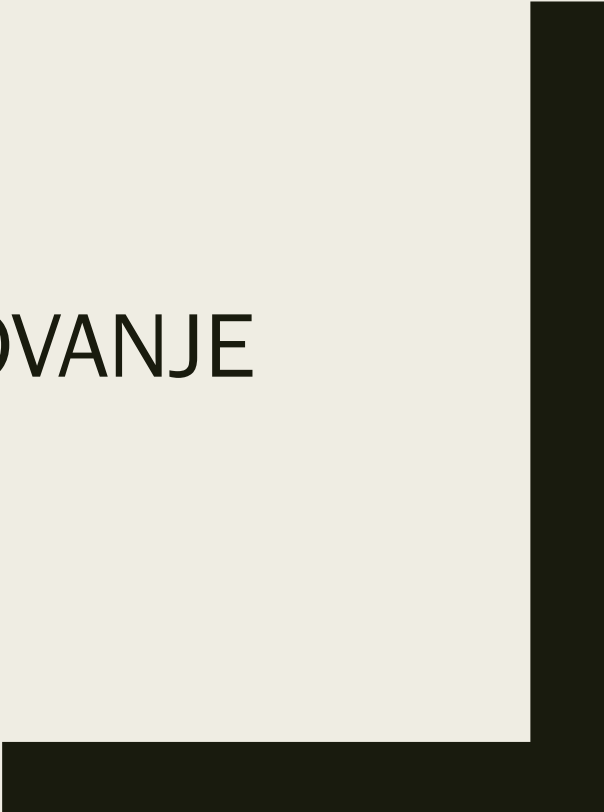




SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE

VJEŽBE 6

Mirjana Grdinić-Rakonjac
Podgorica 2020/2021



OTPORI KRETANJU VOZILA

Otpori kretanju

1. Otpor kotrljanja, R_k
2. Otpor vazduha, R_v
3. Otpor uspona, R_u

1.OTPOR KOTRLJANJA

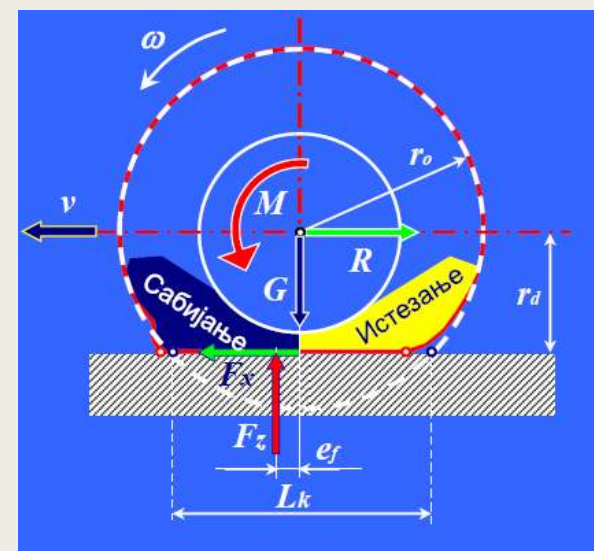
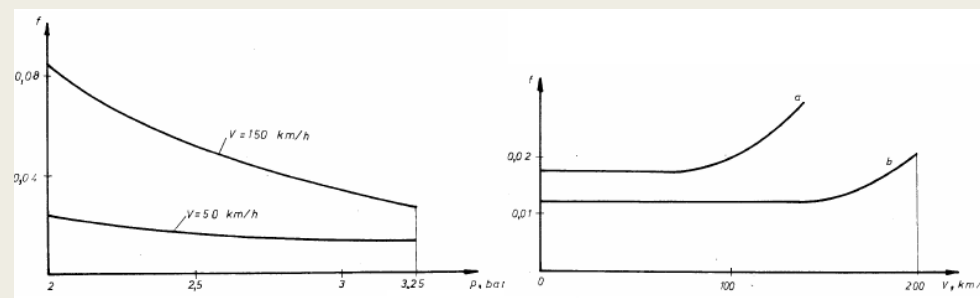
- ✓ savlađivanje unutrašnjeg trenja nastalog pri deformisanju pneumatika
- ✓ proklizavanja
- ✓ neravnog kolovoza
- ✓ otpora u ležajevima

$$R_f = G \cdot (\sin \alpha) \cdot f$$

Zavisi od

- karakteristika i stanja kolovozne površine
- karakteristika i stanja pneumatika
- iznosi od 0,5 do 3% težine vozila

