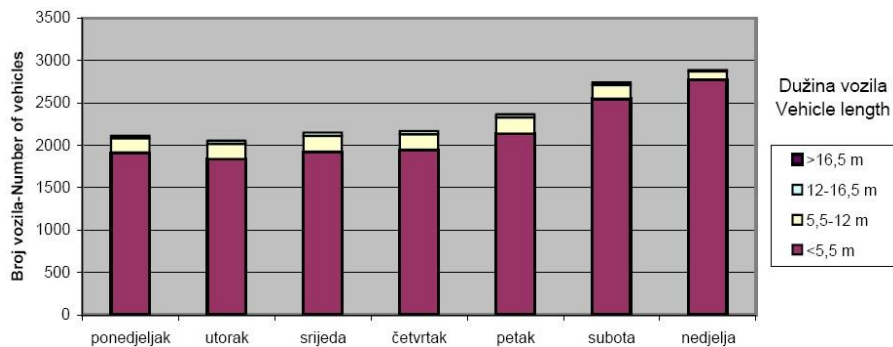
$$F_{3_i} = \frac{DS_i}{PDS_7}; \quad F_{3_i} : \geq 1, \leq 1; \quad i = 1, 2, 3, \dots, 7; \quad PDS_7 = \frac{\sum_{i=1}^7 DS_i}{7} \quad [3-29]$$

⁹ Ljubiša Kuzović, "Prilog utvrđivanju merodavnih protoka vozila za vrednovanje tehničkih rešenja puteva", Saobraćajni fakultet, doktorska disertacija, 1975.

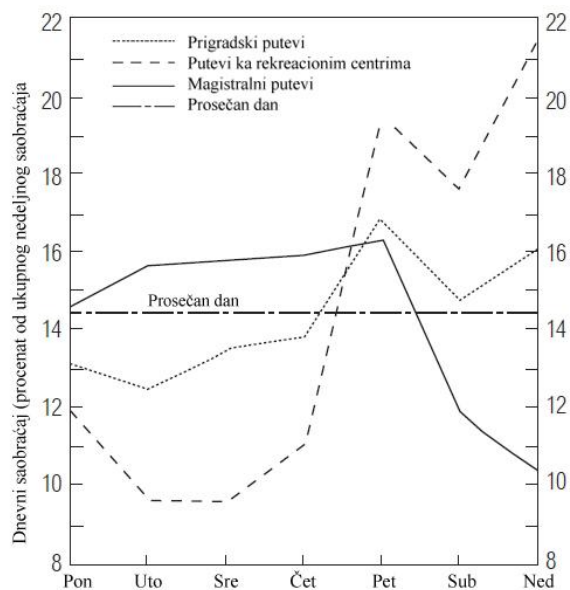
¹⁰ Joseph D. Crabtree and John A. Deacon, "Highway Sizing", Highway Capacity and Traffic Characteristics, Transportation research record 869, str. 6, TRB, Washington, 1983.

$$F_{3_i} = \frac{7 \cdot DS_i}{\sum_{i=1}^7 DS_i} \quad [3-30]$$

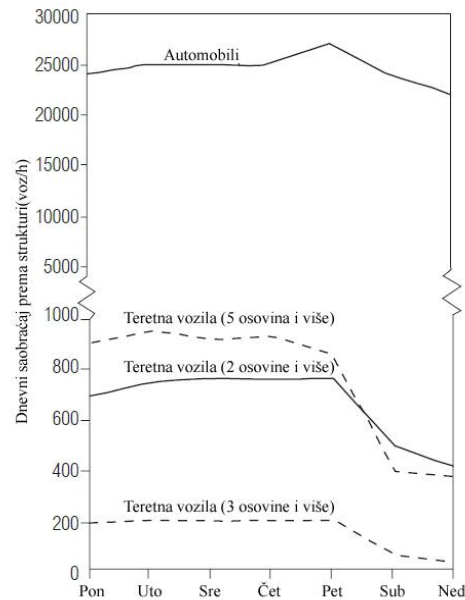
U sledećem prilogu data je tipična slika dnevne neravnomernosti u periodu od 7 dana.



