

Potrošnja goriva



Potrošnja goriva

Ključni faktori:

1. ENERGIJA potrebna za kretanje vozila na određenoj deonici puta

- Povećanje E_K pri ubrzavanju, Π_α pri penjanju, kompenzacija energetskih gubitaka usled dejstva F_f i F_w
- Zavisi od parametara vozila i njegove interakcije sa okolinom (c_w , A, G, f)
- Zavisi od parametara voznog ciklusa (profil brzine u vremenu $v=v(t)$, uzdužni nagib podloge ($\alpha=\alpha(s)$), promenljivost f (npr. uticaj krivina i dr.)...)

2. ENERGETSKA EFIKASNOST pogonskog motora

- η_e odnosno g_e , intenzivno varira sa opterećenjem i brojem obrtaja

3. PARAMETRI TRANSMISIJE

- Raspoloživi prenosni odnosi i način njihovog korišćenja (uticaj na radni režim motora a time na njegovu energetsku efikasnost)
- Energetski gubici u okviru same transmisije – η_{TR}

POTROŠNJA GORIVA – rezultat ukupnog dejstva ovih faktora

Za iskazivanje potrošenog goriva u jedinici mase ili zapremine potrebno je poznavati i karakteristike samog goriva (H_D , ρ)

Potrošnja goriva

ENERGIJA potrebna za kretanje vozila

$$P_T = \frac{dE}{dt} \Rightarrow E = \int_0^{\tau} P_T(t) \cdot dt$$

E – energija potrebna za kretanje vozila u vremenskom intervalu dužine τ (tj. na određenoj deonici puta)

P_T – potrebna snaga na pogonskom točku

$$P_T(t) = P_f(t) + P_w(t) + P_{IN}(t) + P_\alpha(t) \Rightarrow E = E_f + E_w + E_{IN} + E_\alpha$$

Ukupna energija potrebna za kretanje vozila u određenom vremenskom intervalu tj. na određenoj deonici puta jednaka je sumi energija potrebnih za savlađivanje parcijalnih otpora kretanja.

Ova energija se pogonskom točku dovodi od goriva, preko motora i transmisije, uz gubitke.

Potrošnja goriva

ENERGETSKA EFIKASNOST pogonskog motora

Maksimalne vrednosti stepena korisnosti motora:

$\eta_{eMAX} = 35\%$ (Oto motor)

$\eta_{eMAX} = 43\%$ (Dizel motor)

Tokom eksploatacije motor radi na različitim režimima, η_e značajno varira, u proseku se može smatrati:

$\eta_{eSR} \sim 15 \div 20\%$ (srednja vrednost)

 sledeći slajd

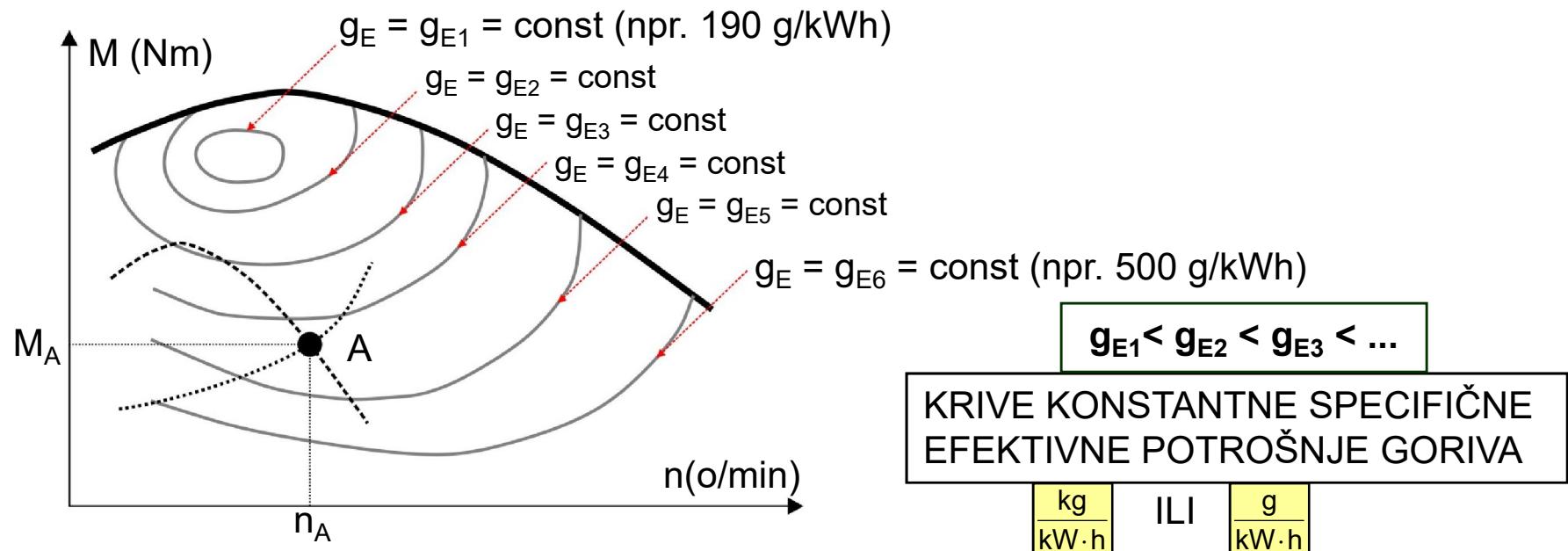
Energetska efikasnost motora obično se iskazuje kroz specifičnu efektivnu potrošnju goriva, g_E , obrnuto proporcionalnu stepenu korisnosti

