

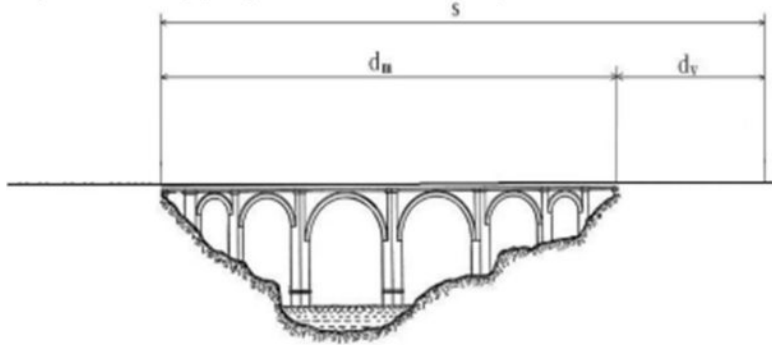
**AKADEMIJA STRUKOVNIH STUDIJA ŠUMADIJA
ODSEK TRSTENIK**

SAOBRAĆAJNI TOK I KAPACITET SAOBRAĆAJNICA

- zbirka zadataka-

Trstenik 2021

8. Tegljač sa poluprikolicom dužine 16 m kreće se po mostu ravnomerno brzinom 40 km/h. Za koje vreme tegljač pređe ceo most, ako je dužina mosta 480 m?

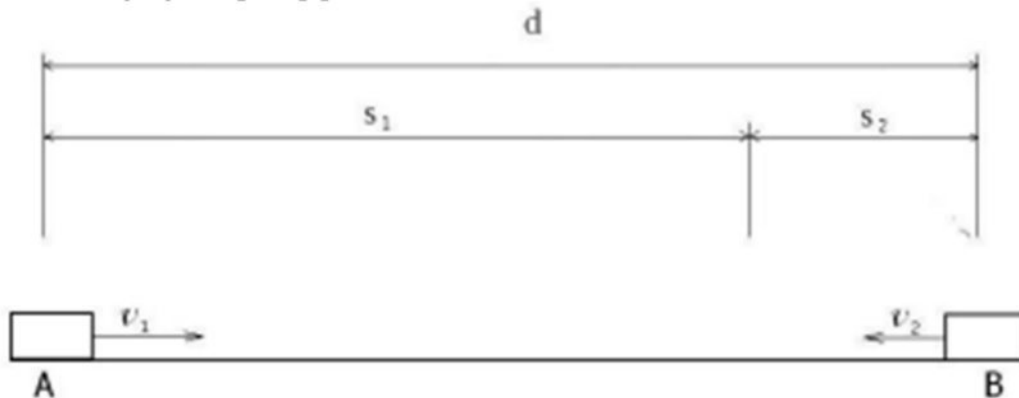


$$t = \frac{s}{V} = \frac{d_m - d_v}{V} = \frac{480 \text{ m} + 16 \text{ m}}{\frac{40 \text{ km/h}}{3,6}} = \frac{496 \text{ m} * 3,6}{40 \text{ m/s}} = \frac{1785,6 \text{ m}}{40 \text{ m/s}} = 44,64 \text{ s}$$

9. Kamion dužine 18 m kreće se po mostu čija je dužina data u tabeli. Izračunati kojim brzinama (u km/h) se kreće kamion ako je mereno vreme prelaska mosta 1,2 min?

d_m ,	3000 m	1,85 km	$4 * 10^3 \text{ m}$	$0,03 * 10^3 \text{ km}$	2,8 km	$20 * 10^{-2} \text{ km}$	3200 m	$2000 * 10^{-3} \text{ km}$	2,85 km
V									

10. Iz dva grada koji se nalaze na rastojanju 252 km istovremeno su pošla dva automobila jedan drugom u susret krećući se brzinama 15 m/s i 72 km/h. Posle koliko vremena i na kom rastojanju od prvog grada ce se automobili sresti?



Vozilo B:

$$d = 252 \text{ km}$$

$$V_B = 72 \text{ km/h}$$

$$s_2 = V_B * t_2,$$

$$t_2 = ?$$

Vozilo A:

$$d = 252 \text{ km}$$

$$V_A = 15 \text{ m/s} = 15 \text{ m/s} * 3,6 = 54 \text{ km/h}$$

$$s_1 = V_A * t_1$$

$$t_1 = ?$$

$t = t_1 = t_2$ - vreme vožnje je isto za oba vozila, različite su brzine kretanja!

$$d = s_1 + s_2 = V_A * t_1 + V_B * t_2 = V_A * t + V_B * t = t * (V_A + V_B)$$

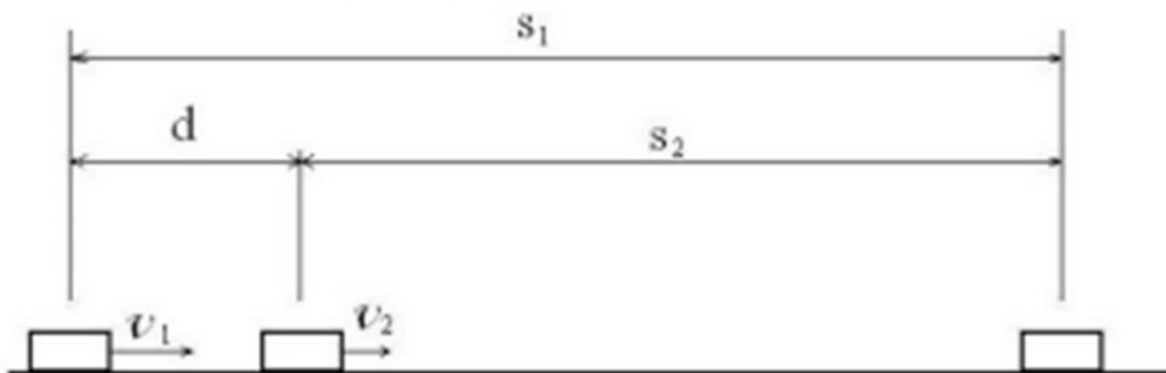
$$t = \frac{d}{V_A + V_B} = \frac{252 \text{ km}}{54 \text{ km/h} + 72 \text{ km/h}} = \frac{252 \text{ km} * \text{h}}{126 \text{ km}} = 2 \text{ h}$$

$$s_1 = V_A * t_1 = 54 \text{ km/h} * 2 \text{ h} = 108 \text{ km}$$

$$s_2 = V_B * t_2 = 72 \text{ km/h} * 2 \text{ h} = 144 \text{ km}$$

$$d = s_1 + s_2 = 108 \text{ km} + 144 \text{ km} = 252 \text{ km}$$

- 11. Dva automobila kreću se jedano za drugim brzinama 12 m/s i 10 m/s. Početno rastojanje izmedju njih je bilo 100 m. Oba automobila su počela da se kreću istovremeno u istom smeru. Odrediti vreme posle kojeg će se automobili susresti.**



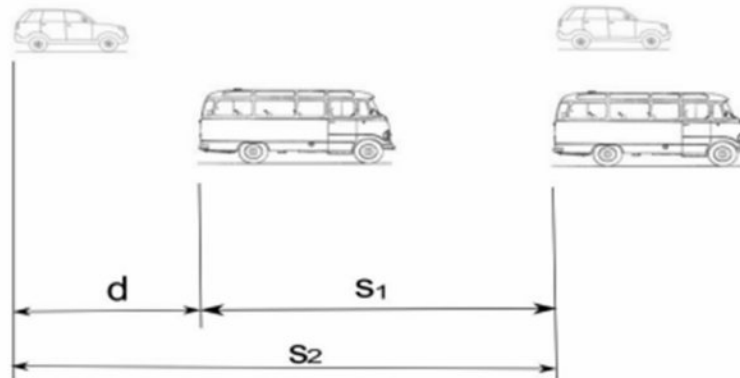
Rešenje: $t=50 \text{ s}$. Pokazati

- 12. Automobil je prošao pored saobraćajne poilicije 12 minuta posle kamiona. Na kom rastojanju će automobil susresti kamion, ako je brzina automobila 60 km/h, a kamiona 40 km/h?**

Rešenje: $t = 0,4 \text{ h} = 24 \text{ min}$. Pokazati.

13. Iza autobusa koji se kreće brzinom 60 km/h na udaljenosti od 5 km nalazi se automobil koji se kreće brzinom 110 km/h. Posle koliko vremena će automobil sustići autobus?

Rešenje: $t = 0,1 \text{ h} = 6 \text{ min}$. Pokazati.



14. Automobil se kreće iz tačke A u tačku B, koje su međusobno udaljene 1200 m. Prvu polovinu puta predje stalnom brzinom od 15 m/s, a a drugu polovinu puta brzinom 20 m/s. Kolika je srednja brzina automobila duž celog puta?

$$d = 1200 \text{ m}$$

$$s_1 = s_2 = \frac{d}{2} = \frac{1200 \text{ m}}{2} = 600 \text{ m}$$

$$V_1 = 15 \text{ m/s} = 15 \text{ m/s} * 3,6 = 54 \text{ km/h}$$

$$V_2 = 20 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s} * 3,6 = 72 \text{ km/h}$$

$$t_1 = \frac{s_1}{V_1} = \frac{600 \text{ m}}{15 \text{ m/s}} = 40 \text{ s}$$

$$t_2 = \frac{s_2}{V_2} = \frac{600 \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = 30 \text{ s}$$

$$t = t_1 + t_2 = 40 \text{ s} + 30 \text{ s} = 70 \text{ s}$$

$$V_{sr} = \frac{s_1 + s_2}{t} = \frac{d}{t} = \frac{1200 \text{ m}}{70 \text{ s}} = 17,14 \text{ m/s}$$

15. Automobil je krenuo iz mesta A u mesto B, a istovremeno kamion iz mesta B u mesto A. Sreli su se posle 3,5 h vožnje. Ako je rastojanje između mesta A i B 462 km, kolike su njihove srednje brzine ako je srednja brzina automobila za 12 km/h veća od srednje brzine kamiona?

Rešenje: $V_{\text{kamiona}} = 60 \text{ km/h}$, $V_{\text{automobila}} = 72 \text{ km/h}$. Pokazati

Promenljivo kretanje

16. U toku 4 s brzina tautomobila se promeni sa 20 m/s na 8 m/s. Koliko je ubrzanje tog tela? Da li je ovo kretanje ubrzano ili usporeno?

Uvek polazimo od:

$$V = V_0 + a * t$$

$$a = \frac{V - V_0}{t} = \frac{\Delta V}{t} = \frac{8 \frac{m}{s} - 20 \frac{m}{s}}{4 s} = \frac{-12 \frac{m}{s}}{4 s} = -3 \frac{m}{s^2}$$

17. Automobil polazi iz mirovanja sa ubrzanjem od 1,5 m/s². Kolika će biti brzina tog automobila 8 sekundi od početka kretanja?

Rešenje: V = 12 m/s. Pokazati

18. Automobil se kreće brzinom 72 km/h. Na udaljenosti od 100 metara vozač primeti znak "stop" i počne da koči sa usporenjem od 2 m/s². Da li će vozač uspeti da zaustavi automobil na vreme tj. ispred znaka stop?

Brzina kod jednoliko usporenog kretanja na osnovu pređenog puta se računa kao:

$$V^2 = V_0^2 - 2as$$

$$V^2 = V_0^2 - 2as \rightarrow 2as = V^2 - V_0^2$$

kako je na kraju puta V₀ = 0 (vozilo treba da stane ispred znaka stop) to se pređeni put može izračunasti:

$$s = \frac{V^2 - V_0^2}{2a} = \frac{V^2}{2a} = \frac{72^2}{2 * 2} = \frac{20^2 m/s}{4 m/s^2} = \frac{400 m^2/s^2}{4 m/s^2} = 100 m$$

Vozilo će se zaustaviti tačno ispred znaka STOP.

