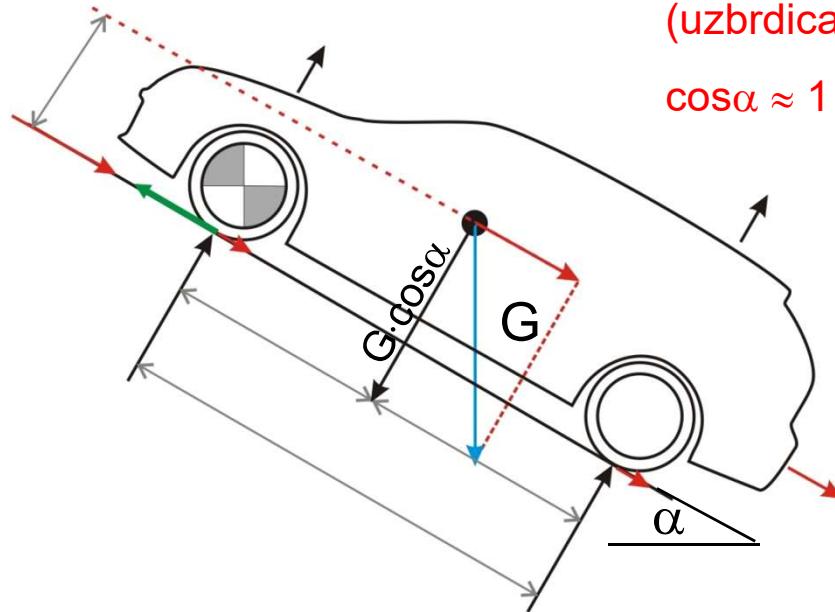


# IZRAČUNAVANJE OTPORA KRETANJA

## Otpor kotrljanja

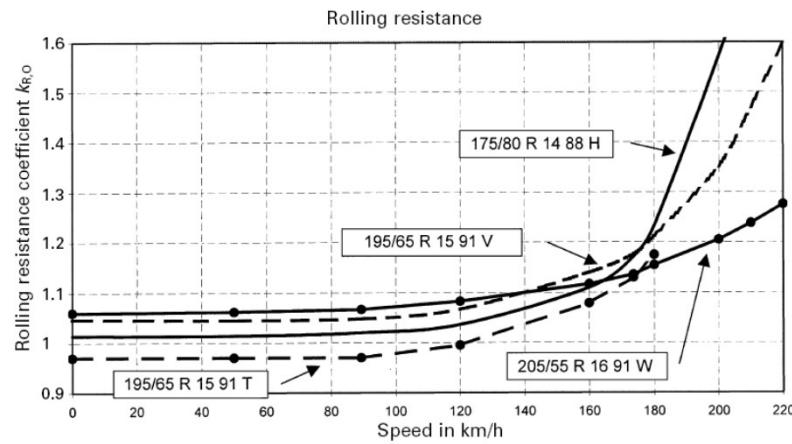
$$F_f = f \cdot G \cdot \cos\alpha$$

I pri kretanju vozila na uzdužnom nagibu (uzbrdica ili nizbrdica,  $\alpha \neq 0^\circ$ ), najčešće usvajamo:  
 $\cos\alpha \approx 1$



$$f = f_0 + C_1 \cdot v + C_2 \cdot v^4, \quad v \text{ (km/h)}$$

$$f_0 = 0,01, \quad C_1 = 5,42 \cdot 10^{-6}, \quad C_2 = 1,05 \cdot 10^{-11}$$



# IZRaćUNAVANJE OTPORA KRETANJA

## Otpor vazduha

$$F_W = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

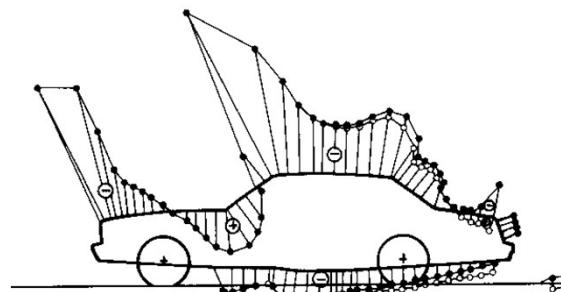
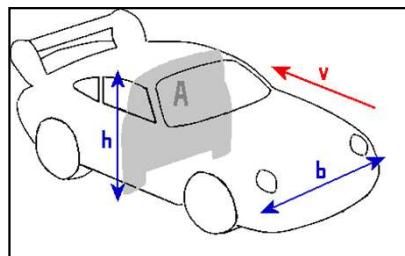
$v \text{ (m/s)}$

