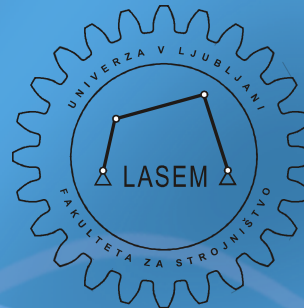


Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



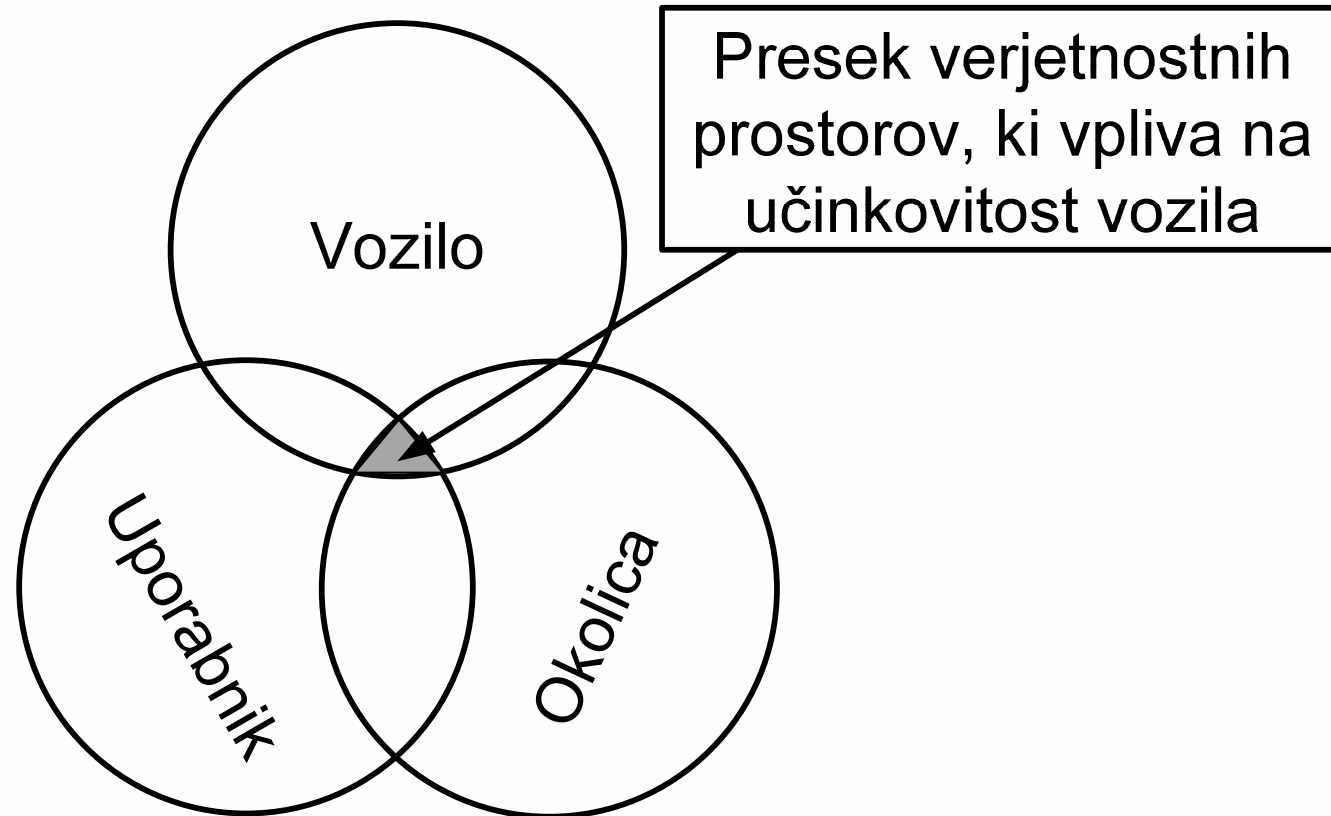
Katedra za strojne elemente in razvojna vrednotenja



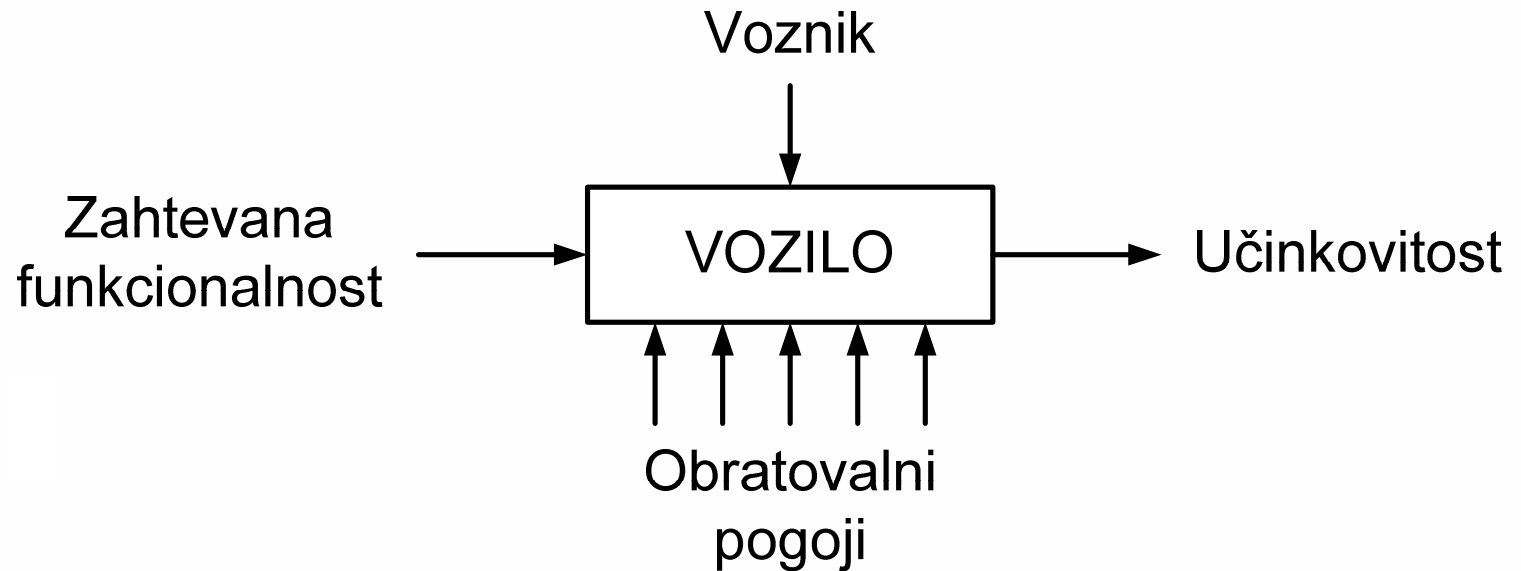
TRANSMISIJE VOZIL – Bilanca vlečnih sil in pogon vozila

Izr. prof. dr. Jernej Klemenc

Vozilo – interakcije in učinkovitost



Vozilo – interakcije in učinkovitost



Učinkovitost (efektivnost) vozila je verjetnost, da bo vozilo pri določenih pogojih uporabe, pogojih okolja in pogojih vzdrževanja dosegalo zahteve glede na pripravljenost na obratovanje, razpoložljivost in zmogljivost.

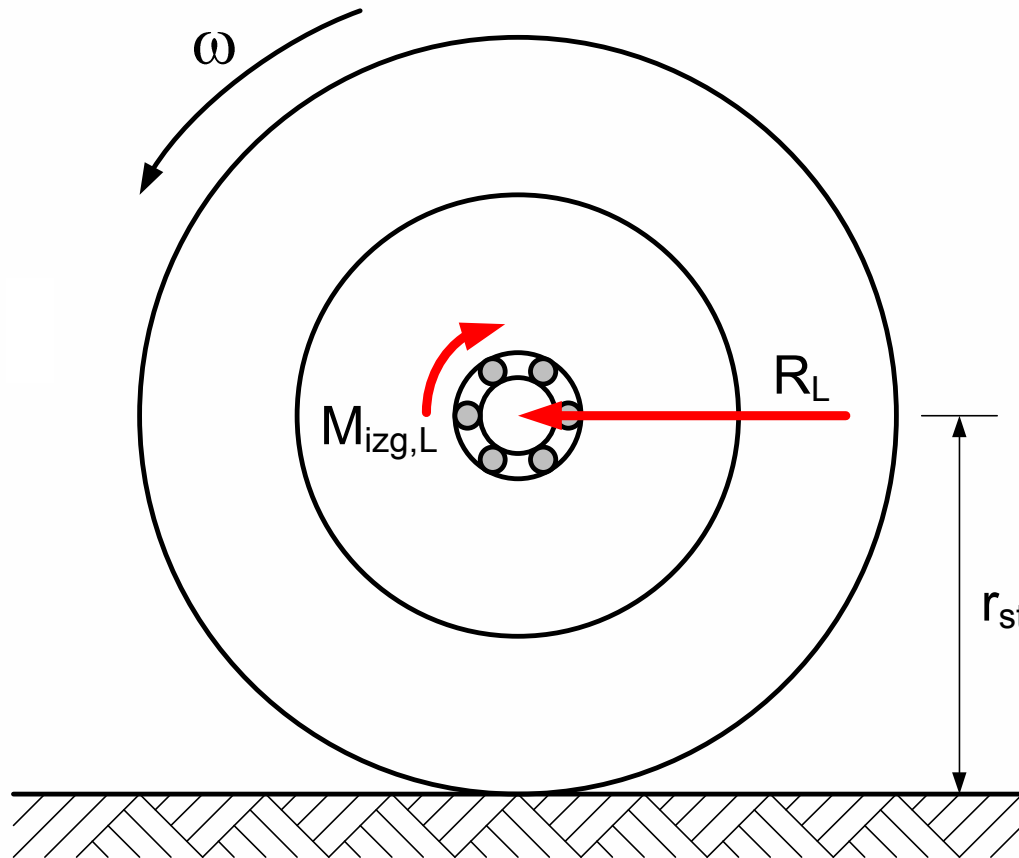


Upori, ki delujejo na vozilo

- Upor ležajev
- Kotalni upor
- Zračni upor
- Upor strmine
- Upor priklopnega vozila



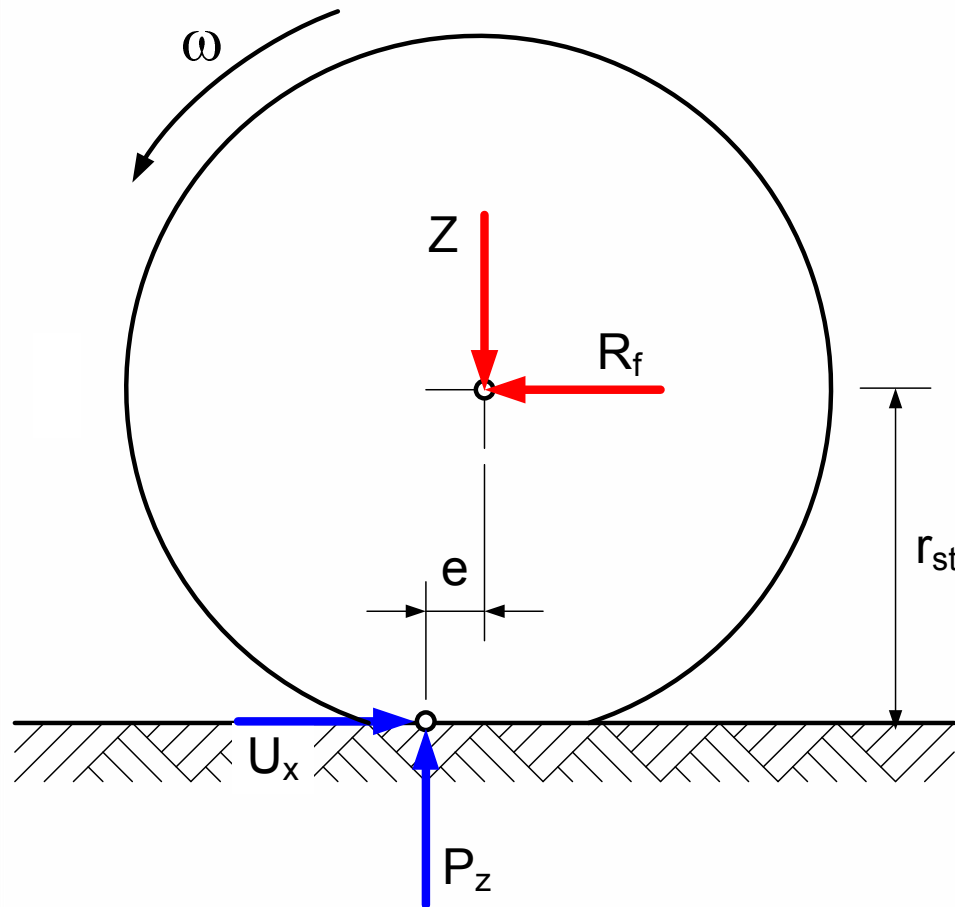
Upor ležajev



$$R_L = \frac{M_{izg,L}}{r_{st}}$$



Kotalni upor



$$P_z = Z$$

$$U_x = R_f$$

$$\sum M = 0$$

$$Z \cdot e - R_f \cdot r_{st} = 0$$

$$R_f = Z \cdot \left(\frac{e}{r_{st}} \right) = Z \cdot f$$

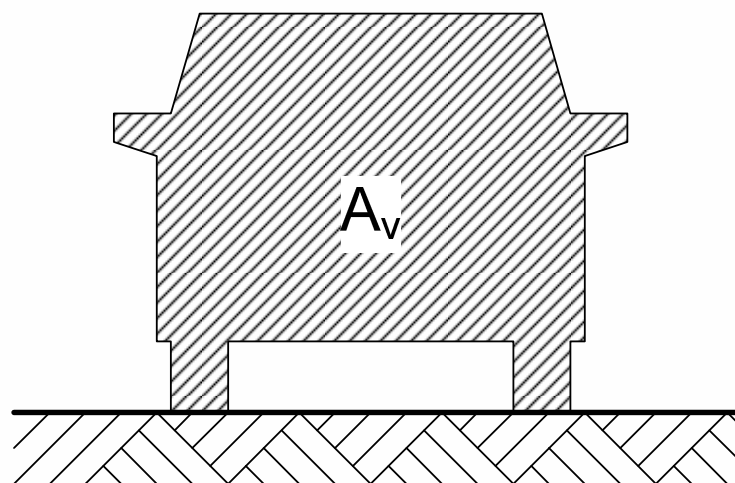
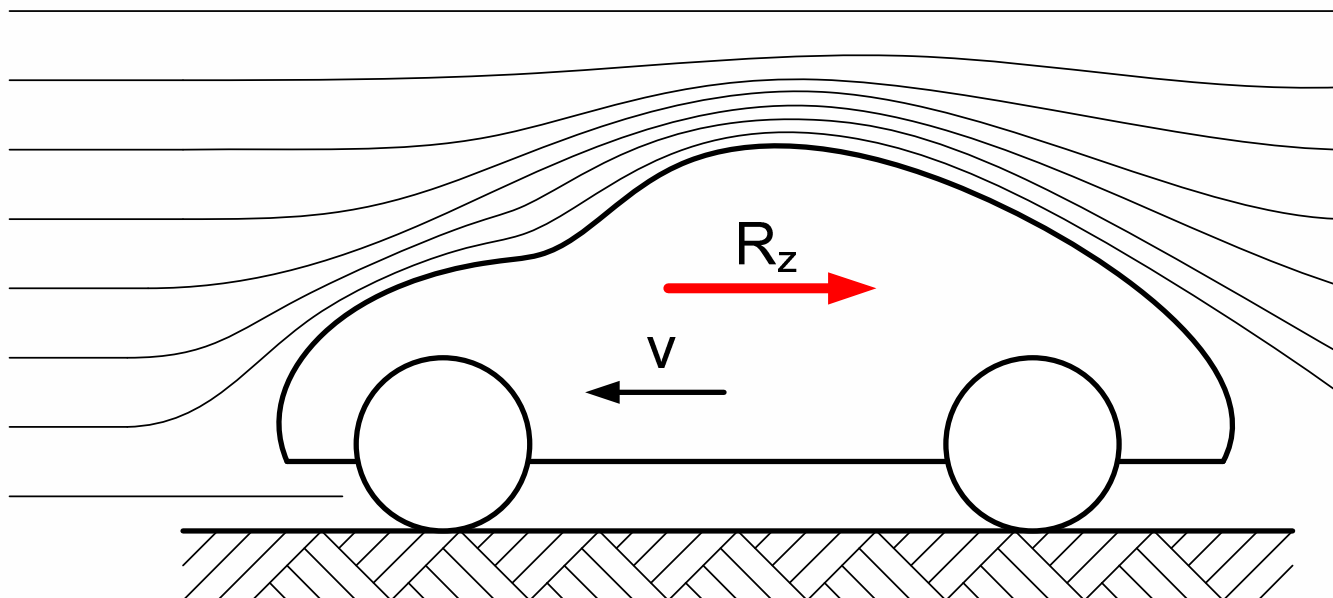