19. Automobil se kreće brzinom od 14 m/s, a onda počne da ubrzava sa ubrzanjem od 3 m/s². Koliki put će preći automobil za 10 sekundi?

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 14 m/s * 10 s + \frac{1}{2} 3 m/s^2 * 10^2 s = 140 m + \frac{300 m}{2} = 290 m$$

20. Automobil se kreće stalnom brzinom od 25 m/s. U trenutku kad prođe pored motocikliste, motorciklista krene sa stalnim ubrzanjem od 2 m/s². Posle koliko vremena i na kojoj udaljenosti će motocikl da sustigne automobil?

Rešenje: t = 25 s, s = 625 m. Pokazati.

U ovom zadatku je potrebno uočiti da su vreme kretanja i pređeni putevi automobila i motocikla jednaki.

$$s_{\text{motocikla}} = V_0 + \frac{1}{2} a_{\text{motorcikla}} * t^2; \quad s_{\text{automobila}} = V_{\text{automobila}} * t$$

2. PARAMETRI SAOBRAĆAJNOG TOKA

Protok

21. Na zamišljenom preseku deonice puta posmatran je protok vozila tokom pet časova u vršnim periodima i zabeležene su sledeće vrednosti protoka. Utvrditi koliko iznosi prosečan protok u posmatranom periodu kao i maksimalnu i minimalnu vrednost protoka u vršnim periodima.

Čas	6.00	9.00	14.00	16.00	20.00
voz/h	3270	3730	3690	3700	3580

Prosečna vrednost protoka u vršnim periodima tokom perioda posmatranja iznosi:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (3270 + 3730 + 3690 + 3700 + 3580) = \frac{17970}{5} = 3594 \text{ voz/h}$$

Maksimalna vrednost protoka je 3730 voz/h, dok je minimalna vrednost 3270 voz/h.

22. Na zamišljenom preseku deonice puta posmatran je protok vozila tokom sedam dana u periodima vršnog časa i zabeležene su sledeće vrednosti protoka. Utvrditi koliko iznosi prosečan protok u vršnom satu radnim danima i vikendom.

Dani	Ponedeljak	Utorak	Sreda	Četvrtak	Petak	Subota	Nedelja
voz/h	3270	3730	3690	3700	3580	2860	2100

Rešenje: Pokazati

Prosečna vrednost u periodu od 7 dana: 3594 voz/h

Prosečna vrednost u tokom vikenda: 2480 voz/h

23. Na automatskom brojaču saobraćaja (ABS) je u periodu od godinu dana evidentiran saobraćaj svakog dana pri čemu je evidentirano 3102500 vozila za posmatrani period. Potrebno je utvrditi koliki je prosečan broj vozila na dnevnom nivou posmatrajući čitav period.

Prosečan broj vozila u posmatranom periodu na dnevnom nivou se može izračunati:

$$PGDS = \frac{\sum_{i=1}^n DS_i}{n} = \frac{3102500 \text{ voz}}{365 \text{ dan}} = 8500 \text{ voz/dan}$$

24. Na automatskom brojaču saobraćaja (ABS) je u periodu od godinu dana evidentiran saobraćaj svakog sata pri čemu je evidentirano 5256000 vozila za posmatrani period. Potrebno je utvrditi koliki je prosečan broj vozila na časovnom nivou posmatrajući čitav period.

Rešenje: q=600 voz/h. Pokazati

25. Na automatskom brojaču saobraćaja (ABS) je u periodu od godinu dana evidentiran saobraćaj svakog sata pri čemu je evidentirano 5256000 vozila za posmatrani period. Potrebno je utvrditi koliki je prosečan broj vozila na dnevnom nivou posmatrajući čitav period.

Rešenje: $Q = PGDS = 14400$ voz/dan. Pokazati

26. Na magistralnom putu u toku 2020. godine je automatskim brojačem saobraćaja sniman protok tokom čitave godine (tabela 1), a u periodu 2. - 8. aprila i od 11. - 17. juna vršena su kontrolna brojanja. Dobijeni su sledeći podaci:

Tabela 1

Mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
PMDS	4694	5106	6340	7329	8400	8566	8623	9549	7878	7658	7359	6011

Datum	Dan	voz/dan
02.04.	Ponedeljak	7405
03.04.	Utorak	5566
04.04.	Sreda	7329
05.04.	Četvrtak	5515
06.04.	Petak	8933
07.04.	Subota	10201
08.04.	Nedelja	10884

Datum	Dan	voz/dan
15.06.	Ponedeljak	8244
16.06.	Utorak	7158
17.06.	Sreda	7449
11.06.	Četvrtak	6168
12.06.	Petak	10078
13.06.	Subota	7172
14.06.	Nedelja	7312

Izračunati:

- PGDS,
- faktore mesečnih neravnomernosti u toku godine,
- faktore dnevnih neravnomernosti u toku sedmice za kontrolna brojanja,
- faktor sedmične neravnomernosti za kontrolna brojanja.

$$\begin{aligned}
 PGDS &= \frac{\sum_{i=1}^{12} PMDS_i}{12} = \\
 &= \frac{4694 + 5106 + 6340 + 7329 + 8400 + 8566 + 8623 + 9549 + 7878 + 7658 + 7359 + 6011}{12} \\
 &= \frac{87513}{12} = 7292,75 \approx 7293 \text{ voz/dan}
 \end{aligned}$$

Faktor mesečne neravnomernosti u toku godine s može izračunati kao:

$$F_i = \frac{PMDS_i}{PGDS}$$

Rezultati se mogu prikazati tabelarno:

Mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
PMDS	4694	5106	6340	7329	8400	8566	8623	9549	7878	7658	7359	6011
Faktor mesečnih neravnome.	0,64	0,7	0,87	0,99	1,15	1,17	1,18	1,31	1,08	1,05	1,01	0,82

Faktori dnevnih neravnornosti u toku sedmice za kontrolna brojanja - mesec april

$$F_i = \frac{DS_i}{PDS_7}$$

$$PDS_7 = \frac{\sum_{i=1}^n DS_i}{7} = \frac{55833}{7} = 7976,14 \text{ voz/dan}$$

Rezultati se mogu prikazati tabelarno:

Datum	Dan	voz/dan	Faktor dnevnih neravnornosti u toku sedmice aprila
02.04.	Ponedeljak	7405	0.93
03.04.	Utorak	5566	0.70
04.04.	Sreda	7329	0.92
05.04.	Četvrtak	5515	0.69
06.04.	Petak	8933	1.12
07.04.	Subota	10201	1.28
08.04.	Nedelja	10884	1.36

Faktori dnevnih neravnornosti u toku sedmice za kontrolna brojanja - mesec jun

Datum	Dan	voz/dan	Faktori dnevnih neravnorn. u toku sedmice juna
11.06.	Ponedeljak	8244	1.08
12.06.	Utorak	7158	0.94
13.06.	Sreda	7449	0.97
14.06.	Četvrtak	6168	0.81
15.06.	Petak	10078	1.32
16.06.	Subota	7172	0.94
17.06.	Nedelja	7312	0.96

Faktor sedmične neravnomernosti za kontrolno brojanje:

$$F_i = \frac{PDS_{sedmice}}{PMDS_{april}}$$

$$F_{sedm.neravnornost\ aprila} = \frac{PDS_{sedmice\ aprila}}{PMDS_{april}} = \frac{7976,14}{7329} = 1,09$$

$$F_{sedm.neravnornost\ jun} = \frac{PDS_{sedmice\ juna}}{PMDS_{juna}} = \frac{7654,43}{8566} = 0,89$$

27. Dati su rezultati protoka po mesecima i to: januar 218017 vozila, februar 179159 vozila, mart 215116 vozila, april 265898 vozila, maj 299805 vozila, jun 287310 vozila, jul 392817 vozila, avgust 441585 vozila, septembar 296664 vozila, oktobar 274367 vozila, novembar 242262 vozila i decembar 221268 vozila. Izračunati:

- a) PGDS,
- b) PMDS po mesecima,
- c) Mesecnu neravnomernost u periodu godine po mesecima.

Rešenje: Pokazati

Rezultati traženih vrednosti su prikazani u tabeli:

Mesec	Broj vozila	PMDS _i	Faktor mesečne neravnomernosti u periodu godine
Januar	218017	7033	0,77
Februar	179159	6399	0,70
Mart	215116	6939	0,76
April	265898	8863	0,97
Maj	299805	9671	1,06
Jun	287310	9577	1,05
Jul	392817	12672	1,39
Avgust	441585	14245	1,56
Septembar	296664	9889	1,08
Oktobar	274367	8851	0,97
Novembar	242262	8075	0,88
Decembar	221268	7138	0,78
Januar	218017	7033	0,77
PGDS	<i>9134</i>	<i>9113</i>	/

28. Prosečni dnevni saobraćaj u III nedelji meseca aprila iznosi: ponedeljak 9267, utorak 8691, sreda 8233, četvrtak 8759, petak 9162, subota 6548 i nedelja 9620. U I nedelji meseca aprila je zabeležen prosečni dnevni saobraćaj od 7234, u II nedelji 8376, a u III nedelji 10121 vozila. Izračunati:

- a) dnevnu neravnomernost po danim u III nedelji aprila,
- b) nedeljne neravnomernosti u toku meseca aprila.

Rešenje: Pokazati

Rezultati traženih vrednosti su prikazani u tabelama:

Dan u III sedmici	Faktor dnevne neravnomernosti u III sedmici
ponedeljak	1,08
utorak	1,01
sreda	0,96
četvrtak	1,02
petak	1,06
subota	0,76
nedelja	1,12

Sedmica u aprilu	Faktor sedmične neravnomernosti u aprilu
I sedmica	0,84
II sedmica	0,98
III sedmica	1,00
IV sedmica	1,18

29. Utvrđeno je da dnevna neravnomernost protoka na datom putu u toku jedne godine iznosi 1,52 za 8. mart, pri čemu je 8. mart bio u četvrtak. Takođe je poznato da dnevna neravnomernost protoka po danima u toku sedmice iznosi 0,95; 1,05; 1,28; 1,08; 1,35; 1,10; 0,81 za ponedeljak, utorak, sredu, četvrtak, petak, subotu i nedelju, respektivno, kao i da je prosečan dnevni saobraćaj u toku sedmice jednak 2500 voz/dan. Koliko iznosi PGDS za datu godinu?

Rešenje: PGDS≈1776 voz/dan. Pokazati

30. Na deonici puta u ponedeljak prve nedelje aprila vršeno je kontrolno brojanje saobraćaja u trajanju od 24 časa. Izbrojano je ukupno 12000 voz/dan. Faktor neravnomernosti ponedeljka prema sedmici u kojoj je vršeno brojanje je 1,4, nedeljno prema mesecu aprilu je 1,3. Faktor neravnomernosti aprila prema godini je 0,9. Satna distribucija data je u tabeli. Potrebno je odrediti:

- Prosečno dnevni godišnji saobraćaj
- Merodavni protok po kriterijumu 30, 100, 200, 300-tog sata.

% PGDS	14	13	12	11	10	9
N (h)	10	20	70	105	120	350

- Dnevni saobraćaj iznosi DS = 12000 voz/dan
- Faktor neravnomernosti dana prema sedmici je $F_{C7} = 1,4$
- Faktor nedelje prema mesecu je 1,3 a faktor meseca prema godini je 0,9.