$g_E \left[\frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right]$ – količina goriva u [kg] (ili [g]) potrebna da se radom motora dobije 1 kWh mehaničke energije

Potrošnja goriva

ENERGETSKA EFIKASNOST pogonskog motora

“ŠKOLJKASTI DIJAGRAM” – linije konstantne specifične efektivne potrošnje g_E [g/kWh] u zavisnosti od M i n



Zone najviših stepena korisnosti odnosno minimalne specifične efektivne potrošnje po pravilu se nalaze **u zoni većih opterećenja motora, blizu spoljne karakteristike.**

Na malim opterećenjima energetska efikasnost motora je po pravilu lošija.

Potrošnja goriva

UTICAJ PARAMETARA TRANSMISIJE

- Uticaj prenosnih odnosa i njihovog izbora
(strategija upravljanja menjačem)

Odgovarajućim izborom stepena prenosa tj. prenosnog odnosa omogućava se rad motora u području niže specifične efektivne potrošnje, za isti režim kretanja vozila.

→ *detaljnije u nastavku*

Potrošnja goriva

HIPERBOLE KONSTANTNE SNAGE

Jedan režim kretanja vozila definisan je parom F_{O1}, v_1 .

Za ovaj režim potrebna snaga na točku vozila iznosi: $P_{T1} = F_{O1} \cdot v_1 / 3600 = \text{const}$

Potrebna snaga motora iznosi: $P_{MOT1} = P_{T1} / \eta_{TR} = \text{const}$

Pošto je $P_{MOT} = M \cdot n / 9554$, sledi:

$$P_{MOT} = P_{MOT1} = \text{const} \Rightarrow M \cdot n = \text{const}$$

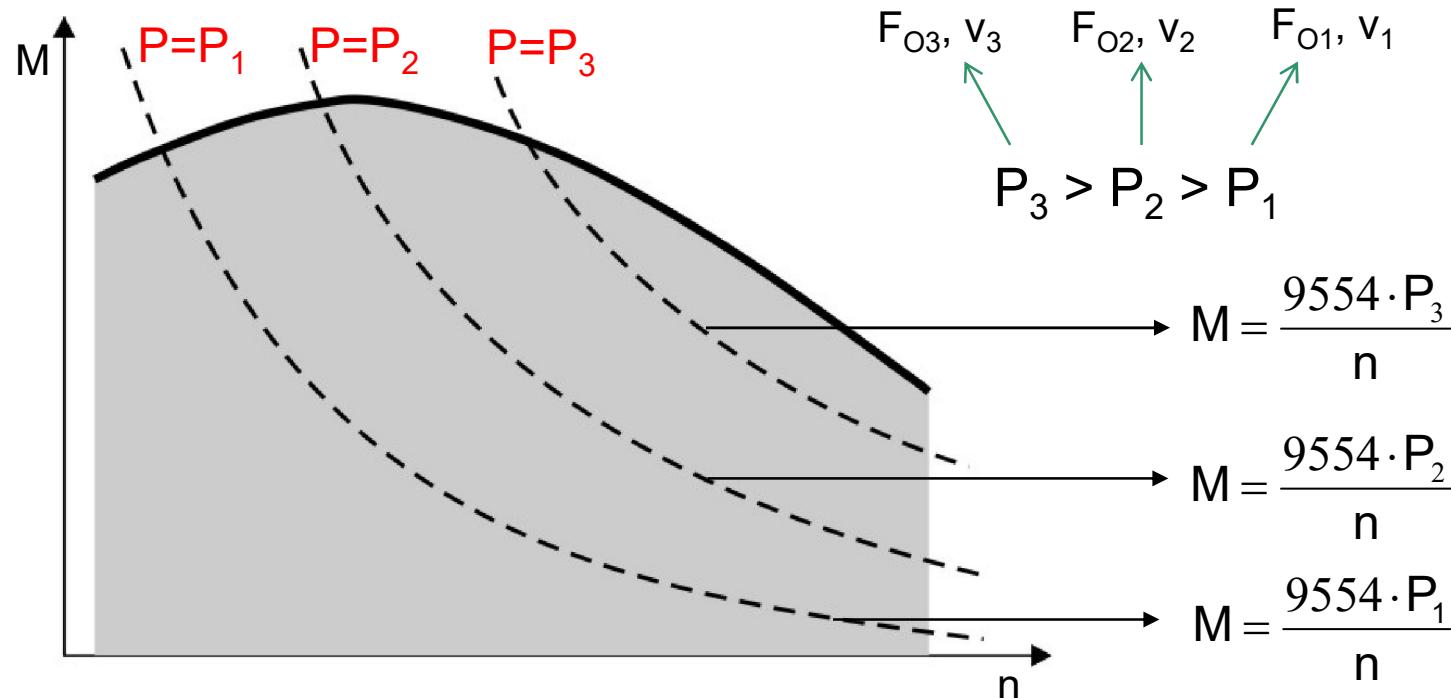
Odnosno: posmatrani režim kretanja vozila (F_{O1}, v_1) se može realizovati pri bilo kojoj radnoj tački motora koja leži na hiperboli: $M \cdot n = \text{const} = P_{MOT1}$