Kotalni upor

- Tipične vrednosti kotalnih uporov za cestno vozilo s pnevmatikami:
 - $f = 0,01 - 0,015$ (pnevmatika na asfaltu ali betonu)
 - $f = 0,035$ (pnevmatika na makadamski cesti)
 - $f = 0,3$ (pnevmatika na sipkem pesku)
- Tipična vrednost kotalnega upora za železniško vozilo:
 - $f = 0,001$



Zračni upor



$$R_z = c^* \cdot A_v \cdot \rho_z \cdot \frac{v_v^2}{2}$$

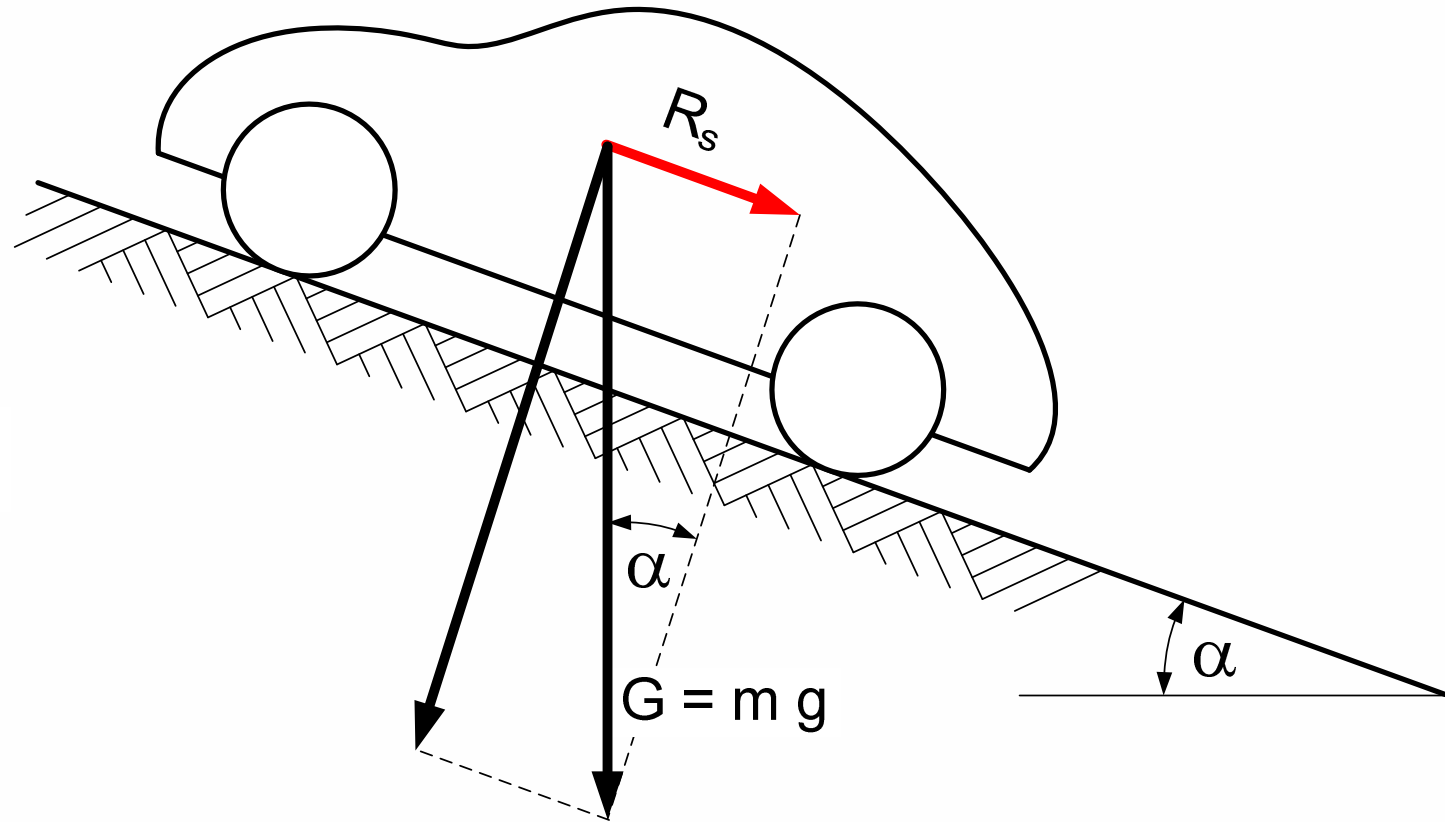


Zračni upor

- Korigirani koeficient zračnega upora c^* vsebuje naslednje vplive:
 - Dinamični upor zaradi zračnega toka ob vozilu
 - Trenje zraka ob vozilo (zanemarljivo)
 - Vpliv uporov zaradi pretoka zraka skozi vozilo
- Tipične vrednosti korigiranega koeficienta zračnega upora c^* :
 - $c^* = 0,3$... osebno vozilo
 - $c^* = 0,6$... avtobus
 - $c^* = 0,9$... tovornjak
 - $c^* = 0,98$... tovornjak s priklopnikom ali vlak



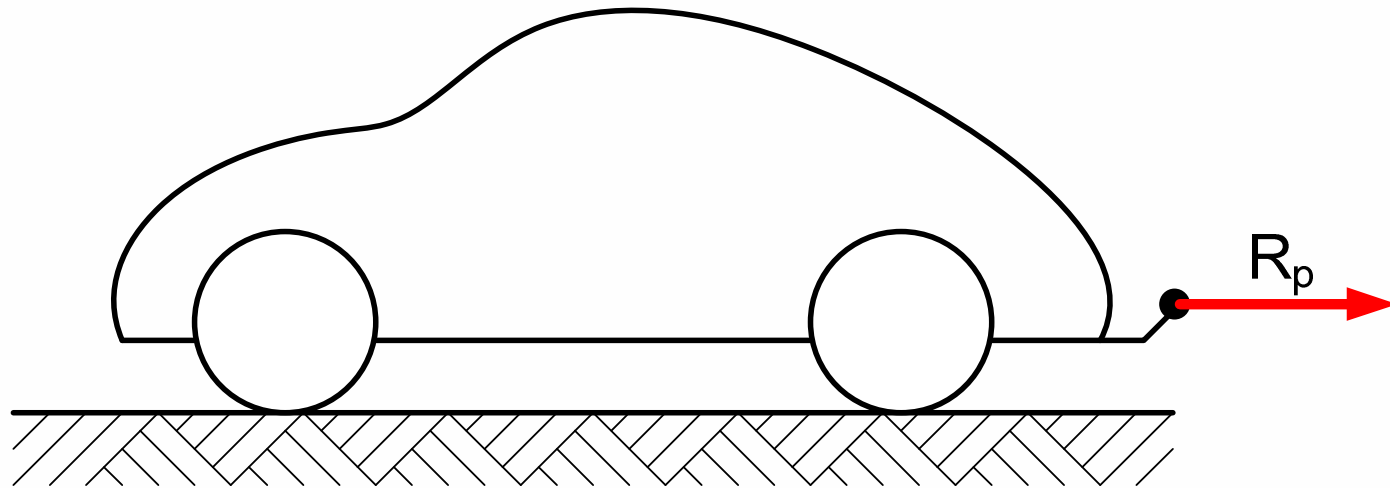
Upor strmine



$$R_s = G \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$



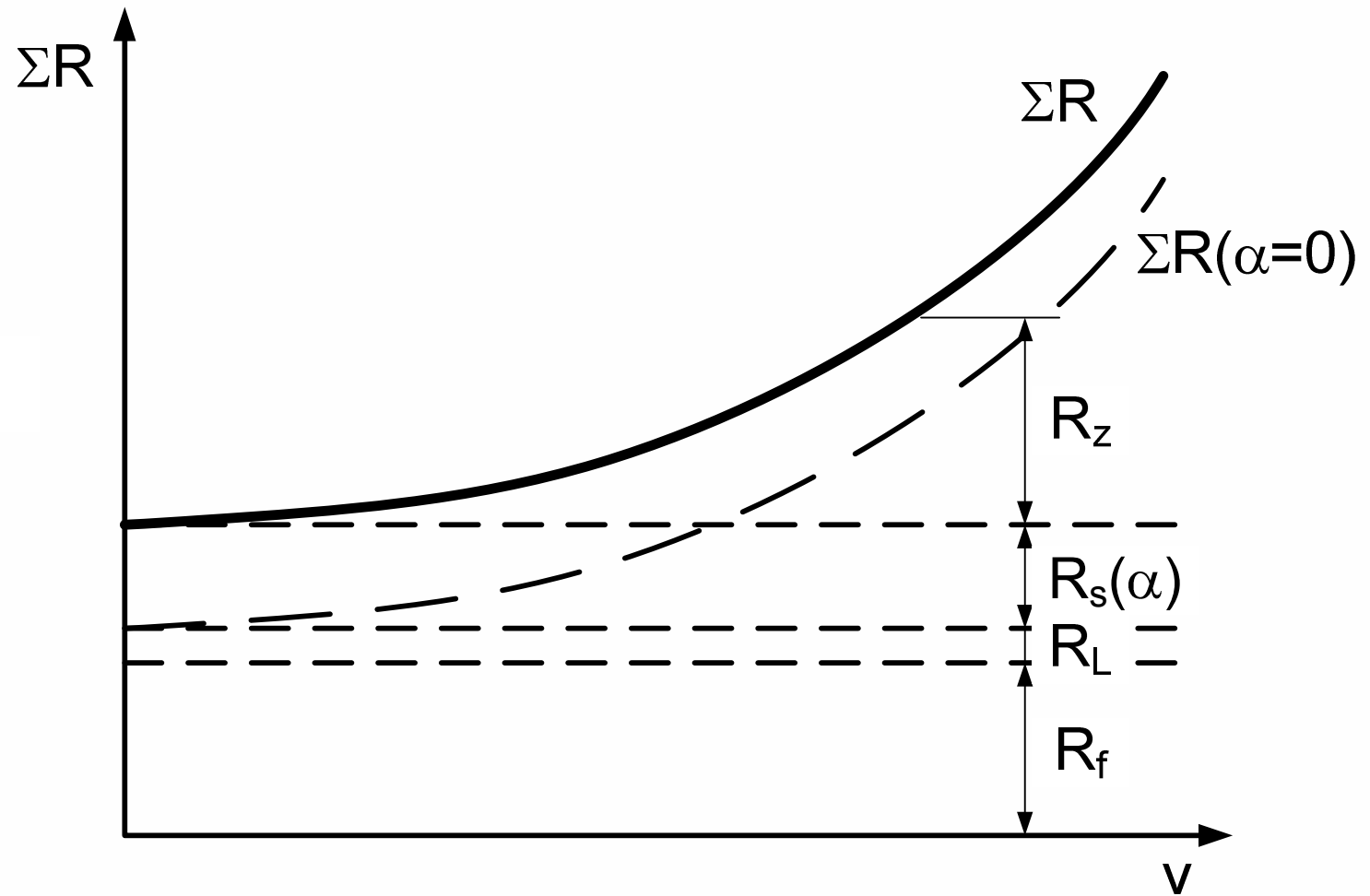
Upor priklopnika



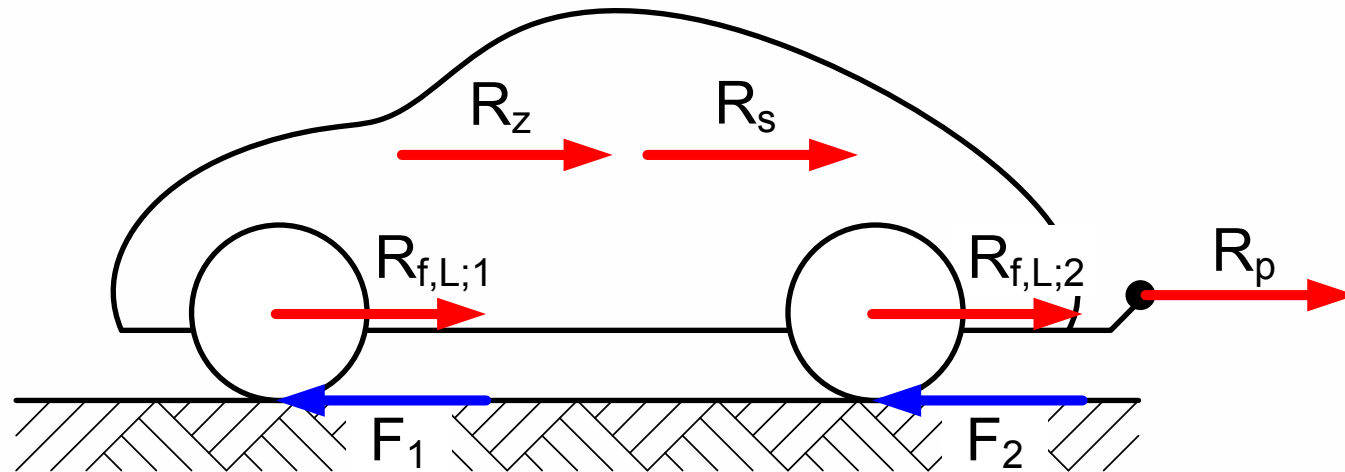
$$R_p = \sum (R_L + R_f + R_z + R_s)_{\text{priklopno_vozilo}}$$