[m/s] → [km/h]

$w=60\%, t=15^\circ\text{C} \Rightarrow \rho=1.225 \text{ kg/m}^3$

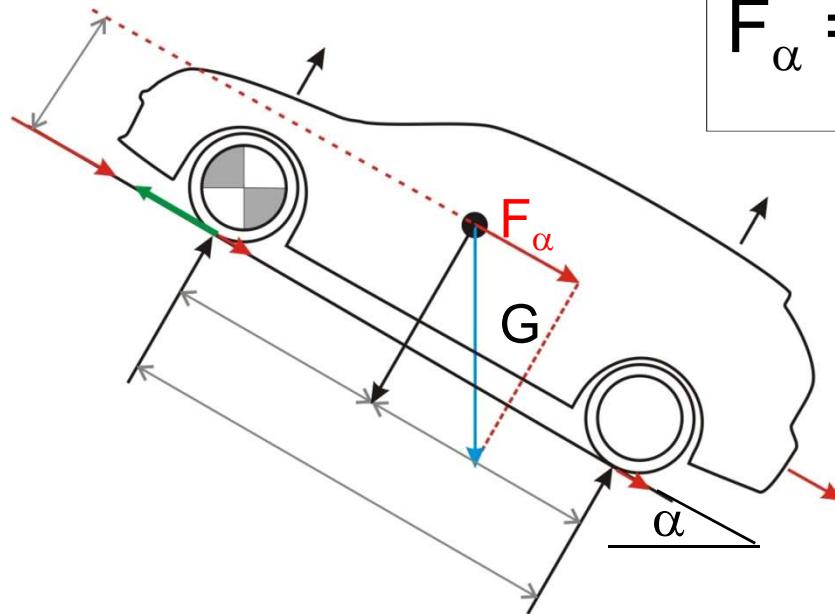
$F_W = 0,0473 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$

$v \text{ (km/h)}$



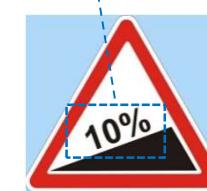
# IZRaćUNAVANJE OTPORA KRETANJA

## Otpor uspona



$$F_\alpha = G \cdot \sin \alpha \approx u \cdot G$$

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha = u = U/100$$



# IZRAČUNAVANJE OTPORA KRETANJA

## Otpor inercije

$$F_{IN} = \delta \cdot m \cdot a$$

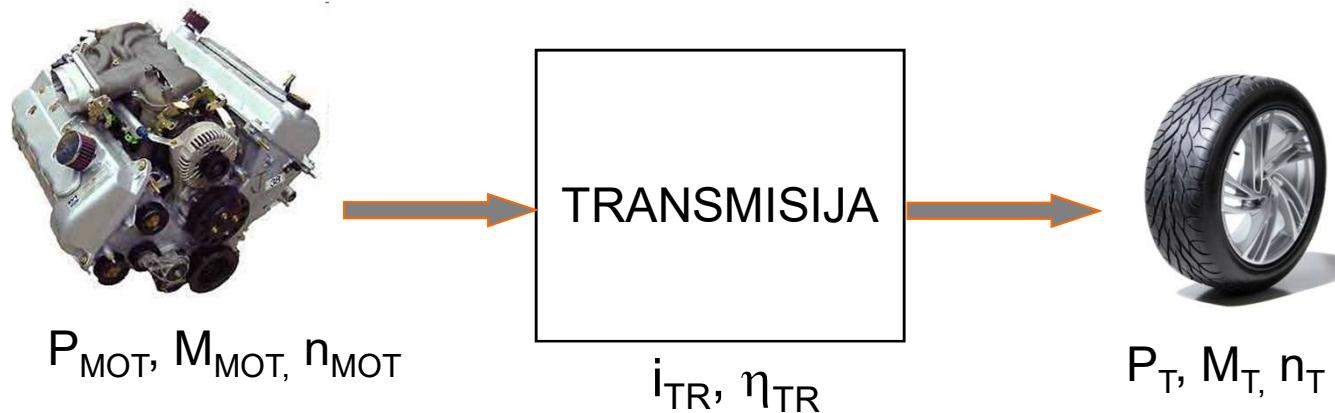
$\delta > 1$  – koeficijent učešća  
obrtnih masa u ubrzavanju