Stanje kolovoznog zastora	f [N/N]	f [N/kN]
maksimalno ravan	0,012-0,020	12-20
srednje ravan	0,018-0,030	18-30
izhaban	0,025-0,040	25-40



OTPORI KRETANJU VOZILA

2. OTPOR VAZDUHA

$$R_v = 0,077 \cdot C_v \cdot \rho \cdot A \cdot (V \pm V_v)^2 / 2$$

C_v - aerodinamicki koeficijent

ρ - zapreminska masa vazduha (kg/m^3)

A - projekcija ceone površine vozila (m^2)

V - brzina vozila (km/h)

V_v - brzina vetra (km/h)

Može se računati i prema izrazu:

$$R_v = 0,05 \cdot C_v \cdot A \cdot (V \pm V_v)^2$$

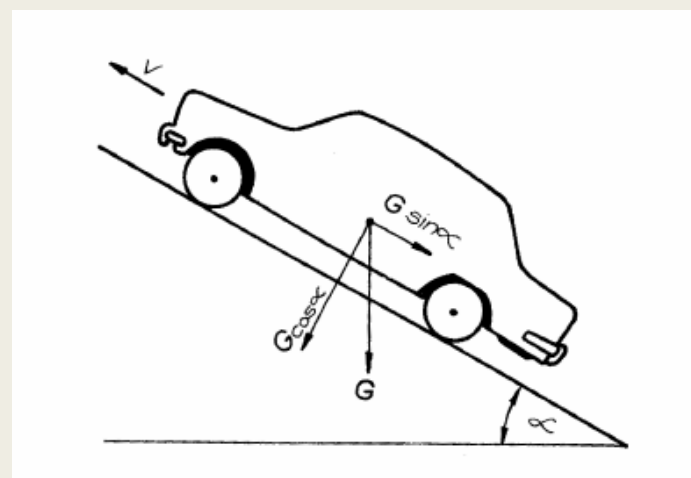
3. OTPOR USPONA

$$a(\text{rad}) \approx \sin \alpha \approx \text{tg} \alpha \approx i$$

$$R_u = G \cdot i$$

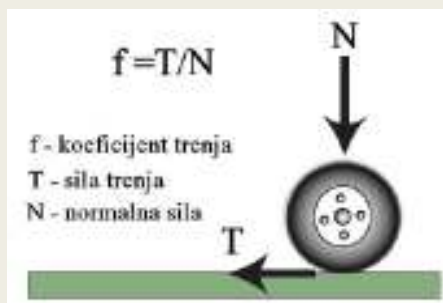
za $i=15\%$ greška iznosi oko 1%

	C_v	A
Putnička vozila	0,3-0,6	1,50-2,50
Autobusi	0,6-0,7	6,00-8,00
Teretna vozila	0,8-1,0	4,00-8,00



OTPOR KLIZANJU

Trenje je karakteristika sadejstva površine pneumatika i površine kolovoza.
Zavisí od vrste, kvaliteta i stanja pneumatika i kolovoza, atmosferskih prilika i brzine vožnje.