Slika 3-16. Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu sedam dana



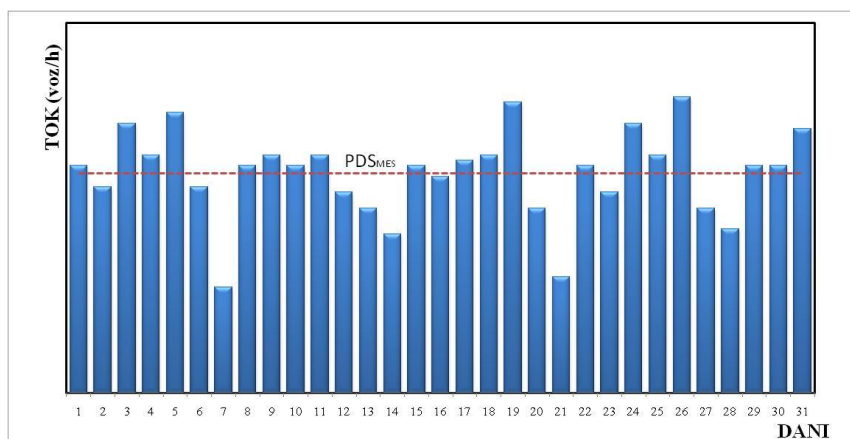
Slika 3-17. Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu sedam dana za različite vrste puta



Slika 3-18. Dnevna neravnomernost protoka vozila po strukturi u periodu sedam dana

(4) Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu jednog meseca

Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu jednog meseca predstavlja variranje protoka vozila po pojedinim danima u periodu posmatranog meseca. Iskazuje se odnosom između protoka vozila u pojedinim danima i srednjeg dnevnog protoka u periodu posmatranog meseca.



Slika 3-19. Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu meseca

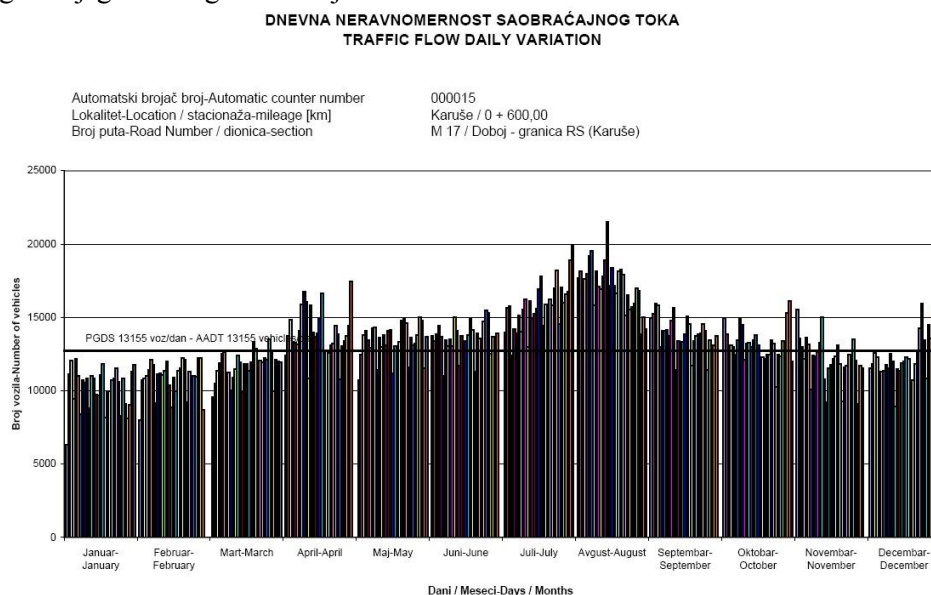
$$F_{4_i} = \frac{DS_i}{PMDS}; F_{4_i} : \geq 1, \leq 1; i=1,2,3,...,31,$$

$$PMDS = \frac{\sum_{i=1}^n DS_i}{n}, n=30, 31, 28 \text{ ili } 29$$

$$F_{4_i} = \frac{n DS_i}{\sum_{i=1}^n DS_i} \quad [3-31]$$

(5) Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu jedne godine

Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu jedne godine predstavlja variranje veličine saobraćajnog toka po pojedinim danima u periodu godine. Iskazuje se odnosom između protoka vozila u pojedinim danima i prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja



Slika 3-20. Dnevna neravnomernost protoka vozila u periodu godine

$$F_{5_i} = \frac{DS_i}{PGDS}, F_{5_i} : \geq 1, \leq 1, i=1,2,3,...,365, \text{ ili } 366$$

$$PGDS = \frac{\sum_{i=1}^N DS_i}{N}, N=365 \text{ ili } 366 \quad [3-32]$$

$$F_{S_i} = \frac{N \cdot DS_i}{\sum_{i=1}^N DS_i} \quad [3-33]$$

(6) Mesečna neravnomernost protoka vozila u periodu godine

Mesečna neravnomernost protoka vozila u periodu godine predstavlja variranje prosečnog dnevnog saobraćaja po mesecima u odnosu na PGDS. Iskazuje se odnosom između prosečnog dnevnog saobraćajnog toka po mesecima i prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja. Karakteristika mesečne neravnomernosti protoka vozila je najznačajniji indikator za prepoznavanje karaktera saobraćajnih tokova u funkcije posmatrane saobraćajnice u mreži.

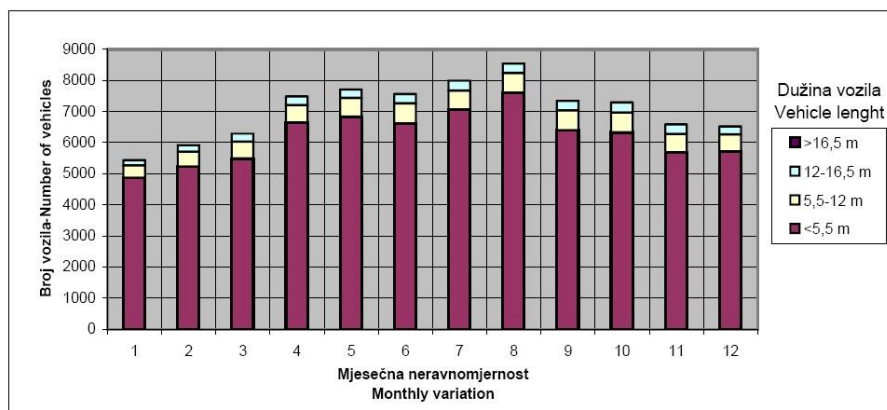
$$F_{6_i} = \frac{PMDS_i}{PGDS}; \quad F_{6_i} : \geq 1, \leq 1; \quad i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$PMDS_i = \frac{\sum_{i=1}^n DS_i}{n}; \quad PGDS = \frac{\sum_{i=1}^{12} PDS_i}{12};$$

