







A járművek menetellenállása

Készítette: Szűcs Tamás

Tartalomjegyzék

I. Menetellenállások:

1. Gördülési ellenállás 
2. Légellenállás 
3. Emelkedési ellenállás 
4. Menetellenállás 
5. Gyorsítási ellenállás 
6. Hajtómű-ellenállás 



A leggyorsabb Indián

A görög ABC

Görög ÁBC	Magyar Karakter	Kisbetű Symbol	Nagybetű Symbol	Görög ÁBC	Magyar Karakter	Kisbetű Symbol	Nagybetű Symbol
Alfa	A	α	<i>A</i>	Nú	N	ν	<i>N</i>
Béta	B	β	<i>B</i>	Kszi	X	ξ	<i>Ξ</i>
Gamma	G	γ	<i>Γ</i>	Omikron	O	o	<i>Ο</i>
Delta	D	δ	Δ	Pi	P	π	<i>Π</i>
Epszilon	E	ϵ	<i>E</i>	Rhó	R	ρ	<i>P</i>
Zéta	Z	ζ	<i>Z</i>	Szigma	S	σ	<i>Σ</i>
Éta	H	η	<i>H</i>	Tau	T	τ	<i>T</i>
Théta	Q	θ	Θ	Üpszilon	U	υ	<i>Υ</i>
Iota	I	ι	<i>I</i>	Fí	F	ϕ	<i>Φ</i>
Kappa	K	κ	<i>K</i>	Chí	C	χ	<i>X</i>
Lambda	L	λ	<i>Λ</i>	Pszí	Y	ψ	<i>Ψ</i>
Mú	M	μ	<i>M</i>	Ómega	W	ω	<i>Ω</i>

I. Menetellenállások

1. Gördülési ellenállás

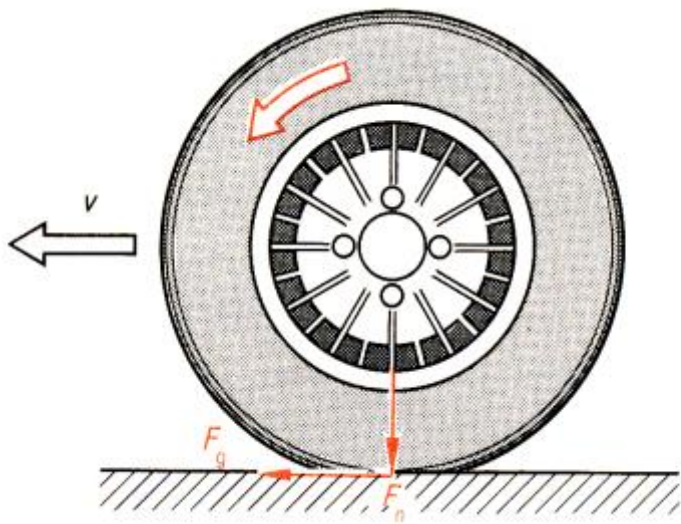
A jármű mozgása közben állandóan hat.

A kerék-talaj kapcsolat rugalmas és rugalmatlan alakváltozása okozza.

Az az ellenállás (erő, nyomaték), amely akkor lép fel, ha egy testet egy másikon legördítünk.

Fellép például gördülő-csapágyakon, gépkocsi kerék-abroncson. A gördülési ellenállás a görgő, a kerék vagy abroncs és a pálya deformációjából ered.

Például a gumiabroncs gördülési ellenállása nagyobb, mint az acélból készült vasúti kocsi kerekének ellenállása. A gördülő ellenállás általában sokkal kisebb, mint a száraz csúszó súrlódás.



- F_g az összes kerék gördülési ellenállása, N;
- F_n a normálerő, N;
- G a jármű súlyereje, N;
- m a jármű tömege, kg;
- g a nehézségi gyorsulás, m/s^2 ($\approx 10 m/s^2$);
- μ_g a gördülősúrlódási tényező.

$$F_g = F_n \cdot \mu_g$$

$$F_n = G = m \cdot g;$$

$$F_g = m \cdot g \cdot \mu_g$$

A gumiabroncs gördülése közben az abroncs és az útfelület alakváltozásából származik.

A gördülő μ_G súrlódási tényező hozzávetőleges értékei

c_R	Gördülőelem/pálya
0,0005–0,001	Golyóscsapágy, Golyó és csapágygyűrűk edzett acélból
0,001–0,002	Vasúti kocsi kereke sínen
0,007	Gumiabroncs aszfalton
0,006–0,010	Tehergépkocsi gumiabroncs aszfalton
0,013–0,015	Személygépkocsi gumiabroncs aszfalton
0,01–0,02	Gumiabroncs betonon
0,020	Gumiabroncs kavicsos
0,015–0,03	Gumiabroncs kockakövön
0,03–0,06	Gumiabroncs kátyús úton
0,045	Lánctalp kocsúton (például a német Leopard 2 páncélos)
0,050	Gumiabroncs földúton
0,04–0,08	Gumiabroncs homokban
0,07–0,08	Erősen bordázott mezőgazdasági gumiabroncs (Caterpillar Challenger und John Deere 8000T) aszfalton
0,2–0,4	Gépkocsi gumiabroncs futóhomokban

Gördülési ellenállás (F_g), vonóerő:

$$F_g = m \cdot g \cdot f$$

F_g : gördülési ellenállás (N)

m : a jármű tömege (kg)

g : nehézségi gyorsulás (m/s^2)

$f = \mu_g$: a gördülési ellenállás tényezője μ (mű)

P_g : a gördülési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény (W)

v : a gépkocsi haladási sebessége (m/s)

A gördülési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény (P_g):

$$P_g = m \cdot g \cdot f \cdot v = F_g \cdot v$$

Gördülési ellenállási tényező:

$$f = \mu_g = \frac{e}{r_g}$$

e : reakció erő karja

r_g : gördülési sugár

Miből származik a járművek gumiabroncsára ható gördülési ellenállás?

A járművekre ható gördülési ellenállás abból származik, hogy gördülés közben a kerék és a talaj is deformálódik.

