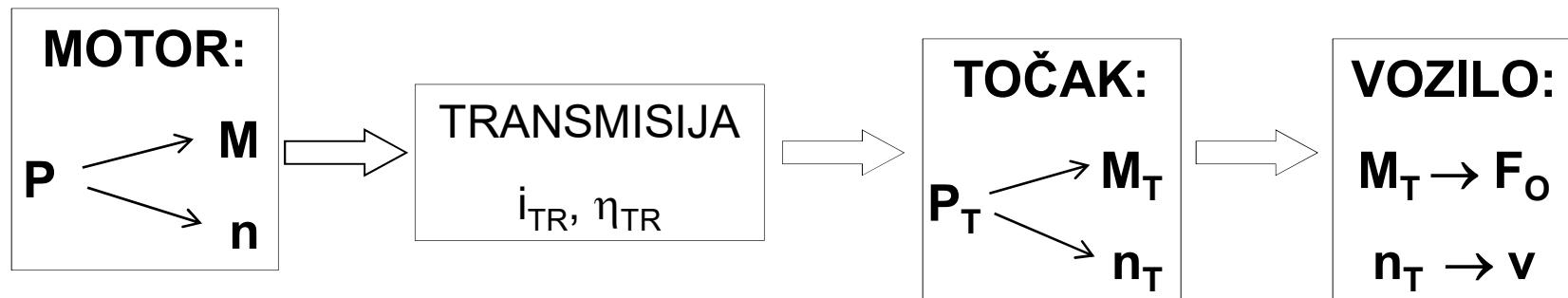


Vučno-brzinska karakteristika vozila

- Vučno-brzinska karakteristika (VBK) vozila predstavlja zavisnost raspoložive pogonske sile F_o od brzine kretanja.
- Definisana je transformacijom obrtnog momenta M i broja obrtaja n pogonskog motora koju vrši transmisija.
- Analogna je brzinskoj karakteristici motora, od koje i potiče.



PARAMETRI
REŽIMA
RADA
MOTORA

PARAMETRI
REŽIMA
KRETANJA
VOZILA

Zavisnost (M, n)

= Brzinska karakteristika motora

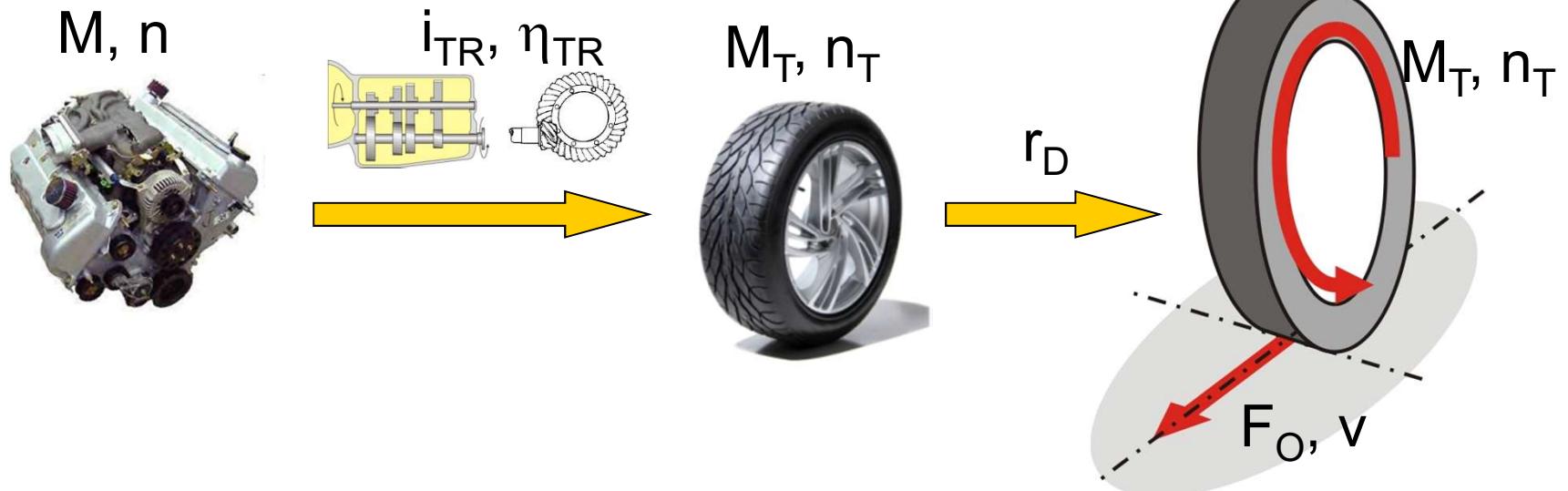
Zavisnost (F_o, v)

= Vučno-brzinska karakteristika vozila

Vučno-brzinska karakteristika vozila

ZA ZADATI REŽIM MOTORA (M, n)

TREBA ODREDITI REŽIM KRETANJA VOZILA (F_O, v)



Određivanje obimne sile

Po definiciji, obimna (pogonska) sila je:

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

r_D - dinamički radijus točka

Moment na točku pri stacionarnom kretanju je: $M_T = M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}$

Sledi:

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

PODSETNIK 1: Stvarna tangencijalna reakcija pogonskog točka je $R_x = F_O - F_{fT}$!

PODSETNIK 2: $F_O = F_f + F_w + F_\alpha + F_{IN}$

Određivanje brzine kretanja

Kinematička relacija za brzinu kretanja pri kotrljanju točka bez klizanja: $v = r_D \cdot \omega_T$

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

ω_T - ugaona brzina točka, rad/s
 n_T – broj obrtaja točka, o/min

Broj obrtaja točka je: $n_T = \frac{n}{i_{TR}}$

U gore navedenoj relaciji ($v = r_D \cdot \omega_T$) brzina se dobija u [m/s]. Kada se umesto ω_T uvrsti n_T , odnosno umesto n_T broj obrtaja motora n , i brzina pretvori u [km/h], dobija se:

Faktor pretvaranja [rad/s] u
 [o/min] i [m/s] u [km/h]