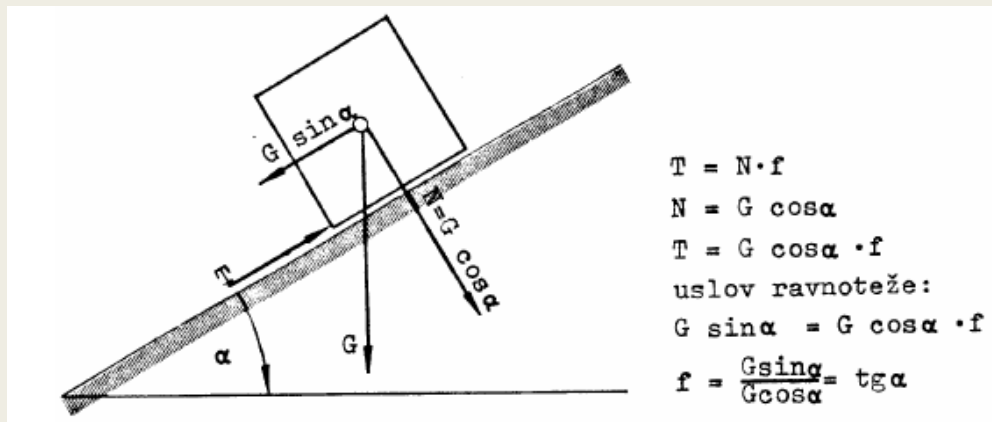


$$T = N \cdot f$$

$$N = G_{ad} \approx 0,65 G_{bruto} - \text{kod vuče}$$

$$N = G_{bruto} - \text{kod kočnja}$$

Koeficijent trenja

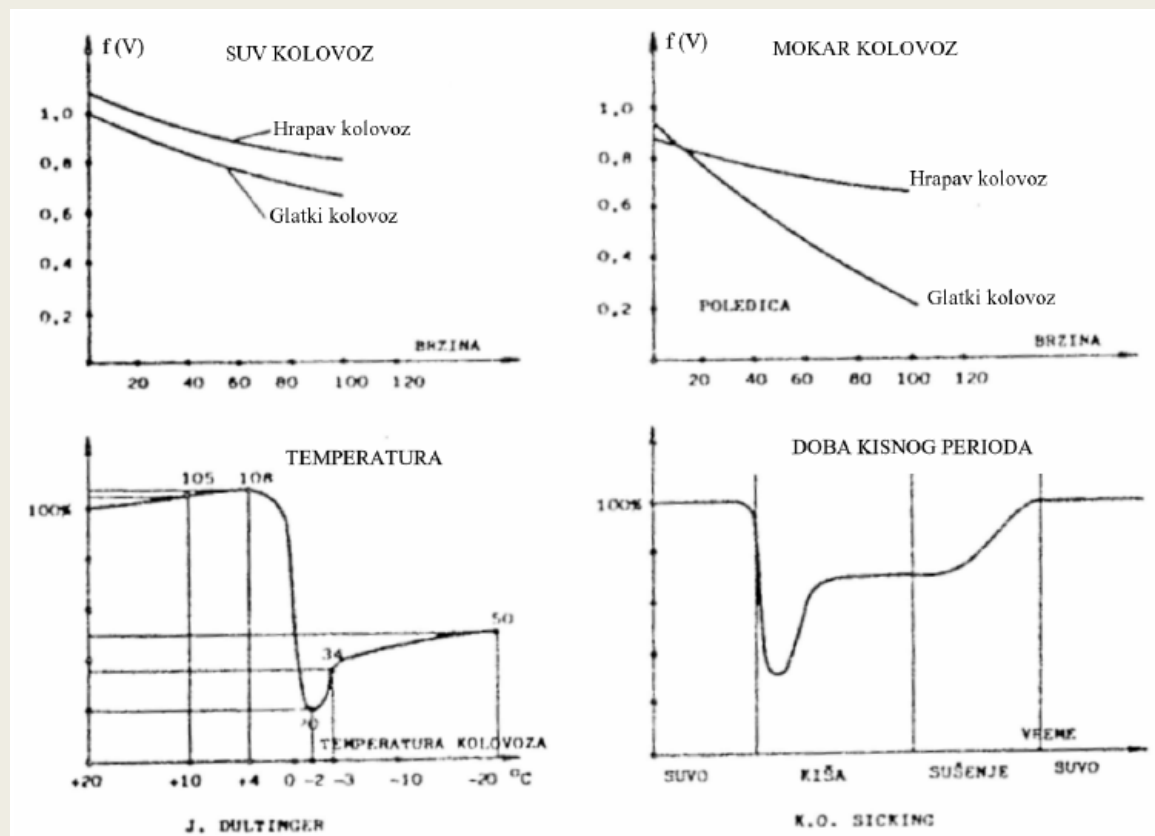


Faktori koji utiču na veličinu koeficijenta trenja:

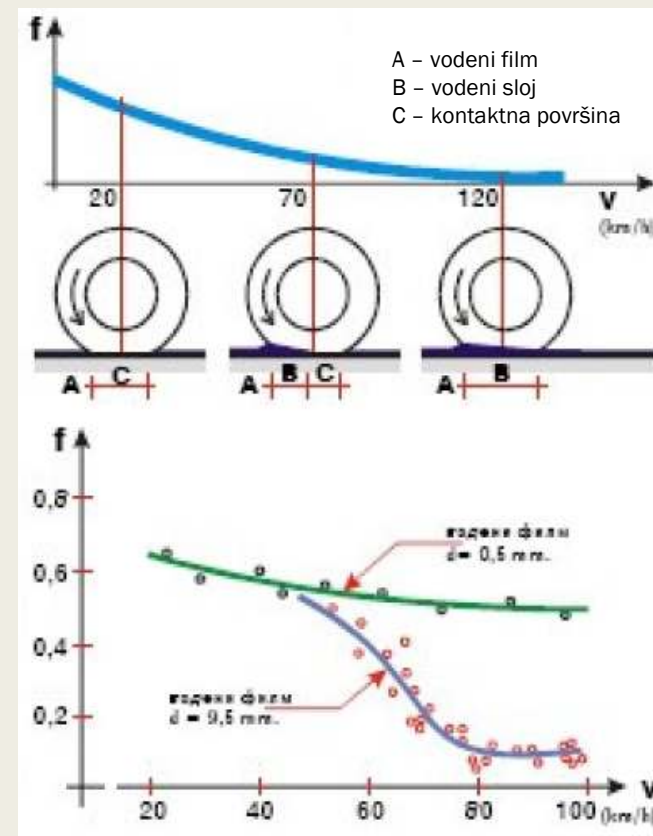
- ✓ Pneumatik
 - veličina
 - vrsta materijala
 - elastičnost
 - istrošenost
 - unutrašnji pritisak
- ✓ Kolovozni zastor
 - hrapavost
 - vrsta materijala
 - količina veziva
- ✓ Uslovi kontakta
 - brzina kretanja
 - vlažnost kolovoza
 - temperatura