Polazeći od dnevnog saobraćaja (DS) i faktora neravnomernosti možemo izračunati prosečan sedmodnevni dnevni saobraćaj.

$$PDS_7 = \frac{\sum_{i=1}^7 DS_i}{7}$$

Faktor neravnomernosti dana prema sedmici je:

$$F_7 = \frac{7 \cdot DS_i}{\sum_{i=1}^7 DS_i}$$

Kako je poznat dnevni saobraćaj za ponedeljak moguće je izračunati ukupan sedmodnevni saobraćaj:

$$F_7 = \frac{7 \cdot DS}{\sum_{i=1}^7 DS_i} \Rightarrow \sum_{i=1}^7 DS_i = \frac{7 \cdot DS}{F_7} \Rightarrow PDS_7 = \frac{\sum_{i=1}^7 DS_i}{7} = \frac{7 \cdot DS}{7 \cdot F_7} = \frac{DS}{F_7}$$

$$PDS_7 = \frac{DS}{F_7}$$

Na osnovu faktora neravnomernosti nedelje prema mesecu aprilu moguće je izračunati prosečan mesečni dnevni saobraćaj:

$$PMDS = \frac{\sum_{i=1}^n DS_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{30} DS_i}{30}$$

$$F_{30} = \frac{PDS_7}{PMDS} \Rightarrow PMDS = \frac{PDS_7}{F_{30}} = \frac{\frac{DS}{F_7}}{F_{30}} = \frac{DS}{F_7 \cdot F_{30}}$$

I na osnovu neravnomernosti meseca prema godini može se dobiti prosečan godišnji dnevni saobraćaj:

$$F_{365} = \frac{PMDS}{PGDS} \Rightarrow PGDS = \frac{PMDS}{F_{365}},$$

a na osnovu prethodnih relacija

$$PGDS = \frac{\frac{DS}{F_7 \cdot F_{30}}}{F_{365}} = \frac{DS}{F_7 \cdot F_{30} \cdot F_{365}}$$

Tako da PGDS iznosi:

$$PGDS = \frac{12000}{1,4 \cdot 1,3 \cdot 0,9} = 7362 \text{ voz/dan}$$

Merodavni protok se određuje kao procentualna vrednost od PGDS-a i prikazano je u sledećoj tabeli:

% PGDS	q _m [voz/dan]	N [broj sati]	Σ N [h] [kumulanta]
14	1026	10	10
13	952	20	30
12	879	70	100
11	806	105	205
10	733	120	325
9	659	350	675
		
			8760

Tako da merodavni protok za kriterijume 30, 100, 200 i 300 sata su:

30. sat → 952 voz/h

100. sat → 879 voz/h

200. sat → 806 voz/h

300. sat → 659 voz/h

Što jasno ukazuje da porastom kriterijuma merodavnog sata za proračun dolazi do opadanja merodavnog protoka što sa druge strane i odgovara funkcionalnoj zavisnosti %PGDS od broja sati.

Brzina

Izračunavanje brzina na bazi lokalnih merenja na određenom preseku

31. Izračunati srednju vremensku brzinu ako su poznate sledeće brzine dobijene na bazi lokalnih merenja: $V_1=55$ km/h; $V_2=57$ km/h; $V_3=58$ km/h; $V_4=60$ km/h; $V_5=56$ km/h.

Srednja vremenska brzina se izracunava kao aritmetička sredina svih brzina u saobračajnom toku, odnosno:

$$V_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i = (55 + 57 + 58 + 60 + 56) = \frac{286 \text{ km/h}}{5} = 57,2 \text{ km/h}$$

32. Izračunati srednju prostornu brzinu ako su poznate sledeće brzine dobijene na bazi lokalnih merenja: $V_1=55$ km/h; $V_2=57$ km/h; $V_3=58$ km/h; $V_4=60$ km/h; $V_5=56$ km/h.

Rešenje: $V_s=57,1$ km/h. Pokazati

Izračunavanje srednje prostorne brzine na bazi kvazi-lokalnog merenja

33. Na odseku dužine $S=3700$ m za određeni broj vozila izvršeno je merenje vremena putovanja od početka do kraja odseka i utvrđene su sledeće vrednosti: $t_1 = 200$ s, $t_2 = 184$ s, $t_3 = 243$ s, $t_4 = 196$ s, $t_5 = 270$ s, $t_6 = 215$ s, $t_7 = 254$ s, $t_8 = 210$ s, $t_9 = 199$ s, $t_{10} = 208$ s. Izračunati koliko iznosi srednja prostorna brzina saobračajnog toka.

Srednje vreme putovanja iznosi:

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = \frac{1}{10} * (200 + 184 + 243 + 270 + 215 + 254 + 210 + 199 + 208) = 217,9 \text{ s}$$

$$V_s = \frac{s}{\bar{t}} = \frac{3700}{217,9} = 16,98 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 61,13 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

34. Na bazi snimanja saobračajnog toka na posmatranom odseku u vremenskom intervalu koji iznosi 60 sekundi, merena su rastojanja koja su prešla vozila i utvrđene su vrednosti prikazane u tabeli. Izračunati srednju prostornu brzinu saobračajnog toka.

$S_1 = 350$ m	$S_2 = 360$ m	$S_3 = 370$ m	$S_4 = 380$ m
$S_5 = 390$ m	$S_6 = 400$ m	$S_7 = 410$ m	$S_8 = 420$ m

Rešenje: $V_s=23,11$ km/h. Pokazati

Izračunavanje srednje prostorne brzine pomoću pokretnog posmatrača

35. Na odseku dužine $S=1850$ m, metodom pokretnog posmatrača snimane su karakteristike posmatranog saobraćajnog toka i dobijeni su sledeći podaci:

- a) vreme putovanja u smeru snimanog toka iznosi 148,3 s
- b) vreme putovanja u suprotnom smeru iznosi 69,4 s
- c) broj vozila iz suprotnog smera pri povratku iznosi 103 voz
- d) tokom kretanja u smeru snimanog toka vozilo osmatrač je preteklo 6 vozila, a pretečeno je od strane 2 vozila.

Utvrđiti kolika je srednja prostorna brzina posmatranog saobraćajnog toka.

$$q = \frac{x + y}{t_c + t_a}$$

$$t = t_c - \frac{y}{q}$$

$$V_s = \frac{S}{t}$$

gde je:

q - ustanovljeni protok u smeru snimanog toka (voz/s);

x - broj vozila sa kojima se mimoišlo vozilo osmatrač tokom kretanja u suprotnom smeru od smera snimanog toka (voz);

y - apsolutna vrednost razlike broja vozila koja su pretečena od strane vozila osmatrača i koja su pretekla ovo voilo (voz);

t_c - vreme putovanja u smeru snimanog toka (s);

t_a - vreme putovanja u smeru suprotno od snimanog toka (s);

t - ustanovljeno srednje vreme putovanja u smeru snimanog toka.

$$t_c = 148,3 \text{ s}$$

$$t_a = 69,4 \text{ s}$$

$$x = 103 \text{ voz}$$

$$y = |6 - 2| = 4 \text{ voz}$$

$$q = \frac{103 + 4}{148,3 + 69,4} = 0,49 \frac{\text{voz}}{\text{s}} = 1764 \frac{\text{voz}}{\text{h}}$$

$$t = 148,3 - \frac{4}{0,49} = 140 \text{ s}$$

$$V_s = \frac{1850}{140} = 13,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 47,52 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Izračunavanje srednje prostorne brzine na osnovu srednje vremenske brzine i standardnog odstupanja brzina u saobraćajnom toku

36. Na preseku saobraćajnice su radarom izmerene sledeće brzine saobraćajnog toka:

$V_1=56$ km/h, $V_2=52$ km/h, $V_3=48$ km/h, $V_4=62$ km/h, $V_5=43$ km/h, $V_6=66$ km/h, $V_7=70$ km/h i $V_8=71$ km/h. Izračunati srednju prostornu brzinu saobraćajnog toka na osnovu srednje vremenske brzine i standardnog odstupanja brzina u saobraćajnom toku.

$$V_s = V_t - \frac{s_v^2}{V_t}$$

$$V_t = \sum_{i=1}^n V_i = \frac{1}{8} * (56 + 52 + 48 + 62 + 43 + 66 + 70 + 71) = 58,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{8} (56 + 52 + 48 + 62 + 43 + 66 + 70 + 71) = 58,5$$

$$\begin{aligned} s_v^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \\ &= \frac{1}{8} ((56 - 58,5)^2 + (52 - 58,5)^2 + (48 - 58,5)^2 + (62 - 58,5)^2 + (66 - 58,5)^2 + (70 - 58,5)^2 \\ &\quad + (71 - 58,5)^2) \\ &= \frac{1}{8} (6,25 + 42,25 + 110,25 + 12,25 + 240,25 + 56,25 + 132,25 + 156,25) = 94,5 \end{aligned}$$

$$V_s = V_t - \frac{s_v^2}{V_t} = 58,5 - \frac{94,5}{58,5} = 56,88 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Gustina

37. Na deonici dvotračnog puta zabeležen je protok od $q=1250$ voz/h i utvrđeno da je srednja prostorna brzina saobraćajnog toka 60 km/h. Izračunati koliko iznosi gustina posmatranog saobraćajnog toka.

$$q = V_s * g \rightarrow g = \frac{q}{V_s} = \frac{1250 \frac{\text{voz}}{\text{h}}}{60 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 20,83 \frac{\text{voz}}{\text{km}} \approx 21 \text{ voz/km}$$

38. Na deonici dvotračnog puta zabeležen je protok od $q=1400$ voz/h i utvrđeno da je srednja vremenska brzina saobraćajnog toka 55 km/h. Izračunati koliko iznosi gustina posmatranog saobraćajnog toka.

Rešenje: $g=55$ voz/km. Pokazati

39. Na deonici dvotračnog puta zabeležen je protok od $q=1250$ voz/h i utvrđeno da se u datom trenutku 18% vozila kretalo brzinom od 50 km/h, 48% vozila brzinom od 55 km/h, a 34% vozila brzinom od 60 km/h. Izračunati koliko iznosi gustina posmatranog saobraćajnog toka.

$$q_{50} = q * P_{(v=50)} = 1250 * 0,18 = 225 \text{ voz}$$

$$q_{55} = q * P_{(v=55)} = 1250 * 0,48 = 600 \text{ voz}$$

$$q_{60} = q * P_{(v=60)} = 1250 * 0,34 = 425 \text{ voz}$$

$$q = V_s * g \rightarrow g = \frac{q}{V_s}$$

$$g = \frac{q}{V_s} = \frac{q}{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{v_i}} = \frac{1250}{\frac{225}{50} + \frac{600}{55} + \frac{425}{60}} = \frac{1250}{55,6} = 22,5 \frac{\text{voz}}{\text{km}}$$

Izračunavanja na osnovu relacija - međuzavisnosti između ostalih parametara saobraćajnog toka

40. Ako posmatrač iz vazduha gde se u određenim vremenskim trenucima beleže podaci o vozilima koja se kreću na saobraćajnoj deonici eliptičnog oblika dužine 1 km može uočiti pet automobila koja se uvek kreću konstantnom brzinom od 80 km/h i četiri kamiona koji se sporije kreću konstantnom brzinom od 50 km/h. Odrediti:

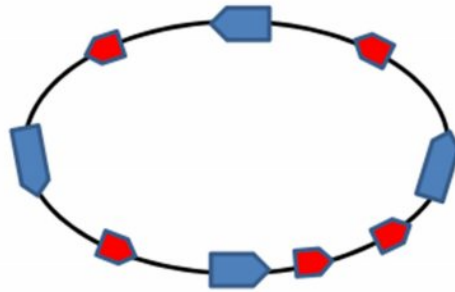
- Koji je odnos sporih vozila u odnosu na brža vozila izraženo u procentima?
- Kolika je vrednost prostorne brzine kamiona posmatrana iz vazduha?
- Da li će odnos sporih vozila kao i brzina koja će biti uočena od strane nepokretnog posmatrača koji je pozicioniran negde na deonici tokom vremena razlikovati u odnosu na posmatrača iz vazduha odnosno da li će ta razlika ako postoji biti manja ili veća?

a)

$$\frac{4}{4 + 5} * 100 = 44,4 \%$$

b)

$$V_s = \frac{5 * 80 + 4 * 50}{4 + 5} = 66,67 \text{ km/h}$$



c)

Da bi smo dali odgovor na ovo pitanje moramo zamisliti situaciju koja će proisteći iz posmatranja kretanja ovakvih vozila u nekom vremenskom intervalu (20 min, 1 sat itd.) i tada se može uočiti da će brža vozila (automobili) prećicati sporija vozila (kamione) i stvorice se prividna slika tj. posmatrač pored puta će misliti da je video više brzih nego sporijih vozila pa će zaključiti da je odnos sporijih vozila u odnosu na brža vozila biti **manja**. Da bi smo to dokazali uradićemo sledeći proračun na osnovu onoga što uočava nepokretni posmatrač pored puta.