Vsota vozni uporov na vozilu



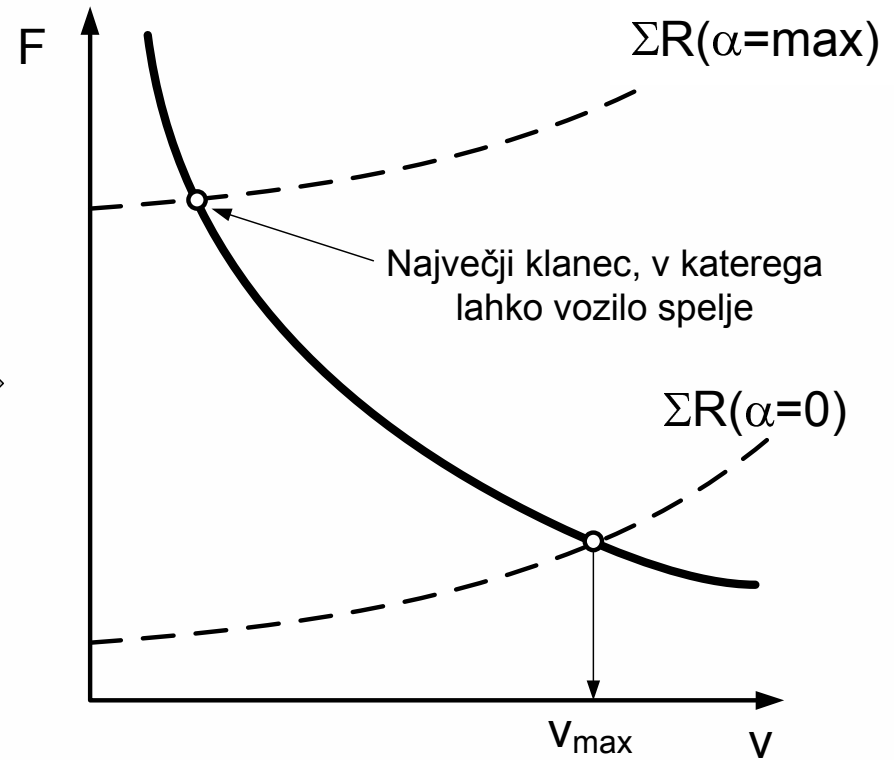
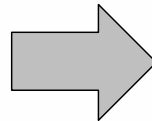
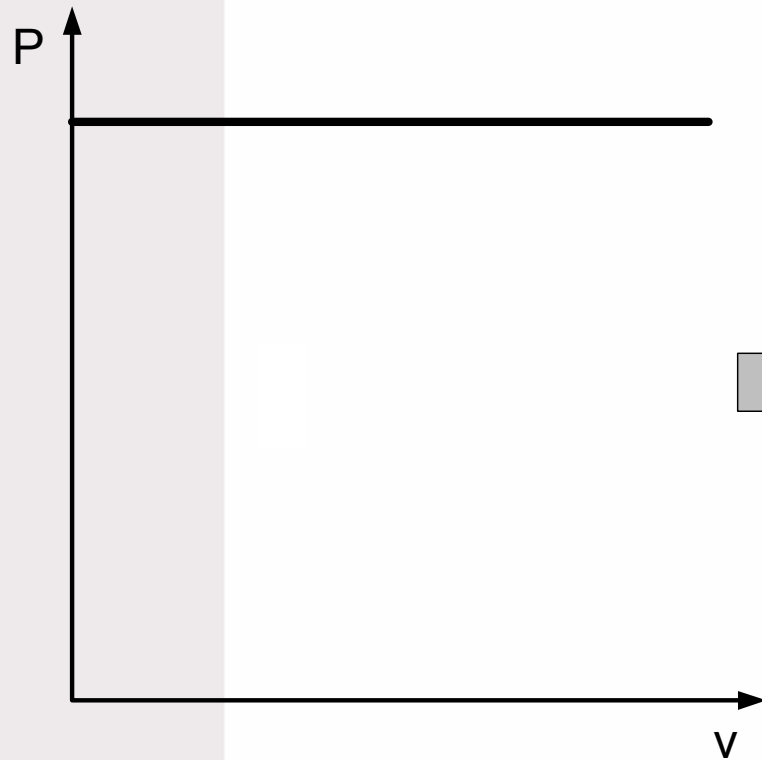
Vsota voznih uporov na vozilu



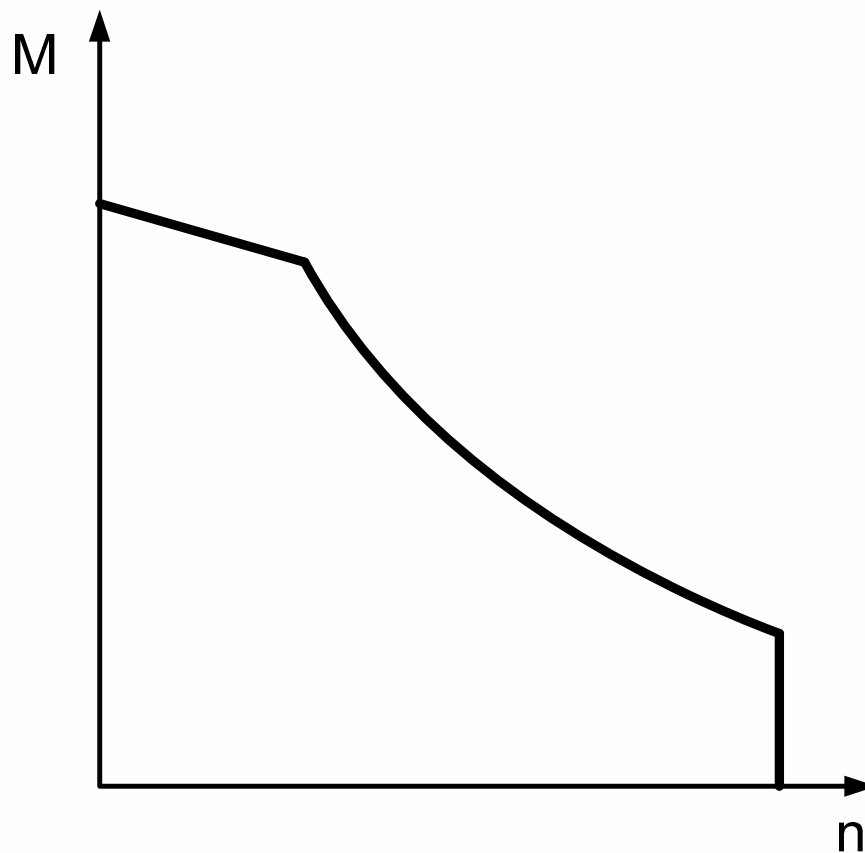
- Vsota uporov na vozilu je enaka vsoti uporov ležajev, kotalnih uporov, upora zraka, upora strmine in upora priklopnika.
- Pri premikanju vozila morajo obodne sile med kolesom in podlago ($F_{1,2}$) premagovati vse vozne upore (in eventualno še vztrajnost vozila pri pospeševanju/zaviranju).
- Obodne sile na kolesih $F_{1,2}$ so posledica transformiranega vrtilnega momenta motorja ali zavor.



Želena karakteristika pogonskega stroja



Karakteristika elektromotorja

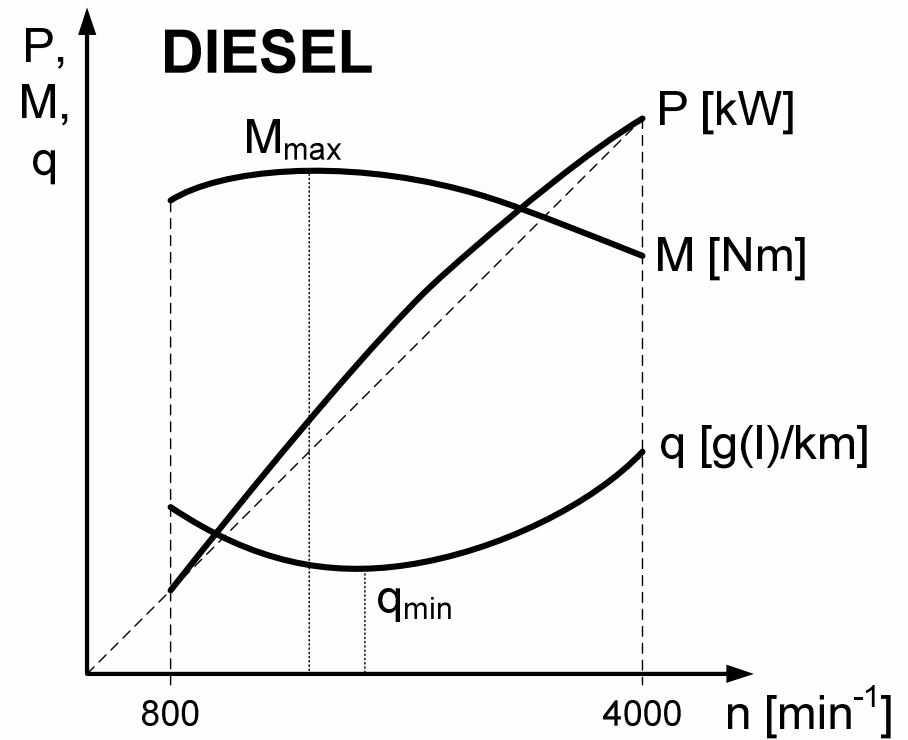
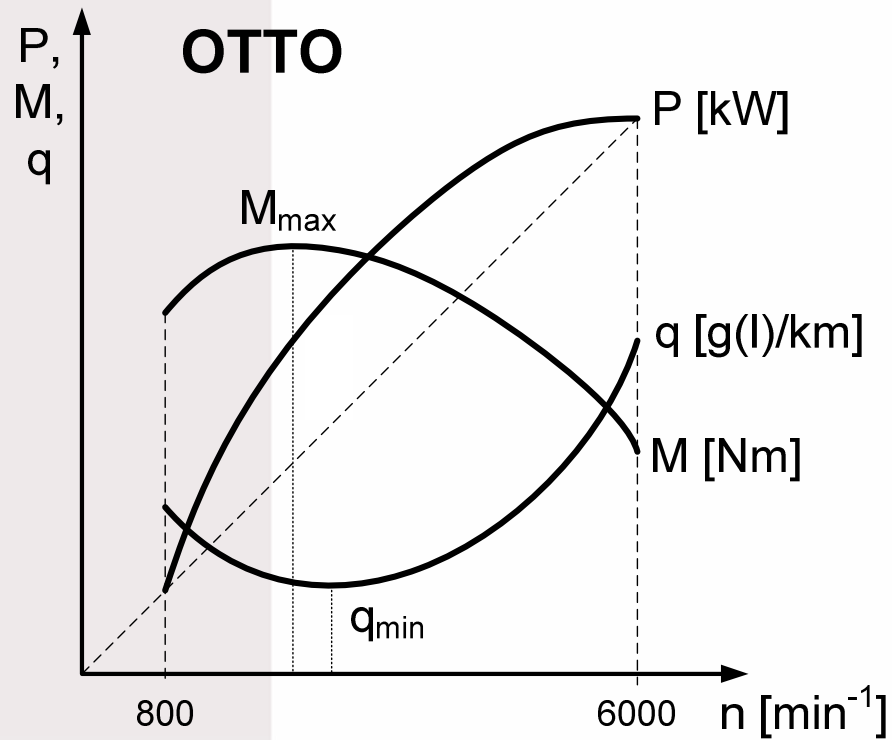


Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



Katedra za strojne elemente
in razvojna vrednotenja

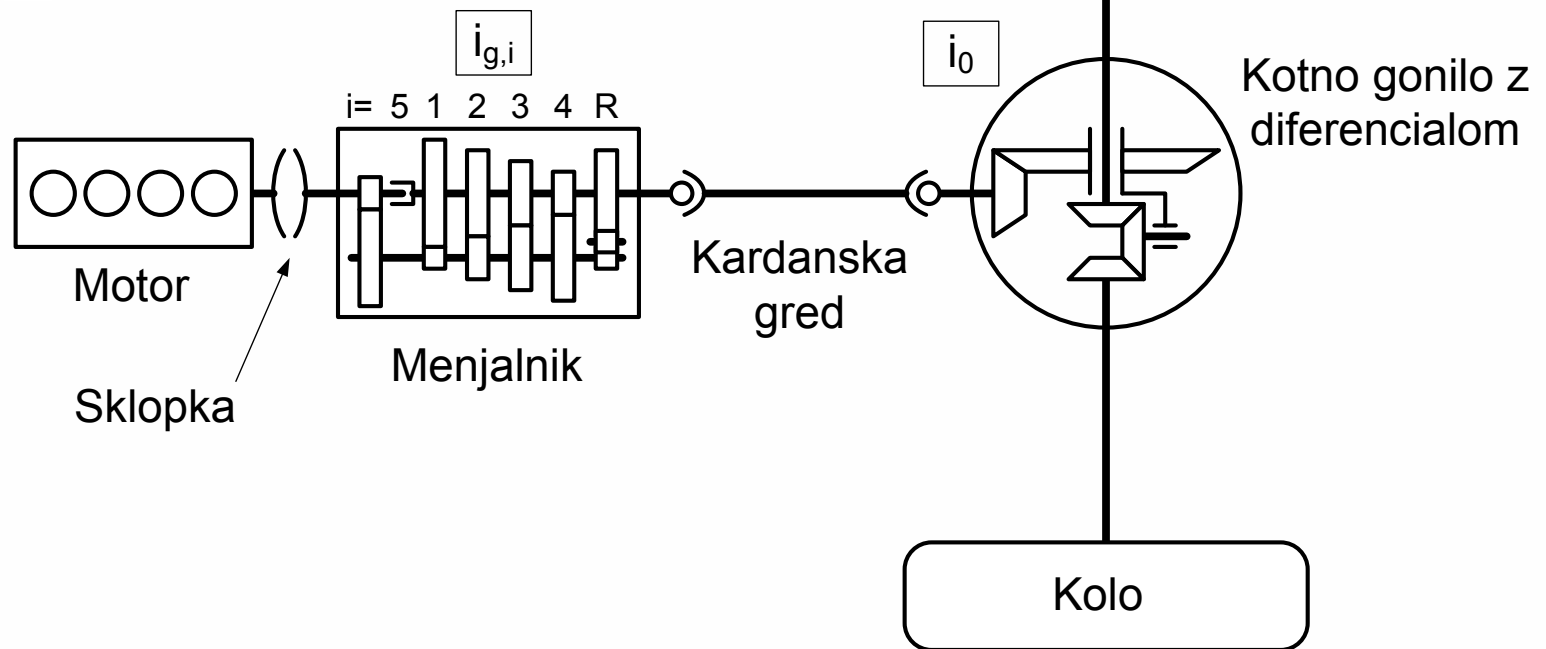
Karakteristika motorjev z notranjim zgorevanjem