OTPOR KLIZANJU

Značaj koeficijenta trenja od različitih uticajnih faktora

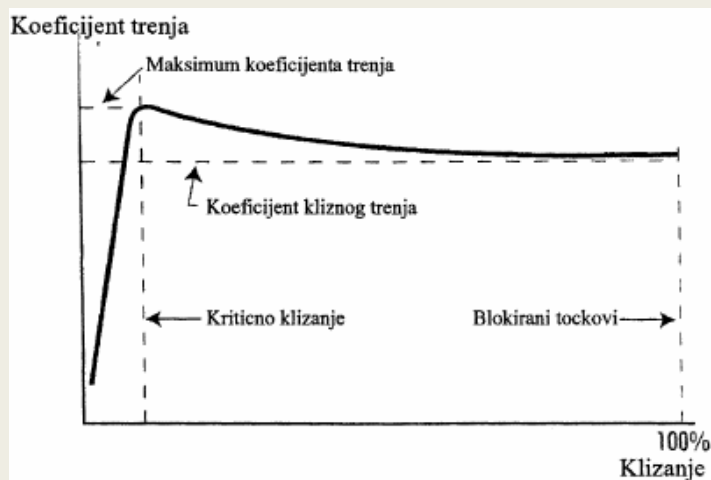


Akvaplaning efekat – ugrožavanje bezbjednosti

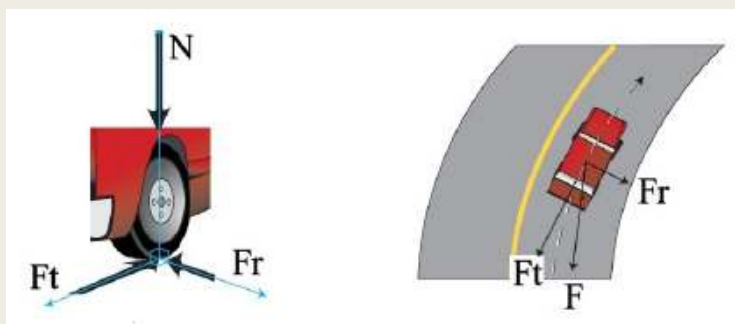


OTPOR KLIZANJU

Zavisnost koeficijenta trenja od klizanja

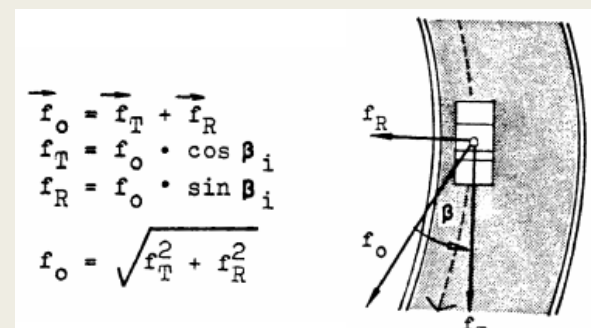


Tangencijalna i radijalna komponenta trenja



Normirane vrijednosti trenja

Raspodjela ukupnog koeficijenta trenja



Normirane vrijednosti prema YU propisima

$V_p(\text{km/h})$	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f_r	0,245	0,218	0,193	0,171	0,151	0,133	0,118	0,105	0,094	0,086
K_p	0,222	0,243	0,266	0,290	0,317	0,345	0,372	0,400	0,427	0,449

$V_r(\text{km/h})$	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f_t	0,350	0,314	0,279	0,247	0,218	0,192	0,170	0,151	0,136	0,126
(f_t+u)	0,472	0,440	0,410	0,382	0,358	0,337	0,318	0,300	0,286	0,277

U problematici kontakta pneumatika i podloge se umjesto pojma „trenje“ koristi se termin „prijanjanje“.

OTPOR KLIZANJU

Koeficijent prijanjanja prema Mitschke-u

Пнеуматик			Асфалт		Бетон		Утабан снег	Лед - сув
			сув	влажан	сув	влажан		
Летњи профил	Радијални	тах.	1.19	0.99	1.22	1.10	0.45	0.25
		блок.	0.95	0.73	1.03	0.90	0.43	0.16
	Диагонални	тах.	1.13	0.84	1.02	1.07	0.27	0.24
		блок.	0.99	0.62	0.80	0.88	0.22	0.18
Зимски профил	Радијални	тах.	1.15	0.77	0.99	0.98	-	0.17
		блок.	1.00	0.54	0.86	0.78	-	0.15
	Диагонални	тах.	1.06	0.89	0.85	1.01	-	0.24
		блок.	0.85	0.64	0.71	0.80	-	0.22

KOČENJE

Kočenje je proces usporavanja, suprotan ubrzavanju vozila. Sila inercije djeluje u pravcu kretanja.