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

Određivanje brzine kretanja

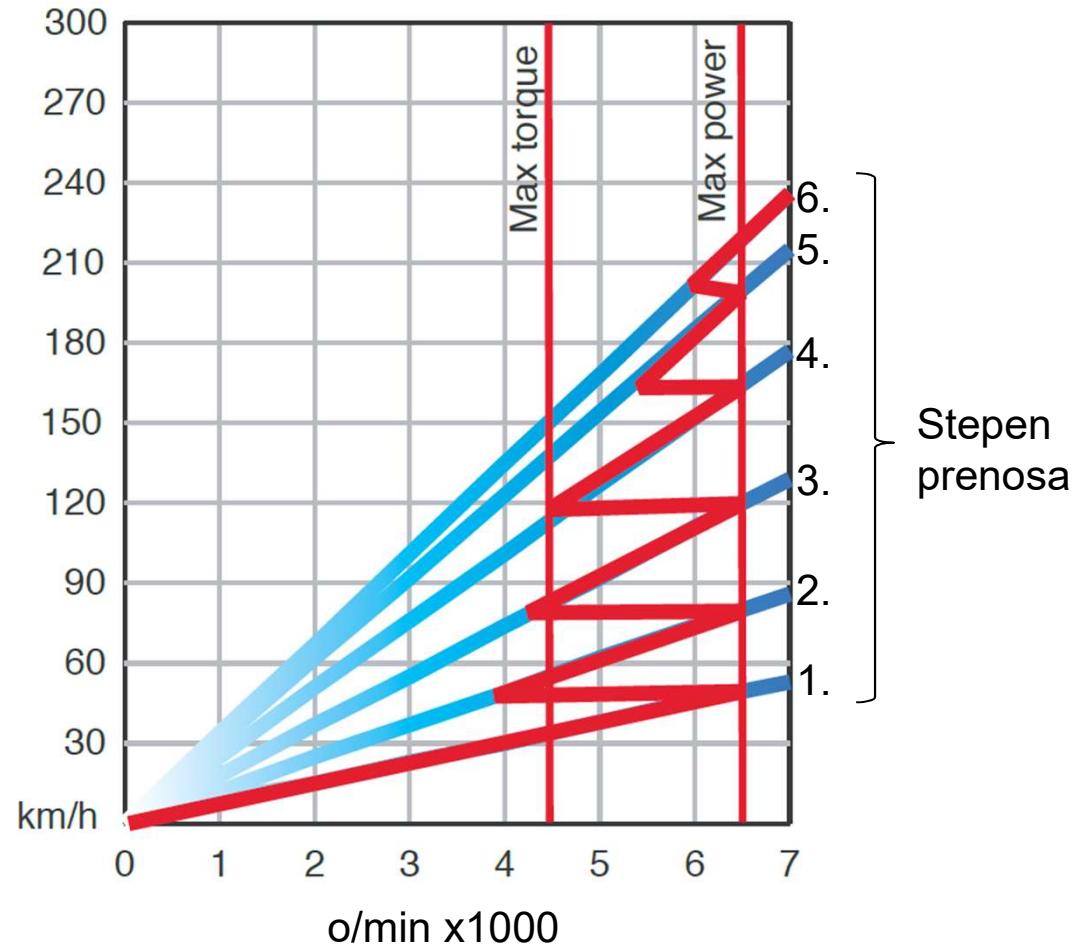
„Testerasti dijagram“

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

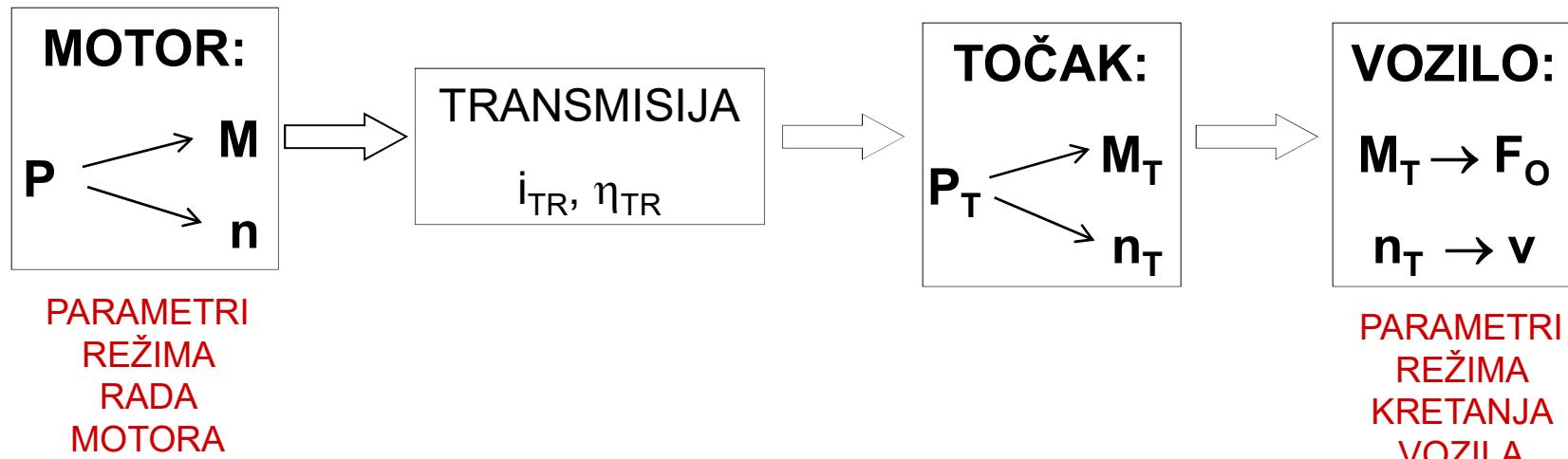
$$i_{TR} = i_m \cdot i_{GP} \cdot \dots$$

const

promenljivo



Određivanje V BK - rezime



Zavisnost (M,n)

= Brzinska karakteristika motora

Zavisnost (F_O,v)