Mivel sem a kerék sem a talaj nem teljesen rugalmas, ez teljesítmény veszteséggel jár. Ennek a teljesítmény veszteségnek az előidézője a gördülési ellenállás.

Hogyan számoljuk ki a gördülési ellenállást, és a gördülési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt! Írja fel az összefüggéseket!

$$F_g = mgf$$

$$P_g = mgfv = F_g v$$

Nevezze meg az összefüggésben használt tényezőket!

F_g : gördülési ellenállás (N)

m : a jármű tömege (kg)

g : nehézségi gyorsulás (m/s^2)

$f = \mu_g$: a gördülési ellenállás tényezője

P_g : a gördülési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény (W)

v : a gépkocsi haladási sebessége (m/s)

Ismertesse a gördülési ellenállási tényező értékének megállapítására szolgáló összefüggést!

$$f = \mu_g = \frac{e}{r_g}$$

r_g : gördülési sugár

e : a reakció erő karja

1. Példa: Számítsa ki a gördülési ellenállás legyőzéséhez szükséges vonóerőt!

Számítsa ki a gördülési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt! Az alábbi adatok ismertek:

$$m = 985 \text{ kg}$$

$$f = \mu_g = 0,018$$

$$v = 72,72 \text{ km/h} = 20,2 \text{ m/s}$$

$$\text{Vonóerő: } F_g = m \cdot g \cdot f = 985 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,018 = \underline{\underline{173,93 \text{ N}}}$$

$$\text{Teljesítmény: } P_g = m \cdot g \cdot f \cdot v = 173,9313 \text{ N} \cdot 20,2 \text{ m/s} = \underline{\underline{3513,41 \text{ W}}}$$

2. Példa: A személygépkocsi tömege 1885 kg.

Mennyi a gördülési ellenállása:

a) aszfaltúton ($\mu_g = 0,015$)?

b) kavicsos úton ($\mu_g = 0,02$)?

$$\text{a) } F_g = m \cdot g \cdot f = 1885 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,015 = \underline{\underline{277,38 \text{ N}}}$$

$$\text{b) } F_g = m \cdot g \cdot f = 1885 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,02 = \underline{\underline{369,837 \text{ N}}}$$

**3. Példa: A 8000 kg üres tömegű autóbuszban 32 személy foglal helyet.
Egy személy tömege átlag 75 kg.
Mekkora a gördülési ellenállás, ha a busz autópályán halad ($\mu_g = 0,013$)?**

$$32 \text{ fő} \cdot 75 \text{ kg} = 2400 \text{ kg} \rightarrow \text{össztömeg: } 8000 \text{ kg} + 2400 \text{ kg} = 10400 \text{ kg}$$

Gördülési ellenállás:

$$F_g = m \cdot g \cdot f = 10400 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,013 = \underline{\underline{1326,312 \text{ N}}}$$

4. Példa: A 16000 kg össztömegű betonkeverő homokúton ($\mu_g = 0,022$) 5 km/h sebességgel halad.

Számítsa ki:

a) a gördülési ellenállást!

b) a gördülési ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítményt!

$$\text{a) } F_g = m \cdot g \cdot f = 16000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,022 = \underline{\underline{3453,12 \text{ N}}}$$

$$\text{b) } v = 5 \text{ km/h} = 1,39 \text{ m/s}$$

$$P_g = m \cdot g \cdot f \cdot v = 3453,12 \text{ N} \cdot 1,39 \text{ m/s} = \underline{\underline{4799,8368 \text{ W}}}$$

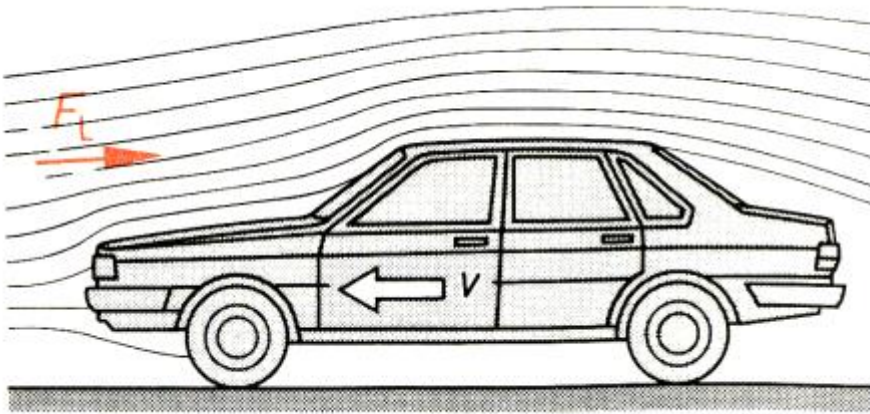
**5. Példa: Egy jármű 60 km/h sebességgel halad egyenes úton ($\mu_g = 0,018$).
Határozza meg a gördülési ellenállást és a legyőzéséhez szükséges teljesítményt,
ha a jármű tömege 1050 kg.**

$$F_g = m \cdot g \cdot f = 1050 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,018 = \underline{\underline{185,409 \text{ N}}}$$

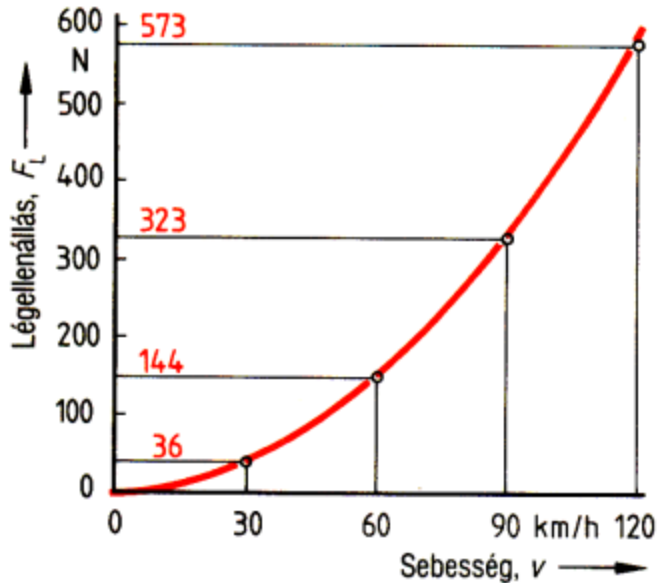
$$v = 60 \text{ km/h} = 16,67 \text{ m/s}$$

$$P_g = F_g \cdot v = 185,409 \text{ N} \cdot 16,67 \text{ m/s} = \underline{\underline{3090,76803 \text{ W}}}$$