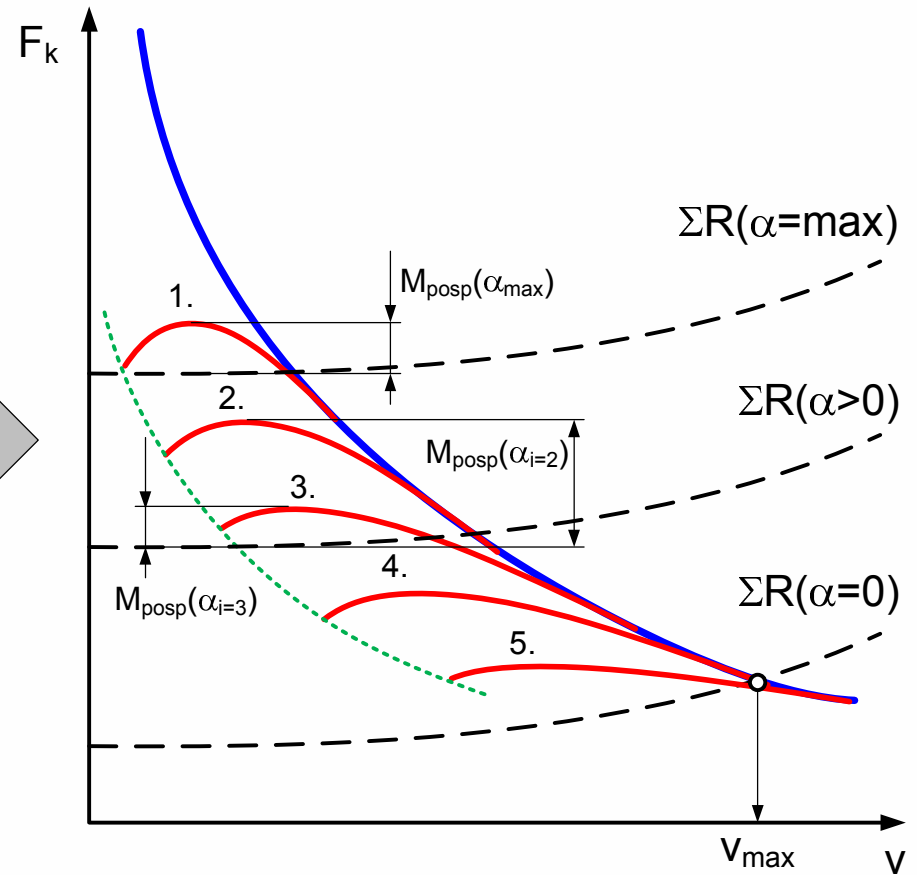
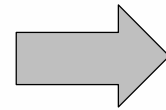
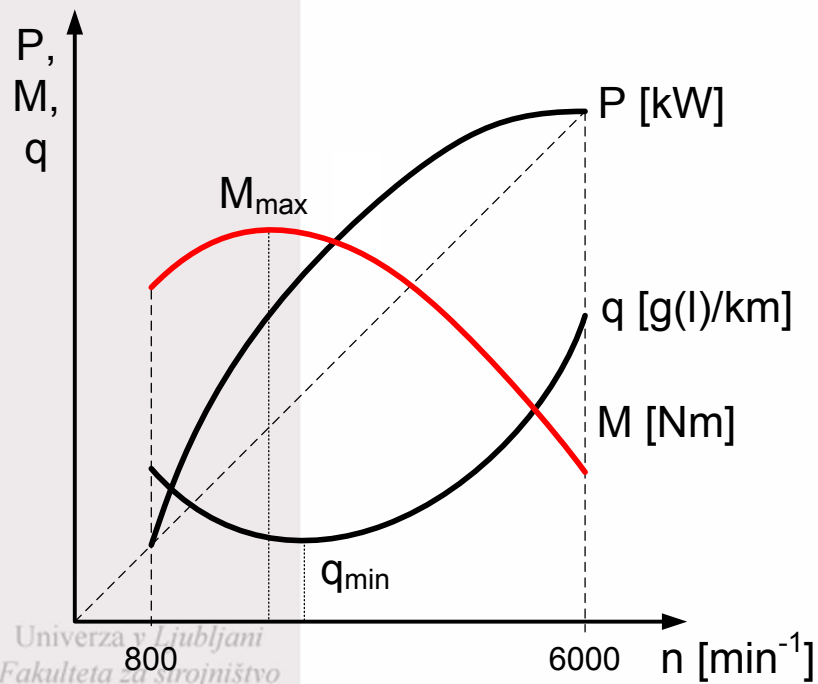
Mehanska transmisija z več prestavnimi razmerji

- Tipična prestavna razmerja:
 - $i_0 = 3,7$
 - $i_{g,1} = 3,9$
 - $i_{g,2} = 2,2$
 - $i_{g,3} = 1,5$
 - $i_{g,4} = 1,2$
 - $i_{g,5} = 1,0$
 - $i_{g,R} = 3,8$
 - $\eta_T = 0,96$

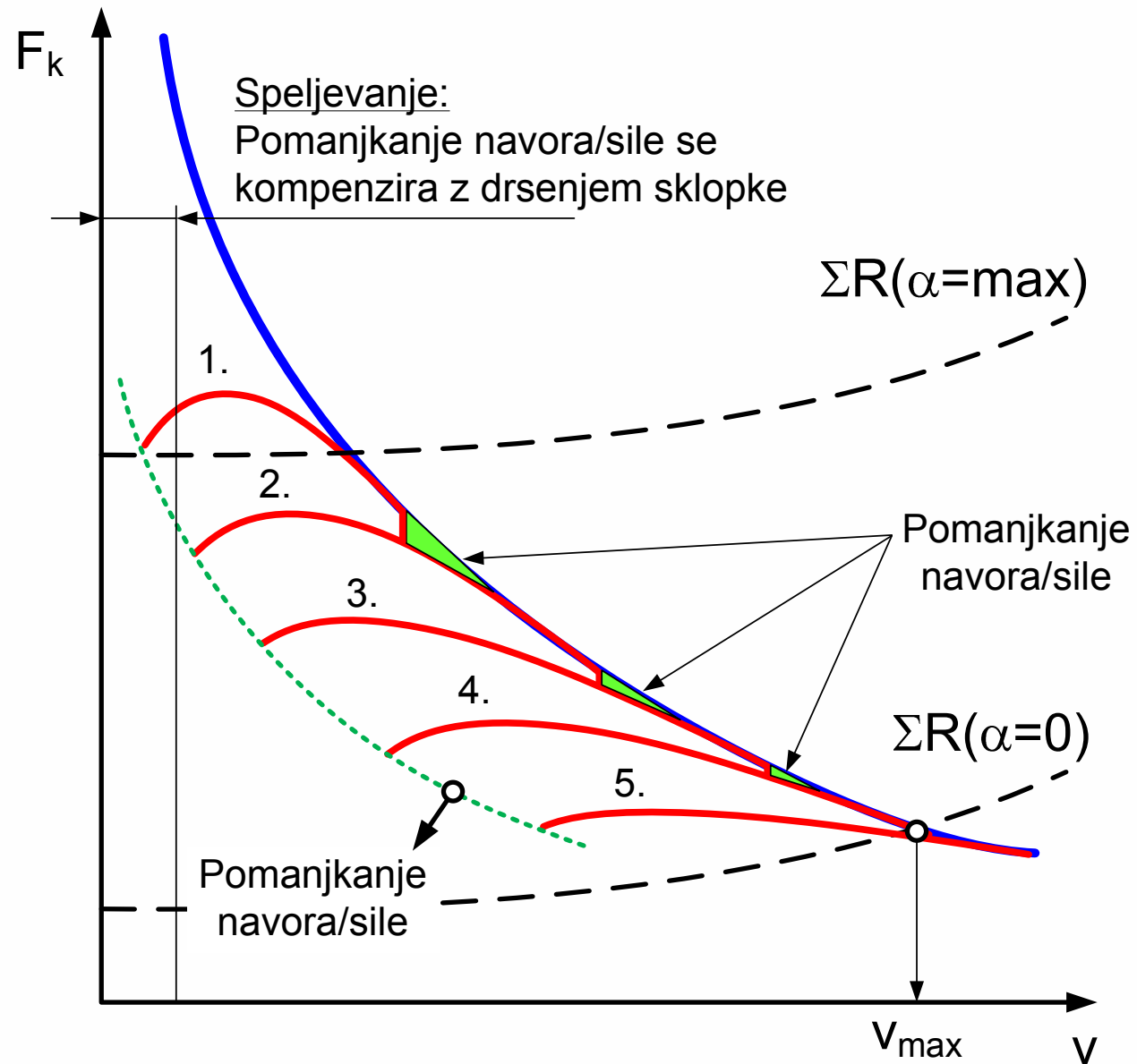
$$F_k = \frac{M_m \cdot i_{g,i} \cdot i_0 \cdot \eta_T}{r_{st}}$$



Elastičnost motorja in vpliv prestavnih razmerij



Elastičnost motorja in vpliv prestavnih razmerij



Dinamični faktor vozila

$$F_k \geq R_L + R_f + R_z + R_s \quad / \cdot 1 / G$$

$$\frac{F_k}{G} = \frac{R_L + R_f + R_z + R_s}{G}$$

$$\frac{F_k - R_z}{G} = D = \frac{R_L + R_f + R_s}{G}$$

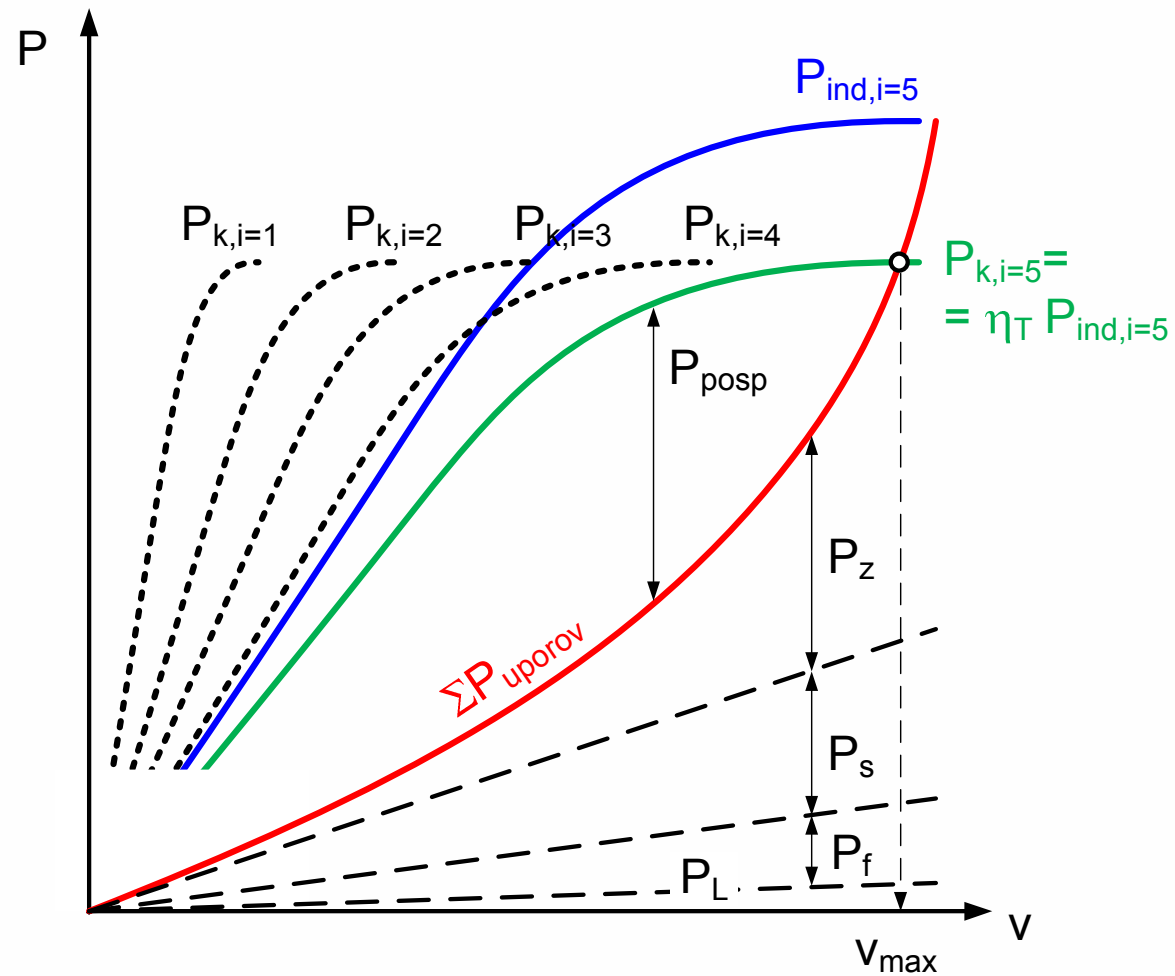
- Dinamični faktor D je razpoložljiva specifična sila glede na težo vozila, ki je na voljo za pospeševanje vozila in premagovanje uporov v ležajih, kotalnih uporov ter uporov strmine.



Bilanca moči vozila

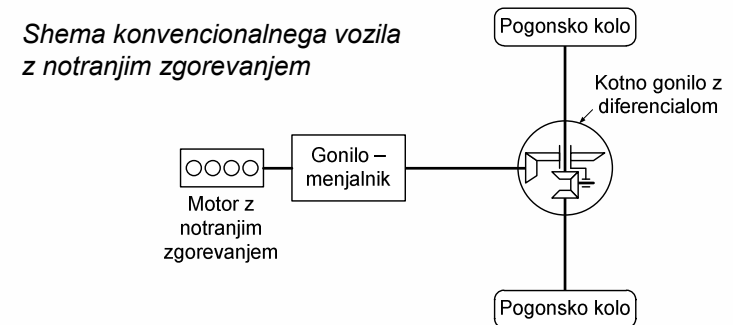
$$F_k \cdot v = R_L \cdot v + R_f \cdot v + R_z \cdot v + R_s \cdot v \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_k = P_L + P_f + P_z + P_s$$



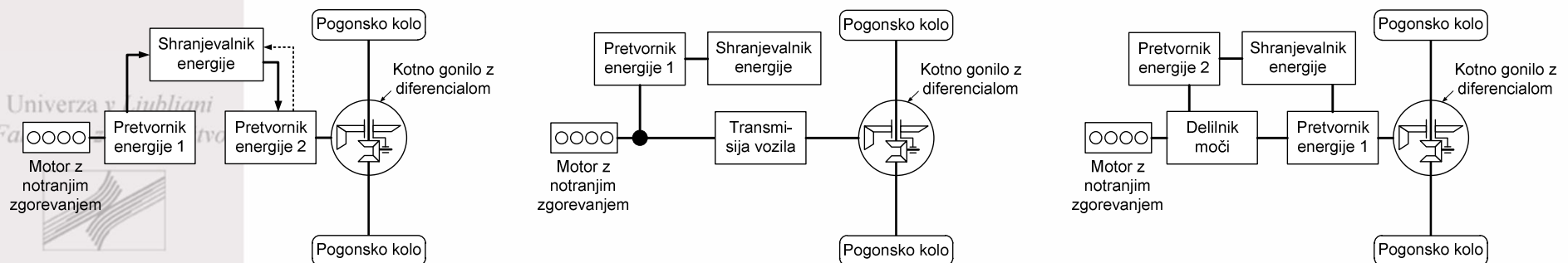
Hibridna vozila (HV)

- **DEFINICIJA HV:** Hibridno cestno vozilo je tisto, pri katerem je energija za pogon na voljo iz dveh ali več vrst energije ali načinov shranjevanja energije ali pretvornikov energije [1].



- Sestava hibridnega pogona:

- Motor z notranjim zgorevanjem (ICE)
- Pretvornik energije in/ali hranilnik energije
- Delilnik moči (planetno gonilo, CVT/RVT gonilo), odvisen od tipa HV (zaporedni, vzporedni ali kombinirani hibrid).