= Vučno-brzinska karakteristika vozila

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

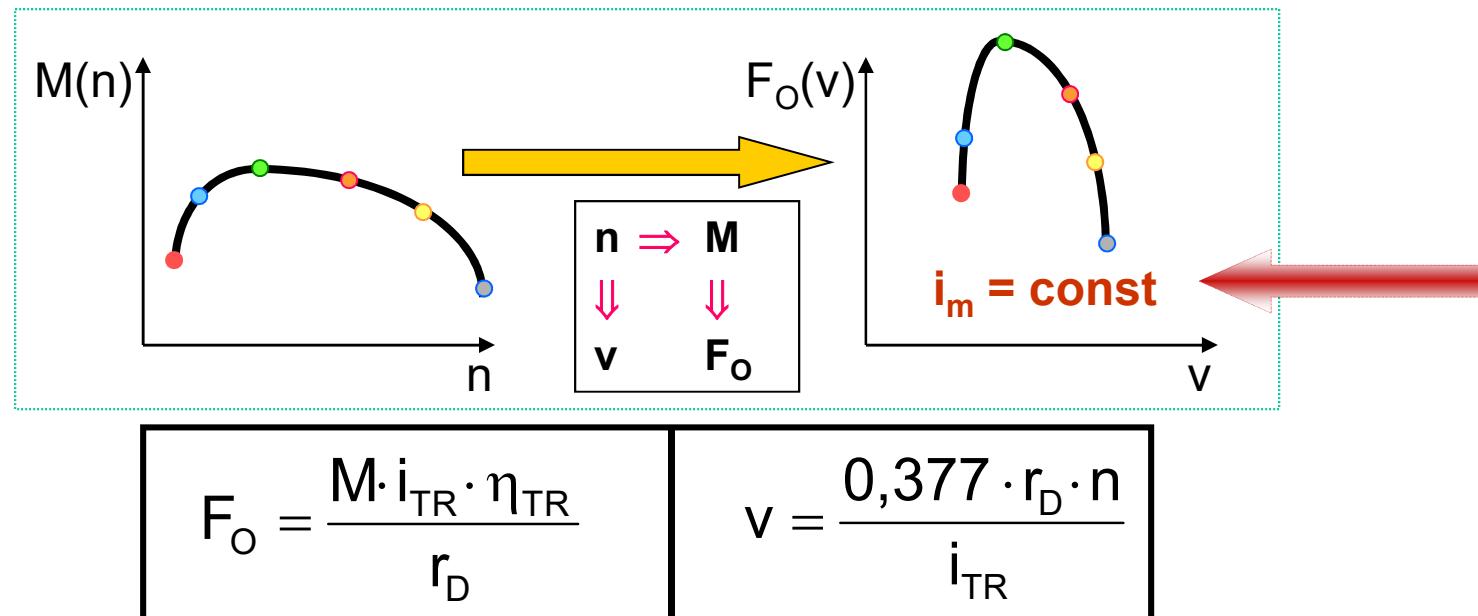
$$P_T = \eta_{TR} \cdot P$$

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

Vučno-brzinska karakteristika vozila – vučni dijagram

Dobijene relacije za F_O i v u funkciji parametara radnog režima pogonskog motora M i n mogu se posmatrati kao preslikavanje brzinske karakteristike sa motora na točak.

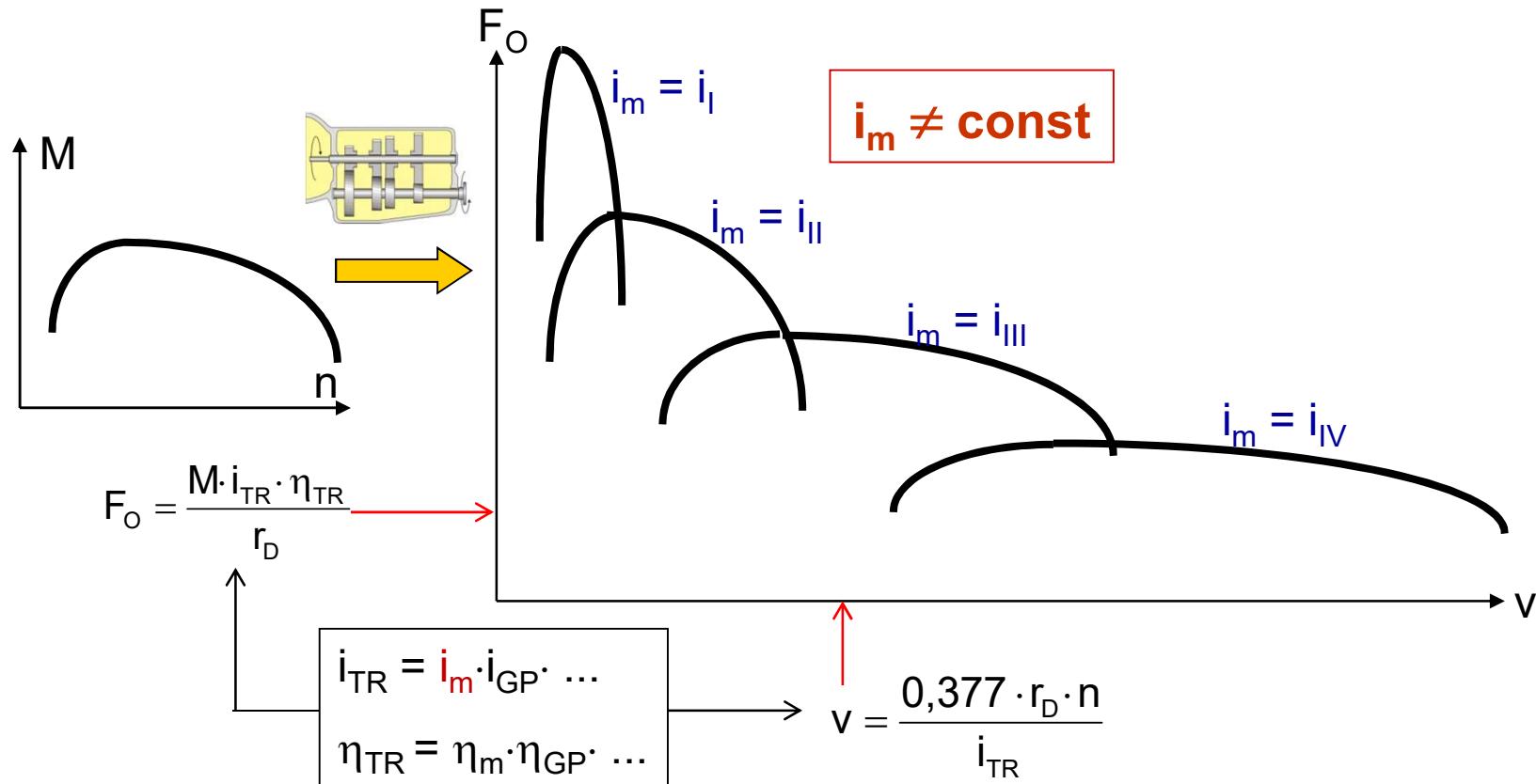
Transformacija u okviru jednog, nepromjenjenog, stepena prenosa menjača:



Jedina nezavisno promenljiva $\rightarrow n!$

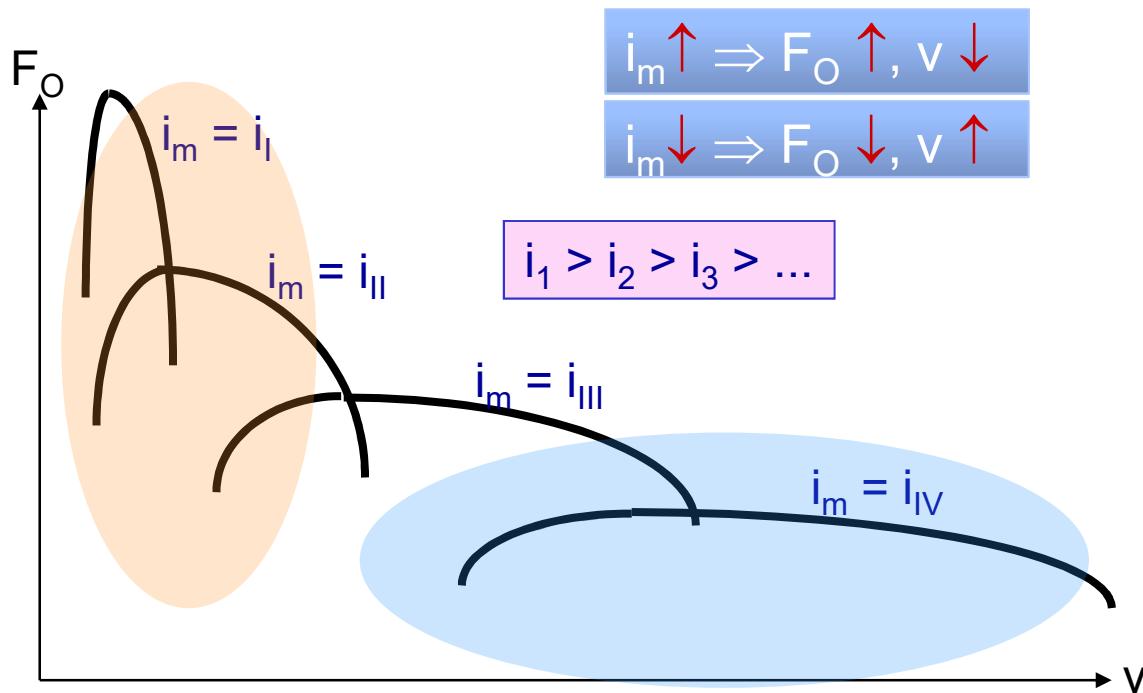
Vučno-brzinska karakteristika vozila – vučni dijagram

- Kada se princip primeni na sve raspoložive stepene prenosa menjača, dobijena familija krivih predstavlja vučno-brzinsku karakteristiku vozila (VBK) odnosno vučni dijagram
- VBK predstavlja karakteristiku zajedničkog rada motora SUS i spregnutog menjačkog prenosnika (i ostalih komponenata transmisije koje utiču na i_{TR} i η_{TR}), a obuhvata i uticaj pogonskog točka (r_D)



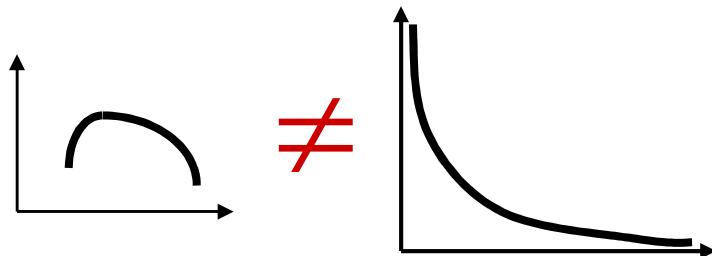
Vučno-brzinska karakteristika vozila – vučni dijagram

- Niži stepeni prenosa: veći prenosni odnosi \Rightarrow veće vučne sile, veća ubrzanja, kretanje na većim usponima
- Viši stepeni prenosa: manji prenosni odnosi, moguće veće brzine kretanja kad su opterećenja manja (horizontalna podloga ili mali uspon, neopterećeno vozilo...)



Vučno-brzinska karakteristika vozila – vučni dijagram

Tipična forma brzinske karakteristike motora SUS značajno odstupa od povoljne forme (hiperbola); raspoloživi opseg brojeva obrtaja je manji od opsega brzina kretanja vozila u eksploataciji



Motor SUS:

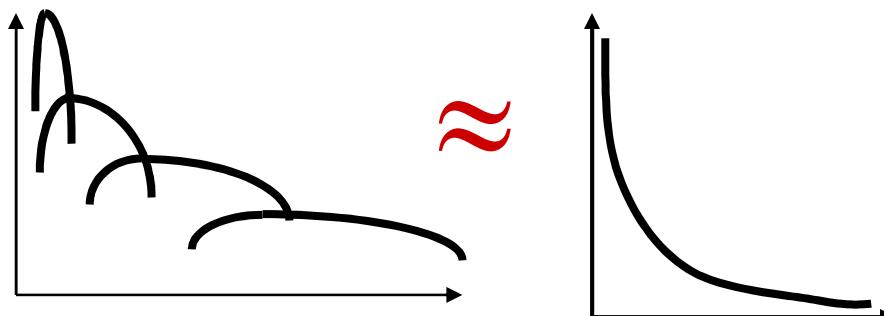
- Nedovoljna širina radnog intervala
- Nepovoljan oblik karakteristike

VOZILO: $v \sim (5 \div 150)$ km/h \rightarrow širina intervala $\sim 1:30$

*OKVIRNO
(primer)*

MOTOR SUS: $n \sim (1000 \div 5000)$ o/min \rightarrow širina intervala $\sim 1:5$

Veći broj raspoloživih stepeni prenosa omogućava da se karakteristika zajedničkog rada motora SUS i menjačkog prenosnika približi formi idealne hiperbole:



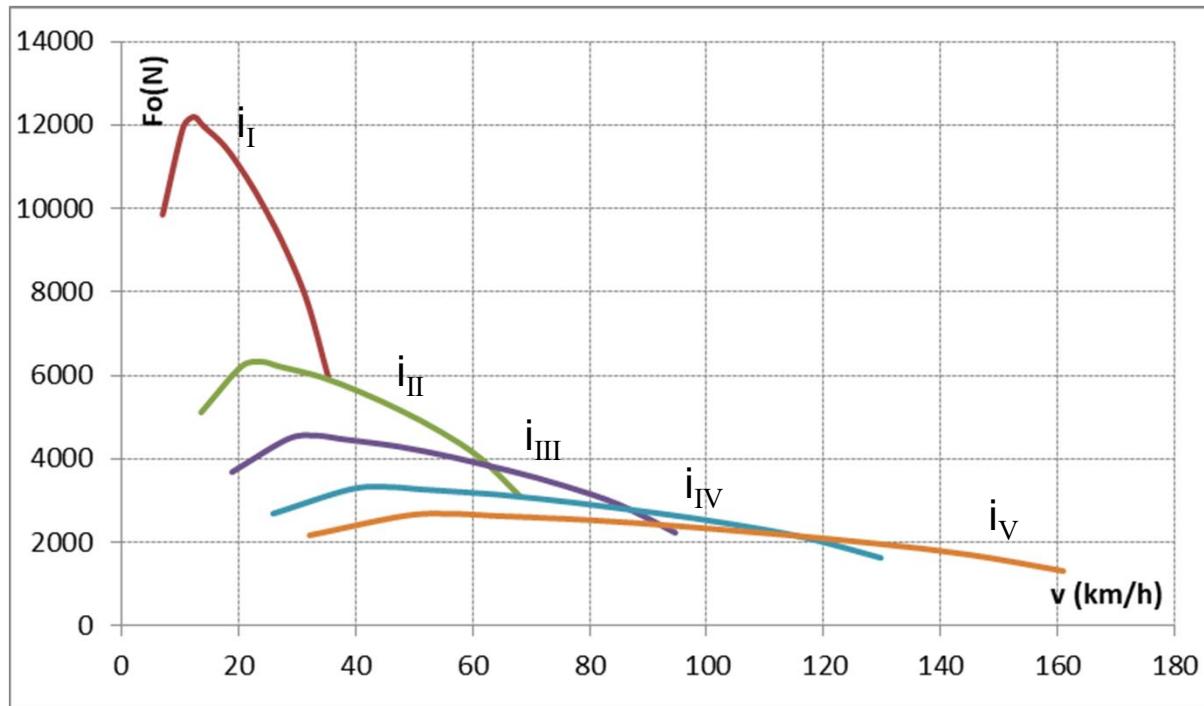
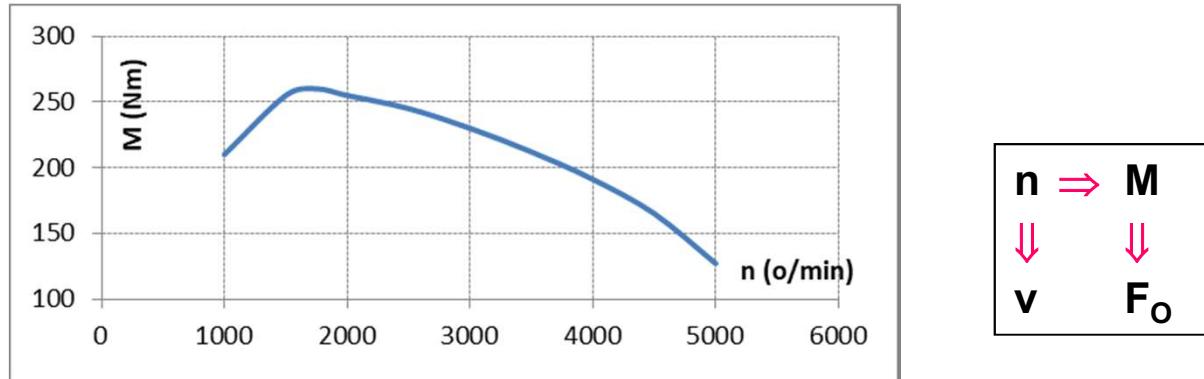
Određivanje vučno-brzinske karakteristike - primer

		Karakteristika motora										
		n (o/min)	1000	1500	1750	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
		M (Nm)	210	255	260	255	245	230	212	191.08	165	127
i _{GP} =	4.1	Vučno brzinska karakteristika										
i ₁ =	4.55	v1	7.073171	10.60976	12.37805	14.14634	17.68293	21.21951	24.7561	28.29268	31.82927	35.36585
		Fo1	9849.84	11960.52	12195.04	11960.52	11491.48	10787.92	9943.648	8962.416	7739.16	5956.808
i ₂ =	2.36	v2	13.63683	20.45525	23.86446	27.27367	34.09208	40.9105	47.72892	54.54733	61.36575	68.18417
		Fo2	5108.928	6203.698	6325.339	6203.698	5960.416	5595.493	5157.584	4648.638	4014.158	3089.685
i ₃ =	1.7	v3	18.93113	28.3967	33.12948	37.86227	47.32783	56.7934	66.25897	75.72453	85.1901	94.65567
		Fo3	3680.16	4468.766	4556.389	4468.766	4293.52	4030.651	3715.209	3348.595	2891.554	2225.621
i ₄ =	1.24	v4	25.95397	38.93096	45.41945	51.90795	64.88493	77.86192	90.83891	103.8159	116.7929	129.7699
		Fo4	2684.352	3259.57	3323.483	3259.57	3131.744	2940.005	2709.917	2442.505	2109.134	1623.394
i ₅ =	1	v5	32.18293	48.27439	56.32012	64.36585	80.45732	96.54878	112.6402	128.7317	144.8232	160.9146
		Fo5	2164.8	2628.686	2680.229	2628.686	2525.6	2370.971	2185.417	1969.762	1700.914	1309.189

$$F_o = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D} \quad v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}$$

$n \Rightarrow M$
↓
$v \Rightarrow F_o$

Određivanje vučno-brzinske karakteristike - primer

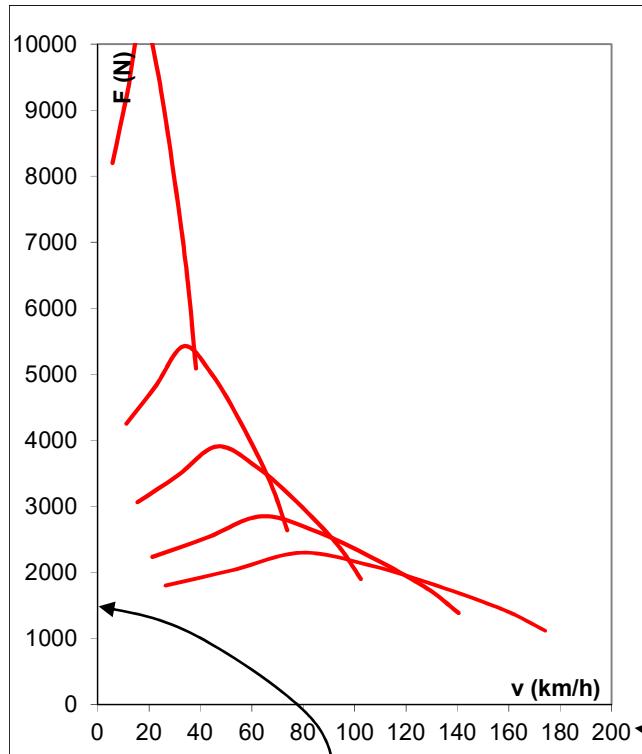


$$F_o = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

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

Vučni dijagram snage na točku

Umesto obimne sile F_O (levo), vučni dijagram može da se prikaže i kao zavisnost raspoložive snage na točku P_T od brzine kretanja (desno):