Ubrzavanje  
translatorne  
mase

Ubrzavanje  
obrtnih masa



# PRENOS SNAGE NA POGONSKE TOČKOVE



$$M_T \rightarrow F_O \quad F_O = \frac{M_T}{r_D}$$

$$P_T = \eta_{TR} \cdot P_{MOT}$$

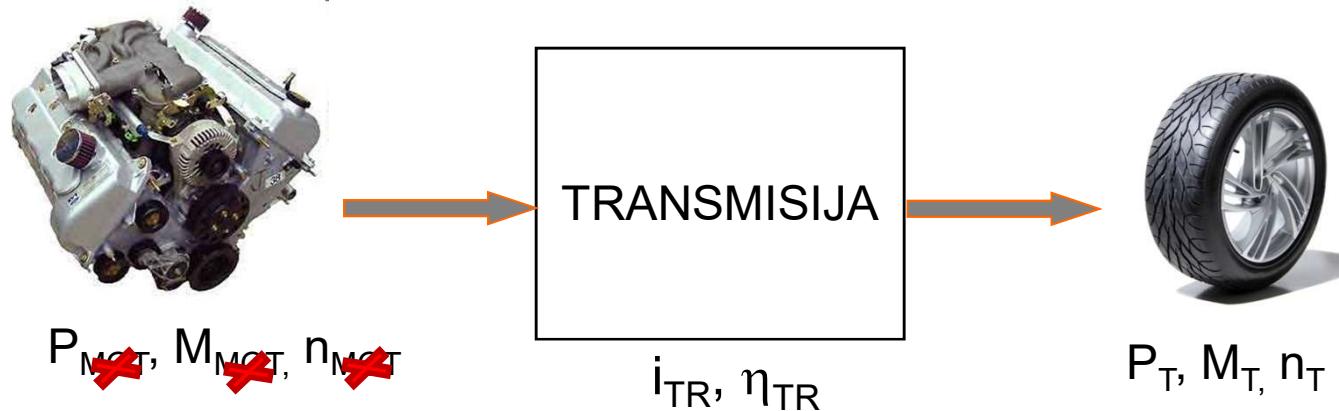
$$M_T = M_{MOT} \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}$$

$$n_T \rightarrow v \quad v = r_D \cdot \omega_T$$

$$n_T = \frac{n_{MOT}}{i_{TR}}$$

$$P_T = F_O \cdot v = M_T \cdot \omega_T$$

# PRENOS SNAGE NA POGONSKE TOČKOVE



$$M_T \rightarrow F_O$$

$$F_O = \frac{M_T}{r_D}$$

$$F_O = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

$$n_T \rightarrow v$$

$$v = r_D \cdot \omega_T$$

v (m/s)

[m/s]  $\rightarrow$  [km/h]

$$\omega_T \rightarrow n_T$$

$$\omega_T = \frac{\pi \cdot n_T}{30}$$

$$v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}$$

v (km/h)