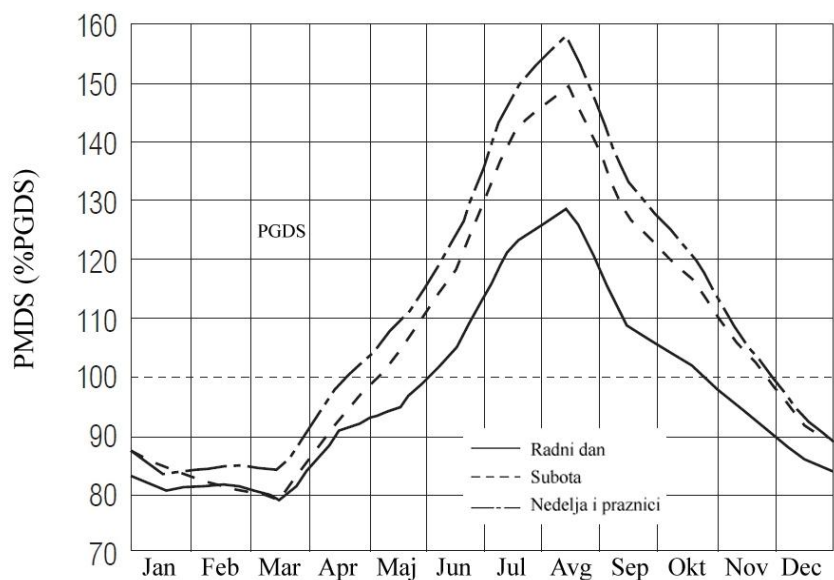
$$n = 30, 31, 28 \text{ ili } 29$$

$$F_{6_i} = \frac{12 \cdot PMDS_i}{\sum_{i=1}^{12} PDS_i} \quad [3-34]$$

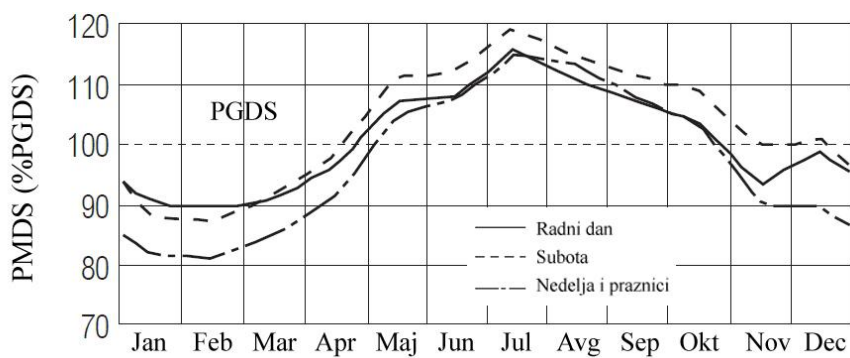
Mesečne neravnomernosti protoka u periodu godine na vangradskim magistralnim putevima date su na slikama 3-21, 3-22, 3-23, 3-24.



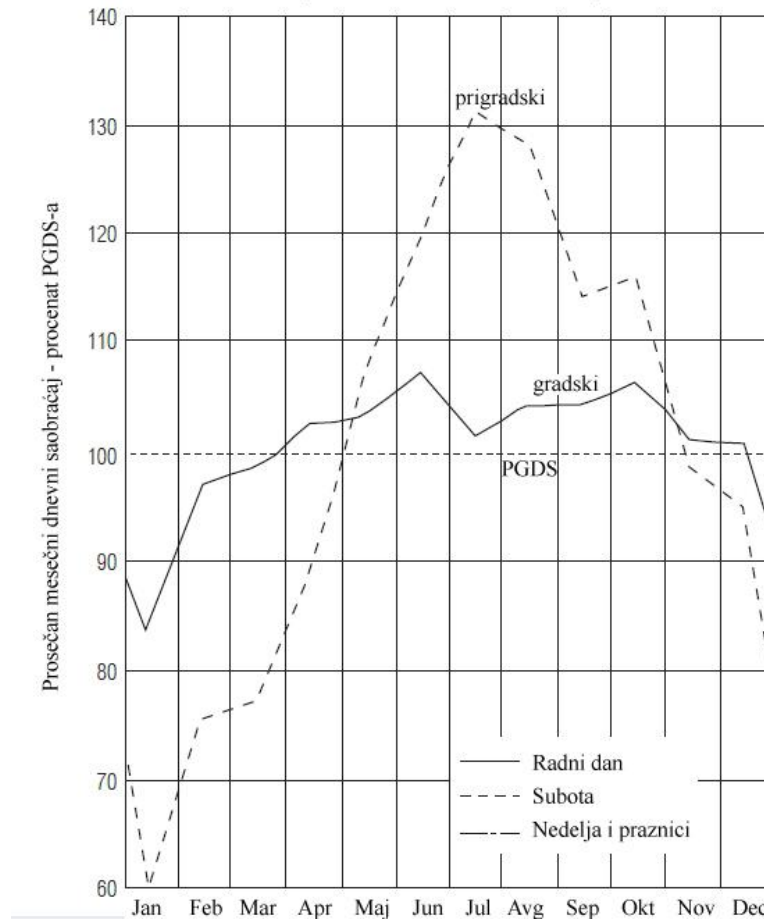
Slika 3-21. Mesečna neravnomernost protoka vozila u periodu godine



Slika 3-22. Mesečna neravnomernost protoka vozila u periodu godine za puteve sa značajnim učešćem turističkih (rekreativnih) tokova



Slika 3-23. Mesečna neravnomernost protoka vozila u periodu godine za puteve sa značajnim učešćem radnih (poslovnih) tokova



Slika 3-24. Mesečna neravnomernost protoka vozila u periodu godine na istom putnom pravcu ali na dve različite deonice (gradska i vangradska)

(7) Sezonska neravnomernost (grupa meseci) u periodu godine

Iskazuje se odnosom između prosečnog dnevnog saobraćajnog grupe meseci i prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja.