2. Légellenállás



- ρ a torlónyomás, N/m^2 ;
- F_L a légellenállás, N ;
- ϱ a levegő sűrűsége, kg/m^3 ;
- c_w a légellenállási tényező;
- A a jármű áramlásra merőleges keresztmetszete, m^2 ;
- v a jármű sebessége, m/s ;
- b a jármű szélessége, m ;
- h a jármű magassága, m ;



$$c_p \sim c'_f \longrightarrow c_w$$

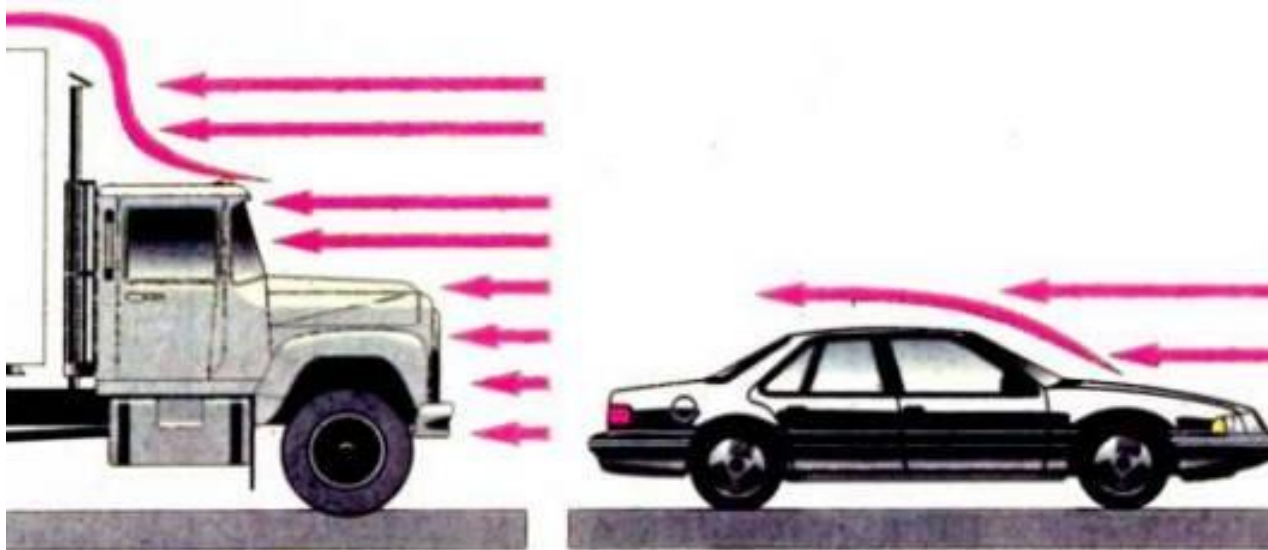
$$\rho = \frac{\varrho}{2} \cdot v^2$$

$$F_L = \frac{\varrho}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

$$F_L = 0,615 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

$$A \approx 0,8 \cdot b \cdot h$$

A légellenállást a levegő nyomása és súrlódása okozza.



Légellenállás (F_l):

$$F_l = \frac{\zeta}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot v^2$$

F_l : légellenállás (N)

P_l : a légellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény (W)

c_w : a formatényező (légellenállási tényező)

A : a homlokfelület nagysága (m²)

ζ : a levegő sűrűsége (kg/m³)

v : sebesség (m/s)

A légellenállás legyőzéséhez szükséges motorteljesítmény (P_l):

$$P_l = \frac{\zeta}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot v^3 = F_l \cdot v$$

**Ha a jármű haladási irányával megegyező irányba szél fúj (hátszél), akkor a:
légellenállás:**

$$F_l = \frac{\zeta}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot (v - v_{szél})^2$$

motorteljesítmény:

$$P_l = \frac{\zeta}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot (v - v_{szél})^3$$

**Ha a jármű haladás irányával szembe fúj (szembeszél) a szél:
légellenállás:**

$$F_l = \frac{\zeta}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot (v + v_{szél})^2$$

motorteljesítmény:

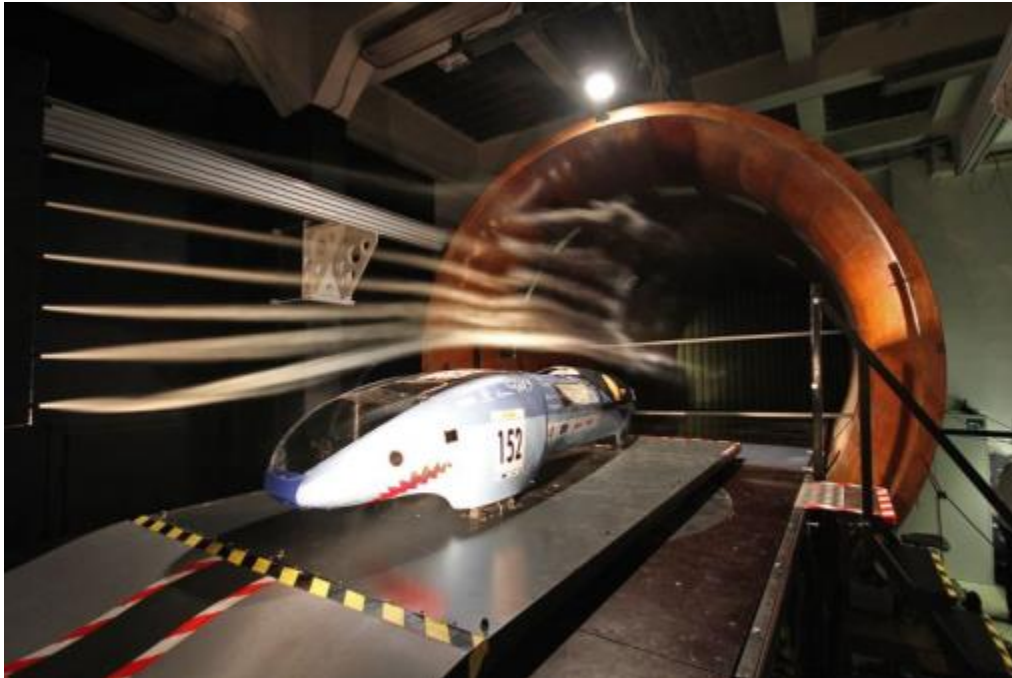
$$P_l = \frac{\zeta}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot (v + v_{szél})^3 = F_l \cdot (v + v_{szél})$$