Protok vozila koji će se izračunati na osnovu ovakvog merenja je:

Za kamione:

$$q_{kam} = 4 \frac{voz}{km} * 50 \frac{km}{h} = 200 \text{ voz/h}$$

Za automobile:

$$q_{aut} = 5 \frac{voz}{km} * 80 \frac{km}{h} = 400 \text{ voz/h}$$

Ukupan protok će biti:

$$q = \sum g_i * V_i = \left(4 \frac{voz}{km} * 50 \frac{km}{h} \right) + \left(5 \frac{voz}{km} * 80 \frac{km}{h} \right) = 200 + 400 = 600 \text{ voz/h}$$

Pa će odnos sporijih vozila u odnosu na ukupan protok iznositi:

$$\frac{q_{kami}}{q} = \frac{200}{600} = 33,3\%$$

Ovao pokazuje da je odnos sporijih vozila manji posmatrano iz ugla nepokretnog posmatrača pored puta u odnosu na posmatrača koji je to posmatrao iz vazduha (odnos ovih vozila je iznosio 44,4 %)

Ako bi sada posmatrali brzina sporijih vozila (kamiona) koje je utvrdio nepokretni posmatrač u odnosu na brzinu koju je utvrdio posmatrač iz vazduha tako da se može postaviti pitanje da li će ova brzina biti veća ili manja. Z dokazivanje ovoga možemo se poslužiti sledećim obrascem:

$$V_t = \frac{200 * 50 + 400 * 80}{600} = 70 \text{ km/h}$$

Na osnovu ovog proračuna možemo videti da će ova brzina biti **veća** nego brzina koju je utvrdio posmatrač iz vazduha. Razlog toga leži upravo u prirodi ove dve brzine. Dakle posmatrač iz vazduha je bio u mogućnosti da utvrdi srednju prostornu brzinu (66,67 km/h), dok je posmatrač pored puta utvrdio srednju vremensku brzinu (70 km/h) i to potvrđuje upravo činjenicu da je srednja vremenska brzina uvek veća od srednje prostorne brzine, (osim ako se ne radi o zasićenom toku gde dolazi do izjednačenja ove dve brzine zbog tzv "kolonskog načina vožnje"). Ovo treba uvek imati na umu kada se priča i analizira srednja brzina saobraćajnog toka

41. Na odseku dužine S=3700 m za određeni broj vozila izvršeno je merenje vremena putovanja od početka do kraja odseka i utvrđene su sledeće vrednosti:

$$t_1 = 200 \text{ s} \quad t_2 = 184 \text{ s} \quad t_3 = 243 \text{ s} \quad t_4 = 196 \text{ s} \quad t_5 = 270 \text{ s}$$

$$t_6 = 215 \text{ s} \quad t_7 = 254 \text{ s} \quad t_8 = 210 \text{ s} \quad t_9 = 199 \text{ s} \quad t_{10} = 208 \text{ s}$$

Izračunati koliko iznosi srednje vreme putovanja na odseku, jedinično vreme putovanja i srednju vremensku brzinu saobraćajnog toka.

Srednje vreme putovanja iznosi:

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (200 + 184 + 243 + 196 + 270 + 215 + 254 + 210 + 199 + 208) = 217,9 \text{ s}$$

Srednja vrednost jediničnog vremena putovanja jednaka je odnosu srednjeg vremena putovanja i dužine deonice u kilometrima:

$$\frac{\bar{t}}{s} = \frac{217,9}{3,7} = 58,9 \text{ s}$$

Srednja vremenska brzina se izražava kao srednja vrednost svih brzina vozila u toku. Ako se brzina vozila u toku izrazi kao odnos vremena putovanja pojedinačnog vozila u toku i dužine odseka, srednja vremenska brzina toka ce biti:

$$V_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{s}{t_i} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n \left(\frac{3700}{200} + \frac{3700}{184} + \frac{3700}{243} + \frac{3700}{196} + \frac{3700}{270} + \frac{3700}{215} + \frac{3700}{254} + \frac{3700}{210} + \frac{3700}{199} + \frac{3700}{208} \right)$$

Dužina odseka je konstantna vrednost pa je srednja vremenska brzina:

$$V_t = \frac{3700}{10} \left(\frac{1}{200} + \frac{1}{184} + \frac{1}{243} + \frac{1}{196} + \frac{1}{270} + \frac{1}{215} + \frac{1}{254} + \frac{1}{210} + \frac{1}{199} + \frac{1}{208} \right) = 17,2 \frac{m}{s} = 62 \frac{km}{h}$$

42. Na posmatranom preseku puta utvrđena je srednja prostorna brzina koja iznosi $V_s=52$ km/h i prosečni interval sleđenja koji iznosi $t_h=2,4$ s. Na osnovu međuzavisnosti osnovnih parametara saobraćajnog toka izračunati koliko iznosi prosečno rastojanje sleđenja (S_h) i gustina saobraćajnog toka (g).

Srednju prostornu brzinu možemo posmatrati u funkciji prosečnog intervala sleđenja i prosečnog rastojanja sleđenja, a prosečno rastojanje sleđenja se može prikazati kao rastojanje koje pređe vozilo brzinom V_s za vreme t_h .

$$V_s = \frac{3,6 * s_h}{t_h}$$

Prosečno rastojanje sleđenja će iznositi:

$$s_h = \frac{V_s * t_h}{3,6} = \frac{52 * 2,4}{3,6} = 34,7 \text{ m}$$

Gustina saobraćajnog toka iznositi:

$$g = \frac{1000}{s_h} = \frac{1000}{34,7} = 28,8 \frac{\text{voz}}{\text{km}}$$

43. Na posmatranom preseku puta utvrđena je prosečno rastojanje vozila u toku $S_h=37,8$ m i srednja prostorna brzina koja iznosi $V_s=45$ km/h. Na osnovu međuzavisnosti osnovnih parametara saobraćajnog toka izračunati koliko iznosi protok (q) i gustina saobraćajnog toka (g).

Rešenje: $q=1190$ voz/h, $g=26,44$ voz/km. Pokazati

44. Na jednoj saobraćajnoj traci utvrđen je maksimalni protok vozila od 2400 vozila po satu. Koje je prosečno vreme sleđenja voziala (prosečni vremenki interval sleđenja) koji odgovara ovom maksimalnom protoku.

Rešenje: $t_h=1,5$ s. Pokazati

45. Istraživanjima vršenim na vangradskoj saobraćajnici utvrđeno je da prosečni interval sleđenja između vozila u jednoj saobraćajnoj traci iznosi 3,2 s. Izračunati:
- Koliko iznosi protok vozila u toj saobraćajnoj traci?
 - Ako se vozila kreću prosečnom brzinom od 58 km/h, koliko iznosi gustina saobraćajnog toka?
 - Koliko je prosečno rastojanje sleđenja vozila u toku?
 - Koliko je prosečno rastojanje vozila u toku?

Rešenje: $q=1125$ voz/h, $q_{58}=19,4$ voz/km, $s_h=51,56$ m, $d=45,56$ m. Pokazati

46. Saobraćajni tok se sastoji od 35% vozila koja se kreću brzinom od 80 km/h, 40% vozila koja se kreću brzinom od 70 km/h a ostatak se kreće brzinom od 50 km/h.

a) Koliko iznosi srednja prostorna brzina ukoliko je protok 2350 voz/h

b) Ukoliko u navedeni saobraćajni tok uvedemo vozilo osmatrača na deonici od 5 km, a koje se kreće brzinom $V=60$ km/h, utvrditi:

– koliko vozila iz grupe sa brzinama 80 km/h je preteklo vozilo osmatrača?

– koliko vozila iz grupe sa brzinama 70 km/h je preteklo vozilo osmatrača?

– koliko vozila iz grupe sa brzinama 50 km/h je preteklo vozilo osmatrača?

$$q_{80} = q * P_{(v=80)} = 2350 * 0,35 = 823 \text{ voz}$$

$$q_{70} = q * P_{(v=70)} = 2350 * 0,40 = 940 \text{ voz}$$

$$q_{50} = q * P_{(v=50)} = 2350 * 0,25 = 587 \text{ voz}$$

$$V_s = \frac{q}{g} = \frac{q}{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{v_i}} = \frac{2350}{\frac{823}{80} + \frac{940}{70} + \frac{587}{50}} = \frac{2350}{10,3 + 13,4 + 8,5} = 72,98 \approx 73 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Vozilo osmatrač je deonicu dužine $s=5$ km prešao za:

$$t_{vo} = \frac{s}{V_{60}} = \frac{5}{60} = 0,0833 \text{ h}$$

Vozila iz grupe sa brzinama $V=80$ km/h su deonicu dužine $s=5$ km prešli za:

$$t_{80} = \frac{s}{V_{80}} = \frac{5}{80} = 0,0625 \text{ h}$$

Vozila iz grupe sa brzinama $V=70$ km/h su deonicu dužine $s=5$ km prešli za:

$$t_{70} = \frac{s}{V_{70}} = \frac{5}{70} = 0,0714 \text{ h}$$

Vozila iz grupe sa brzinama $V=50$ km/h su deonicu dužine $s=5$ km prešli za:

$$t_{50} = \frac{s}{V_{50}} = \frac{5}{50} = 0,1 \text{ h}$$

Iz formule

$$t = t_c - \frac{y}{q}$$

možemo izraziti y :

$$y = q(t_c - t)$$

gde je:

t_c - vreme za koje je vozilo osmatrač preslo deonicu,
 t - vreme za koje su vozila iz određene grupe prešla deonicu,
 q - vozila određene grupe brzina.

Formula za y sada dobija sledeci oblik:

$$y = q_{\text{određene grupe brzina}}(t_{os} - t_{\text{određene grupe brzina}})$$

Broj vozila iz grupe sa brzinama 80 km/h koje je preteklo vozilo osmatrača:

$$y = q_{80}(t_{os} - t_{80}) = 823(0,083 - 0,0625) = 16,87 \approx 17 \text{ voz}$$

Broj vozila iz grupe sa brzinama 70 km/h koje je preteklo vozilo osmatrača:

$$y = q_{70}(t_{os} - t_{70}) = 940(0,083 - 0,0714) = 11,25 \approx 11 \text{ voz}$$

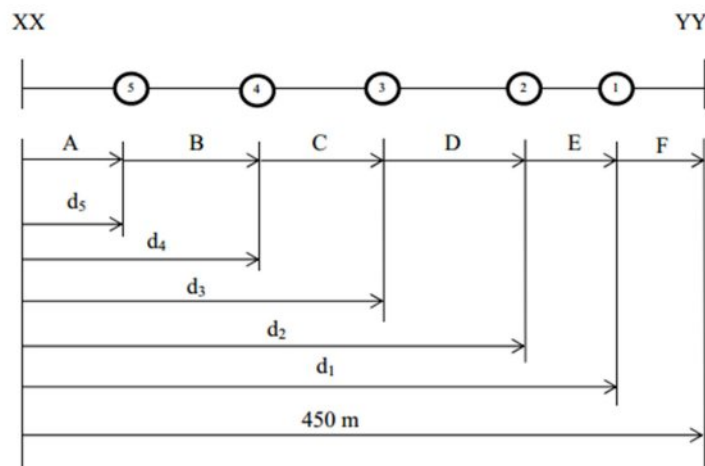
Broj vozila iz grupe sa brzinama 50 km/h je preteklo vozilo osmatrač:

$$y = q_{50}(t_{os} - t_{50}) = 587(0,083 - 0,1) = -9,97 \approx 10 \text{ voz}$$

47. Izvršeno je posmatranje saobraćaja na putu između dve raskrsnice XX i YY na dužini od 450 m. Na izlazu iz raskrsnice XX u posmatranom periodu utvrđeno je da je pet vozila prošlo kroz posmatrani presek sa intervalima 3, 4, 3 i 5 sec. Brzine vozila na posmatranom preseku su iznosile 80, 70, 60, 55 i 50 km/h. Pod pretpostavkom da posmatrana vozila održavaju utvrđenu brzinu pri nailasku na raskrsnicu YY potrebno je odrediti:

- odrediti rastojanja koja su prešla vozila nakon 20 sec nakon što je prvo voilo prešlo zmišljeni presek XX (d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 i d_6),
- izračunati srednju vremensku brzinu,
- izračunati srednju prostornu brzinu,
- izračunati gustinu između XX i YY koristeći fundamentalnu jednačinu

Dati zadatak možemo prikazati grafički kao na slici.