Hiperbola konstantne snage predstavlja krivu $M \cdot n = \text{const}$ na dijagramsном prikazu karakteristike motora.

Potrošnja goriva

HIPERBOLE KONSTANTNE SNAGE

$$M \cdot n = \text{const} \Rightarrow M = \frac{\text{const}}{n} - \text{jednačina hiperbole}$$



Napomena: hiperbole konstantne snage nemaju veze sa karakteristikom motora!

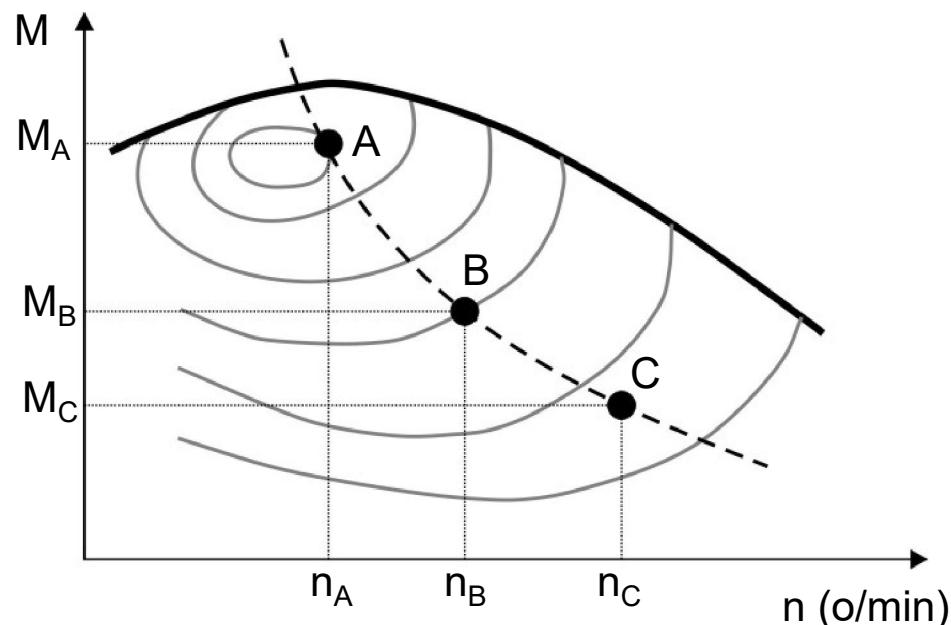
One samo daju podatke o mogućim kombinacijama M i n za realizaciju date kombinacije F_O i v .