Valószínű, hogy rekordkísérletéhez Camille Jenatton belga mérnök már tudatosan alkalmazta a **lövedék vagy torpedó alakot**. Bizonyára ez is segítette, hogy 1899. 04. 29-én sikerüljön először átlépnie a 100 km/h sebességet a franciaországi Acheres-ben La Jamais Contente nevű (Az örök elégedetlen) autójával. Az autót villanymotor hajtotta!



A szélcsatorna

A szélcsatorna egy csőben lévő motorból és légcsavarból áll, így szabályozhatjuk a légáramlás sebességét.







Opel Calibra

Sokáig az Opel Calibra számított a legjobb légellenállású autónak (c_w 0,26).



A légellenállási tényező (az itthoni szaksajtóban és német kiadványokban c_w , angolszász nyelvterületen c_d érték) már kicsit homályosabb fogalom. Azt fejezi ki, hogy **egy tárgy hogyan befolyásolja a körülötte áramló levegőt**. Minél könnyebb a levegő-molekuláknak megkerülni a tárgyat, annál alacsonyabb ez a szám, de minden esetben csak méréssel lehet meghatározni, és **függ a tárgy arányaitól és felületi minőségétől is**.

Egy áramlásra merőlegesen beállított síklemez c_w értéke például 1 körül van, egy hosszabb téglatesté 0,8 körül, egy gömbé 0,3-0,5 körül, az áramlástanilag tökéletesnek mondott cseppformáé pedig 0,2-0,05 között alakul.

Az 1990-es évekre általánossá vált a 0,29-0,3 körüli c_w , de az 1989-ben bemutatott Opel Calibra 0,26-os értéke a mai napig az élmezőnybe tartozik. Itt ugyanis már nem a karosszéria formája a korlátozó tényező, hanem az autó **fenéklemezének egyenetlenségei, a lemezek illesztései az ajtóknál, az örvények a kerekek környezetében, és egy csomó hasonló apróság**. Azaz a c_w további csökkentéséhez több burkolatra és **pontosabb gyártási eljárásokra lenne szükség**, ezek alkalmazása pedig **túl drágává** tenné a személyautók szériagyártását.

A légellenállási tényezőt javítani tehát a gyárak is alig tudnak. Jelenleg a sorozatgyártmányok közt a **Mercedes CLA** számít a legjobbnak **0,22-es** értékkel. Rontani viszont bárki képes. Egy hiányzó lökhárító vagy tükörház, fent felejtett tetőcsomagtartó akár tizedeket ronthat a légellenállási tényező értékén, és ez már az autó fogyasztásában is érezhető.

Nem is beszélve a különféle **sportos légterelőkről**: az ilyenek a versenyautókon növelik a leszorítóerőt, ahogy ezt mindenki tudja, de az a tény kevésbé közismert, hogy cserébe egy formula-versenyautó légellenállási tényezője rosszabb, mint a legtöbb kamioné, valahova 0,7 és 1,5 közé esik a légterelők beállításától és kialakításától függően.



Légellenállási tényező (c_w)

- 0,54 Mercedes G-Klasse (W463)
- 0,50 Citroen 2CV
- 0,48 VW Käfer
- 0,41 VW Golf I (1974)
- 0,39 Mercedes M-Klasse
- 0,38 VW New Beetle
- 0,37 Smart Fortwo
- 0,36 Subaru Forester, Citroën DS (1955!)
- 0,35 Renault Megane II
- 0,35 Mini Cooper
- 0,35 NSU Ro 80 (1967)
- 0,34 Ford Sierra
- 0,325 VW Golf V (2003)
- 0,32 Alfa 147
- 0,32 Mercedes E-Klasse-Cabrio (1991)
- 0,32 Fiat Grande Punto (2005)
- 0,312 Tatra T77 a (1935)
- 0,31 Jaguar XJ, Renault 19, Citroën C4 Picasso
- 0,30 Audi 100 C3 (1982)
- 0,28 - 0,30 Mercedes CLK Cabrio
- 0,29 BMW 1er (2004)
- 0,29 Porsche 911 GT3 (997) (2006)
- 0,28 Citroen C4 Coupé (2004)
- 0,28 Opel Omega A
- 0,28 Mercedes E-Klasse (W124, 1984)
- 0,28 Rumpler-Tropfenwagen (1921)
- 0,27 Mercedes-Benz CL-Klasse (2006)
- 0,27 Lexus IS (1999)
- 0,26 **Toyota Prius, Opel Calibra, Honda Accord**
- 0,25 Audi A2 1.2 TDI (1999), Honda Insight
- 0,2 Loremo Release 2009, Koenigsegg
- 0,19 Mercedes Bionic Car (Studie 2005), GM EV1
- 0,18 Acabion Bionisches Stromlinienfahrzeug (2006)
- 0,168 Daihatsu UFE-III (Studie 2006)
- 0,159 VW 1-Liter-Auto (Studie)
- ca. 0,075 Pac-Car II Studienfahrzeug



1. Példa: Számítsa ki a légellenállás legyőzéséhez szükséges vonóerőt és a légellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt!