Shema treh tipov HV (levo zaporedni hibrid, sredina – vzporedni hibrid, desno – kombinirani hibrid)

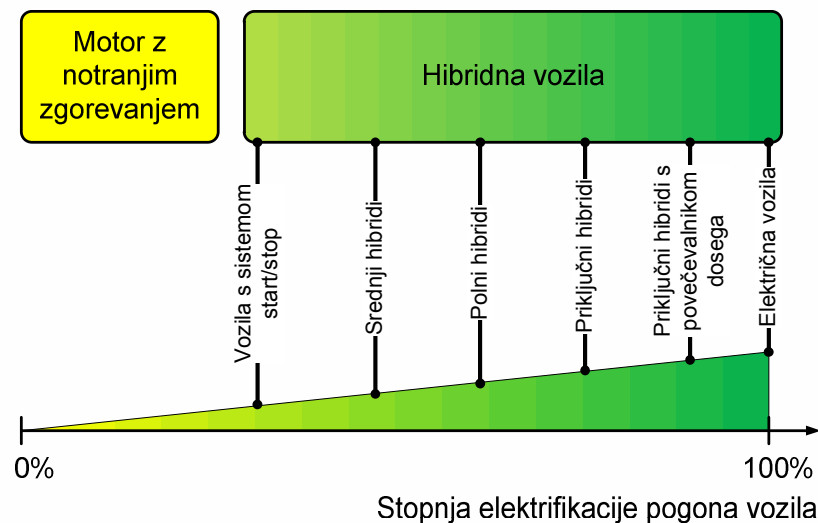
Tipi HV

- Hibridna električna vozila (HEV)
 - Shranjevanje električne energije v baterijah.
 - Elektromotor za podporo ali nadomestek pogona.
- Hibridna hidravlična vozila (HHV)
 - Hidro-pnevmatski akumulatorji shranjujejo iz- in vračajo energijo v transmisijo(e).
- Mehanska hibridna vozila (MHV)
 - Uporaba vztrajnikov za shranjevanje energije.
- Elektro-mehanska hibridna vozila (EMHV):
 - Uporaba elektro-motorja/generatorja in elektro-mehanskega vztrajnika.



Hibridno električno vozilo (HEV)

- Kombinacija pogonske moči iz motorja z notranjim zgorevanjem in električne energije iz baterije.
- Elektromotor podpira ali zamenjuje motor z notranjim zgorevanjem.
- Izkoristek vpliva na ekonomičnost porabe goriva in hkrati zmanjšuje onesnaževanje ozračja.
- Ekonomičnost porabe goriva in performanse vozila so močno odvisne od mase vozila.
- Pomanjkanje kapacitete za shranjevanje energije zmanjšuje doseg in uporabnost električnih vozil.

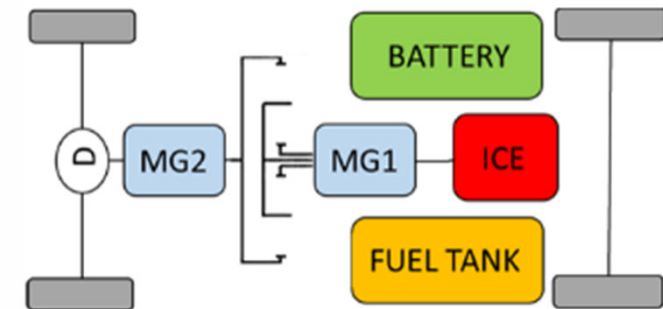


Hibridno električno vozilo (HEV)

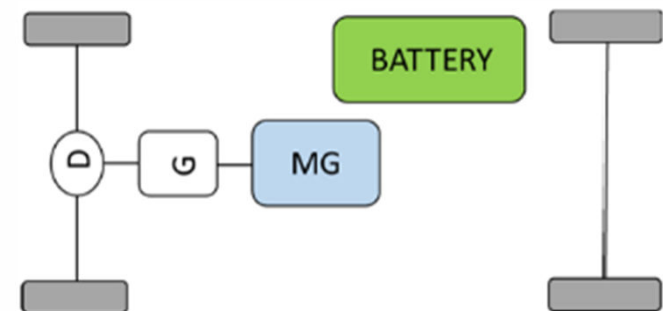
Glede na stopnjo elektrifikacije se uporabljajo različni tipi HEV:

- Najnižja stopnja elektrifikacije – vozilo s start/stop sistemom.
- Srednji hibridi.

- Popolni hibridi (HEV)
- Priključni vzporedni hibridi (PPHEV) in priključni zaporedni hibridi (PSHEV)



Shema hibridnega električnega vozila [1]



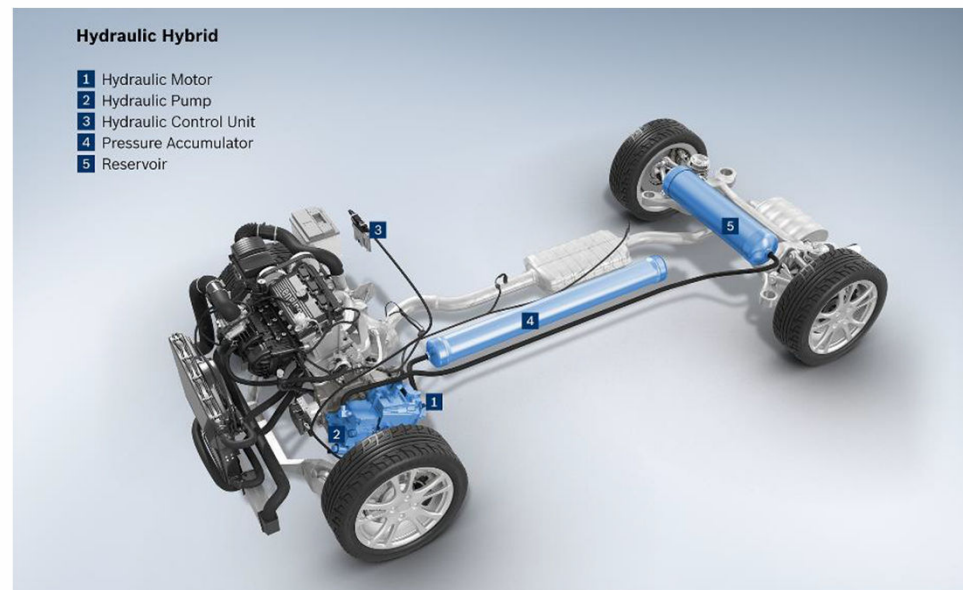
Shema električnega vozila [1]

- Najvišja stopnja elektrifikacije je vozilo brez motorja z notranjim zgorevanjem.



Hibridno hidravlično vozilo (HHV)

- Večinoma se kinetična energija shranjuje med zaviranjem v hidro-pnevmatske akumulatorje. Med pospeševanjem se v transmisijo vrača shranjena energija zmanjšana za izgube zaradi polnitve, shranjevanja in izpraznitve akumulatorjev.

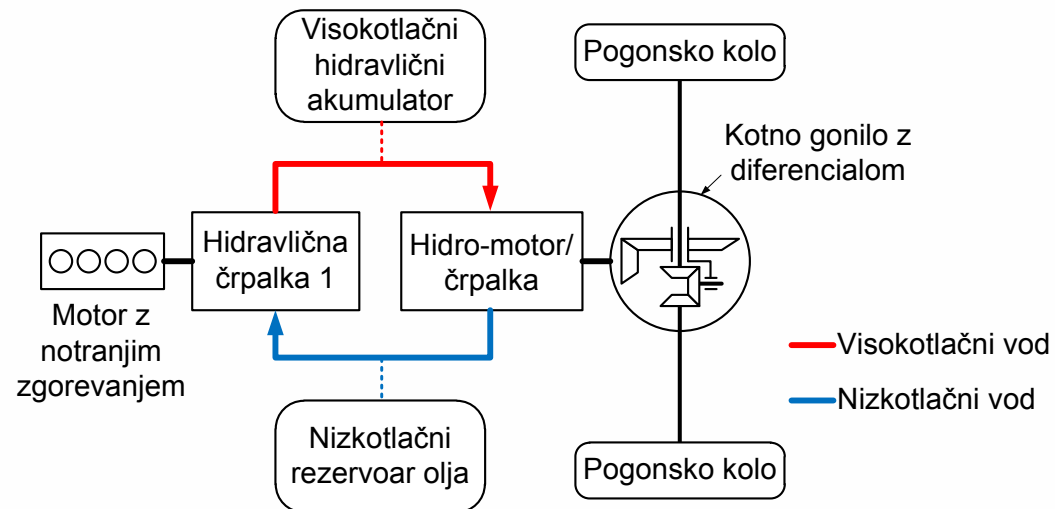


Plinski (N_2) in hidravlični fluidni sistem proizvajalca Bosch [2]

- Hibridna hidravlična vozila (HHV) so zasnovana v zaporedni (S-HHV) in vzporedni konfiguraciji (P-HHV).

Zaporedni hidravlični hibrid (S-HHV)

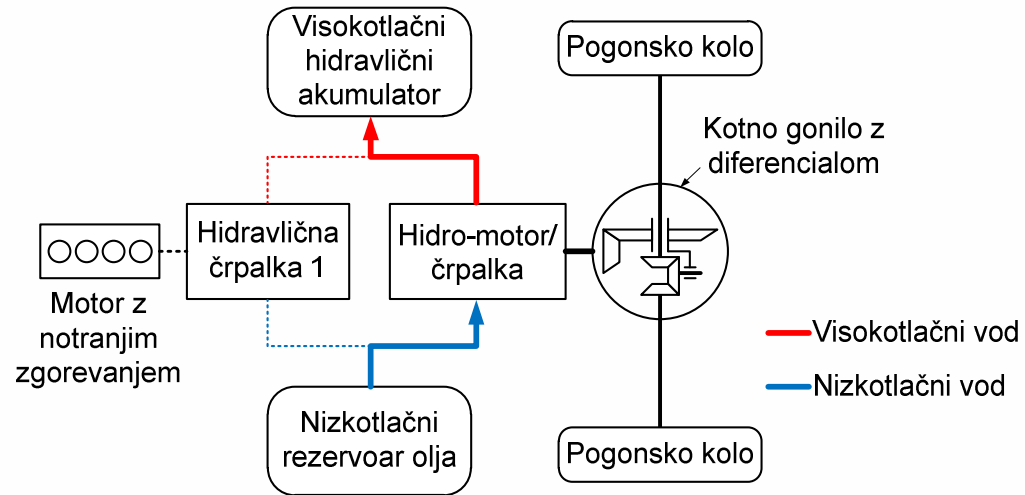
- Motor ni direktno priključen na kolesa.
- Hidravlična črpalka/motor v motorskem načinu delovanja uporablja visokotlačni fluid iz akumulatorja za pogon vozila.
- Trije glavni načini delovanja s_HHV vozila so: zmerno pospeševanje/kratko križarjenje, podaljšano križarjenje/ močno pospeševanje, regenerativno zaviranje.



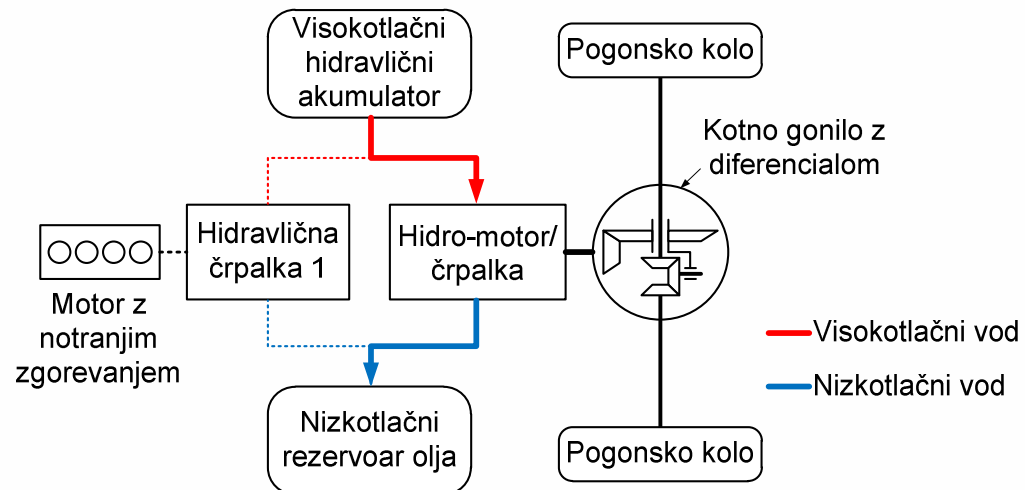
Podaljšano križarjenje/močno pospeševanje [2]



Zaporedni hidravlični hibrid (S-HHV)



Regenerativno zaviranje [2]

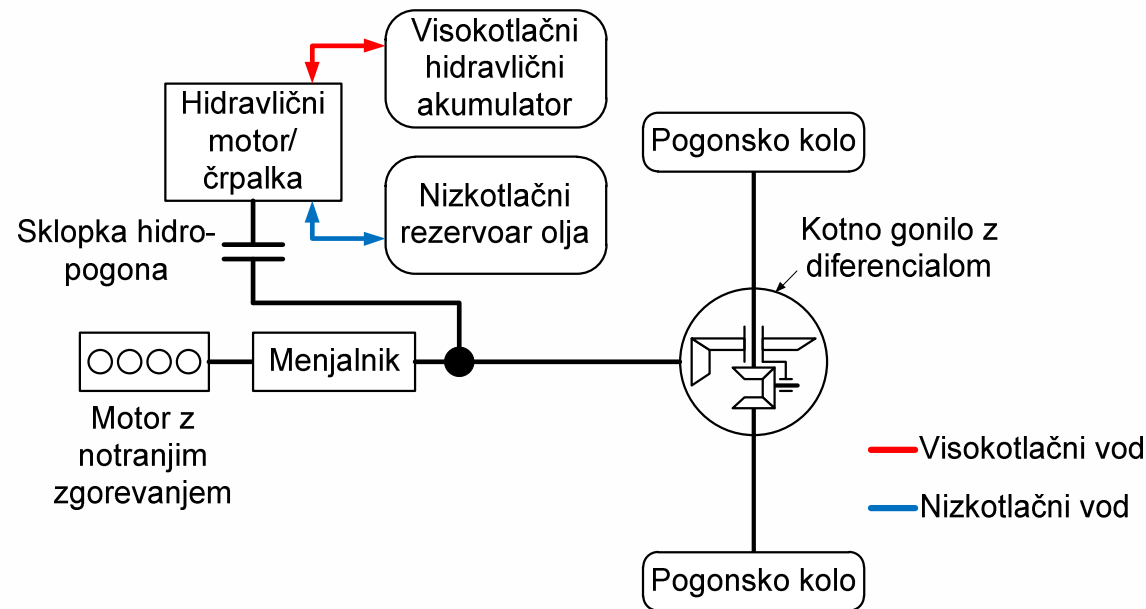


Zmerno pospeševanje/kratko križarjenje [2]