$$F_{7_i} = \frac{PDS_{SEZ_i}}{PGDS} ; F_{7_i} : \geq 1, \leq 1 ; i = 1, 2, 3, 4 ; PDS_{SEZ_i} = \frac{\sum_{j=1}^3 PDS_{MES_j}^i}{3} \quad [3-35]$$

$$F_{7_i} = \frac{\sum_{j=1}^3 PDS_{MES_j}^i}{3 PGDS} \quad [3-36]$$

za: i=1 (3 zims ka meseca);
 i=2 (3 prolećna meseca);
 i=3 (3 letnja meseca);
 i=4 (3 jesenja meseca);

(8) Neravnomernost protoka po manjim vremenskim jedinicama od jednog časa

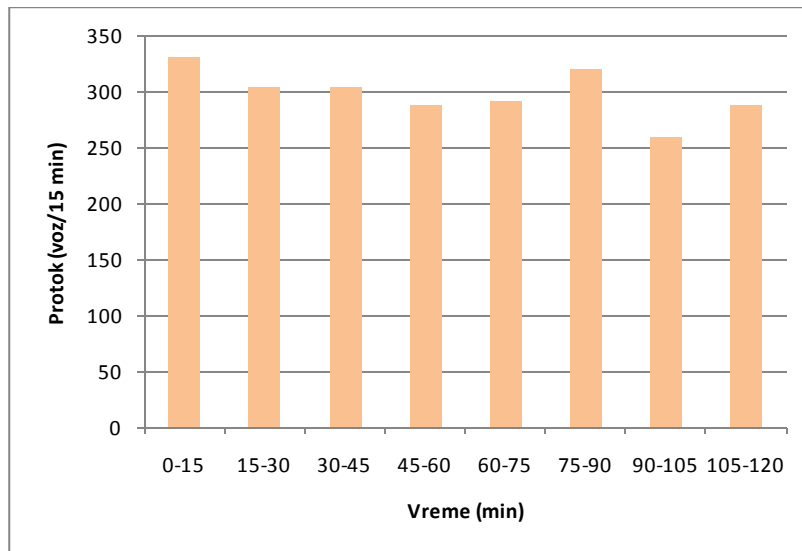
U definisanju relevantnih pokazatelja za realno opisivanje uslova saobraćaja na mreži drumskih saobraćajnica u planiranju, projektovanju i upravljanju saobraćajem, nametnula se potreba za poznavanjem karakteristika neravnomernosti protoka po manjim vremenskim jedinicama od jednog časa i to pre svega u okviru vršnog časa.

Neravnomernost protoka x (voz/t) po vremenskim jedinicama (t), koje su manje od jednog časa u periodu (vršnog) časa, izražava se kroz koeficijent (F_{8_i}):

$$F_{8_i} = \frac{x_i}{\bar{x}}; \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad n = \frac{60 \text{ (min)}}{t \text{ (min)}}$$
$$F_{8_i} = \frac{n \times x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad [3-37]$$

gde je:

- F_{8_i} – koeficijent neravnomernosti protoka vozila po vremenskim jedinicama $t < 60 \text{ min}$ u periodu (vršnog) časa,
- x_i – protoci vozila po pojedinim vremenskim jedinicama (t) u periodu (vršnog) časa; (voz/t),
- \bar{x} – srednja vrednost protoka po vremenskoj jedinici (t) u periodu (vršnog) časa; (voz/t),
- n – broj vremenskih jedinica (t) u vršnom času,



Slika 3-255. Protok u 15-to minutnim intervalima

(8.1) Faktor vršnog saobraćaja (FVS)

Za potrebe analize uslova u saobraćajnom toku pri višim nivoima usluge, u slučajevima relativno malih časovnih protoka u odnosu na kapacitet puta, iskazivanje takvih protoka u periodu od 1 časa je dosta gruba mera, pa je za definisanje nivoa usluge neophodno poznavati kako je tako mali protok vozila raspoređen po kraćim vremenskim intervalima (t) u merodavnom vršnom času. Radi toga je u praktičnom uključivanju ove karakteristike saobraćajnih tokova za potrebe analize kapaciteta i nivoa usluge, pre svega kod autoputeva i signalisanih raskrsnica u nivou, upotrebljen faktor vršnog časovnog saobraćaja (FVS). U publikacijama sa engleskog govornog područja ovaj faktor se označava simbolom PHF.