Polazimo od poznatih vrednosti brzina koje su nam poznate:

$$V_1 = 80 \frac{km}{h} = \frac{80}{3,6} = 22,22 \frac{m}{s}$$
$$V_2 = 70 \frac{km}{h} = \frac{70}{3,6} = 19,44 \frac{m}{s}$$
$$V_3 = 60 \frac{km}{h} = \frac{60}{3,6} = 16,67 \frac{m}{s}$$
$$V_4 = 55 \frac{km}{h} = \frac{55}{3,6} = 15,28 \frac{m}{s}$$
$$V_5 = 50 \frac{km}{h} = \frac{50}{3,6} = 13,89 \frac{m}{s}$$

Vremenski interval između pojedinih vozila iznosi :

$$t_{h\ 1-2} = 3\ s$$

$$t_{h\ 2-3} = 4\ s$$

$$t_{h\ 3-4} = 3\ s$$

$$t_{h\ 4-5} = 5\ s$$

Tražena rastojanja između vozila se mogu izračubati na sledeći način:

Za vozilo 1:

$$d_1 = V_1 * (20-0) = 22,22m/s * 20s = 444,44\ m$$

Za vozilo 2:

$$d_2 = V_2 * (20-3) = 19,44m/s * 17s = 330,56\ m$$

Za vozilo 3:

$$d_3 = V_3 * (20-3-4) = 16,67m/s * 13s = 216,67\ m$$

Za vozilo 4:

$$d_4 = V_4 * (20-3-4-3) = 15,28m/s * 10s = 152,28\ m$$

Za vozilo 5:

$$d_5 = V_5 * (20-3-4-3-5) = 13,89m/s * 5s = 69,4\ m$$

Rastojanje A:

$$A = d_5 = 69,4\ m$$

Rastojanje B:

$$B = d_4 - d_5 = 152,28 - 69,4 = 82,88\ m$$

Rastojanje C:

$$C = d_3 - d_4 = 216,67 - 152,28 = 63,79\ m$$

Rastojanje D:

$$D = d_2 - d_3 = 330,56 - 216,67 = 113,89 \text{ m}$$

Rastojanje E:

$$E = d_1 - d_2 = 444,44 - 152,28 = 292,16 \text{ m}$$

Rastojanje F:

$$F = d - d_1 = 450 - 444,44 = 5,56 \text{ m}$$

Srednja vremenska brzina se može izračunati:

$$V_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 80 + 70 + 60 + 55 + 50 = \frac{315}{5} = 63 \text{ km/h}$$

Srednja vremenska brzina se može izračunati:

$$V_s = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{V_i}} = \frac{5}{\frac{1}{80} + \frac{1}{70} + \frac{1}{60} + \frac{1}{55} + \frac{1}{50}} = 61,248 \text{ km/h}$$

Gusta na posmatranom dseku se može izračunati:

$$q = g \cdot V_s \rightarrow g = q / V_s$$

Kako je u posmatranom odseku prošlo 5 vozila sa vremenskim intervalima koji su navedeni u zadatku možemo odrediti protok vozila na sledeći način:

$$q = \frac{N_{voz}}{\sum_{i=1}^n t_{hi}} = \frac{5 \text{ voz}}{\sum_{i=1}^4 3 + 4 + 3 + 5} = \frac{5 \text{ voz}}{15 \text{ sec}} = 0,33 \frac{\text{voz}}{\text{s}} * 3600 = 1188 \text{ voz/h}$$

Sada je gustina na posmatranom odseku:

$$g = \frac{q}{V_s} = \frac{1188}{61,248} = 19,397 \approx 19,4 \frac{\text{voz}}{\text{km}}$$

8. Ako je za svako povećanje brzine vozila od 15km/h potrebno obezbediti povećanje međurastojanja i to:

- od 0 do 100 km/h za jednu dužinu vozila
- za brzine veće od 100 km/h za jednu i po dužinu vozila

Pod pretpostavkom da se vozila u sabračajnom toku pridržavaju ovog pravila i voze maksimalno dozvoljenim brzinama a da se pritom ostvaruje maksimalna gustina izračunati:

- rastojanje sleđenja
- vremenski interval sleđenja
- protok vozila za sledeće vrednosti brzina

1. $V_{OG} = 40 \text{ km/h}$

2. $V_{OG} = 60 \text{ km/h}$

3. $V_{OG} = 100 \text{ km/h}$

usvojiti da je prosečna dužina vozila u toku $l_V = 5 \text{ m}$

Kako je V_{OG} ustvari V_{max} odavde sledi da je brzina toka: $V_S \Rightarrow V_{max} \Rightarrow V_{OG}$

Iz poznate relacije $\bar{t}_n = \frac{S_n}{V_S}$ i $q = \frac{1}{\bar{t}_n}$ i uslova zadatka rastojanje sleđenja određujemo:

$$S_n = l_V + l_V \cdot \frac{V_S}{\Delta V} \text{ pri čemu je } \Delta V = 15 \text{ km/h}$$

1) Za prvi slučaj $V_{OG} = 40 \text{ km/h}$

$$S_n = l_V + l_V \cdot \frac{V_S}{\Delta V} = 5 + 5 \cdot \frac{11,11 \text{ m/s}}{4,17 \text{ m/s}} = 5 + 5 \cdot 2,66 \Rightarrow S_n = 18,3 \text{ m}$$

$$t_n = \frac{S_n}{V_S} = \frac{18,3 \text{ m}}{11,11 \text{ m/s}} = 1,65 \text{ s}$$

$$q = \frac{1}{t_n} = \frac{1}{1,65 \text{ s}} = 0,606 \frac{\text{voz}}{\text{s}} \Rightarrow 2181,8 \frac{\text{voz}}{\text{s}} \approx 2182 \frac{\text{voz}}{\text{h}}$$

2) Drugi slučaj $V_{OG} = 60 \text{ km/h}$

$$S_n = l_V + l_V \cdot \frac{V_S}{\Delta V} = 5 + 5 \cdot \frac{16,67 \text{ m/s}}{4,17 \text{ m/s}} = 5 + 5 \cdot 3,99 \Rightarrow S_n = 24,95 \text{ m}$$

$$t_n = \frac{S_n}{V_S} = \frac{24,95 \text{ m}}{16,67 \text{ m/s}} = 1,496 \approx 1,5 \text{ s}$$

$$q = \frac{1}{t_n} = \frac{1}{1,5 \text{ s}} = 0,667 \frac{\text{voz}}{\text{s}} \Rightarrow 2400 \frac{\text{voz}}{\text{h}}$$

3) Treći slučaj $V_{OG} = 100 \text{ km/h}$

$$S_n = l_V + l_V \cdot \frac{V_S}{\Delta V} = 5 + 5 \cdot \frac{27,78 \text{ m/s}}{4,17 \text{ m/s}} \Rightarrow S_n = 54,95 \text{ m}$$

$$t_n = \frac{S_n}{V_S} = \frac{54,95 \text{ m}}{16,67 \text{ m/s}} = 1,98 \text{ s}$$

$$q = \frac{1}{t_n} = \frac{1}{1,98 \text{ s}} = 0,505 \frac{\text{voz}}{\text{s}} \Rightarrow 1818 \frac{\text{voz}}{\text{h}}$$

Rezultate možemo prikazati tabelarno:

$V_{OG} \text{ [km/h]}$	$S_n \text{ [m]}$	$t_n \text{ [S]}$	$t_n \text{ [voz/h]}$
40	18,3	1,65	2182
60	24,95	1,5	2400
100	54,95	1,98	1818

Iz navedenih rezultata se može zaključiti da se porastom brzine preko 60 km/h kada se ostvaruje protok od 2400 voz/h na 100 km/h dolazi do opadanja protoka na vrednost od 1818 voz/h jer se povećava rastojanje sleđenja između vozila što za posledicu ima smanjenje gustine vozila. izborom manjih opsega između brzina bi se mogla odrediti brzina koja bi odgovarala max protoku za date uslove.

Karakteristike saobraćajnog toka

- 48. Saobraćajni tok A se sastoji od 70 putničkih automobila, 30 autobusa i 40 teških teretnih vozila, a saobraćajni tok B od 85 putničkih automobila, 20 autobusa i 35 teških teretnih vozila. Izračunati stepen homogenosti, prodiskutovati u kojem saobraćajnom toku vladaju složeniji uslovi odvijanja saobraćaja i formirati uslovno homogene saobraćajne tokove A i B.**

Stepen homogenosti za saobraćajni tok A je

$$P_{PA}(\%) = \frac{70}{70 + 30 + 40} * 100 = 55\%$$

Stepen homogenosti za saobraćajni tok B je

$$P_{PB}(\%) = \frac{85}{85 + 20 + 35} * 100 = 61\%$$

U saobraćajnom toku A vladaju složeniji uslovi odvijanja saobraćaja u odnosu na saobraćajni tok B, iz razloga što je stepen homogenosti saobraćajnog toka A manji.

Uslovno homegen saobraćajni tok A = $70 * 1 + 30 * 2 + 40 * 2,4 = 226$ PAJ

Uslovno homegen saobraćajni tok B = $85 * 1 + 20 * 2 + 35 * 2,4 = 209$ PAJ

- 49. Na saobraćajnoj deonici utvrđena je gustina saobraćajnog toka od 34 voz/km. U posmatranom saobraćajnom toku ima 30 autobusa, 63 laka teretna vozila, 58 teških teretnih vozila i 28 autovozova. Ostalo su putnički automobili. Odrediti stepen homogenosti, ako se saobraćajni tok kreće brzinom od 45 km/h. Od navedenog toka formirati uslovno homogen saobraćajni tok.**

Rešenje: $P_{pa}(\%) = 88\%$, $q_{PAJ} = 1730$ PAJ. Pokazati

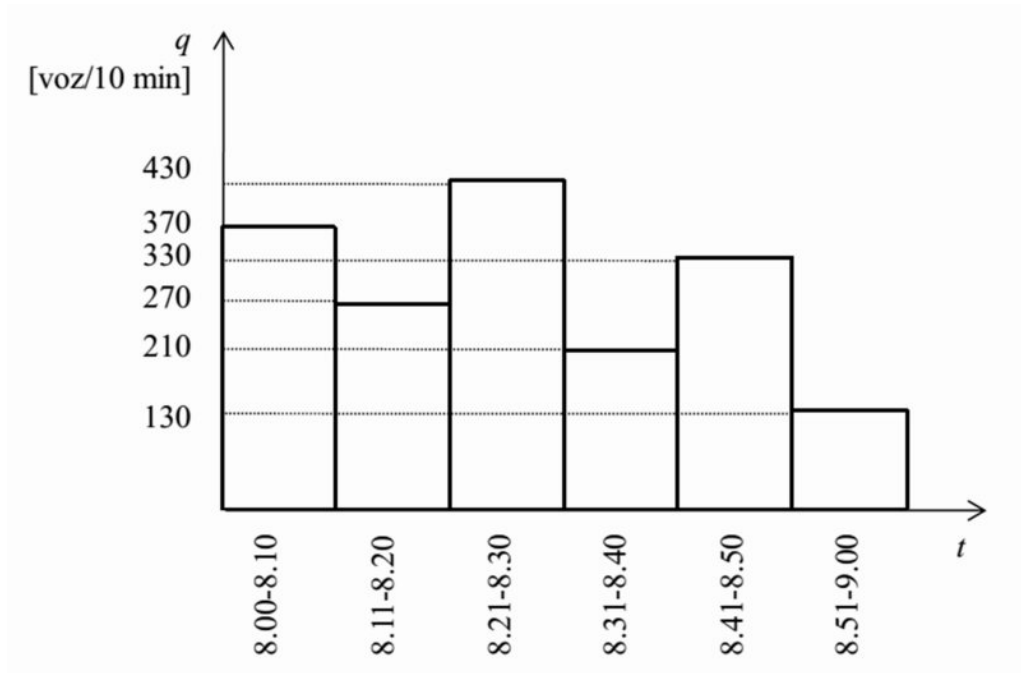
- 50. Brojanjem saobraćaja utvrđen je vršni čas i u okviru njega saobraćaj u 15-to minutnim vremenskim intervalima. Izračunati faktor vršnog časa.**

51.