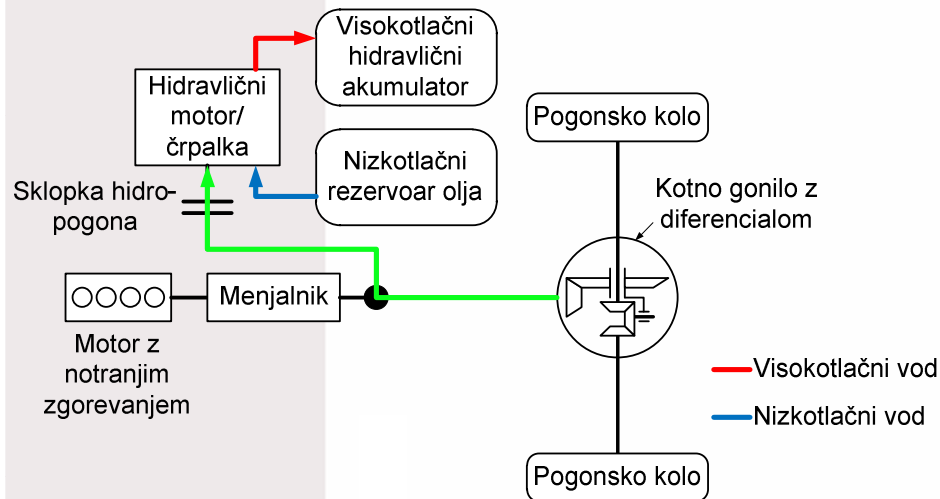


Vzporedni hidravlični hibrid (P-HHV)

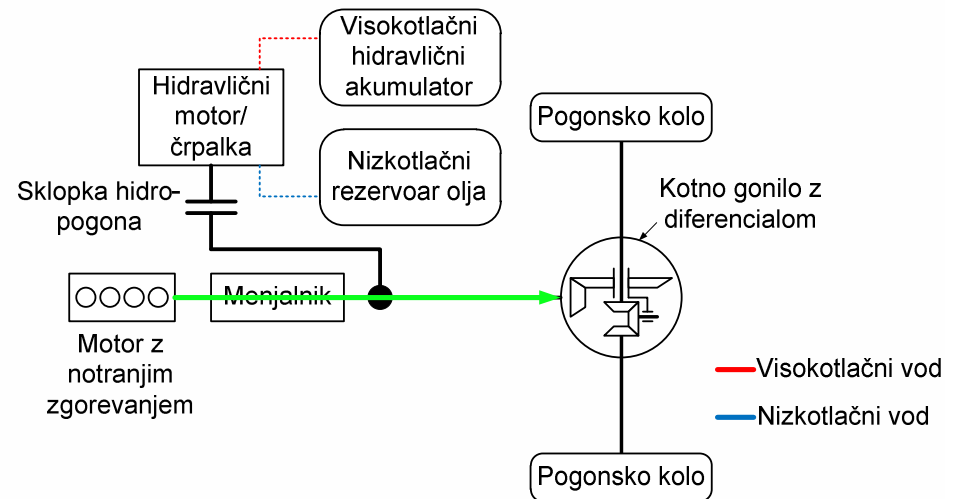
- Motor z notranjim zgorevanjem, standardna transmisija in hidravlična hibridna tehnologija so povezani na pogonsko gred.
- Motor dovaja energijo kolesom preko standardne transmisije.
- Na pogonsko gred povezane hidravlične komponente pomagajo pogonu pri zaustavljanju in pospeševanju.



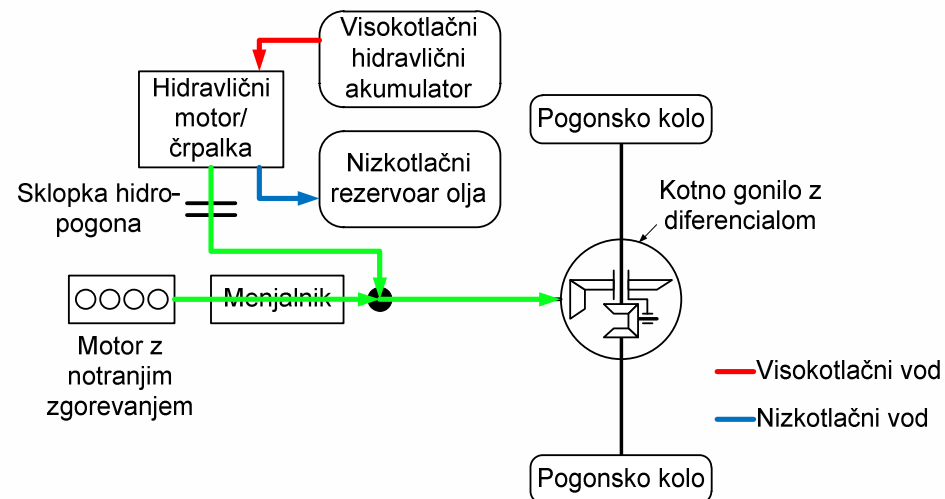
Vzporedni hidravlični hibrid (P-HHV)



Regenerativno zaviranje [2]



Zmerno pospeševanje / križarjenje [2]

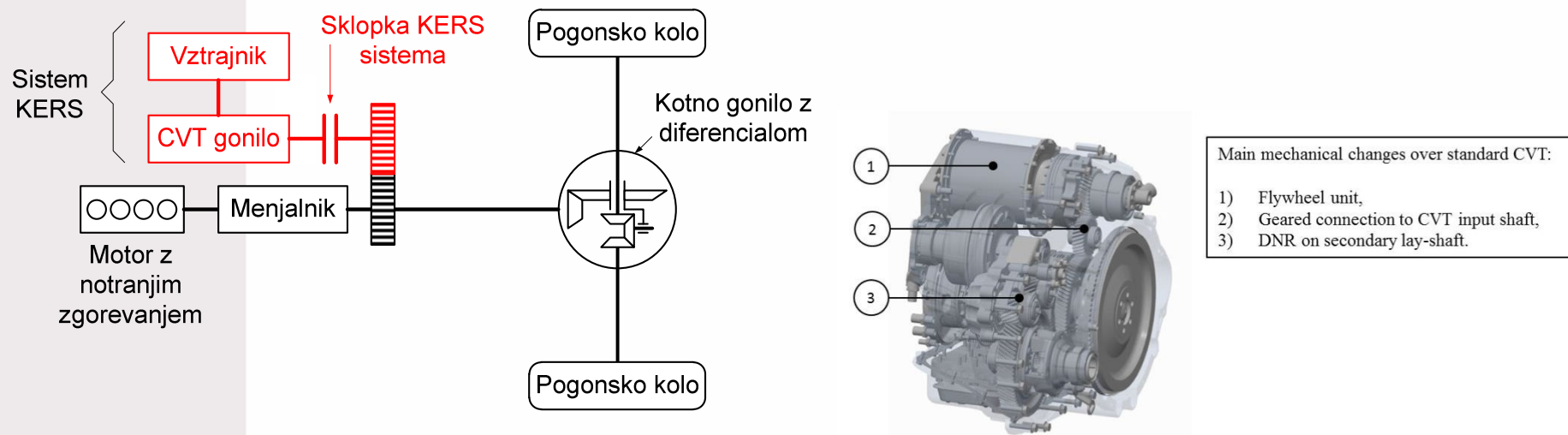


Močno/dolgo pospeševanje [2]



Mehansko hibridno vozilo (MHV)

- Ne uporablja močnostne elektronike in baterij za shranjevanje energije.
- Cilj je ponuditi trgu hibridni pogonski sistem, ki močno zniža porabo goriva ob najnižjih možnih stroških.



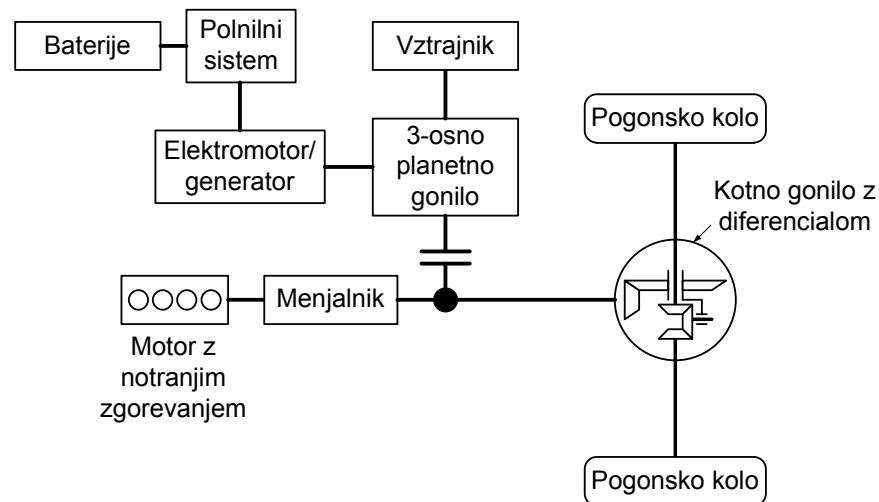
3D model mehanskega hibrida z vztrajnikom [3]

- Simulacije pri različnih voznih ciklih obljublajo prihranke pri porabi goriva med 15% in 25%.



Elektro-mehansko hibridno vozilo (EMHV)

- Stroškovno učinkovit hibrid na temelju 48 V tehnologije, ki je lahko prilagodljivo vgrajen na sprednjo ali zadnjo premo obstoječih platform vozil.
- Planetno gonilo in električni sistem skupaj delujeta kot gonilo z zvezno spremenljivim prestavnim razmerjem med vztrajnikom in preostalo transmisijo vozila.



Shema sistema za shranjevanje/ponovno uporabo kinetične energije z vztrajnikom-elektroniko FE-KERS ter razmerja hitrosti na planetnem gonilu [4]

- Vztrajnik se uporablja za povečanje učinka elektromotorja.
- Vztrajnik lahko poveča vršno moč skupnega sistema do petkratnika nazivne moči elektromotorja.



Transmisija in delilniki moči

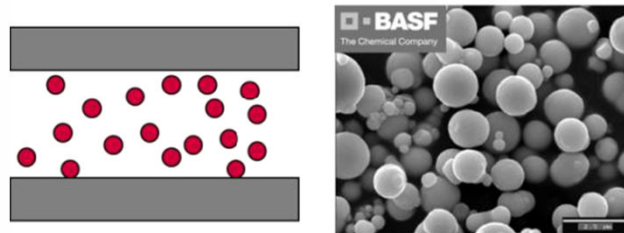
- V transmisiji hibridnega vozila se kombinirata in prenašata navor in moč iz motorja z notranjim zgorevanjem ter pretvornika energije/shranjevalnika energije na kolesa.
- Glavni razlog za izgube v transmisiji in posledično povečane porabe goriva predstavlja trenje v transmisiji.
- Gonila z zvezno spremenljivimi prestavnimi razmerji predstavljajo eno izmed okoljsko učinkovitih tehnologij za zmanjšanje porabe goriva v konvencionalnih vozilih.
- Uporabljeni tipi transmissijskih elementov:
 - Planetna gonila.
 - Gonila z zvezno spremenljivimi prestavnimi razmerji (CVT).
 - Reverzibilna gonila z zvezno spremenljivimi prestavnimi razmerji (RVT).
 - Sklopke na osnovi magnetno-reoloških fluidov.



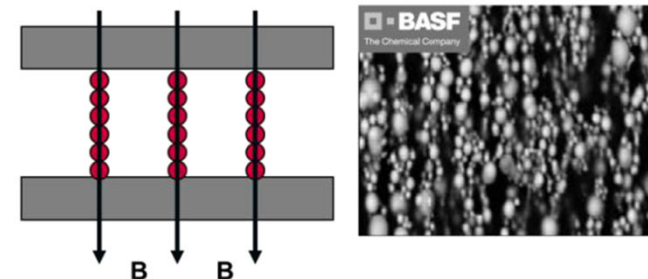
Sklopka na osnovi magnetno-reološkega fluida (MRF)

- Magnetno-reološki fluidi (MRF) so t.i. „pametni fluidi“, katerim se značilno spremeni viskoznost v prisotnosti zunanega magnetnega polja.
- Ta učinek se doseže s suspenzijo mikrometerskih sferičnih magnetnih delcev (carbonyl-železni prah s premerom 5-10 μm) v nosilnem fluidu, ki je navadno olje.
- Pod vplivom magnetnega polja se ti delci formirajo v verige v smeri delovanja magnetnega polja, kar spremeni strižno mejo tečenja MRF fluida v odvisnosti od gostote magnetnega toka.

No magnetic field applied ($B=0$)



Magnetic field applied ($B \neq 0$)

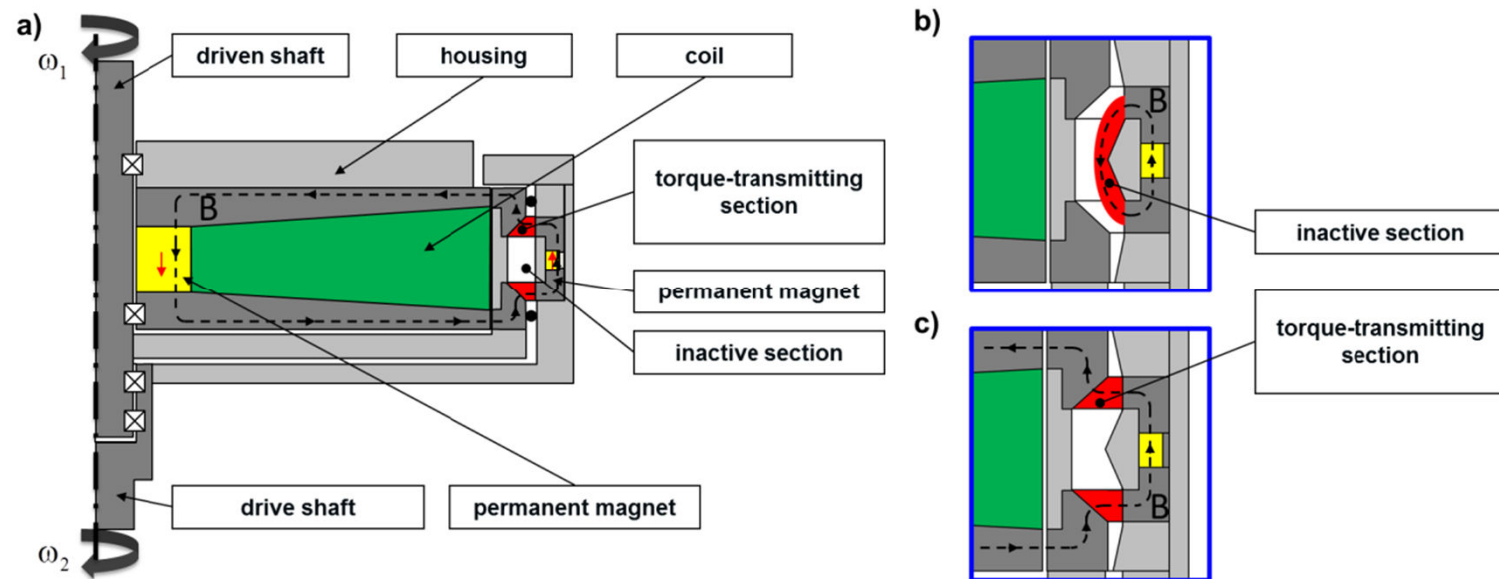


Shema MRF fluida ob odsotnosti (levo) in prisotnosti (desno) magnetnega polja [5]



Sklopka na osnovi magnetno-reološkega fluida (MRF)

- MRF fluidi so primerni za uporabo v mehanskih sistemih, kot so zavore in sklopke, kjer mora biti gneneriran/prenesen navor zvezno nastavljiv.
- Dissipirana energija in vršna termična obremenitev v MRF fluidu sta manj pomembni kakor v primeru klasičnih tornih drsnih sistemov (zavora, sklopka) zaradi večjega volumna toplotno obremenjenega materiala (MRF fluid namesto trde tanke kontaktne površine).