Potrošnja goriva

UTICAJ PRENOSNOG ODNOŠA NA POTROŠNJU GORIVA

Posmatra se režim kretanja $F_{O1}, v_1 \Rightarrow P_T = \text{const}, P = \text{const}$

$$P_A = P_B = P_C$$



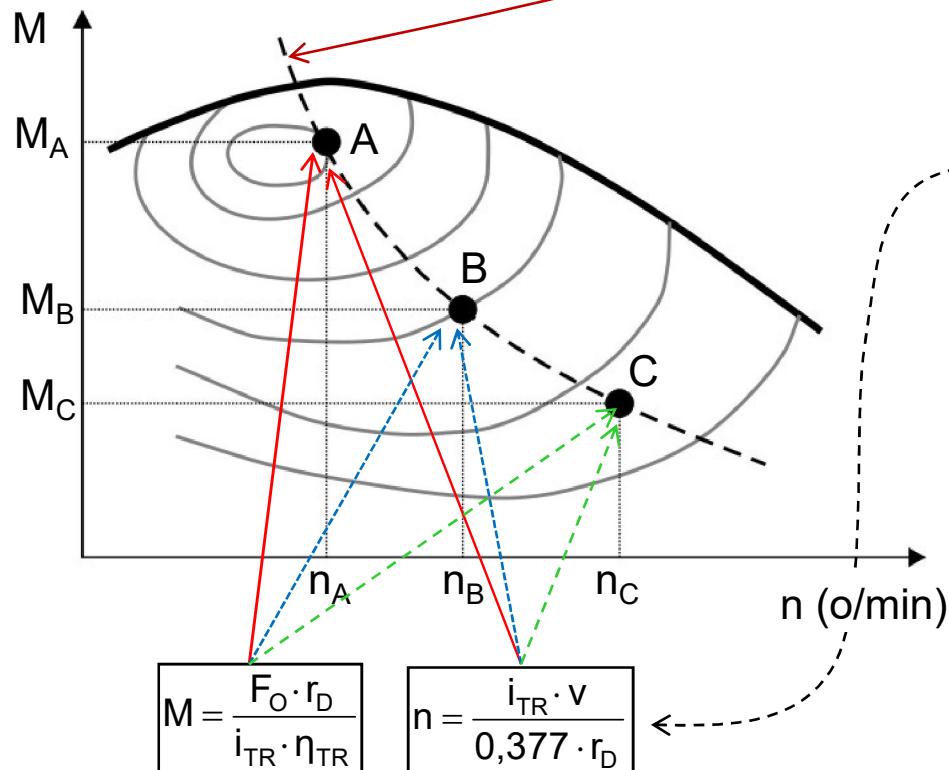
Zadati režim kretanja vozila (npr: F_{O1}, v_1) može se realizovati za bilo koji radni režim motora (tj. par $M-n$) koji odgovara potrebnoj snazi, tj. radni režim motora može biti na bilo kojoj tački odgovarajuće hiperbole konstantne snage.

Za zadati režim kretanja vozila (F_{O1}, v_1), režim rada motora (M, n) jednoznačno je određen kada izaberemo prenosni odnos transmisije i_{TR} .

Potrošnja goriva

UTICAJ PRENOSNOG ODNOŠA NA POTROŠNJU GORIVA

Posmatra se režim kretanja F_{O1}, v_1



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

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

$$i_{TR} = i_{TR1} \Rightarrow M_A, n_A$$

$$i_{TR} = i_{TR2} \Rightarrow M_B, n_B$$

$$i_{TR} = i_{TR3} \Rightarrow M_C, n_C$$

Adekvatnim izborom prenosnog odnosa moguće je, u okviru jednog režima kretanja vozila, izabrati režim motora sa boljim stepenom korisnosti. Takvi režimi se po pravilu nalaze u zoni većeg opterećenja \Rightarrow ovo se postiže manjim prenosnim odnosima (viši stepeni prenosa)

Izračunavanje potrošnje goriva

Kretanje vozila u stacionarnom režimu ($F_O = \text{const}$, $v = \text{const}$)