Da bi se vozilo usporilo ili zaustavilo potrebno je da se energija kretanja vozila smanji ili potpuno uguši. To se ostvaruje na jedan od dva načina:

- I. Pretvaranjem (kinetičke) energije u toplotu i njenim rasipanjem u okolinu (klasična vozila) i
- II. Transformacijom i akumuliranjem energije (električna i hibridna vozila)

Poželjne osobine vozila u pogledu zahtjeva za stabilno kočenje na horizontalnoj podlozi su:

- ✓ nisko težište pomjereno unazad
- ✓ veliki razmak osovina
- ✓ velika težina vozila

Vrijeme kočenja

Za kočenje na nizbrdici svim točkovima izraz za vrijeme kočenja u opštem obliku

$$t_k = \frac{\delta}{g} \int_{V_2}^{V_1} \frac{dV}{\frac{kAV^2}{G} + f \cos \alpha - \sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$

$$\delta \cong 1 \longrightarrow t_k = \frac{V_1}{g\mu} = \frac{V_1}{a_k}$$

V_1 – brzina vozila na početku kočenja

V_2 – brzina vozila na kraju kočenja

δ^2 – koeficijent rotacionih masa

Put kočenja

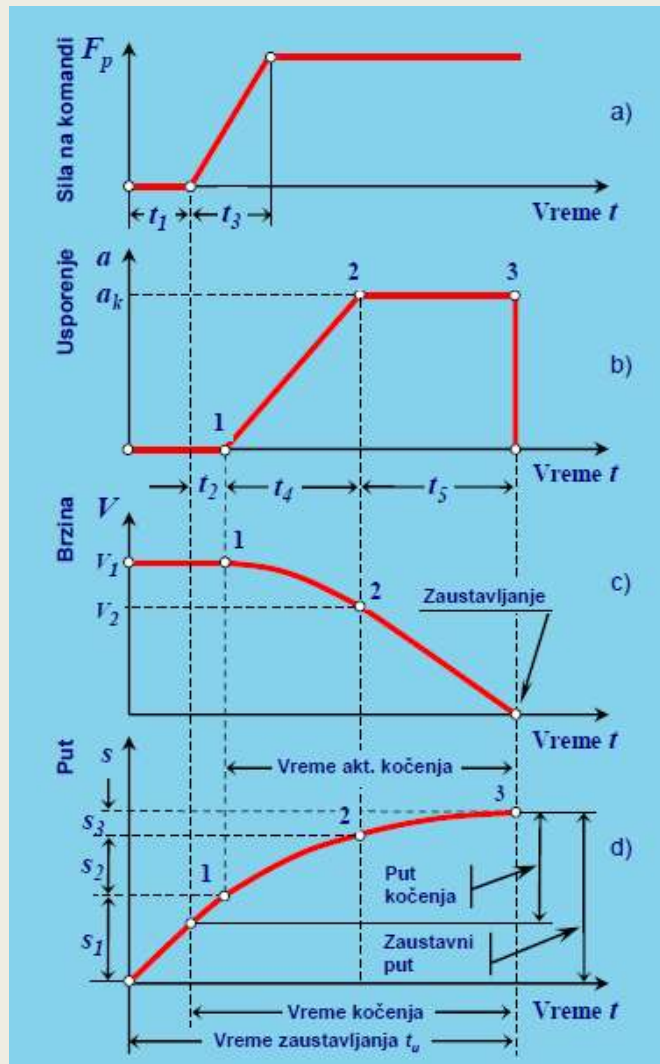
Na horizontalnom putu, sa zanemarljivim otporom vazduha i isključivanjem spojnice

$$s = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g(\mu + f)} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a_{k \max}}$$

Odnosno, ako je $V_2=0$

$$s_{\min} = \frac{V_1^2}{2a_{k \max}}$$

KOČENJE



t_1 – vrijeme reagovanja vozača – od trenutka kada uoči potrebu za kočenjem do početka dejstva na komandu
(0,6 – 1 – 2 s)

t_3 – vrijeme porasta sile na komandi, potrebno da sila na komandi kočnice poraste do 90% od željene vrijednosti
(0,1 – 0,4 s)

t_2 – vrijeme odziva kočnog sistema, između početka promjene sile na komandi i početka promjene sile kočenja
(0,04 – 0,2 s)

t_4 – vrijeme aktiviranja kočnog sistema, usporenje ravnomjerno raste
(0,2 – 0,4 s)

t_5 – vrijeme punog dejstva kočnice, kada se može smatrati da usporenje i sila kočenja imaju konstantnu vrijednost