Sklopka na osnovi MRF fluida [5]



Elektro-mehanske povezave v PSH pogonskem sistemu

- Hibridni pogonski sistem z delitvijo moči (PSH) je kompleksen elektro-mehanski sistem, kjer so motor z notr. zgorevanjem in dva elektromotorja povezani s planetnim gonilom.
- PHS doseže učinek hibrida s pomočjo planetnega gonila tako, da na osnovi potreb po navoru razklopi zvezo med vrtilno hitrostjo motorja z notranjim zgorevanjem in navorom.
- Na ta način lahko motor z notranjim zgorevanjem deluje v področju večje učinkovitosti.

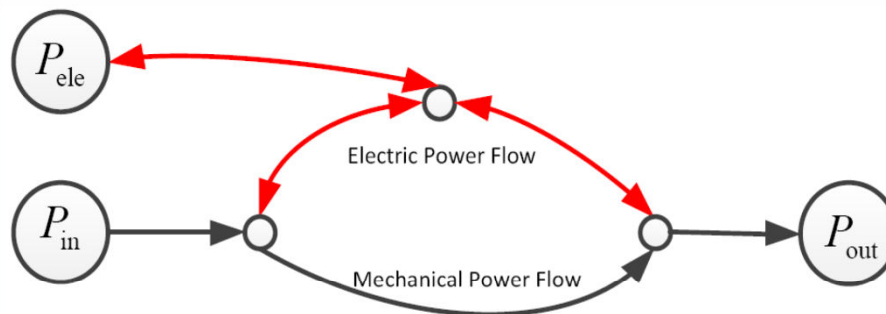
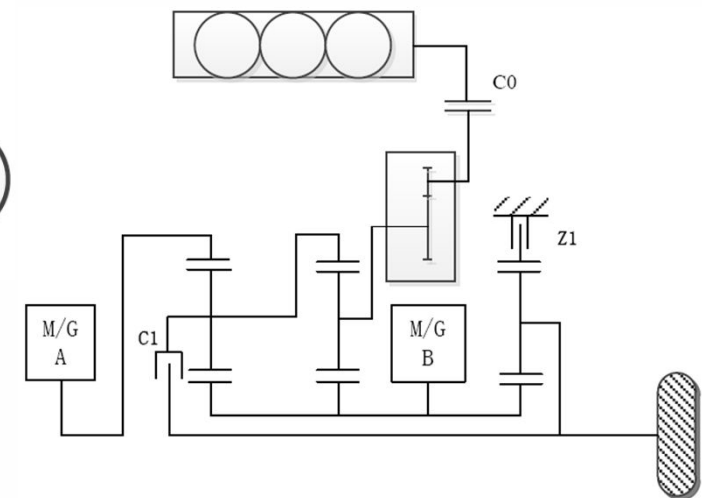


Diagram toka moči v PSH pogonskem sistemu [6]

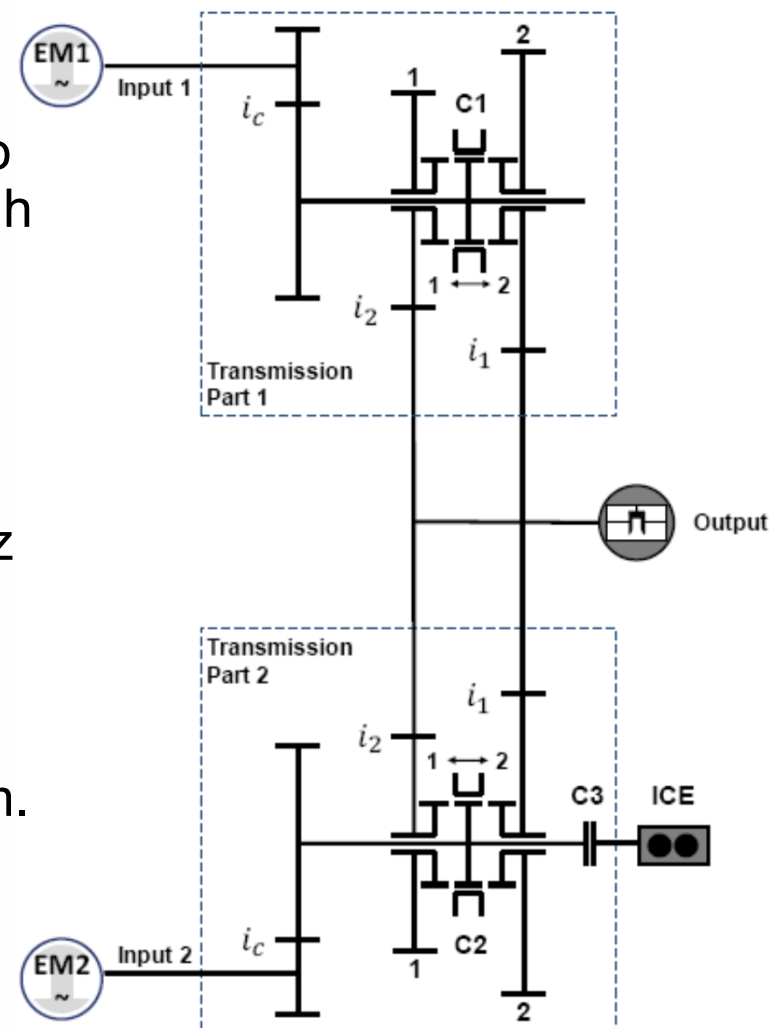


Struktura PSH sistema v dualnem načinu delovanja [6]



Dvo-pogonska transmisija za HEV

- Dvo-pogonska transmisija (TDT) temelji na ideji uporabe avtomatizirane manualne transmisije (AMT) za realizacijo podaljšanega dosega električnih vozil.
- AMT dosega visoke izkoristke pri znosnih stroških.
- Sistem vsebuje majhen motor z notranjim zgorevanjem in dvema vzporednima sub-transmisijama, ki sta gnani vsaka s svojim elektromotorjem.



Shema TDT transmisije [7]



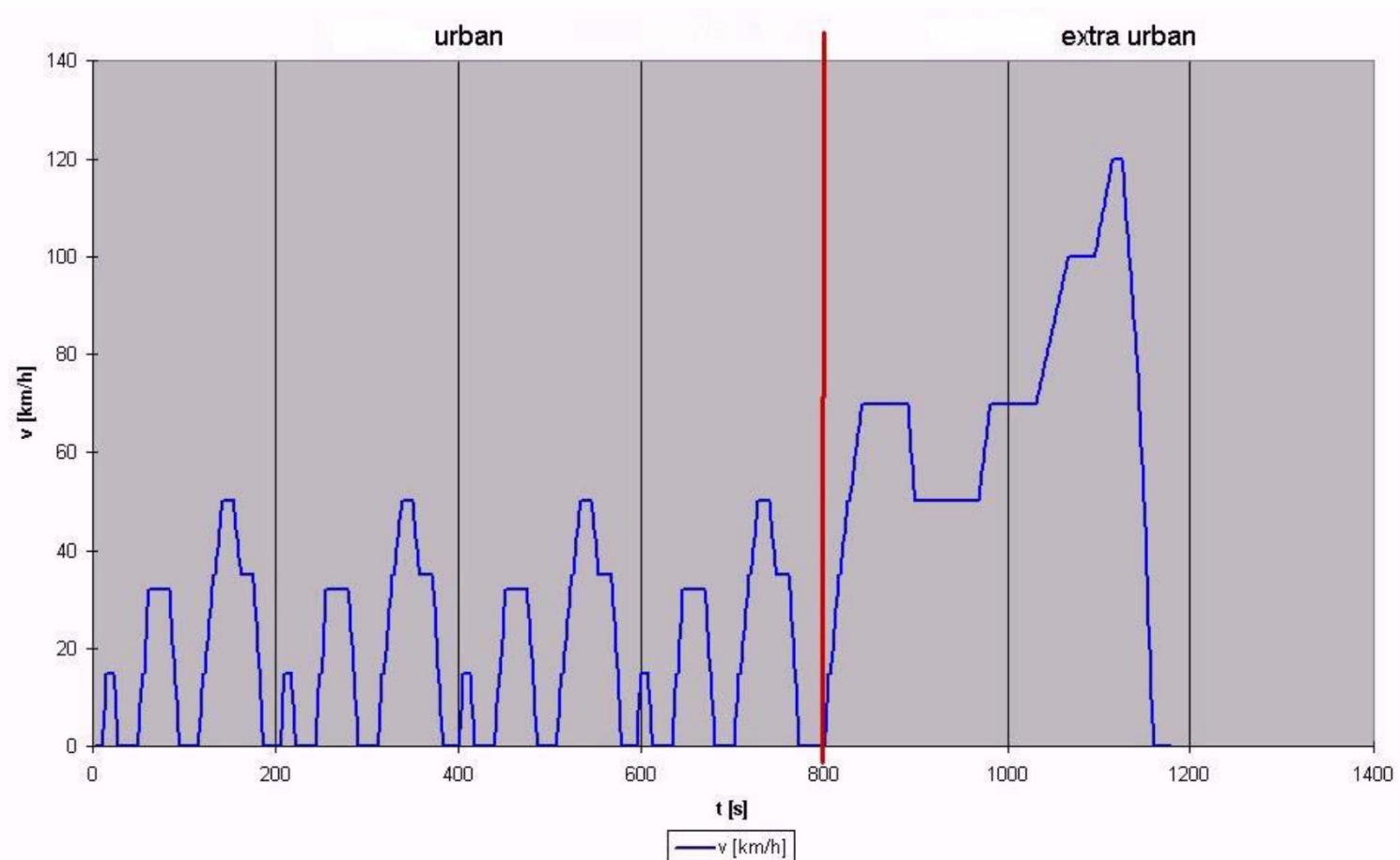
Dvo-pogonska transmisija za HEV

- Obe sub-transmisiji imata dve prestavni razmerji. Ko se vrši prestavljanje v eni sub-transmisiji, drugi elektromotor poganja vozilo na osnovi preobremenitve.
- Vse tri sklopke C1, C2 in C3 so lahko oblikovne, njihova (ne)sinhronizacija pa se izvede s pomočjo ustrezne elektronike in pogonov.
- TDT transmisija omogoča naslednje načine pogona:
 - Čisti električni pogon.
 - Vzporedni hibridni pogon.
 - Zaporedni hibridni pogon.
 - Pogon z motorjem z notranjim zgorevanjem.
- Motor z notranjim zgorevanjem je primeren za dolga križarjenja, da se prihrani električna energija za električni pogon v urbanem okolju.



Novi evropski vozni cikel (ang. New European Driving Cycle - NEDC)

- NEDC je osnova za homologacijo vozil
- Izpusti vozil se merijo med NEDC po direktivi 98/69/EC
- NEDC je sestavljen iz dveh delov: urbana in izven-urbana vožnja.



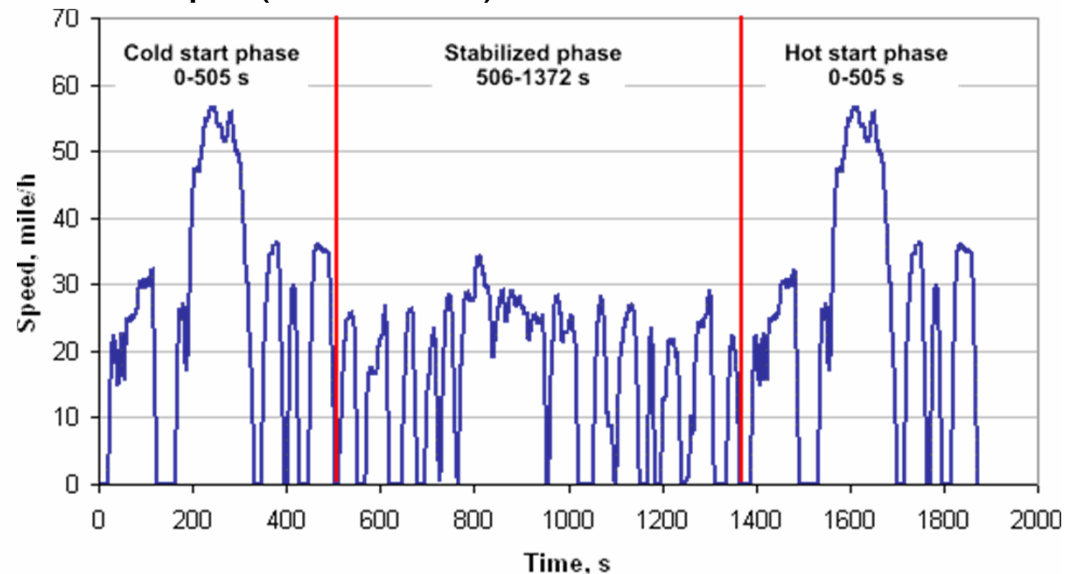
Novi evropski vozni cikel - NEDC

- Obstajata dva različna NEDC preskusa.
- NEDC hladni preskus, ki se ga uporablja za ovrednotenje:
 - Izpustov polutantov
 - CO₂ izpustov
 - Porabe goriva
 - Temperatura motorja pred zagonom mora biti 22°C±2°C. Čas zaustavitve motorja za ta preskus mora biti najmanj 6 ur in največ 30 ur. Ta preskus se uporablja za kontrolo stanja vozila.
- NEDC topli preskus, ki se ga uporablja za ovrednotenje:
 - CO₂ izpustov
 - Porabe goriva
 - Temperatura olja v vozilu pred zagonom mora biti približno 90°C. Ta preskus se uporablja za replikacijo uporabnikovih navad.



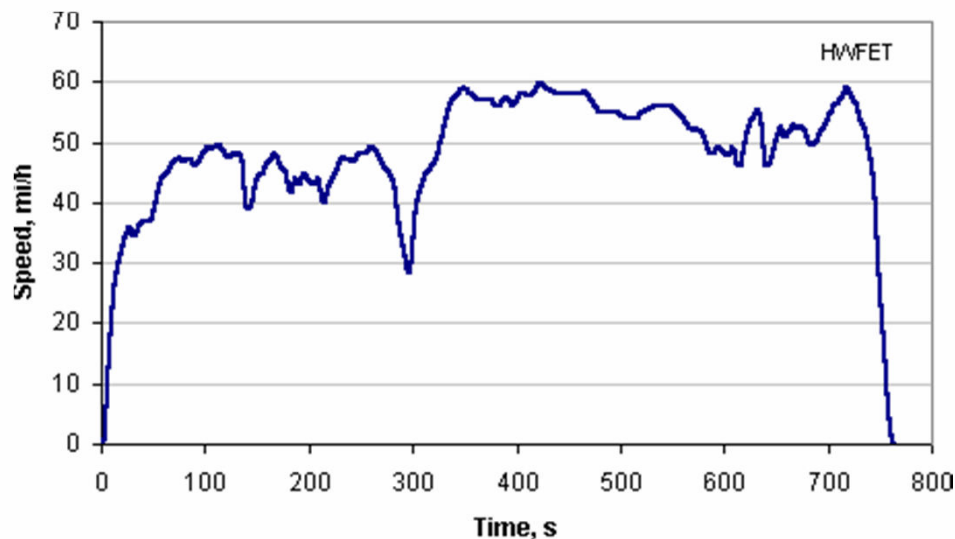
Testni cikel ZDA: US FTP-75

- Testni cikel FTP-75 (ang. Federal Test Procedure) se uporablja za certificiranje emisij in preskus ekonomičnosti lahkih vozil v ZDA. Celoten FTP-75 cikel je sestavljen iz naslednjih segmentov [12]:
 - Tranzientna faza hladnega zagona (temp. 20-30°C), 0-505 s;
 - Stabilizirana faza, 506-1372 s;
 - Topla zaustavitev (min 540 s, max 660 s);
 - Tranzientna faza toplega zagona, 0-505 s;
 - Prepotovana razdalja: 11.04 milj (17.77 km);
 - Povprečna hitrost: 21.2 mph (34.1 km/h);
 - Trajanje: 1874s.