Sa gledišta praktičnog iskazivanja uticaja karakteristike neravnomernosti protoka po manjim vremenskim jedinicama od jednog časa, na opisivanje uslova u saobraćajnom toku, posebnu ulogu ima neravnomernost po 15-minutnim intervalima u merodavnom vršnom času koja je iskazana kroz takozvani faktor vršnog časovnog saobraćaja.

Faktor vršnog časovnog saobraćaja izražava se kao odnos ukupnog protoka u vršnom času $\sum_{i=1}^4 x_i$ (voz/15') i najvećeg 15-to minutnog protoka x_{\max} (voz/15') pomnoženog sa $n=4$ tj.

$$FVS_{(5')} = \frac{\sum_{i=1}^4 x_i \text{ (voz/15') }}{4 x_{\max} \text{ (voz/15') }} \quad [3-38]$$

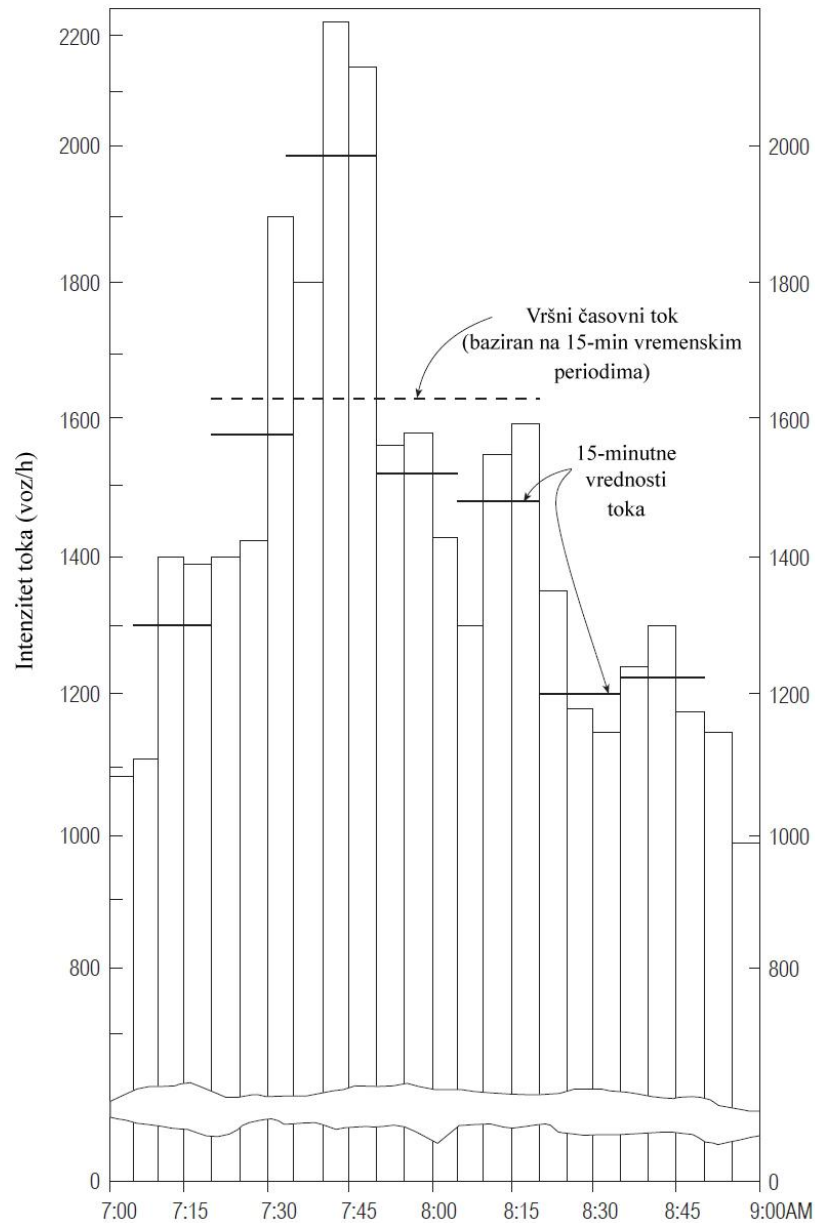
Najveća vrednost ovog faktora može biti jednaka jedinici, a najmanja 0,25. Ovaj faktor je uveden zbog toga što je osnovna vremenska jedinica za merenje protoka i kapaciteta, koja iznosi jedan čas, dosta gruba u smislu potpunog reprezentovanja karakteristika toka. Naime, tok se menja iz minuta u minut po veličini, gustini, brzini i sastavu, tako da posmatranje toka preko vremenske jedinice od jednog časa zapostavlja to stalno pulsiranje karakteristika saobraćajnog toka.