Vremenski interval	5:01 - 5:15	5:16 - 5:30	5:31 - 5:45	5:46 - 6:00
Broj vozila	1800	1950	2200	2050

$$FVS_{15} = \frac{\sum_{i=1}^4 x_i}{4 * x_{max}} = \frac{1800 + 1950 + 2200 + 2050}{4 * 2200} = 0,91$$

12. Na raskrsnici je izvršeno brojanje saobraćaja u toku vršnog sata. Protoci su zabeleženi po 10-minutnim intervalima. Izračunati faktor vršnog časovnog saobraćaja.



Rešenje: $FVS_{10}=0,67$. Pokazati

13. Na raskrsnici je izvršeno brojanje saobraćaja u toku vršnog sata po 5-minutnim intervalima. Maksimalni 15-minutni protok je bio jednak 53 voz/h, a utvrđeno je da je faktor vršnog časovnog saobraćaja iznosio 0,88. Izračunati vrednost protoka u vršnom času.

Rešenje: $q \approx 560$ voz/h. Pokazati

Talasi

14. Neka je dat autoput kapaciteta 2160 voz/h po traci. Gustina pri kapacitetu je 48 voz/km po traci. Prosečan protok na autoputu je 1750 voz/h po traci pri gustini od 31,8 voz/km po traci. Gustina zagusenja je 185 voz/km po traci. U nekom trenutku t_0 dolazi do sudara i blokade obe trake. Posle 30 minuta sudarena vozila se pomeraju i vozila u redu nastavljaju brzinom koja odgovara brzini protoka zasićenja. Izračunajte koliko bi iznosila maksimalnu dužinu reda koja nastaje u ovakvoj situaciji.

Rešenje:

Prvo je neophodno da izračunamo brzine udarnog talasa. Stanje A je stanje pre sudara gde je protok iznosio 1750 voz/h po traci pri gustini od 31,8 voz/km po traci, respektivno Neka je stanje B zaglavljivanje gde je protok 0, a gustina 185 voz/km po traci.. Stanje C je novoformirano stanje gde je protok 2160 voz/h po traci i 48 voz/km po traci, respektivno.

$$V_{sw\ B-A} = \frac{q_B - q_A}{g_B - g_A} = \frac{0 - 1750}{185 - 31,8} = \frac{-1750}{153,2} = -11,42 \text{ km/h}$$

$$V_{sw\ B-C} = \frac{q_C - q_B}{g_C - g_B} = \frac{2160 - 0}{48 - 185} = \frac{2160}{-137} = -15,77 \text{ km/h}$$

Sada možemo izračunati maksimalnu dužinu reda na osnovu sledećeg izraza:

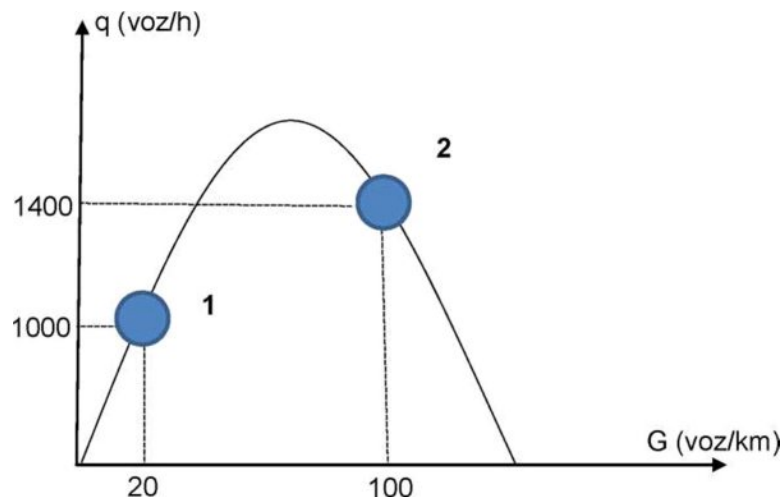
$$L_{reda} = t_{zagusenja} \left(\frac{V_{sw\ B-C} * V_{sw\ B-A}}{V_{sw\ B-C} - V_{sw\ B-A}} \right) = \frac{30}{60} \left(\frac{-15,77 * (-11,42)}{-15,77 - (-11,42)} \right) = 0,5 * \frac{176,1}{4,35} = 20,54 \text{ km}$$

52. U tačkama 1 i 2 na dijagramu protok-gustina predstavljeni su uslovi koji vladaju u saobraćajnom toku. Potrebno je izračunati:

- 1) Rastojanje sleđenja i srednju prostornu brzinu vozila u tački 2;
- 2) Dužinu kolone vozila nakon 10 minuta trajanja uslova koji vladaju u tački 2;
- 3) Koliko vozila će biti u koloni nakon 10 minuta trajanja uslova koji vladaju u tački 2;

Rešenje: Pokazati

- 1) $s_{h2}=10m$, $V_{s2}=14 \text{ km/h}$
- 2) $L_{k2}=1,5 \text{ km}$
- 3) $N_{k2}= 150 \text{ voz}$

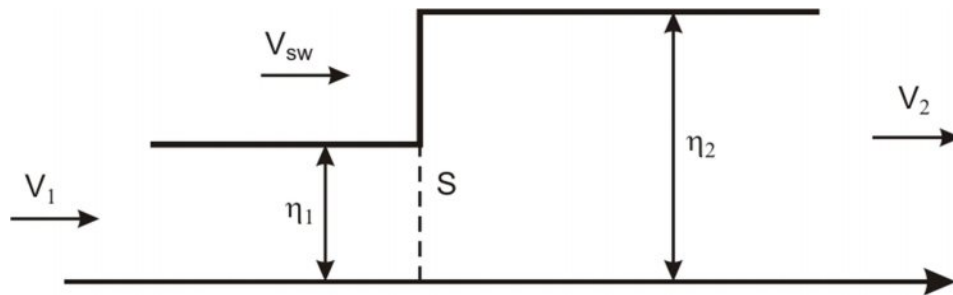


53. Vozila se kreću brzinom od 70 km/h. Odgovarajuća gustina vozila je 30 voz/km. Vozilo nailazi na svetlosni signal i to na početak crvenog signala koje traje 30s. Usled ovakve situacije dolazi do stvaranja udarnog talasa i reda određene dužine. Ako je dato da je $g_{\max} = 125$ voz/km potrebno je odrediti:

- 1) brzinu udarnog talasa,
- 2) dužinu reda na kraju signala (crvenog),
- 3) broj vozila u redu na kraju crvenog signala.

Ovde je potrebno prepoznati da je reč o stvaranju udarnog talasa izazvanog zaustavljanjem vozila.

Grafički prikaz ove situacije se može prikazati na sledeći način:



Na osnovu poznate relacije:

$$V_i = V_{SL} \cdot \left(1 - \frac{g_i}{g_{\max}}\right) \text{ sledi}$$

$$V_1 = V_{SL} \cdot \left(1 - \frac{g_1}{g_{\max}}\right)$$

$$V_2 = V_{SL} \cdot \left(1 - \frac{g_2}{g_{\max}}\right)$$

Kako je $\frac{g_i}{g_{\max}} = \eta_i$ - normalizacija gustine

Jednačine dobijaju oblik:

$$V_1 = V_{SL} \cdot (1 - \eta_1)$$

$$V_2 = V_{SL} \cdot (1 - \eta_2)$$

Kako je talas izazvan zaustavljanjem vozila i da je dostignuta maksimalna gustina može se zaključiti

$$V_2 = V_{SL} \cdot \left(1 - \frac{g_2}{g_{\max}}\right) \Rightarrow V_{SL} \cdot \left(1 - \frac{\overset{\rightarrow 1}{g_2}}{g_{\max}}\right) \Rightarrow V_2 = 0$$

$$\text{odnosno } \eta_2 = \frac{g_2}{g_{\max}} = \frac{g_{\max}}{g_{\max}} = 1$$

Iz poznate relacije

$$V_{\text{sw}} = V_{\text{SL}} \cdot [1 - (\eta_1 + \eta_2)] \Rightarrow V_{\text{SL}} \cdot [1 - (\eta_1 + 1)] \Rightarrow V_{\text{sw}} = -V_{\text{SL}} \cdot \eta_1$$

Iz relacije

$$V_1 = V_{\text{SL}} \cdot (1 - \eta_1) \Rightarrow V_{\text{SL}} = \frac{V_1}{1 - \eta_1}$$

Zamenom u prethodni obrazac dobijamo

$$V_{\text{sw}} = -\frac{V_1}{1 - \eta_1} \cdot \eta_1$$

Kako je u zadatku dato:

$$V_1 = 70 \text{ km/h} \quad g_1 = 30 \text{ voz/km} \quad g_{\max} = 125 \text{ voz/km}$$

$$V_{\text{sw}} = -\frac{V_1}{1 - \frac{g_1}{g_{\max}}} \cdot \frac{g_1}{g_{\max}}$$

$$V_{\text{sw}} = -\frac{70 \cdot 0,24}{1 - 0,24} = \frac{16,8}{0,76} = -22,11 \text{ km/h} = -6,14 \text{ m/s}$$

Dužina reda nastala usled crvenog signala

$$L = t_{\text{ts}} \cdot V_{\text{sw}} = 30 \cdot (-6,14) = 184,2 \text{ m} = 0,1842 \text{ km}$$

Broj vozila u redu:

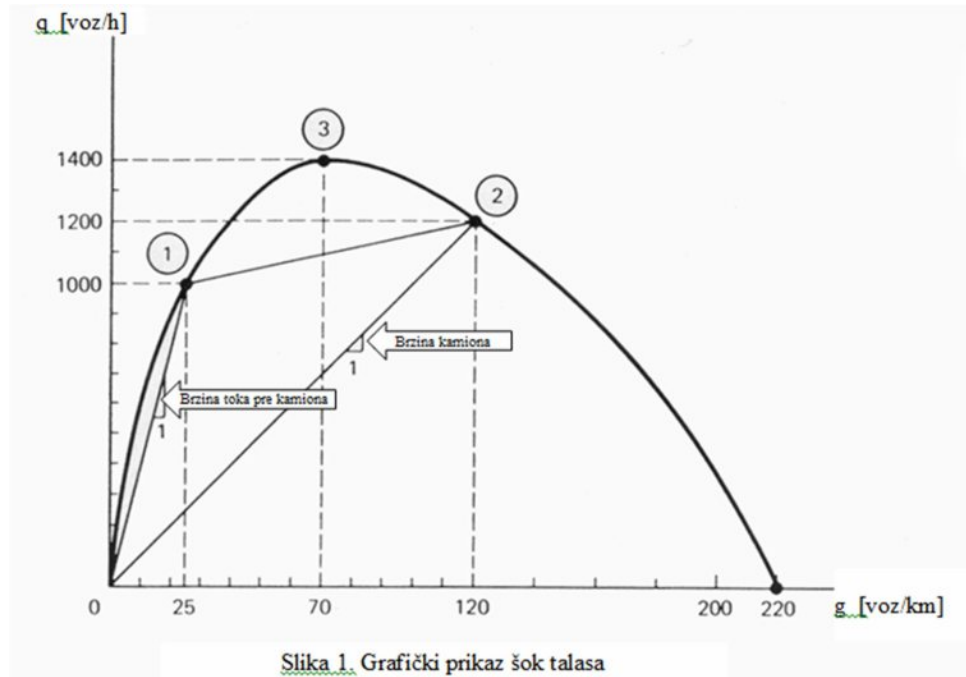
$$N = g_{\max} \cdot L = 125 \cdot 0,1842 = 23,025 \Rightarrow 23 \text{ voz}$$

Slobodna brzina:

$$V_{\text{SL}} = \frac{V_1}{1 - \eta_1} = \frac{70}{1 - \frac{30}{125}} = 92,11 \text{ km/h}$$

54. Teško teretno vozilo se uključuje na deonicu puta (tačka 1, slika 1) na kojoj je zabranjeno preticanje krećući se brzinom od 10 km/h. Postojeći uslovi koji su vladali na deonici pre uključjenja teškog teretnog vozila su opisani sledećim parametrima: brzina toka 40 km/h, protok od 1000 voz/h i gustina od 25 voz/km. Svojim ponašanjem teško teretno vozilo stvara nakupljanje vozila formirajući plotun vozila i nove uslove u toku do tačke 2 koji su opisani parametrima: protok vozila od 1200 voz/h i gustina od 120 voz/km. Koristeći ovako raspoložive podatke pronaći brzinu šok talasa ispred i iza formiranog plotuna vozila.