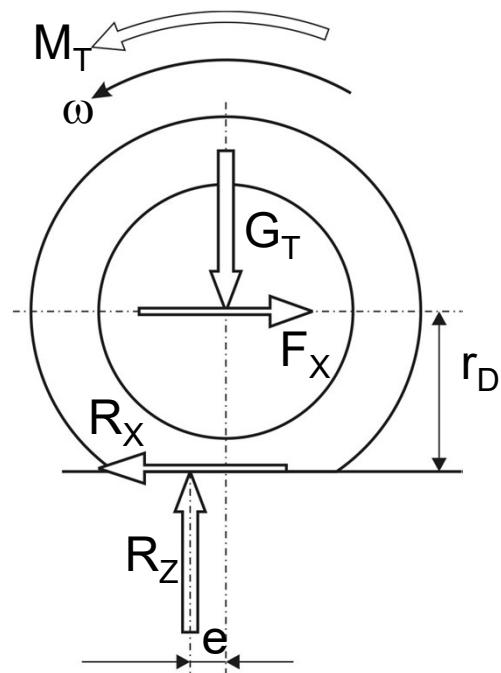
$$F_O = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

$$v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}$$

$$P_T = \eta_{TR} \cdot P = F_O \cdot v / 3600$$

Zadatak 1. Posmatra se jedan pogonski točak opterećen ukupnom vertikalnom silom  $G_T = 3500 \text{ N}$ . Horizontalna sila koja se suprotstavlja kretanju točka iznosi  $F_x = 120 \text{ N}$ . Dinamički radijus točka iznosi  $r_D = 0,32 \text{ m}$  a koeficijent otpora kotrljanja  $f = 0,012$ . Brzina kretanja je konstantna i iznosi  $36 \text{ km/h}$ . Odrediti:

- stvarnu tangencijalnu reakciju točka  $R_x$ ;
- silu otpora kotrljanja točka  $F_{fT}$ ;
- obimnu силу  $F_O$ ;
- obrtni moment na točku  $M_T$ ;
- snagu na točku  $P_T$ ;
- koliki pogonski moment  $M_T$  treba dovesti na točak da bi stvarna tangencijalna reakcija na pogonskom točku iznosila  $R_x = 0$ ?



$$R_x = F_o - F_f$$

$$F_o = \frac{M_T}{r_D}$$

$$F_f = f \cdot G_T$$

## VEŽBA 4 - ZADATAK 1

- TANGENCIJALNA REAKCIJA TOČKA  $R_x$

$v = \text{const} \Rightarrow \text{USTALJENO KRETAJUĆE} \rightarrow \text{SILE U RAVNOTEŽI!}$

$$\Rightarrow R_x = F_x = 120 \text{ N}$$

- SILA OTPORA KOTRIGANJA TOČKA  $F_{fr}$

$$\underline{F_{fr}} \triangleq f \cdot G_T = 0,012 \cdot 3500 = \underline{42 \text{ N}} \quad \text{ZA JEDAN TOČAK!}$$

- OBIMNA - POGONSKA SILA  $F_o$

ZA POGONSKI TOČAK PRI USTALJENOM KRETANJU JE:

$$R_x = F_o - F_{fr} \Rightarrow \underline{F_o = R_x + F_{fr} = 120 + 42 = \underline{162 \text{ N}}}$$

• OBRTNI MOMENT NA TOČKU  $M_T$ :

$$F_o \leq \frac{M_T}{r_D} \Rightarrow M_T = F_o \cdot r_D = 162 \cdot 0,32 = \underline{\underline{51,84 \text{ Nm}}}$$

• SNAGA NA POGONSKOM TOČKU  $P_T$ :

$$P_T = \frac{F_o \cdot v}{3600} = \frac{162 \cdot 36}{3600} = \underline{\underline{1,62 \text{ kW}}} \quad \text{NA JEDNOM TOČKU!}$$

• KOLIKO BI TREBALO DA BUNE  $M_T$  DA BI BILO  $R_x = 0$ ?

$$R_x = 0 \Rightarrow F_o = F_{fr} \Rightarrow \frac{M_T}{r_D} = f \cdot G_T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M_T = r_D \cdot f \cdot G_T = 0,32 \cdot 0,012 \cdot 3500 = \underline{\underline{13,4 \text{ Nm}}}$$