Az alábbi adatok ismertek:

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,28 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 2,44 \text{ m}^2$$

$$c_w = 0,34$$

$$v = 99 \text{ km/h} = 27,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Vonóerő: } F_1 = \zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2 = 1,28 \text{ kg/m}^3 : 2 \cdot 0,34 \cdot 2,44 \text{ m}^2 \cdot (27,5 \text{ m/s})^2 = \underline{\underline{401,52 \text{ N}}}$$

$$\text{Teljesítmény: } P_1 = F_1 \cdot v = 401,52 \text{ N} \cdot 27,5 \text{ m/s} = 11041,8 \text{ W} = \underline{\underline{11,04 \text{ kW}}}$$

2. Példa: Egy 1250 kg tömegű jármű egyenes úton halad 108 km/h sebességgel. A levegő sűrűsége 1,28 kg/m³. A jármű nyomtávolsága 1,4 m, magassága 1,7 m. A légellenállási tényezője 0,3.

Számítsa ki a légellenállást és a legyőzéséhez szükséges teljesítményt!

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,28 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 0,9 \cdot 1,4 \text{ m} \cdot 1,7 \text{ m} = 2,142 \text{ m}^2$$

$$c_w = 0,3$$

$$v = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Légellenállás: } F_1 &= \zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2 = \\ &= 1,28 \text{ kg/m}^3 : 2 \cdot 0,3 \cdot 2,142 \text{ m}^2 \cdot (30 \text{ m/s})^2 = \underline{\underline{370,14 \text{ N}}} \end{aligned}$$

$$\text{Teljesítmény: } P_1 = F_1 \cdot v = 370,14 \text{ N} \cdot 30 \text{ m/s} = 11104,2 \text{ W} = \underline{\underline{11,10 \text{ kW}}}$$

3. Példa: Mekkora a légellenállási tényezője annak a gépkocsinak, amely 80 km/h sebességnél a gördülési ellenállás és a légellenállás legyőzéséhez 15,456 kW teljesítményt fordít?

A gépkocsi tömege 1250 kg, a gördülési ellenállás tényezője 0,032, a gépkocsi nyomtávolsága 1,6 m, a magassága 1800 mm. A számításhoz a levegő sűrűségét 1,293 kg/m³-nek, a nehézségi gyorsulást 9,81 m/s²-nek vegye!

$$m = 1250 \text{ kg}$$

$$f = 0,032$$

$$A = 0,9 \cdot 1,6 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m} = 2,592 \text{ m}^2$$

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 80 \text{ km/h} = 22,23 \text{ m/s}$$

$$P_g + P_1 = 15,456 \text{ kW} = 15456 \text{ W}$$

$$c_w = ?$$

$$\text{Gördülési ellenállás: } F_g = m \cdot g \cdot f = 1250 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,032 = 392,4 \text{ N}$$

$$\text{Görd. ell. leküzd. telj.: } P_g = F_g \cdot v = 392,4 \text{ N} \cdot 22,23 \text{ m/s} = 8723,052 \text{ W} \rightarrow P_1 = 6732,948 \text{ W}$$

$$\text{Légellenállás: } F_1 = P_1 : v = 6732,948 \text{ W} : 22,23 \text{ m/s} = 302,876 \text{ N}$$

$$\text{Légellenállási tényező: } F_1 = \zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

$$302,876 \text{ N} = 0,6465 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,592 \text{ m}^2 \cdot 494,1729 \text{ (m/s)}^2 \cdot c_w$$

$$302,876 \text{ N} = 828,0993653712 \cdot c_w$$

$$c_w = \underline{0,365}$$

4. Példa: Egy gépkocsi motorjának teljesítménye 29,43 kW. Mekkora lesz a gépjármű végsebessége, ha a gördülési ellenállás legyőzéséhez a végsebességnél 17,64 kW teljesítményt igényel?

További adatok: a légellenállás tényezője 0,4, a nyomtávolság 1,54 m, a gépkocsi magassága 1670 mm, a levegő sűrűsége 1,281 kg/m³.

$$P_m = 29,43 \text{ kW} = 29430 \text{ W}$$

$$P_g = 17,64 \text{ kW} = 17640 \text{ W} \rightarrow P_1 = 11790 \text{ W}$$

$$c_w = 0,4$$

$$A = 0,9 \cdot 1,54 \text{ m} \cdot 1,67 \text{ m} = 2,31462 \text{ m}^2$$

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,281 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{\text{max}} = ?$$

$$P_1 = F_1 \cdot v$$

$$P_1 = (\zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2) \cdot v$$

$$11790 \text{ W} = 0,6405 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,4 \cdot 2,31462 \text{ m}^2 \cdot v^3 = 0,593005644 \cdot v^3$$

$$v^3 = 11790 / 0,593005644 = 19881,7669$$

$$\underline{v = 27,09 \text{ m/s}}$$

5. Példa: Egy 1,4 tonna össztömegű járművel haladunk. A gépkocsi áramlásra merőleges felülete 2 m^2 , a gördülési ellenállás tényezője $0,02$. A levegő sűrűsége $1,293 \text{ kg/m}^3$, a jármű sebessége 120 km/h , a menetellenállások legyőzésére 32700 W összteljesítményre van szükség. Határozza meg a jármű légellenállási tényezőjét!

$$m = 1400 \text{ kg}$$

$$A = 2 \text{ m}^2$$

$$f = 0,02$$

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 120 \text{ km/h} = 33,34 \text{ m/s}$$

$$P_{\text{össz}} = 32700 \text{ W} (P_g + P_l)$$

$$c_w = ?$$

$$P_g = m \cdot g \cdot f \cdot v = 1400 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,02 \cdot 33,34 \text{ m/s} = 9157,8312 \text{ W} \rightarrow P_l = 23542,1688 \text{ W}$$

$$P_l = F_l \cdot v$$

$$P_l = (\zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2) \cdot v$$

$$23542,1688 \text{ W} = 0,6465 \text{ kg/m}^3 \cdot c_w \cdot 2 \text{ m}^2 \cdot 37059,26 \text{ (m/s)}^3 = 47917,623 \cdot c_w$$

$$c_w = \underline{0,491}$$

6. Példa: Mekkora a légellenállási tényezője annak a járműnek, amely 130 km/h sebességgel halad és a légellenállás legyőzésére 39 kW teljesítményt fordít? Az áramlásra merőleges keresztmetszet 3,05 m², a levegő sűrűsége 1,283 kg/m³.