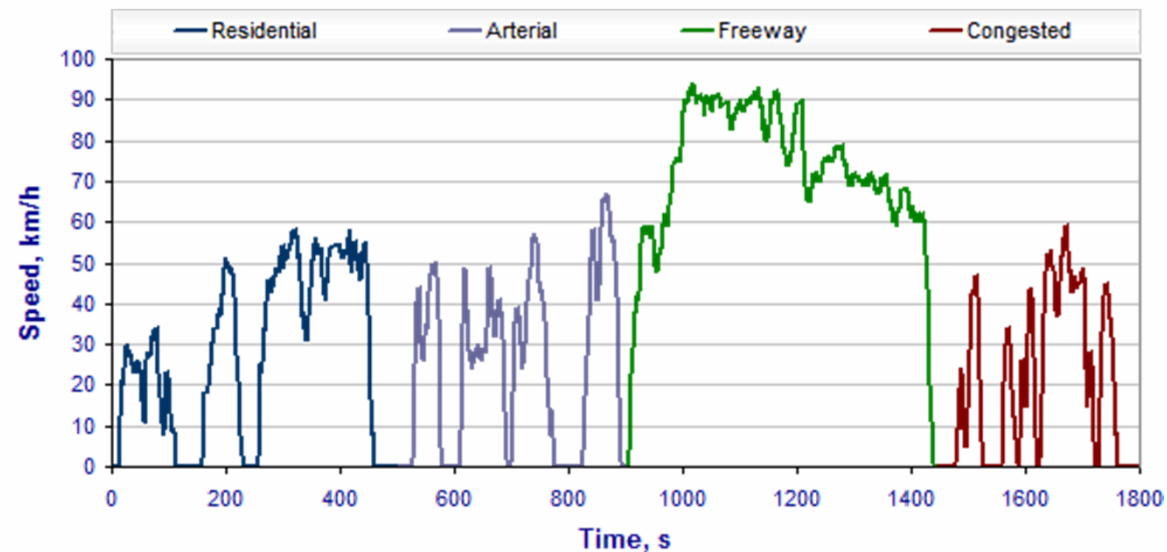
Testni cikel ZDA: US HWFET

- Testni cikel HWFET (ang. The Highway Fuel Economy Cycle) predstavlja urnik vožnje, ki ga je razvila organizacija US EPA za determiniranje ekonomičnosti lahkih vozil [40 CFR part 600, subpart B]. Testni cikel HWFET se uporablja za rangiranje vozil glede ekonomičnosti vožnje na avtocesti. Testni parametri cikla so naslednji:
 - Trajanje: 765 s;
 - Prepotovana razdalja: 10.26 milj (16.45 km);
 - Povprečna hitrost: 48.3 mph (77.7 km/h).



Avstralski testni cikel: AUDC

- Testna cikla AUDC (ang. Australian Urban Drive Cycle) in CUEDC (ang. Composite Urban Emissions Drive Cycle) sta bila razvita za lahka bencinska vozila.
- Testni cikel CUEDC predstavlja realno avstralsko vožnjo v urbanem okolju. Vsebuje štiri segmente: bivalno sosesko, dovodno povezavo, prosto cesto in gnečo.



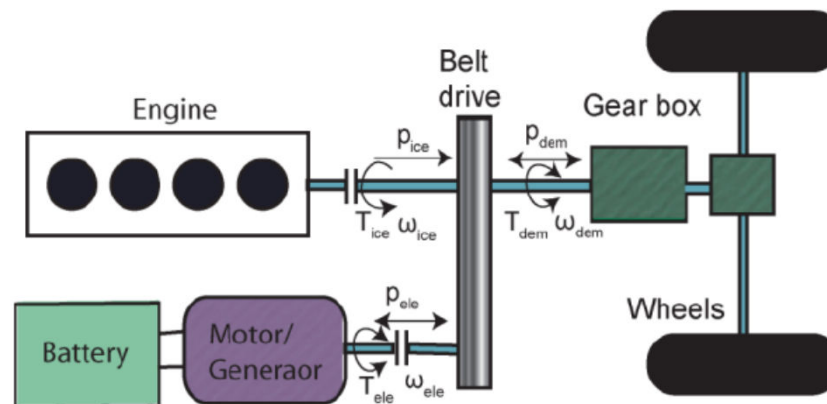
Strategija ravnanja z energijo pri HEV

- Učinkovitost hibrida je dobra le takrat, ko je shranjena električna energija večja od izgub v električnem sistemu, vključno z električnim motorjem/generatorjem, nadzornim sistemom in baterijo.
- Strategija ravnanja z energijo (SRE) pripomore k optimizaciji HEV.
- SRE je algoritem, ki razčleni pozitivne zahteve po energiji med motor z notranjim zgorevanjem in baterijo, pri čemer mora biti sposobnost regenerativnega zaviranja največja možna.
- Ekonomičnost HEV je močno odvisna od uporabljene SRE, kakor tudi od sposobnosti sistema za shranjevanje/vračanje energije.
- Problemi določanja optimalne SRE so bili reševani z različnimi optimizacijskimi algoritmi.



Strategija ravnanja z energijo pri HEV – primer 1

- Za določitev optimalne SRE je bilo pogosto uporabljeno dinamično programiranje (DP), strategija minimizacije ekvivalentne porabe goriva (ECMS) in hevristične metode optimizacije (HCEMS).
- Primer1 – evaluacija modela: DP, ECMS in HCEMS strategije so bile preskušane na modelu vzporednega HEV za različne testne cikle (US FTP-75, NEDC, AUDC and US HWFET).



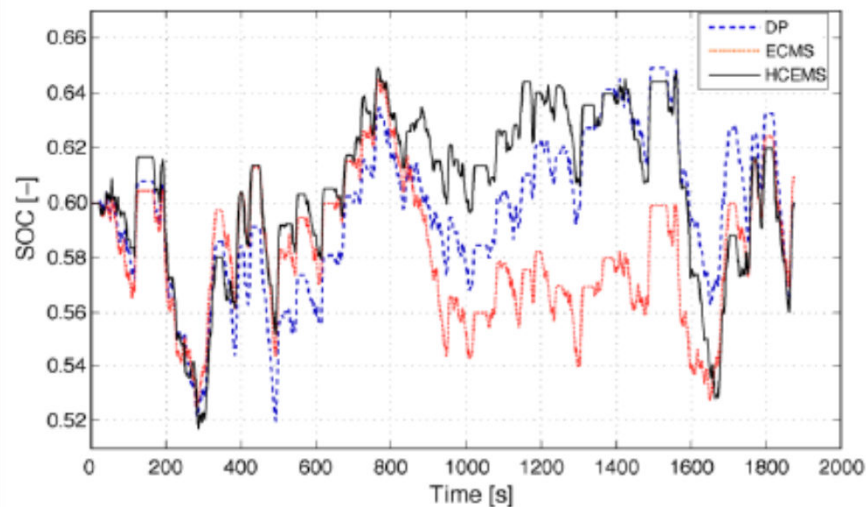
Shema modela vzporednega HEV [13]



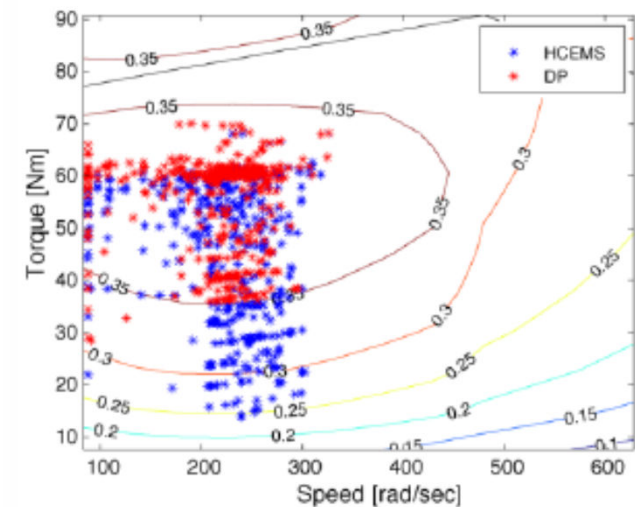
Strategija ravnanja z energijo pri HEV – primer 1

Poraba goriva (L/100km), deviacija končnega stanja električnega naboja od začetnega (SOC) (%) in računski časi za HCEMS, DP in ECMS optimizacijske metode za različne testne cikle [13]

Drive Cycle	Fuel Consumption (L/100km)				SOC Deviation (%)			Computational Time (s)		
	DP	ECMS	HCEMS	Conv.	DP	ECMS	HCEMS	DP	ECMS	HCEMS
NEDC	3.90	3.93	3.90	6.36	0	+1.0	0	72092	285	2142
FTP_75	3.65	3.69	3.66	6.23	0	-1.8	0	103797	312	3140
AUDC	3.64	3.68	3.65	6.32	0	-4.5	0	84827	304	2512
HWFET	3.85	4.02	3.98	4.90	0	-3.8	0	74846	268	2028



Variacija SOC pri metodah HCEMS, DP in ECMS za 75 testnih ciklov po US FTP-75 [13]



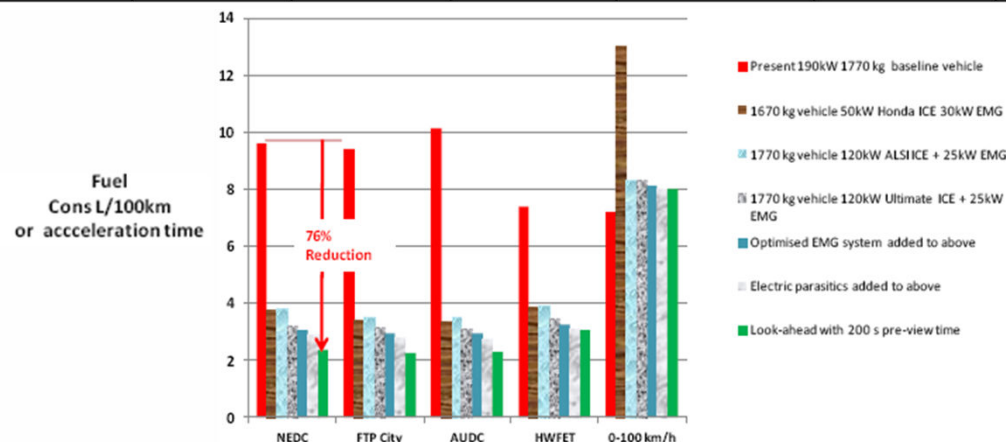
Delovne točke motorja z notranjim zgorevanjem pri metodah HCEMS in DP za 75 testnih ciklov po US FTP-75 [13]



Strategija ravnanja z energijo pri HEV – primer 2

- Primer 2 – končna evalvacija sistema: optimalne strategije po DP, ECMS in HCEMS metodah so bile preskušene na optimiranem modelu paralelnega HEV z upoštevanjem električnih izgub in možnostjo napovedovanja načina vožnje za testne cikle: US FTP-75, NEDC, AUDC in US HWFET [13].

Drive Cycle	Present 190kW 1770 kg baseline vehicle	1670 kg vehicle 50kW Honda ICE 30kW EMG	1770 kg vehicle 120kW ALSI ICE + 25kW EMG	1770 kg vehicle 120kW Ultimate ICE + 25kW EMG	Optimised EMG system added to above	Electric parasitics added to above	Look- ahead with 200 s pre- view time	Look ahead reduction from baseline
	Fuel Consumption L/100 km							
NEDC	9.60	3.73	3.77	3.23	3.05	2.88	2.37	75.4
FTP City	9.40	3.39	3.51	3.13	2.95	2.79	2.24	76.2
AUDC	10.16	3.36	3.52	3.11	2.93	2.77	2.29	77.4
HWFET	7.39	3.87	3.9	3.46	3.26	3.08	3.04	58.9
0-100 km/h	7.2	13.0	8.3	8.3	8.1	8.0	8.0	



Literatura

- Klemenc J.: Dinamika vozil – predloge k predavanjem. Ljubljana, UL-FS, 2016.
 - Simić D.: Motorna vozila. Beograd: Naučna knjiga, 1988.
 - Goljar M.: Motorna vozila, osnove konstruiranja. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 1977.
 - Zbornik konference Svetovnega avtomobilskega kongresa FISITA 2014. Maastricht: KIVI NIRA, 2014:
- [1] Barák, A., Klír, V. SIMULATION OF CONVENTIONAL, HYBRID AND ELECTRIC VEHICLES IN TRANSIENT DRIVING CYCLES, FISITA Conference 2014: F2014-TMH-044.
 - [2] Boretti, A., Stecki, J. STATE OF THE ART OF PNEUMATIC AND HYDRAULIC KINETIC ENERGY RECOVERY SYSTEMS, FISITA Conference 2014: F2014-TMH-033.
 - [3] Vroemen, B., Smid, M., Vogelaar, G.-J., d'Haens, P., van Leeuwen, D., van Berkel, K. COST-EFFECTIVE MECHANICAL HYBRID WITH HIGH FUEL-EFFICIENCY, FISITA Conference 2014: F2014-TMH-046.



Literatura

- [4] Serrarens, A., van Diepen, K., Svid, M., Peeters, K., Vogelaar G.-J. DESIGN AND VALIDATION OF A 48V/60KW FLYWHEEL – ELECTRIC KERS SYSTEM, FISITA Conference 2014: F2014-TMH-067.
- [5] Schamoni M., Güth, D., Maas, J. HIGH TORQUE MRF – BASED CLUTCH AVOIDING DRAG LOSSES FOR APPLICATIONS IN HYBRID ELECTRICAL VEHICLES , FISITA Conference 2014: F2014-TMH-053.
- [6] Han, L., Liu, H., Qi, Y., Huang, Z. DYNAMIC MODELING STUDY ON ELECTROMECHANICAL COUPLING OF POWER SPLIT HYBRID DRIVE SYSTEM, FISITA Conference 2014: F2014-TMH-038.
- [7] König, R., Rinderknecht, S. MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF THE TWO-DRIVE-TRANSMISSION FOR A HYBRID ELECTRIC VEHICLE, FISITA Conference 2014: F2014-TMH-03.
- [12] Pfeiffer, K., Merl, R. EMISSION CALIBRATION: ACCELERATING DEVELOPMENT USING A POWERTRAIN-IN-THE-LOOP TESTBED, FISITA Conference 2014: F2014-TMH-042.
- [13] Watson, H.C., Adhikari, S. THE BENEFITS OF ALL ELECTRIC PARASITICS IN AN HIGHLY OPTIMISED HYBRID IN NEDC AND LOOK-AHEAD DRIVING, FISITA Conference 2014: F2014-TMH-077.