Zadatak 2. Za jedno vozilo u zadatom režimu kretanja poznati su sledeći podaci:

Ukupna težina:  $G = 12000 \text{ N}$

Koeficijent otpora kotrljanja:  $f = 0,012$

Koeficijent otpora vazduha:  $c_w = 0,33$

Dinamički radijus točka:  $r_D = 0,295 \text{ m}$

Broj obrtaja motora:  $n = 3500 \text{ o/min}$

Brzina kretanja je konstantna

Čeona površina:  $A = 1,85 \text{ m}^2$

Prenosni odnos gl. prenosnika  $i_{GP} = 3,95$

Prenosni odnos menjačkog prenosnika  $i_m = 1,12$

Stepen korisnosti transmisije  $\eta_{TR} = 0,88$

Uspon:  $U = 3\%$

Odrediti obimnu силу на точку, brzinu kretanja vozila i obrtni moment i snagu pogonskog motora.

## VEŽBA 4 - ZADATAK 2

- OBIMNA SILA:  $F_o = F_f + F_w + F_d \quad (F_{lw} = 0)$
- PRVO MORAMO IZRACUNATI BRZINU ZA ODREĐIVANJE  $F_w$

$$v = \frac{0,377 r_o \cdot n}{i_{GP} \cdot i_m} = \frac{0,377 \cdot 0,205 \cdot 3500}{3,95 \cdot 1,12} = 88 \text{ km/h}$$

SADA ODREDUJEMO  $F_o$ :

$$\begin{aligned} F_o &= 0,012 \cdot 12.000 + 0,0473 \cdot 0,33 \cdot 1,85 \cdot 88^2 + 0,03 \cdot 12.000 = \\ &= 144 + 224 + 360 = \\ &= 728 \text{ N} \end{aligned}$$

- OBRTNI MOMENT MOTORA M:

$$F_o = \frac{M \cdot i_{GP} \cdot i_m \cdot n_{tr}}{r_o} \Rightarrow M = \frac{F_o \cdot r_o}{i_{GP} \cdot i_m \cdot n_{tr}} = 55,2 \text{ Nm}$$

• SNAGA POGONSKOG MOTORA

PRVI NAČIN:

$$P = \frac{M \cdot n}{9554} = 20,2 \text{ kW}$$

DRUGI NAČIN

$$P = \frac{P_T}{\eta_{Tr}} = \frac{F_o \cdot v}{3600 \cdot \eta_{Tr}}$$

SNAGA NA POG. TOČKU

Zadatak 3. Pri broju obrtaja motora  $n = 3000$  o/min, brzina jednog vozila iznosi 90 km/h. Ukoliko se pri kretanju u istom stepenu prenosa broj obrtaja poveća na 4500 o/min, kolika će biti brzina vozila?

Zadatak 3. Pri broju obrtaja motora  $n = 3000$  o/min, brzina jednog vozila iznosi 90 km/h. Ukoliko se pri kretanju u istom stepenu prenosa broj obrtaja poveća na 4500 o/min, kolika će biti brzina vozila?

$$V = \frac{0,377 \cdot r_o \cdot n}{\xi_{TR}}$$

Zadatak 3. Pri broju obrtaja motora  $n = 3000$  o/min, brzina jednog vozila iznosi 90 km/h. Ukoliko se pri kretanju u istom stepenu prenosa broj obrtaja poveća na 4500 o/min, kolika će biti brzina vozila?

A handwritten mathematical equation is shown, crossed out with a large red 'X'. The equation is:

$$V = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}$$

Ne znamo  $r_D$  i  $i_{TR}$  – ne možemo da koristimo ovaj izraz!

Zadatak 3. Pri broju obrtaja motora  $n = 3000$  o/min, brzina jednog vozila iznosi 90 km/h. Ukoliko se pri kretanju u istom stepenu prenosa broj obrtaja poveća na 4500 o/min, kolika će biti brzina vozila?