Na primer, u američkom priručniku HCM-u od 1965. godine pri analizi kapaciteta i nivoa usluge za autoputeve faktor vršnog časovnog saobraćaja se izražava kao odnos protoka u vršnom času i dvanestostrukog vršnog 5-to minutnog protoka koji je zabeležen u vršnom času:

$$FVS_{(5')} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \text{ (voz/5') }}{n x_{\max} \text{ (voz/5') }} = \frac{\sum_{i=1}^{12} x_i \text{ (voz/5') }}{12 x_{\max} \text{ (voz/5') }} \quad [3-39]$$

U analizi kapaciteta i nivoa usluge za dvotračne puteve u HCM-1965 nije korišćen FVS. U citiranom priručniku iz 1965 pri analizi kapaciteta i nivoa usluge za signalisane raskrsnice u nivou, faktor vršnog saobraćaja izražava kao odnos protoka u vršnom času i četvorostrukog 15-to minutnog protoka koji je zabeležen u vršnom času:

$$FVS_{(5')} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{m x_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^4 x_i}{4 x_{\max}} \quad [3-40]$$



Slika 3-266. Neravnomernost protoka po vremenskim jedinicama manjim od časa (5-to minutnim i 15-to minutnim)

U izdanju HCM od 1985, 1997 i 2000 godine pri analizi kapaciteta i nivoa usluge svih funkcionalnih delova putne mreže (osnovnih odseka svih vrsta puteva, zona preplitanja, ulivno-izlivnih rampi, raskrsnica svih načina regulisanja saobraćaja), za definisanje merodavnog protoka koristi se faktor vršnog časovnog saobraćaja s

obzirom na 15-to minutnu neravnomernost protoka. Na slici 3-25, ilustracije radi, izloženi su primeri tipičnih vrednosti faktora časovnog vršnog saobraćaja s obzirom na 15-to minutnu neravnomernost protoka.

Može se zaključiti da se u savremenim postupcima za analizu praktičnog kapaciteta i nivoa usluge svih funkcionalnih delova mreže koristi faktor vršnog saobraćaja, koji se zasniva na neravnomernosti protoka po 15-minutnim intervalima u okviru merodavnog vršnog časovnog protoka.

3.5. NERAVNOMERNOST TOKOVA PO SMEROVIMA PRI MERODAVNOM VRŠNOM I PRI MAKSIMALNOM ČASOVNOM PROTOKU

Za vreme bilo kog časa saobraćajni tok može da bude veći u jednom nego u drugom smeru. Neki gradski put može da pokaže neravnotežu u odnosu 2:1 po smerovima. Rekreativni i vangradski putevi mogu takođe da budu sa značajnim neravnomernostima po smerovima, što se mora uzeti u obzir u procesu planiranja i projektovanja.

Neravnomernost protoka u merodavnom vršnom času po smerovima je značajan faktor u analizama kapaciteta puteva. To naročito važi za vangradske puteve.

Gradski putevi imaju preko 2/3 saobraćaja na samo jednom smeru za vreme špica, tako što se špicevi javljaju u jednom smeru pre podne, a u drugom po podne. Nameće se zaključak da u vreme špica oba smera moraju da odgovaraju saobraćajnim zahtevima. Ova činjenica je i dovela do ideje o naizmeničnoj upotrebi traka po smerovima.

Iskorišćenost saobraćajnica po smerovima nije statična karakteristika. Ona se menja u toku časa, dnevno, sezonski i od godine do godine. Razvoj okruženja u blizini saobraćajnice često podstiče i rast saobraćaja, što menja i postojeću iskorišćenost saobraćajnica po smerovima.