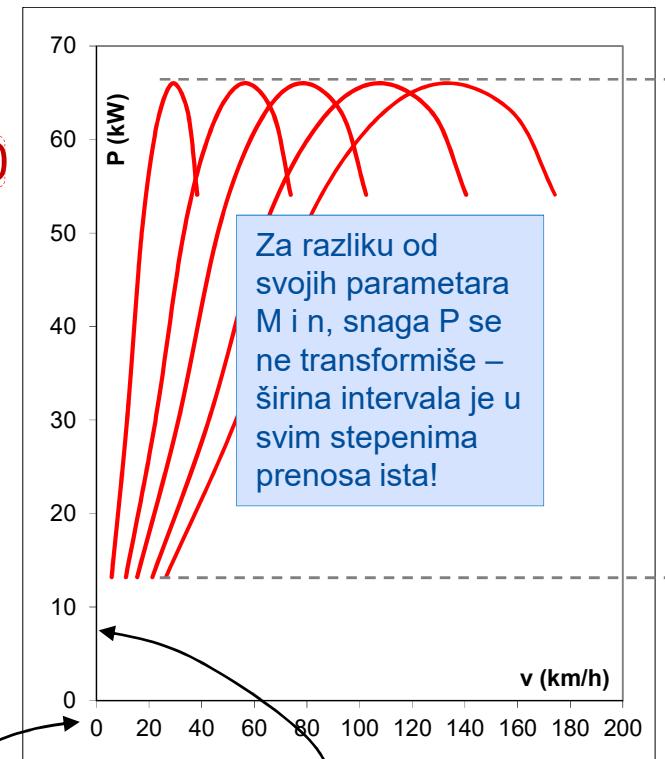
$$F_O = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

Veza F_O i P_T :

$$P_T = F_O \cdot v / 3600$$

Faktor konverzije
[W] u [kW] i [m/s] u
[km/h]

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



$$P_T = \eta_{TR} \cdot P$$

Idealna hiperbola vuče

Idealna hiperbola vuče predstavlja hipotetičku krivu **obimne sile**, pod prepostavkom da je maksimalna snaga motora P_{MAX} dostupna pri svim brojevima obrtaja motora.

Idealna hiperbola predstavlja vučni potencijal motora, bez uzimanja u obzir uticaja raspoloživih prenosnih odnosa transmisije.

Ako je maksimalna snaga motora P_{MAX} , tada će maksimalna snaga na točku P_{TMAX} biti:

$$P_{TMAX} = \eta_{TR} \cdot P_{MAX}$$

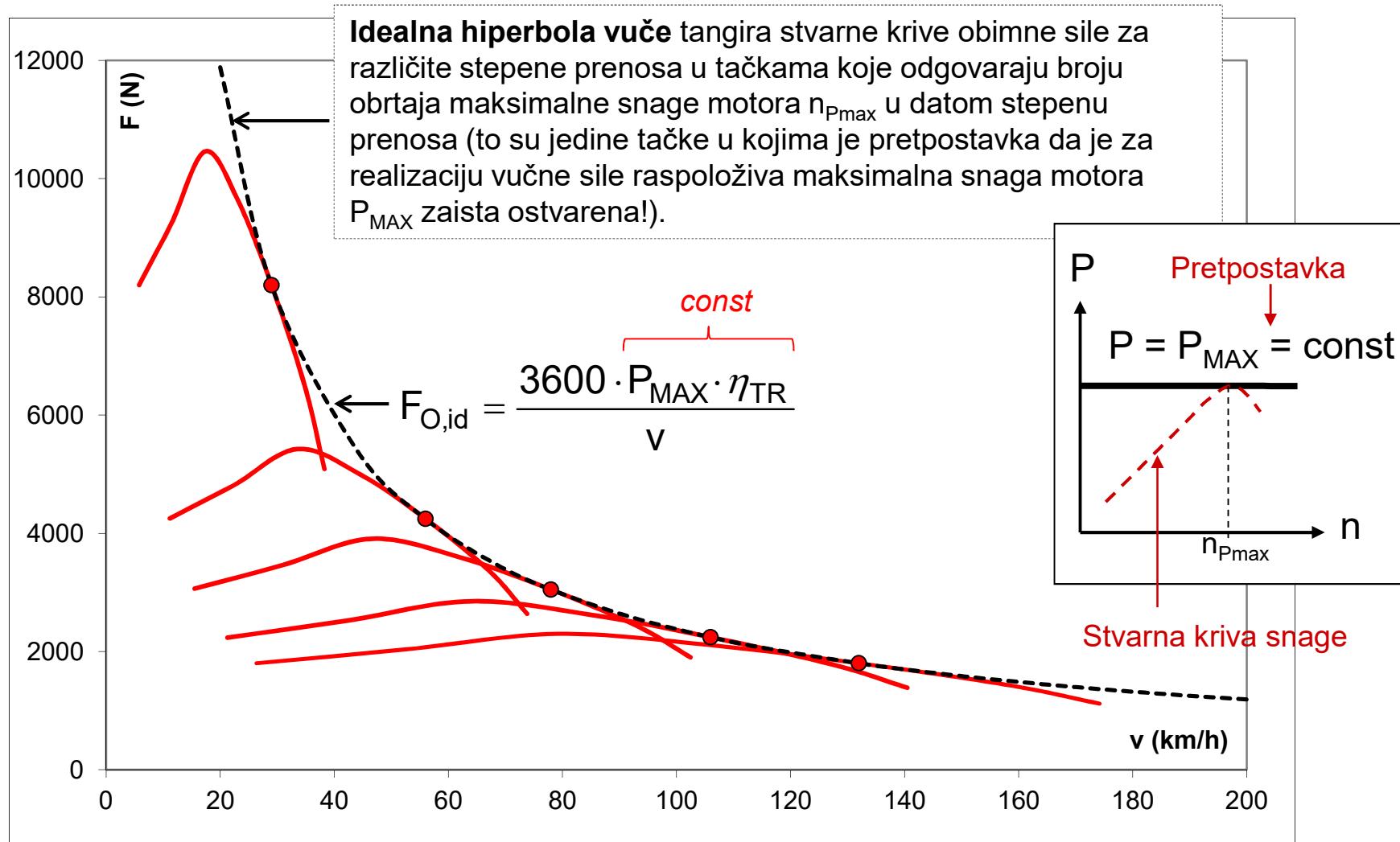
Na osnovu relacije $P = F \cdot v$, stavljajući snagu P u [kW] i brzinu v u [km/h], sledi