V_1 – brzina na početku kočenja

Vrijeme zaustavljanja vozila

Vrijeme aktivnog kočenja

Vrijeme odziva i aktiviranja kočnog sistema

Stvarno vrijeme kočenja

$$t_u = t_1 + t_2 + t_4 + t_5$$

$$t_{ak} = t_4 + t_5$$

$$t_m = t_2 + t_4 / 2$$

$$t_k = t_2 + t_{ak} = t_2 + t_4 + t_5$$

KOČENJE

Ukupni put koje vozilo pređe za vrijeme čitavog procesa zaustavljanja

$$s_{II} = s_1 + s_2 + s_3 = V_1(t_1 + t_2 + t_4/2) + \frac{V_1^2}{2a_{max}}$$

Brzina kretanja vozila (km/h)	Predeni put za vreme reagovanja (- 1,1s)
120	36,7 m
100	30,5 m
80	24,4 m
50	15,3 m

PREGLEDNOST PRI KOČENJU

Preglednost puta predstavlja mogućnost sagledavanja smetnje koja iziskuje kočenje.

Horizontalna preglednost je uslovljena rastojanjem prepreka od slobodnog profila puta.

Vertikalna preglednost uslovljena je vertikalnom zakrivljenošću puta

Preglednost pri kočenju na kontinualno niskom nasipu – P_1

V_r (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
P_1 (m)*	40	60	80	110	150	200	260	340	440	550

Preglednost pri kočenju mjerodavna za izračunavanje berme preglednosti u usjeku i određivanje poluprečnika vertikalne krivine – P_2

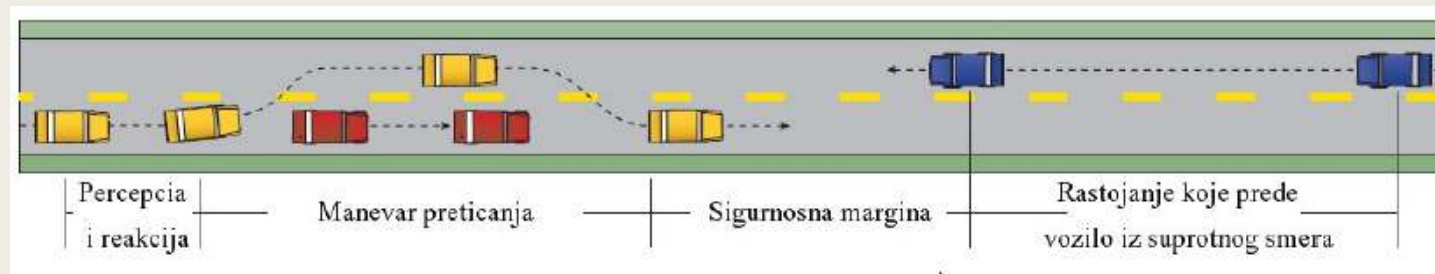
V_r (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
P_2 (m)	20	30	45	60	85	110	140	175	215	260

Minimalna dužina preglednosti pri kočenju – P_3

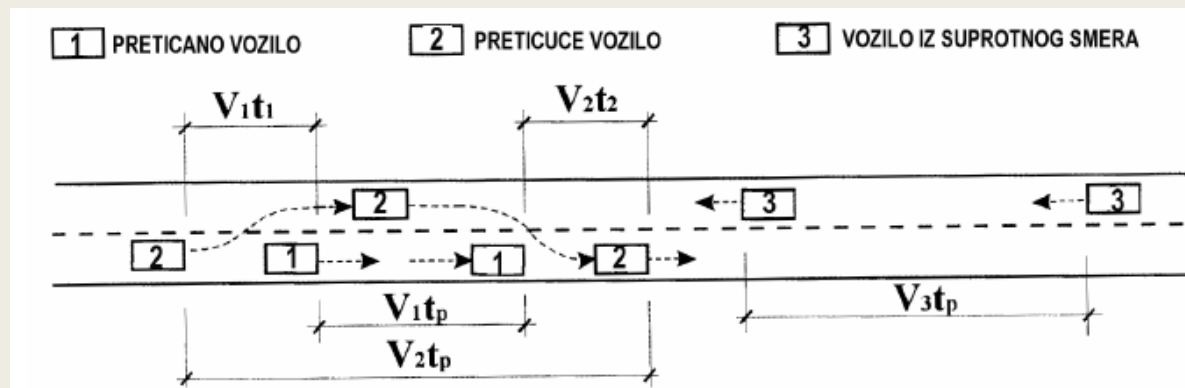
V_r (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
P_3 (m)*	20	30	40	50	65	85	115	140	165	190