U okviru jednog stepena prenosa,  $i_{TR} = \text{const}$ ;  $r_D$  je takođe const  $\Rightarrow$  Koristimo proporcionalnost

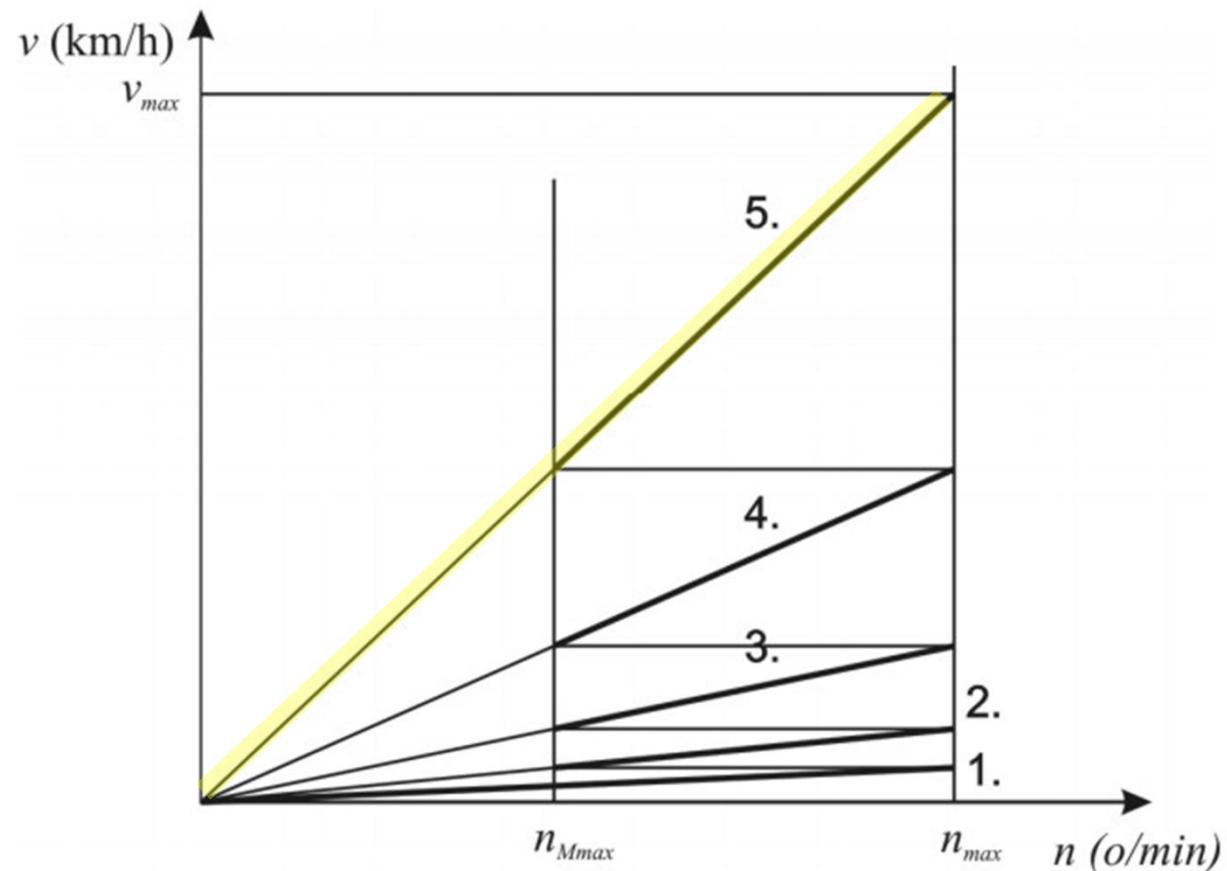
$$v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}$$

$$\frac{v}{n} = \text{const}$$

$$\frac{v_1}{n_1} = \frac{v_2}{n_2}$$

$$v_2 = \frac{n_2}{n_1} v_1$$

$$v_2 = \frac{4500}{3000} \cdot 90 = 135 \text{ km/h}$$



Zadatak 4. Kako se menjaju snaga, obrtni moment i broj obrtaja motora pri prebacivanju iz nižeg u viši stepen prenosa, pod pretpostavkom da režim kretanja vozila (brzina, otpori, gubici transmisije) u oba slučaja ostaje isti?