$$P_{TMAX} = \frac{F_{O,id} \cdot v}{3600}$$

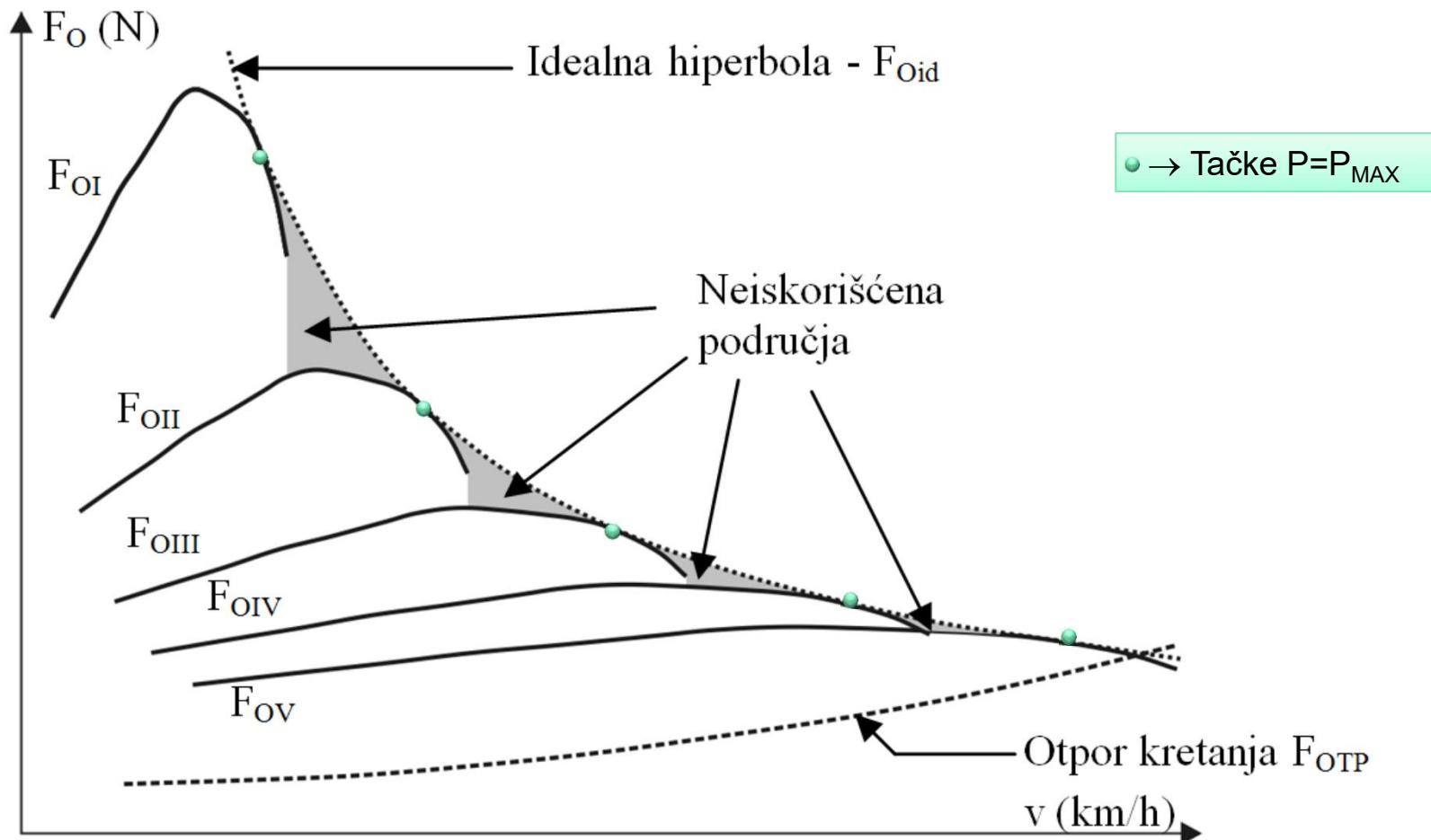
Odavde sledi izraz za obimnu silu idealne hiperbole $F_{O,id}$ u funkciji brzine kretanja:

$$F_{O,id} = \frac{3600 \cdot P_{MAX} \cdot \eta_{TR}}{v} \quad (\text{kW, N, km/h})$$