Határozza meg, mekkora teljesítményre lenne szükség a légellenállás legyőzéséhez, ha a sebesség 100 km/h lenne?

$$v = 130 \text{ km/h} = 36,11 \text{ m/s}$$

$$P_1 = 39000 \text{ W}$$

$$A = 3,05 \text{ m}^2$$

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,283 \text{ kg/m}^3$$

$$c_w = ?$$

$$P_1 = ? \text{ (, ha } v = 100 \text{ km/h)}$$

$$P_1 = F_1 \cdot v$$

$$P_1 = (\zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2) \cdot v$$

$$39000 \text{ W} = 0,6415 \text{ kg/m}^3 \cdot c_w \cdot 3,05 \text{ m}^2 \cdot 47084,99 \text{ (m/s)}^3 = 92125,314 \cdot c_w$$

$$c_w = \underline{0,423}$$

$$v = 100 \text{ km/h} = 27,77 \text{ m/s}$$

$$P_1 = F_1 \cdot v = 0,6415 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,423 \cdot 3,05 \text{ m}^2 \cdot 21415,47 \text{ (m/s)}^3 = 17724,11 \text{ W} = \underline{17,724 \text{ kW}}$$

7. Példa: A teherautó szélessége 2500 mm, magassága 2900 mm. Mennyi a légellenállás, ha a levegő sűrűsége 1,24 kg/m³, a légellenállási tényező 0,85 és a sebesség 80 km/h?

$$A = 0,9 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 2,9 \text{ m} = 6,525 \text{ m}^2$$

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,24 \text{ kg/m}^3$$

$$c_w = 0,85$$

$$v = 80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s}$$

$$F_1 = ?$$

$$F_1 = \zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

$$F_1 = 0,62 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,85 \cdot 6,525 \text{ m}^2 \cdot 493,7284 \text{ (m/s)}^2 = \underline{\underline{1697,77 \text{ N}}}$$

**8. Példa: A személygépkocsi áramlásra merőleges keresztmetszete $1,84 \text{ m}^2$, c_w –értéke $0,35$.
Mekkora a légellenállás $40, 80$ és 120 km/h sebesség esetén?**

$$A = 1,84 \text{ m}^2$$

$$c_w = 0,35$$

$$v_1 = 40 \text{ km/h} = 11,11 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s}$$

$$v_3 = 120 \text{ km/h} = 33,33 \text{ m/s}$$

$$F_{11} = ?$$

$$F_{12} = ?$$

$$F_{13} = ?$$

$$F_1 = \zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

$$F_{11} = 0,6465 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,35 \cdot 1,84 \text{ m}^2 \cdot 123,4321 \text{ (m/s)}^2 = \underline{51,39 \text{ N}}$$

$$F_{12} = 0,6465 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,35 \cdot 1,84 \text{ m}^2 \cdot 493,7284 \text{ (m/s)}^2 = \underline{205,56 \text{ N}}$$

$$F_{13} = 0,6465 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,35 \cdot 1,84 \text{ m}^2 \cdot 1110,8889 \text{ (m/s)}^2 = \underline{462,51 \text{ N}}$$

A levegő sűrűsége (ρ) bizonyos hőmérsékleteken

$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$\rho, \text{ kg/m}^3$
- 10	1,341
- 5	1,316
<u>0</u>	<u>1,293</u>
+ 5	1,269
+ 10	1,247
+ 15	1,225
+ 20	1,204
+ 25	1,184
+ 30	1,164

9. Példa: A sportautó szélessége 1775 mm, magassága 1304 mm, c_w –értéke 0,34.

Számítsa ki: a) az áramlásra merőleges keresztmetszetet,

b) a légellenállás értékét 100 és 200 km/h sebesség esetén!

a) $A = 0,9 \cdot 1,775 \text{ m} \cdot 1,304 \text{ m} = 2,08314 \text{ m}^2$

b) $F_{11} = ?$ ($v = 100 \text{ km/h} = 27,77 \text{ m/s}$)

$F_{12} = ?$ ($v = 200 \text{ km/h} = 55,55 \text{ m/s}$)

$$F_1 = \zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

$$F_{11} = 0,6465 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,34 \cdot 2,08314 \text{ m}^2 \cdot 771,1729 \text{ (m/s)}^2 = \underline{353,11 \text{ N}}$$

$$F_{12} = 0,6465 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,34 \cdot 2,08314 \text{ m}^2 \cdot 3085,8025 \text{ (m/s)}^2 = \underline{1412,97 \text{ N}}$$

A levegő sűrűsége (ρ) bizonyos hőmérsékleteken

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$
- 10	1,341
- 5	1,316
0	1,293
+ 5	1,269
+ 10	1,247
+ 15	1,225
+ 20	1,204
+ 25	1,184
+ 30	1,164

10. Példa: Számítsa ki a személygépkocsi légellenállását 30, 60, 90 és 120 km/h sebességre, ha az áramlásra merőleges keresztmetszet 2 m^2 , a légellenállási tényező $0,32$, a levegő sűrűsége $1,23 \text{ kg/m}^3$.

Készítsen diagramot úgy, hogy a vízszintes tengelyen a sebességet, a függőlegesen a légellenállást vegye fel!