KOČENJE

PREGLEDNOST PRI PRETICANJU



Preticanje u slobodnom toku



$$V_2 \cdot t_p = V_1 \cdot t_1 + V_1 \cdot t_p + V_2 \cdot t_2$$

$$t_p = \frac{V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2}{V_2 - V_1} = \frac{V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2}{\Delta V}$$

Potrebna dužina preglednosti

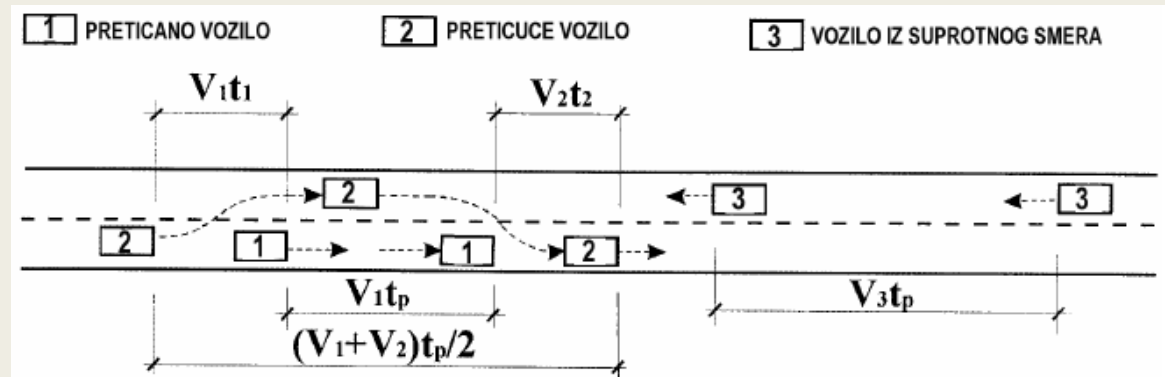
$$L_p^s = (V_2 + V_3) \cdot t_p$$

KOČENJE

PREGLEDNOST PRI PRETICANJU

Preticanje prvog vozila u koloni

a) vozilo ubrzava sve vrijeme preticanja, $a = \text{const.}$



$$V_2 = V_1 + a \cdot t_p$$

$$t_p = t_2 \pm \sqrt{t_2^2 - 2 \cdot V_1 \cdot (t_1 + t_2) \cdot \frac{1}{a}}$$

Potrebna dužina preglednosti

$$L_{pa}^K = (V_1 + V_3) \cdot t_p + a \cdot \frac{t_p^2}{2}$$

b) Vozilo dostiže maksimalnu brzinu $V_2 = V_{\max}$ u toku preticanja

$$t_p = \frac{V_2 - V_1}{2 \cdot a} + \frac{V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2}{V_2 - V_1}$$

Potrebna dužina preglednosti

$$L_{pb}^K = V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2 + (V_1 + V_3) \cdot t_p$$

Pregledna dužina za preticanje je jednaka

zbiru dužina P_{p2} i P_{p3}

za $V_r \leq 80 \text{ km/h}$ je $V_A = V_r$, $V_B = 1,4V_r$ i $V_C = V_r$

za $V_r > 80 \text{ km/h}$ je $V_A = 0,75V_r$, $V_B = V_r$ i $V_C = V_r$