55.



Tačka 1: Normalni tok ($V_s = 40$ km/h, $g = 25$ voz/km, $q = 1000$ voz/h).

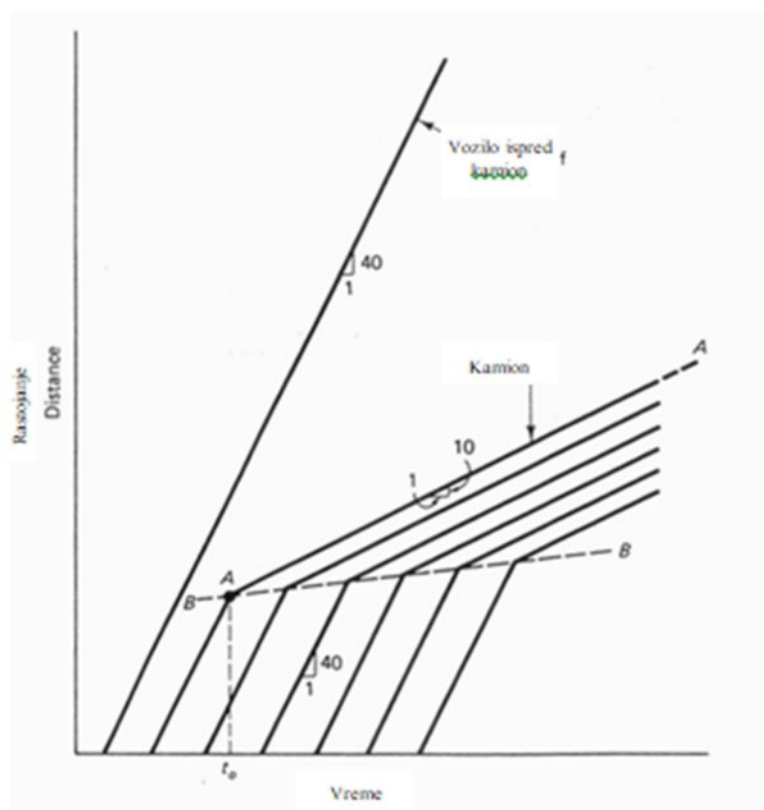
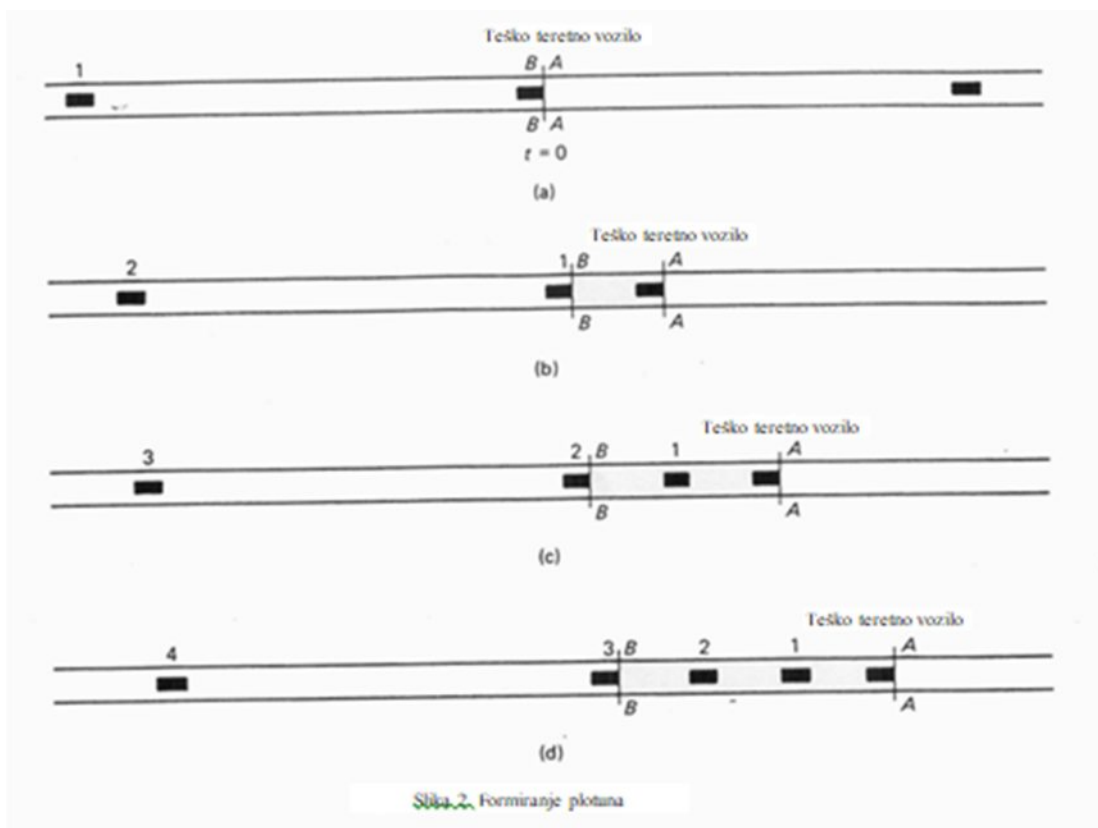
Tačka 2: Teško teretno vozilo: ($V_s = 10$ km/h, $g = 120$ voz/km, $q = 1200$ voz/h).

Slike 1 i 2 pokazuju ponašanje vozila izazvano šok talasom.

Brzina šok talasa ispred teškog teretnog vozila u tački A-A ($q_b = 0$, $g_b = 0$) može se naći zamenom odgovarajući podataka u opštu jednačinu za izračunavanje brzine šok talasa.

$$V_{sw(A-A)} = \frac{0 - 1200}{0 - 120} = +10 \text{ km/h}$$

Iz izraza se vidi da se šok talas kreće istom brzinom kao teško teretno vozilo odnosno 10 km/h u smeru kretanja toka u odnosu na fiksnu tačku pored puta.



Rešenje brzine šok talasa na kraju plotuna vozila (B-B) se postiže zamenom odgovarajućih vrednosti u opštu jednačinu za izračunavanje brzine šok talasa.

$$q_a = 1000 \text{ voz/h}, g_a = 25 \text{ voz/km}$$

$$q_b = 1200 \text{ voz/h}, g_b = 120 \text{ voz/km}$$

$$V_{sw(B-B)} = \frac{1200 - 1000}{120 - 25} = +2,1 \text{ km/h}$$

Znak (+) ukazuje da se šok talas kreće u pravcu kretanja saobraćajnog toka posmatrano u odnosu na fiksnu tačku pored puta.

A-A se kreće relativnom brzinom u odnosu na put brzinom od **10 km/h**

B-B se kreće relativnom brzinom u odnosu na put brzinom od **2.1 km/h**

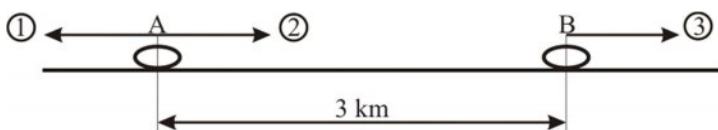
Brzina plotuna: $10 - 2.1 = 7.9 \text{ km/h}$

56. Na deonici puta imamo protok od $q = 1040 \text{ voz/h}$ sa gustinom $g = 13 \text{ voz/km}$ i brzinu $V = 80 \text{ km/h}$. Na deonicu ulazi teško teretno vozilo koje se kreće brzinom $V = 20 \text{ km/h}$. Koristi je na dužini od 3 km. Pošto vozila ne mogu obići teretno vozilo iza njega se formira gustina (kolona) od 60 voz/km. Po napuštanju deonice od strane teretnog vozila formira se stanje od $q = 1500 \text{ voz/h}$ gustina $g = 30 \text{ voz/km}$ i brzina $V = 50 \text{ km/h}$. Primenjujući osnovne zakonitosti iz teorije udarnih talasa potrebno je odrediti:

- dužinu reda (kolone) u trenutku kada je teretno vozilo napustilo deonicu
- broj vozila u koloni
- vreme potrebno za pražnjenje kolone

Rešenje: $L_r = 2,5 \text{ km}$, $N_{voz} = 150 \text{ voz}$, $t_{prk} = 15 \text{ min}$. Pokazati

Grafički prikaz zadatka:



PRORAČUNA KAPACITETA I NIVOA USLUGE DEONICE (ODSEKA) DVOTRAČNOG PUTA

57. Za odsek puta sa sledećim karakteristikama profila puta i toka odrediti brzinu pri kapacitetu V_c .

- širina trake: $\check{S}T = 3,25m$;
- bočne smetnje: $BS = 1,5m$;
- neravnomernost toka $q_a/q_b = 90;10$;
- uzdužni nagib: $UN = 1,5\%$;
- dužina nagiba: $L_{UN} = 2000m$;
- veličina radijusa: $R = 200m$;
- stanje kolovoza: $SK = odlično$.

Analiza slobodnih brzina u zavisnosti od karakteristika poprečnog profila puta:

$$V_R = f(R=200) = 73,3 > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{UN} = f(UN=1,5\%, L=2000 \text{ m}) = 73 > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{SK} = f(SK=odlično) > 70 \text{ km/h}$$

Zaključak: Kako je $V_{sl} > 70 \text{ km/h}$ za sve tri karakteristike toka (profila preseka puta i toka odgovaraju i podležu standardnom slučaju) pa je zaključak:

$$V_c = f(\text{KPP})$$

Obrazac za proračun brzine pri praktičnom kapacitetu:

$$V_c = V_{CO} \cdot F_{\check{S}T} \cdot F_{BS} \cdot F_{va/b}$$

Faktori koje je potrebno odrediti se usvajaju iz tabela:

$$V_{CO} (90/10) ; T-22 \Rightarrow V_{CO} = 82,5 \text{ km/h}$$

$$F_{(\check{S}T=3,25)} ; T-23 \Rightarrow F_{(\check{S}T)} = 0,94$$

$$F_{(BS=1,5)} ; T-24 \Rightarrow F_{BS} = 0,98$$

$$V_{va/b} = V_{v(90/10)} ; T-25 \Rightarrow F_{va/b} = 1,138$$

$$V_c = 82,5 \cdot 0,94 \cdot 0,98 \cdot 1,138 = 86,49 \text{ km/h}$$

58. Za deonicu dvotračnog vangradskog puta sa sledećim putnim i saobraćajnim karakteristikama:

- broj traka $N = 2$;
- širina trake $\check{S}T = 3,35$ m;
- udaljenost bočnih smetnji: $BS = 0,5$ m;
- uzdužni nagib: $UN = 1,5\%$;
- dužina deonice: $l = 3,20$ km;
- stanje kolovoza $SK = 1$ (odlično);
- min. radijus horizontalne krivine: $R = 200$ m;
- [%] zabrane preticanja: 80% ;
- protok u vršnom času $q = 440$ [voz/h oba smeraj];
- raspodela po smerovima: $60:40\%$
- teren: ravničarski;
- učešće komercionalnih vozila: $KV = 15\%$.