Odnos između protoka vozila u opterećenijem smeru i ukupnog protoka za vreme špica često se označava slovom (D).

$$D = \frac{q_{m \text{ opter.smer}}}{q_m} \quad [3-41]$$

$$q_m = q_{m \text{ optersmer}} + q_{m \text{ neoptersmer}}$$

Utvrđivanje vršnog časovnog toka merodavnog za projektovanje dvotračnih

puteva vrši se na osnovu PGDS-a u ciljnoj godini i faktora (K), primenom relacije:

$$q_m = \text{PGDS} \cdot K \quad [3-42]$$

gde je:

- q_m – merodavni protok za dimenzionisanje dvotračnih puteva,
- PGDS – prosečni godišnji dnevni saobraćaj,
- K – faktor za utvrđivanje vršnog časovnog protoka u odnosu na PGDS, koji se utvrđuje na bazi “kriterijuma N-tog časa”,

Utvrđivanje vršnog časovnog toka u opterećenijem smeru autoputa i višetračnog puta vrši se pomoću obrasca:

$$Dq_m = \text{PGDS} \cdot K \cdot D \quad [3-43]$$

gde je :

- Dq_m – merodavni protok za dimenzionisanje jednog smeru autoputa (višetračnog puta),
- D – faktor za utvrđivanje časovnog protoka u opterećenijem smeru.

3.6. NERAVNOMERNOST TOKOVA PO TRAKAMA NA AUTOPUTEVIMA I VIŠETRAČNIM PUTEVIMA

Kada su za saobraćaj u jednom smeru na raspolaganju dve ili više traka, njihova upotreba varira. To zavisi od saobraćajnih propisa, strukture saobraćaja, brzine i veličine protoka, broja i lokacije raskrsnica, izvora i cilja vožnje, razvijenosti okoline i lokalnih navika vozača.

Zbog svih ovih faktora ne postoji tipična iskorišćenost traka. Uočljivo je da je saobraćaj na nekim trakama većeg obima nego na drugim. Važeći podaci ukazuju da ne postoji konzistentnost u korišćenju traka na saobraćajnicama.

Tabela 3-8. prikazuje jedan primer praktične upotrebe traka u zavisnosti od tipa vozila na posmatranom autoputu. Ali, ona ne predstavlja opšte važeće tipične vrednosti. Teretna vozila voze uglavnom desnom stranom, delom zbog toga što moraju da idu manjom brzinom od drugih vozila, a delom i zbog propisa koji im ne dozvoljavaju korišćenje levih traka. Iskorišćenost traka važna je i zbog analiza koje uzimaju u obzir raskrsnice.

Tabela 3-11. Raspodela po trakama osnovnih vrsta vozila na putu sa 3 trake u jednom smeru (izvor: HCM-1985, str. 2-15., Tabela 2-7.)

AUTOPUT	VRSTA VOZILA	DISTRIBUCIJA VOZILA PO TRAKAMA (%)		
		TRAKA 1	TRAKA 2	TRAKA 3
Detroitski autoput	LAKA	29,20	38,40	32,40
	SREDNJA	30,80	61,50	7,70
	TEŠKA	88,50	2,90	8,60
	AV	30,90	37,80	31,30

3.7. KARAKTERISTIKE VOZAČA U PUTNIČKIM AUTOMOBILIMA SA ASPEKTA REDOVNOSTI U KORIŠĆENJU AUTOMOBILA

Karakteristike saobraćajnog toka za koje su definisani kriterijumi u analizi praktičnog kapaciteta i nivoa usluge podrazumevaju svakodnevne vozače u svakodnevnom regularnom toku. Generalno je prihvaćeno da saobraćajni tok sa drugim karakteristikama vozača koristi autoput sa manje efikasnosti. Međutim, podaci su retki i ukazuju da je praktični kapacitet jedne trake autoputa u “rekreativnim krajevima” preko vikenda 1500 do 1650 PA/h. Može se zaključiti da se generalno smanjenje kapaciteta proširuje i na smanjenje drugih pokazatelja nivoa usluge. Ako se pođe od činjenice da kapacitet jedne saobraćajne trake u praktično idealnim uslovima (sa vozačima koji svakodnevno voze) iznosi 2200 (PA/h), proizilazi da vikend vozači utiču na smanjenje kapaciteta do 25%.