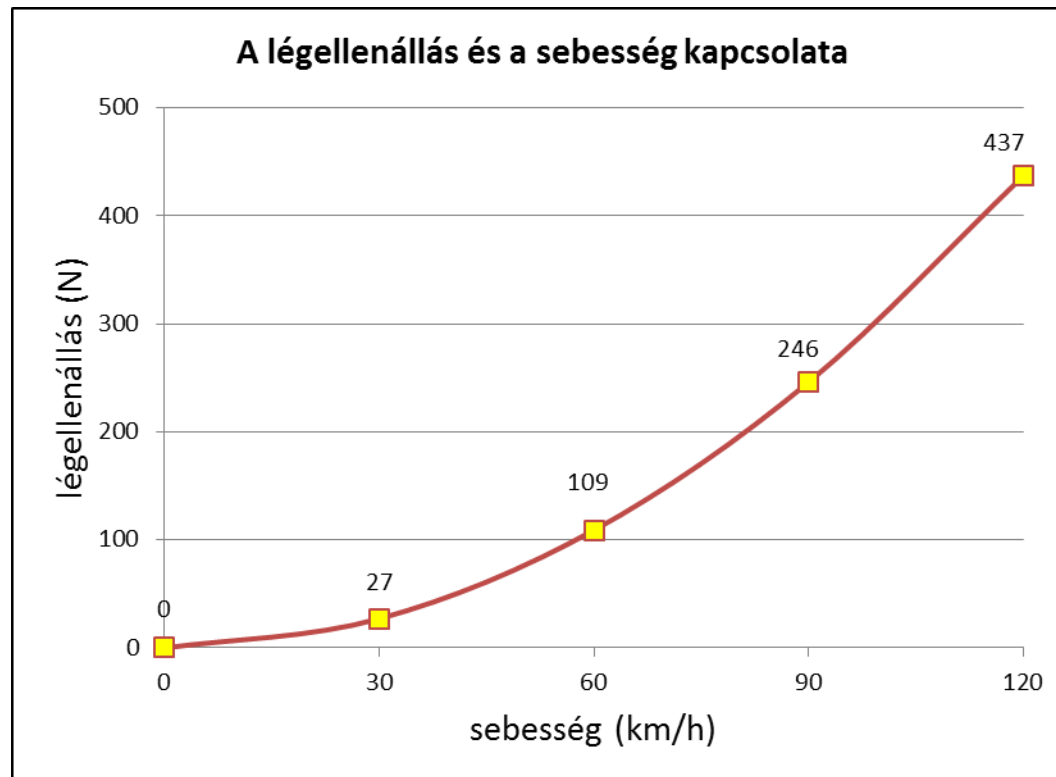
$$v_1 = 30 \text{ km/h} = 8,33 \text{ m/s} \rightarrow F_{11} = 0,615 \cdot 0,32 \cdot 2 \cdot 69,3889 = \underline{27,31 \text{ N}}$$

$$v_2 = 60 \text{ km/h} = 16,66 \text{ m/s} \rightarrow F_{12} = 0,615 \cdot 0,32 \cdot 2 \cdot 277,5556 = \underline{109,24 \text{ N}}$$

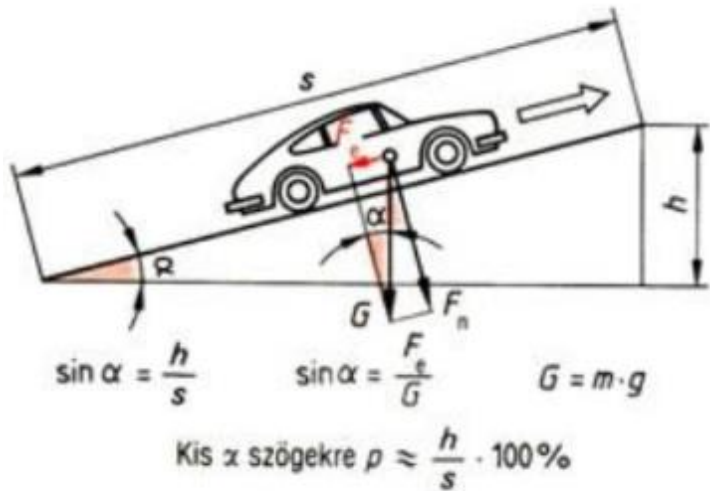
$$v_3 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s} \rightarrow F_{13} = 0,615 \cdot 0,32 \cdot 2 \cdot 625 = \underline{246 \text{ N}}$$

$$v_4 = 120 \text{ km/h} = 33,33 \text{ m/s} \rightarrow F_{14} = 0,615 \cdot 0,32 \cdot 2 \cdot 1110,8889 = \underline{437,24 \text{ N}}$$

A légellenállás a sebesség négyzetével arányos!



3. Emelkedési ellenállás



F_e az emelkedési ellenállás, N;

G a súlyerő, N;

m a jármű tömege, kg;

g a nehézségi gyorsulás
($\approx 10 \text{ m/s}^2$);

α az emelkedés vagy
lejtés szöge, fok;

h a lejtő magassága, m;

s a lejtő hossza, m;

p a lejtés, %;

$$F_e = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F_e = m \cdot g \cdot \frac{h}{s}$$

$$F_e \approx m \cdot g \cdot \frac{p}{100\%}$$

Emelkedési ellenállás (F_e), vonóerő:

$$F_e = m \cdot g \cdot \operatorname{tg} \alpha = m \cdot g \cdot \frac{p}{100}$$

Az emelkedési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény (P_e):

$$P_e = m \cdot g \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot v = m \cdot g \cdot \frac{p}{100} \cdot v = F_e \cdot v$$

F_e : emelkedési ellenállás (N)

m : a jármű tömege (kg)

g : nehézségi gyorsulás (m/s^2)

α : a lejtés szöge

P_e : az emelkedési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény (W)

v : a jármű haladási sebessége (m/s)

A „p” értékének megállapítása:

p : a lejtő emelkedése %-os formában

h : a szintkülönbség

l : a lejtő vízszintes vetülete

Kis lejtőszögnél: $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} = \frac{p}{100}$

Hogyan számoljuk ki az emelkedési ellenállást és az emelkedési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt? Írja fel az összefüggéseket!

Emelkedési ellenállás: $F_e = m \cdot g \cdot \operatorname{tg} \alpha = m \cdot g \cdot \frac{p}{100}$

Teljesítmény: $P_e = m \cdot g \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot v = m \cdot g \cdot \frac{p}{100} \cdot v = F_e \cdot v$

Nevezze meg az összefüggésben szereplő adatokat és azok mértékegységeit!