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

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

$$\left. \begin{array}{l} M = \dots \\ n = \dots \end{array} \right\}$$

→ SA DIJAGRAMA OČITAVAMO g_E

grafički prikaz na sledećem slajdu

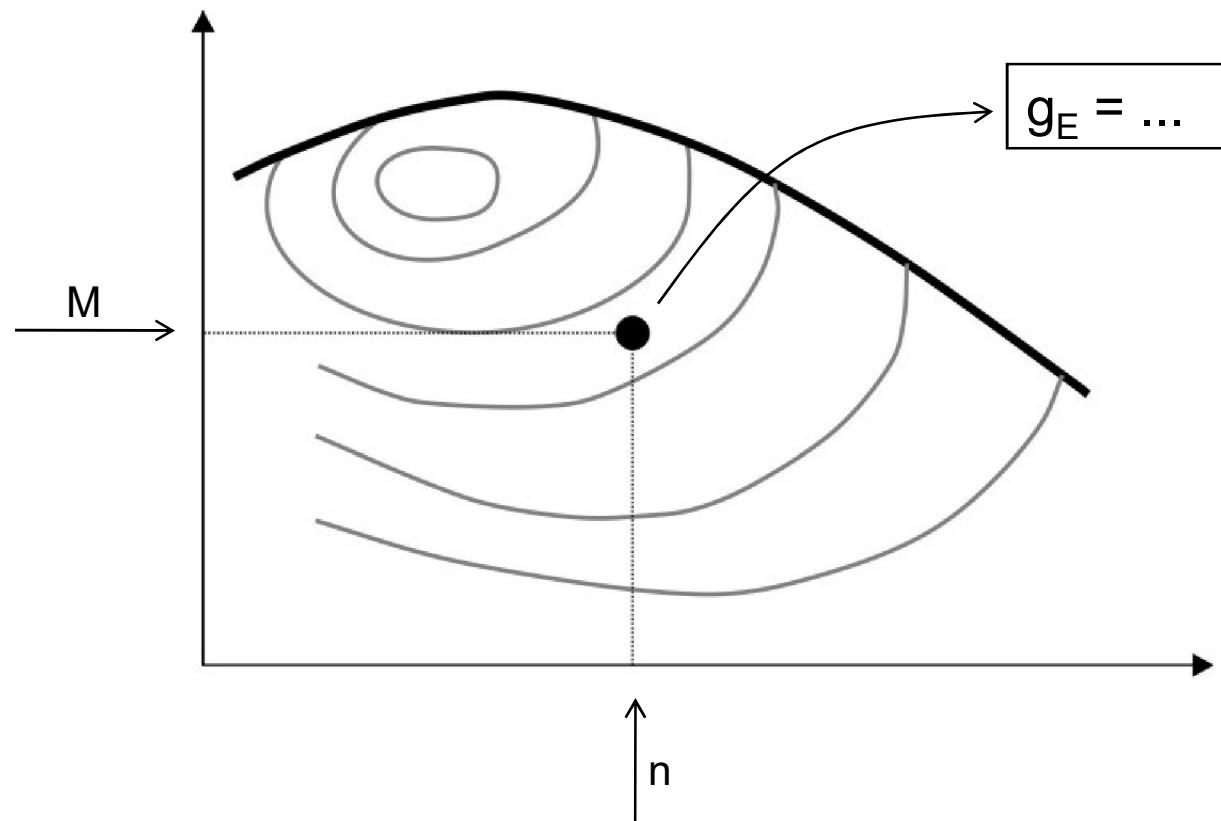
Određujemo režim rada motora

Parametri režima kretanja vozila (vrednosti za F_O i v) moraju biti zadati kao ulazni podaci

(ili moramo raspolagati drugim podacima iz kojih ih možemo izračunati)

Izračunavanje potrošnje goriva

Kretanje vozila u stacionarnom režimu ($F_o = \text{const}$, $v = \text{const}$)



Izračunavanje potrošnje goriva

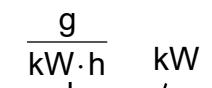
Kretanje vozila u stacionarnom režimu ($F_o = \text{const}$, $v = \text{const}$)

Odredili smo: $g_E \left[\frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right]$

Za poznavanje količine (mase) potrošenog goriva moramo izračunati snagu motora:

$$P = \frac{M \cdot n}{9554}$$

KOLIČINA GORIVA POTROŠENOOG U JEDINICI VREMENA: $Q = \frac{g_E \cdot P}{1000}, \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$



Izračunavanje potrošnje goriva

Kretanje vozila u stacionarnom režimu ($F_O = \text{const}$, $v = \text{const}$)

$$Q = \frac{g_E \cdot P}{1000}, \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

DALJE PRERAČUNAVANJE:

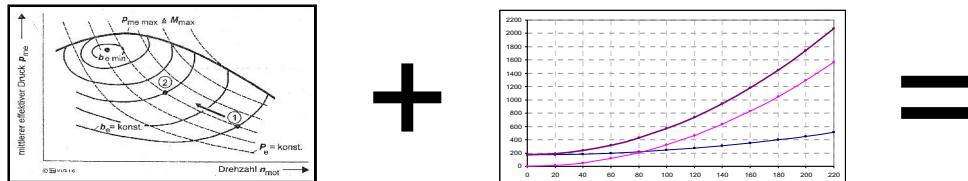
$$V_{\text{m}^3/\text{h}} = \frac{Q}{\rho_{\text{gor}}}, \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \Rightarrow V_{\text{l/h}} = \frac{1000 \cdot Q}{\rho_{\text{gor}}}, \left[\frac{\text{l}}{\text{h}} \right]$$

$$V_{\text{km}} = \frac{V_{\text{l/h}}}{v}, \left[\frac{\text{l}}{\text{km}} \right] \Rightarrow V_{100\text{ km}} = 100 \cdot V_{\text{km}}, \left[\frac{\text{l}}{100\text{ km}} \right]$$