Analizirati!

Snaga	a) raste	b) opada	c) ne menja se
Moment	a) raste	b) opada	c) ne menja se
Br. obrtaja	a) raste	b) opada	c) ne menja se

Zadatak 5. Vozilo mase 1,1t spušta se niz nagib od  $3^\circ$  brzinom  $v=120$  km/h. Koeficijent otpora kotrljanja u datim uslovima iznosi  $f=0,018$ . Koeficijent otpora vazduha je  $c_w=0,36$  a čeona površina  $A=2,6m^2$ . Ako je brzina konstantna, odrediti da li je vozilo u režimu pogona ili kočenja, i izračunati veličinu pogonske odnosno kočne sile.

(Dakle: nije nam unapred poznato da li se ovo vozilo nalazi u režimu pogona, kočenja ili slobodnog kotrljanja točkova. Brzina je konstantna  $\Rightarrow$  traži se uslov ravnoteže...)

Zadatak 5. Vozilo mase 1,1t spušta se niz nagib od  $3^\circ$  brzinom  $v=120$  km/h. Koeficijent otpora kotrljanja u datim uslovima iznosi  $f=0,018$ . Koeficijent otpora vazduha je  $c_w=0,36$  a čeona površina  $A=2,6m^2$ . Ako je brzina konstantna, odrediti da li je vozilo u režimu pogona ili kočenja, i izračunati veličinu pogonske odnosno kočne sile.

$$F_O = F_f + F_W - F_\alpha$$

$$F_O = 0,018 \cdot 11000 + 0,0473 \cdot 0,36 \cdot 2,6 \cdot 120^2 - 11000 \cdot \sin(3^\circ)$$

$$F_O = 260 \text{ N}$$

$F_O > 0 \Rightarrow$  Vozilo se nalazi u režimu pogona.

Zadatak 6. Vozilo mase  $m = 1720 \text{ kg}$  ubvrzava krećući se uzbrdo pod nagibom  $U=10\%$ . Koeficijent otpora kotrljanja iznosi  $f = 0,01$ . Pod pretpostavkom da je u posmatranom trenutku brzina mala tako da se otpor vazduha može zanemariti, izračunati koliko je trenutno ubrzanje vozila ako u posmatranom trenutku obimna sila iznosi  $F_o = 4100 \text{ N}$  a koeficijent učešća obrtnih masa u ubrzavanju u trenutnom stepenu prenosa iznosi  $\delta = 1,1$ .

Zadatak 7. Izračunati obrtni moment motora za slučaj iz prethodnog zadatka ukoliko su poznati sledeći podaci:

- Dinamički radijus pneumatika  $r_D = 0,32 \text{ m}$
- Prenosni odnos glavnog prenosnika  $i_{GP} = 3,6$
- Prenosni odnos menjača u aktuelnom stepenu prenosa  $i_m = 2,8$
- Stepen korisnosti transmisije  $\eta_{TR} = 0,92$

Zadatak 8. Jedno vozilo se kreće konstantnom brzinom tako da sila otpora kotrljanja iznosi  $F_f = 155 \text{ N}$ , sila otpora vazduha je  $F_w = 182 \text{ N}$ , a sila otpora uspona  $F_\alpha = 520 \text{ N}$ . Obrtni moment pogonskog motora pri tome iznosi  $M = 63 \text{ Nm}$ . Ako je poznato da dinamički radijus pneumatika iznosi  $r_D = 0,35 \text{ m}$ , stepen korisnosti transmisije  $\eta_{TR} = 0,94$  a prenosni odnos glavnog prenosnika  $i_{GP} = 3,75$ , izračunati koliki je prenosni odnos menjača  $i_m$  u trenutnom stepenu prenosa.