Idealna hiperbola vuče



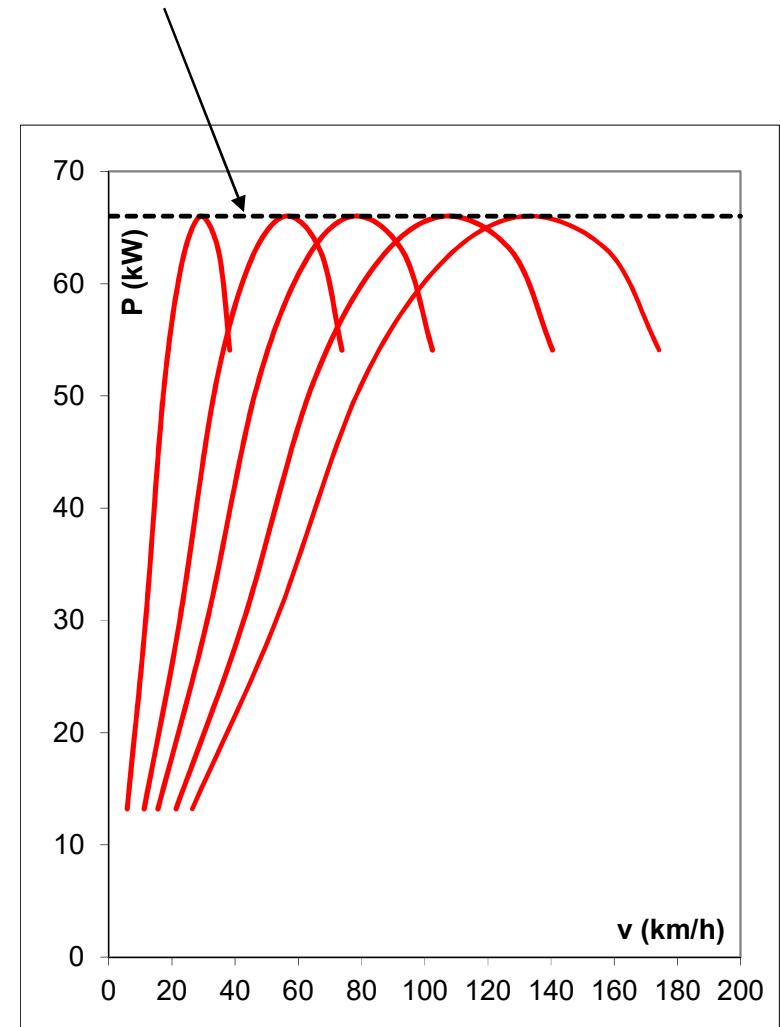
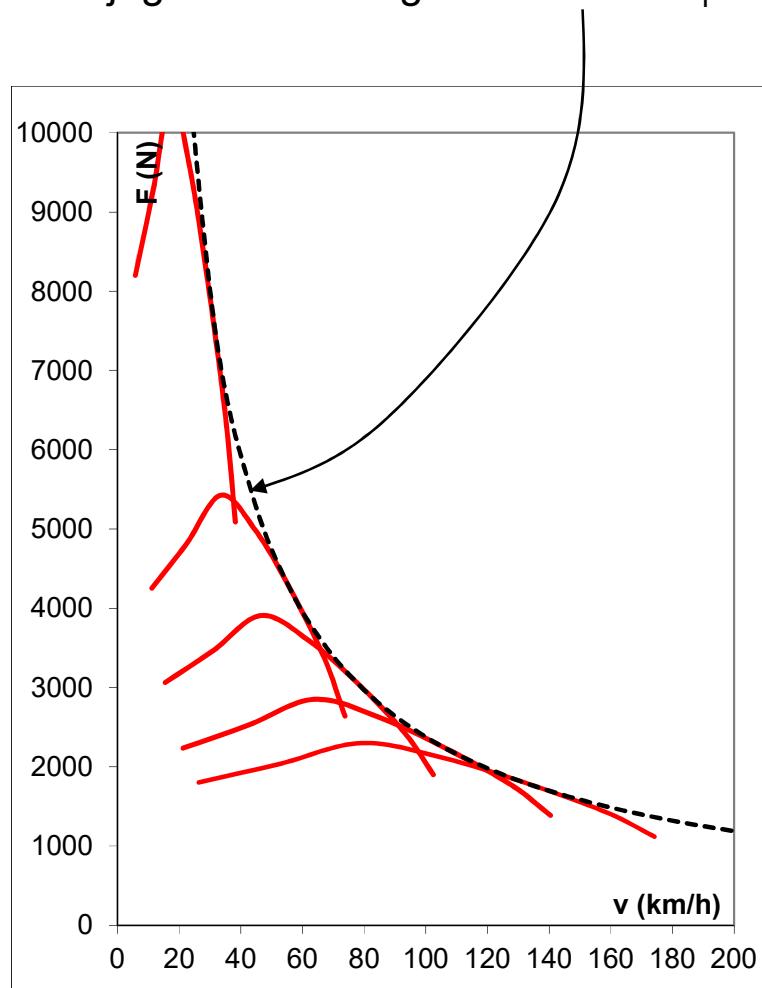
Idealna hiperbola vuče



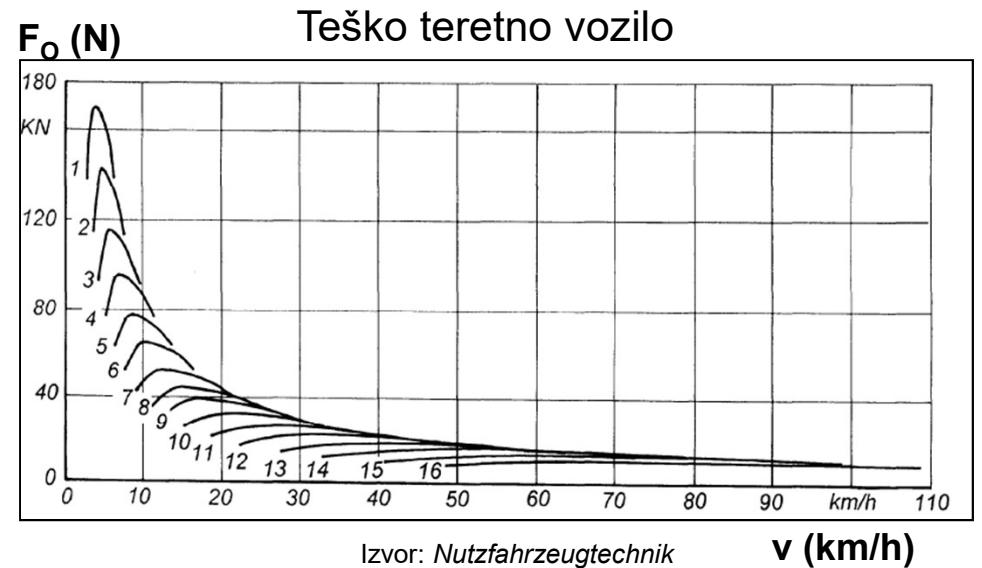
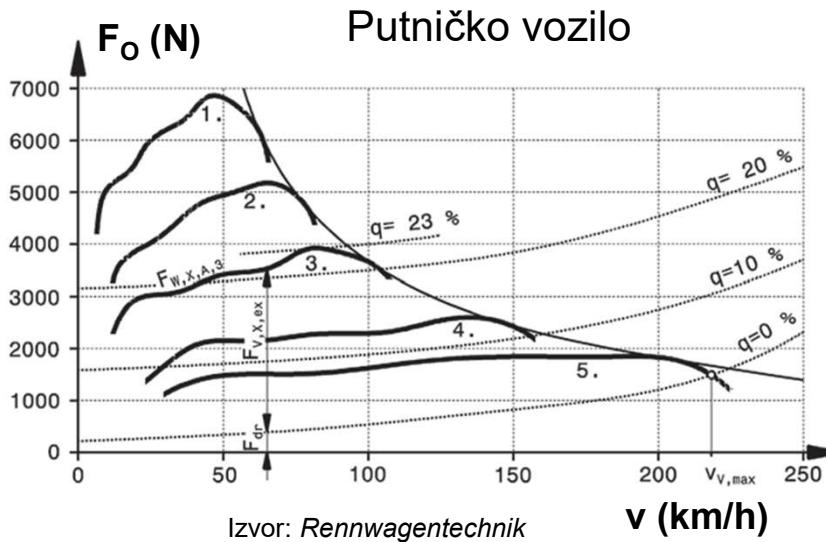
Neiskorišćena područja – kombinacije F_O i v koje sa datom transmisijom ne mogu da se realizuju; zavise od broja i rasporeda prenosnih odnosa transmisije i njihove usklađenosti sa brzinskom karakteristikom motora.

Idealna hiperbola vuče

Idealna hiperbola na dijagramu sa obimnom silom F_O predstavlja isto što i linija maksimalne snage na dijagramu sa snagom na točku P_T .



Vučni dijagram - primeri



Upotreba vučno-brzinske karakteristike

Određivanje vučno-dinamičkih performansi vozila:

- Maksimalna brzina
- Mogućnost savladavanja uspona
- Ubrzanje, vreme i put zaleta