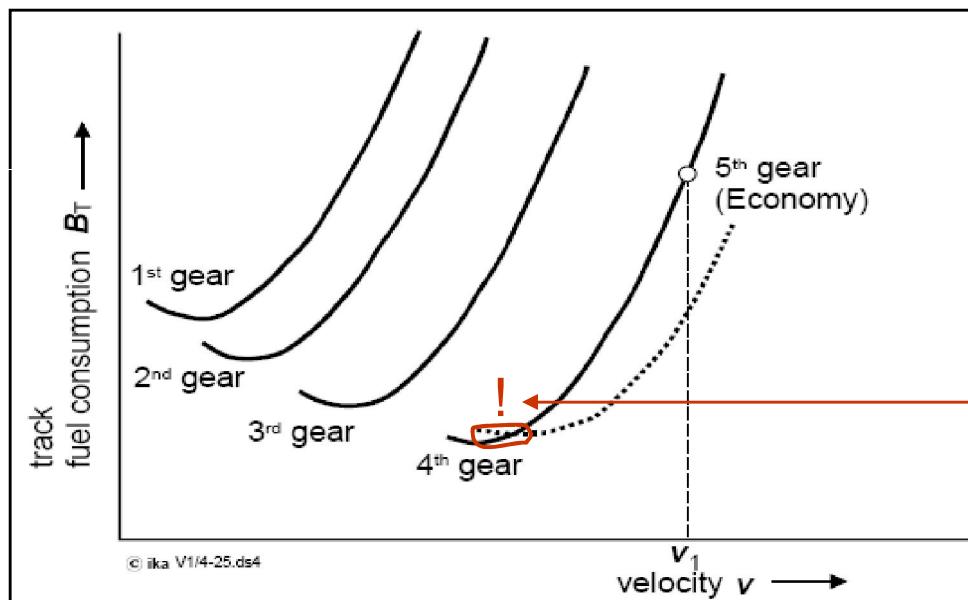
$$V_{100\text{ km}} = 100 \cdot \frac{g_E \cdot P}{\rho_{\text{gor}} \cdot v}$$

POTROŠNJA U [l/100km]
 g_E (g/kWh), P (kW), ρ_{gor} (kg/m³), v (km/h)

Potrošnja goriva u stacionarnom režimu



KRIVE POTROŠNJE GORIVA U ZAVISNOSTI OD BRZINE I STEPENA PRENOŠA



Izvor: Walentowitz

I u štednom stepenu može doći do narušavanja optimalne ekonomičnosti ukoliko dođe do rada motora na režimu sa suviše velikim g_e !

Za svaki stepen prenosa postoji optimalna brzina sa stanovišta potrošnje, tako da sa smanjenjem brzine potrošnja raste zbog rada motora u području većih g_e !

Manja potrošnja goriva postiže se u višim stepenima prenosa zbog većeg opterećenja motora i odgovarajućih povoljnih vrednosti g_e , a ne zbog sniženja broja obrtaja!

Potrošnja goriva u nestacionarnom režimu

$$F_O \neq \text{const}, v \neq \text{const} \text{ tj. } F_O = F_O(t), v = v(t)$$

OPŠTI POSTUPAK KOD IZRAČUNAVANJA:

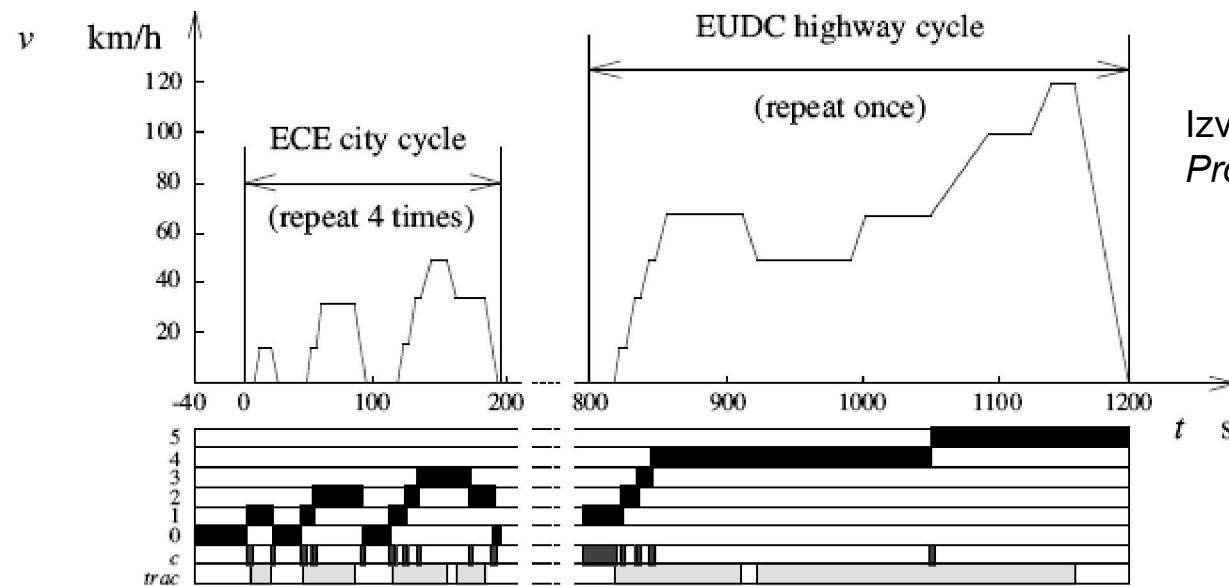
- Potrebno je poznavati vozni ciklus i uslove rada (profil brzine $v=v(t)$ itd.)
- Ciklus se deli na vremenske intervale (što manji intervali Δt)
- Obično veliki broj tačaka → upotreba računara
- Za svaki interval izračunati potrošnju goriva kao za stacionarni, uzimajući u obzir i srednju vrednost inercijalne sile
motor radi na nestacionarnom režimu – karakteristika odstupa od stacionarne → ali odstupanja nisu znatna (podaci stacionarne krakteristike su upotrebljivi u praksi); stvarna potrošnja u nestacionarnim uslovima je za 2-5% veća (*The Automotive Chassis Vol. 2*)
- U svakom intervalu potrebno je uzeti u obzir da li se vozilo nalazi u režimu pogona ili kočenja / mirovanja / slobodnog kotrljanja ($F_O <, =, > 0$)
- Odrediti ukupnu potrošnju goriva kao zbir iz niza posmatranih malih vremenskih intervala

$$V_{UK} = \sum V_i$$

Potrošnja goriva u nestacionarnom režimu

Standardni vozni ciklusi

INFORMATIVNO



Izvor: *Vehicle Propulsion Systems*

Fig. 2.6. European test cycle MVEG-95, gears 1–5, “c”: clutch disengaged, “trac”: traction time intervals. Total length: 11.4 km, duration: 1200 s, average speed: urban 5.12 m/s, extra-urban 18.14 m/s, overall 9.5 m/s. The cycle includes a total of 13 gear shifts.

Standardni evropski vozni ciklus: MVEG-95 = 4xECE + 1xEUDC

Standardizovani ciklus omogućava međusobnu uporedivost potrošnje goriva kod različitih vozila.