Potrebno je odrediti: Vrednost praktičnog kapaciteta C deonice puta

Proračun praktičnog kapaciteta C deonice dvotračnog puta sprovodi se na osnovu časovnog protoka vozila.

U postupku određivanja praktičnog kapaciteta C deonice dvotračnog puta prvo se sprovodi određivanje brzine V_C pri praktičnom kapacitetu C polazeći od osnovne relacije za vrednost praktičnog kapaciteta: $C_p = V_C \cdot g_C$

I - Određivanje brzine V_C

Analiza slobodnih brzina u zavisnosti od karakteristika poprečnog profila puta:

$$V_R = f(R=200) = 73,3 > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{UN} = f(UN=1,5\%, L=2000 \text{ m}) = 73 > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{SK} = f(SK=\text{odlično}) > 70 \text{ km/h}$$

Zaključak: Kako je $V_{sl} > 70$ km/h za sve tri karakteristike toka (profila preseka puta i toka odgovaraju i podležu standardnom slučaju) pa je zaključak

$$V_C = f(\text{KPP})$$

Obrazac za proračun brzine pri praktičnom kapacitetu:

$$V_C = V_{CO} \cdot F_{\check{S}T} \cdot F_{BS} \cdot F_{va/b}$$

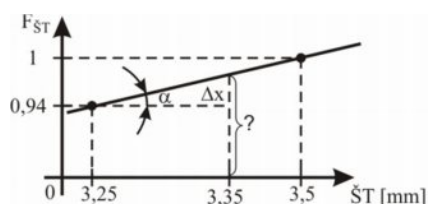
Faktori koje je potrebno odrediti se usvajaju iz tabela:

V_{CO} - je brzina pri baznom kapacitetu

Za zadatu raspodelu tokova po smerovima $q_a/q_b = 60/40$, vrednost: $V_{CO} = 75$ km/h

Vrednost korektivnog koeficijenta $F_{\dot{S}T} = F_{\dot{S}T(\dot{S}T=3,35m)}$ je:

$$F_{\dot{S}T(\dot{S}T=3,35m)} = 0,964$$



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{1-0,94}{3,5-3,25} = 0,24 \\ F_{\dot{S}T(3,35)} &= 0,94 + \Delta x = 0,94 + 0,024 \\ (\Delta x &= 0,1 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,24 \cdot 0,1 = 0,024) \\ F_{\dot{S}T(3,35)} &= 0,964 \end{aligned}$$

Vrednost korekcionog faktora $F_{BS} = F_{BS(BS=0,5)}$ je:

$$F_{BS(BS=0,5)} = 0,90$$

Vrednost korekcionog faktora uticaja nervnomernosti toka je: $F_{va/b} = F_{v(60:40)} = 1,034$

Vrednost brzine pri kapacitetu V_C :

$$V_C = V_{CO} \cdot F_{\dot{S}T} \cdot F_{BS} \cdot F_{va/b}$$

$$V_C = 75 \cdot 0,964 \cdot 0,9 \cdot 1,034 = 67,282 \text{ voz/h}$$

Za vrednost brzine pri kapacitetu V_C usvaja se: $V_C = 67,282 \text{ km/h}$; tj. $V_C = 67 \text{ km/h}$

II - Proračun gusatine g_C pri praktičnom kapacitetu C

A) Za standardni model ($V_{sl} > 70 \text{ km/h}$)

$$g_C = g_{CO} \cdot F_{ga/b} \cdot F_{KV}$$

za $q_1/q_2 = 60/40$ iz tabele $g_{CO} = 36,40 \text{ voz/km}$

$$F_{ga/b} = F_{(60:40)} = 0,923,$$

$$F_{KV} = F_{KV(KV=15\%)} = 0,96,$$

pa je sada:

$$g_C = 36,40 \cdot 0,923 \cdot 0,96 = 32,25 \text{ voz/km (gustina pri praktičnom kapacitetu)}$$

III - Vrednost praktičnog kapaciteta C

$$C = V_C \cdot g_C = 67 \cdot 32,25 = 2161 \text{ voz/h}$$

IV - Određivanje nivoa usluge - NU za deonicu puta

Nivo usluge saobraćajnog toka NU na deonicama puta je kvalitativna mera kojom se opisuju uslovi saobraćaja na osnovnom segmentu dvotračnog puta.

Glavnu ulogu u određivanju nivoa usluge NU na dvotračnim putevima imaju brzinu toka V_C kao merljiv pokazatelj i % vremenskih zastoja [%] VZ.

Sekundarnu ulogu u određivanju UN ima relacija Tok/Kapacitet (q/C). Pokazatelj $NU_{(i)}$ određuje se za 15'-ne vršne tokove. Vrednost brzina $V_{NU(i)}$ po nivoima usluga zasnovane su na dvorežimskoj zavisnosti brzina od toka: $V_{NU} = f(q_{NU})$.

Opšti obrazac za brzinu toka je:

$$V = V_{NUA} - \left[\frac{(V_{NUA} - V_C) * (q_{mer} - q_{NUA})}{(C - q_{NUA})} \right]$$

Zadato zadatkom:

Ravničarski teren: za nivo usluge A je $V_{NU} \geq 95$, $q_{NU(A)} = 430$ PA/h ;

$q = 440$ voz/h oba smera

Za ukupni dvosmerni protok: $q = 440$ voz/h oba smera, nalazi se vrednost faktora vršnog sata FVS = 0,91.

Sada je merodavni protok na osnovu 15-to minutnog vršnog sata:

$$q_{mer} = \frac{q}{FVS} = \frac{440}{0,91} = 481 \frac{voz}{h}$$

Pa je sada:

$$V = 95 - \left[\frac{(95 - 67) * (481 - 430)}{(2161 - 430)} \right] = 95 - 0,82 = 94,18 \approx 94 \text{ km/h}$$

vrednost q/C

$$q/C = 484/2161 = 0,224$$

Analiza odnosa q/C i V sa tabličnim vrednostima (za $V = V_{UN} = 94$ km/h; $q/C = 0,224$) za zabranu preticanja od 0 % odgovara nivou usluge **B**.

Zadatkom je zadato 80% zabrane preticanja, pa se i ovaj parametar mora uzeti u obzir, odnosno iz tabele za q/C za tipične terenske uslove i za % zabranjenog preticanja od 80% za ravničarski teren, NU ($q/C = 0,224$; ZP=80%) nalazi se između nivoa **C**.

Iz navedenog sledi zaključak: **Nivo usluge za datu deonicu je NU između B i C.**

59. Data je deonica postojećeg dvotračnog vangradskog puta sa sledećim putnim i saobraćajnim karakteristikama:

- PGDS=4400 voz/h/oba smer
- širina trake ŠT=3,35 m,
- udaljenost bočnih smetnji BS= 0,5 m,
- teren je ravničarski,
- uzdužni nagib UN=0%
- dužina deonice je 3,20 km,
- broj traka N=2
- stanje kolovoza SK=1 (odlično)
- min radijus horizontalne krivine $R_{\min}=200$ m
- procenat komercijalnih vozila KV=15%
- procenat zabrane preticanja=80%.
- protok je $q=10$ %, od PGDS
- raspodela po smerovima 60/40,

Potrebno je utvrditi pri kom se *Nivou Usluge* odvija saobraćaj u vršnom času pri na postojećem putu.

I - Određivanje brzine V_C

Analiza slobodnih brzina u zavisnosti od karakteristika poprečnog profila puta:

$$V_R = f(R=200) > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{UN} = f(UN=0\%, L=3200 \text{ m}) > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{SK} = f(SK=\text{odlično}) > 70 \text{ km/h}$$

$$\rightarrow V_c = f(KPP)$$

Obrazac za C:

$$C = V_c \cdot g_c$$

$$V_c = V_{Co} \cdot F_{ST} \cdot F_{BS} \cdot F_{V_{a/b}} \text{ (km/h)}$$

$$g_c = g_{Co} \cdot F_{g_{a/b}} \cdot F_{KV} \text{ (voz/km)}$$

Vrednosti za V_{Co} i g_{Co} :

$V_{Co} = 75$ km/h Bazne vrednosti brzina i gustina pri maksimalnim protocima u funkciji neravnomernosti tokova po smerovima

$g_{Co} = 36,40$ PA/km Bazne vrednosti brzina i gustina pri maksimalnim protocima u funkciji neravnomernosti tokova po smerovima

Vrednosti za **faktore**:

$F_{ST} = 0,96$ – Faktor uticaja širine trake na brzinu pri kapacitetu

$F_{BS} = 0,90$ – Faktor uticaja bočnih smetnji na brzinu pri kapacitetu

$F_{V_{a/b}} = 1,034$ – Faktor uticaja neravnomernosti toka po smerovima na brzinu pri kapacitetu

$F_{g_{a/b}} = 0,923$ – Faktor uticaja neravnomernosti saobraćaja po smerovima vožnje na gustinu pri kapacitetu

$F_{KV} = 0,960$ – Faktor uticaja komercijalnih vozila na gustinu toka pri kapacitetu

Proračun kapaciteta **C**:

$$V_C = 75 \cdot 0,96 \cdot 0,90 \cdot 1,034 = 67,0032 \approx 67 \text{ km/h}$$

$$g_C = 36,40 \cdot 0,923 \cdot 0,960 = 32,25 \text{ voz/km}$$

$$C = V_C \cdot g_C = 67 \cdot 32,25 = 2161 \text{ voz/h}$$

Proračun **brzine**:

$$V = V_{NUA} - [(V_{NUA} - V_C) / (C - q_{NUA})] \cdot (q - q_{NUA})$$

$$V_{NUA} = 95 \text{ km/h}$$

$$V_C = 67 \text{ km/h}$$

$$C = 2161 \text{ voz/h}$$

$$q_{NUA} = 430 \text{ voz/h}$$

Časovni protok transformiše u časovni protok koji odgovara 15-minutnom vršnom protoku:

$$q = 0,1 \cdot PGDS = 0,1 \cdot 4400 = 440 \text{ voz/h}$$

$$q_{mer} = Q / FVS$$

$FVS = 0.910$ - Faktori vršnog časa za dvotračne puteve bazirani na slučajnom toku

$$\rightarrow q = 440 / 0.910 = 484 \text{ voz/h}$$

$$q = 484 \text{ voz/h}$$

Pa je sada:

$$V = 95 - [(95 - 67) / (2161 - 430)] \cdot (484 - 430) = 94 \text{ km/h}$$

Vrednost **q/C**:

$$q/C = 484 / 2161 = 0,224$$

Analiza Nivo Usluge:

Ako vrednosti **V** i **q/C** uporedimo sa tabličnim vrednostima po Nivoima Usluge za praktično idealne uslove vidi se da je *Nivo Usluge* po kriterijumu brzine **B** a po kriterijumu **q/C** za zabranu preticanja od 0% takođe *Nivo Usluge* **B**. Međutim na deonici je 80% zabrane preticanja pa se korišćenjem tabele za vrednosti **q/C** za tipične terenske uslove u funkciji % zabranjenog preticanja dobija *Nivo Usluge* **C**. Iz svega navedenog sledi zaključak da je na ovoj deonici *Nivo Usluge između B i C*.