Potrošnja goriva u nestacionarnom režimu

Standardni vozni ciklusi

INFORMATIVNO

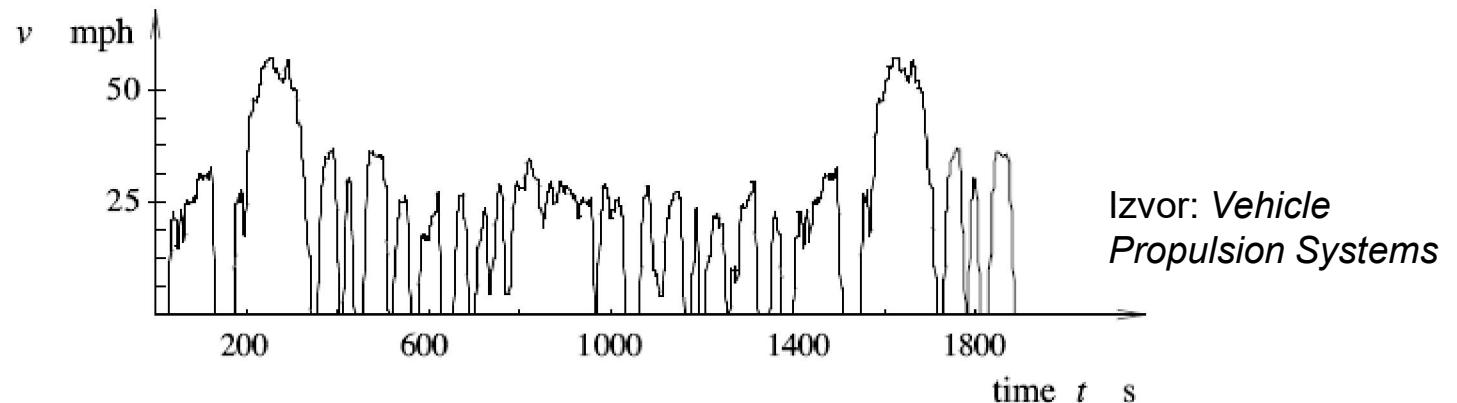
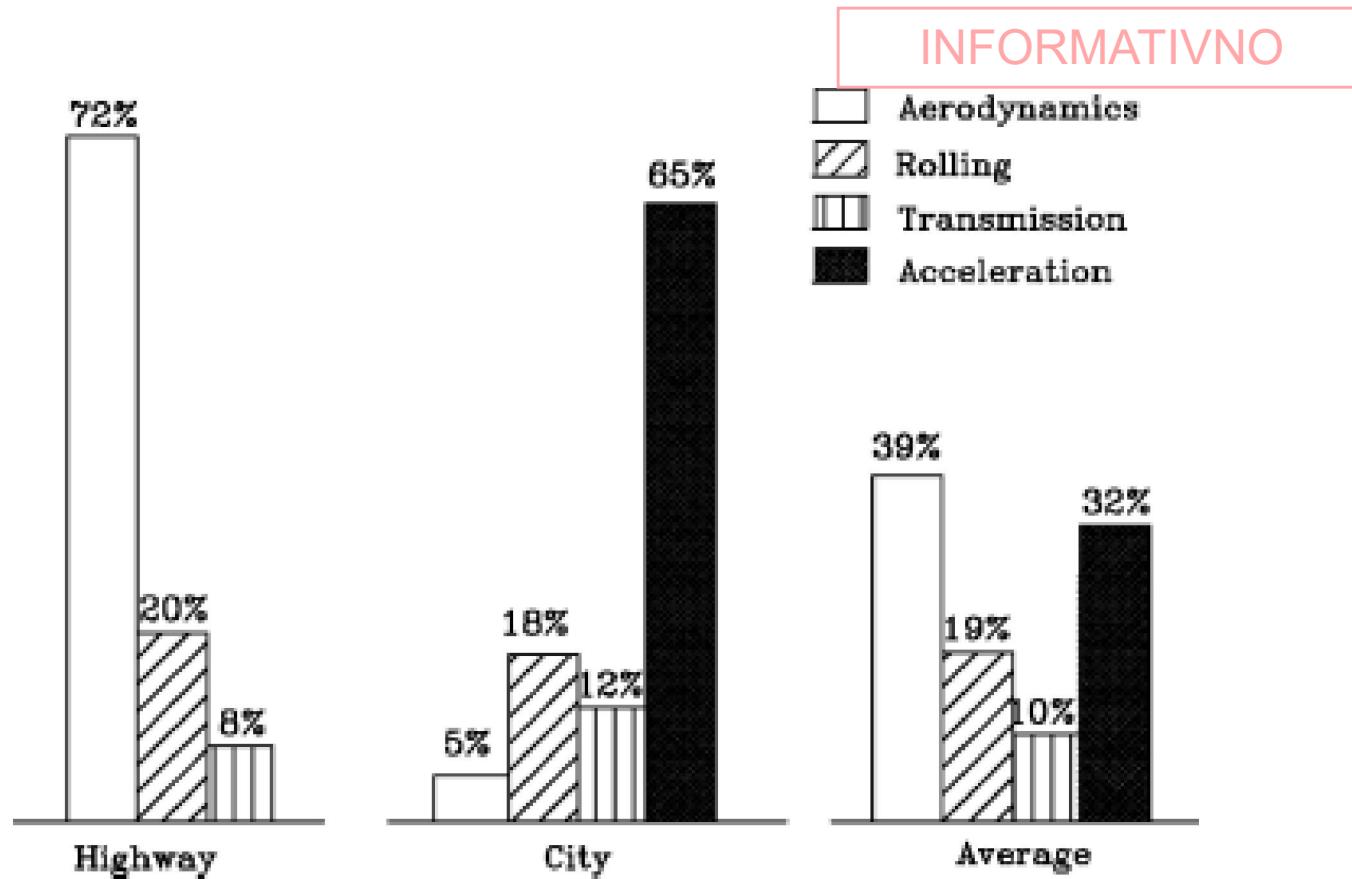


Fig. 2.5. US test cycle FTP-75 (Federal Test Procedure), length: 11.12 miles (17.8 km), duration: 1890 s, average speed: 21 mph (9.43 m/s).

Standardni SAD vozni ciklus

Potrošnja goriva u nestacionarnom režimu

Struktura potrošnje goriva u različitim režimima kretanja - primer



Izvor: *The Automotive Chassis Vol.2*