F_e : emelkedési ellenállás (N)

m : a jármű tömege (kg)

g : nehézségi gyorsulás (m/s^2)

α : a lejtés szöge

P_e : az emelkedési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény (W)

v : a jármű haladási sebessége (m/s)

Hogyan történik a „p” értékének megállapítása?

p = a lejtő emelkedése %-os formában

h = a szintkülönbség

l = a lejtő vízszintes vetülete

$$\text{kis lejtőszögeknél } \sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} = \frac{p}{100}$$

1. Példa: Számítsa ki az emelkedési ellenállás legyőzéséhez szükséges vonóerőt és az emelkedési ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt az alábbi adatok ismeretében!

$$m = 1430 \text{ kg}$$

$$p = 1,11 \%$$

$$v = 102,6 \text{ km/h} = 28,5 \text{ m/s}$$

Emelkedési ellenállás:

$$F_e = m \cdot g \cdot p/100 = 1430 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,11 \% / 100 = 1430 \cdot 9,81 \cdot 0,0111 = 155,71413 \text{ N}$$

$$\text{Teljesítmény: } P_e = F_e \cdot v = 155,714 \text{ N} \cdot 28,5 \text{ m/s} = 4437,849 \text{ W} = \underline{\underline{4,437 \text{ kW}}}$$

2. Példa: Egy gépkocsi 13 %-os emelkedőn halad felfelé 90 km/h sebességgel. Mekkora összteljesítményt kell kifejteni a menetellenállások legyőzésére a gépkocsinak, ha a gördülési és légellenállás legyőzéséhez 14700 W teljesítmény szükséges?

A gépkocsi tömege 1200 kg.

$$p = 13 \%$$

$$v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

$$m = 1200 \text{ kg}$$

$$P_g + P_l = 14700 \text{ W}$$

$$P_{\text{össz}} = ? (P_g + P_l + P_e)$$

Emelkedési ellenállás:

$$F_e = m \cdot g \cdot p/100 = 1200 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 13 \% / 100 = 1530,36 \text{ N}$$

Teljesítmény:

$$P_e = F_e \cdot v = 1530,36 \text{ N} \cdot 25 \text{ m/s} = 38259 \text{ W} = 38,259 \text{ kW}$$

$$P_{\text{össz}} = P_g + P_l + P_e = 14700 \text{ W} + 38259 \text{ W} = 52959 \text{ W} = \underline{\underline{52,959 \text{ kW}}}$$

3. Példa: A jármű 6 %-os emelkedőn halad felfelé 63 km/h sebességgel. A gépkocsi tömege 1,13 tonna, a nehézségi gyorsulás 9,81 m/s². Ábrázolja a feladatot, majd magyarázza meg a „p” és a „tg α” közötti összefüggést.

Határozza meg az emelkedési ellenállást, valamint az emelkedő legyőzéséhez szükséges teljesítményt!

$$m = 1130 \text{ kg}$$

$$p = 6 \%$$

$$v = 63 \text{ km/h} = 17,5 \text{ m/s}$$

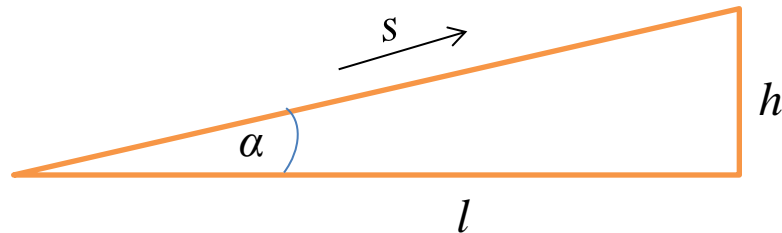
Emelkedési ellenállás:

$$F_e = m \cdot g \cdot p/100 = 1130 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 6 \% / 100 = 665,118 \text{ N}$$

$$\text{Teljesítmény: } P_e = F_e \cdot v = 665,118 \text{ N} \cdot 17,5 \text{ m/s} = 11639,565 \text{ W} = \underline{\underline{11,639 \text{ kW}}}$$

$$\text{tg } \alpha = h / l = p / 100 \%$$

$$p = h / l \cdot 100 \%$$



4. Példa: Határozza meg egy emelkedőn haladó járműre ható emelkedési ellenállást a következő adatok ismeretében: a lejtő 10 %-os, a jármű tömege 1,35 tonna, a nehézségi gyorsulás 9,81 m/s². Határozza meg ezen ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt, amennyiben a jármű sebessége 46 km/h!

$$p = 10 \%$$

$$m = 1350 \text{ kg}$$

$$v = 46 \text{ km/h} = 12,78 \text{ m/s}$$

Emelkedési ellenállás:

$$F_e = m \cdot g \cdot p/100 = 1350 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \% / 100 = \underline{1324,35 \text{ N}}$$

Teljesítmény:

$$P_e = F_e \cdot v = 1324,35 \text{ N} \cdot 12,78 \text{ m/s} = 16925,193 \text{ W} = \underline{16,925 \text{ kW}}$$

**5. Példa: A 16 t össztömegű tehergépkocsi 4 %-os emelkedőn halad.
Számítsa ki az emelkedési ellenállást!**

$$m = 16 \text{ t} = 16000 \text{ kg}$$

$$p = 4 \%$$

Emelkedési ellenállás:

$$F_e = m \cdot g \cdot p/100 = 16000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \% / 100 = \underline{6278,4 \text{ N}}$$

6. Példa: A személygépkocsi tömege 1500 kg, a 300 m hosszú lejtő szintkülönbsége 9 m.

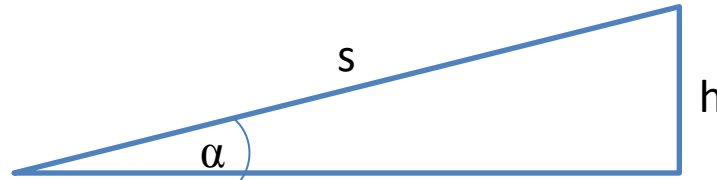
Mennyi: a) az emelkedési ellenállás?

b) az emelkedési szög fokban?

$$m = 1500 \text{ kg}$$

$$s = 300 \text{ m}$$

$$h = 9 \text{ m}$$



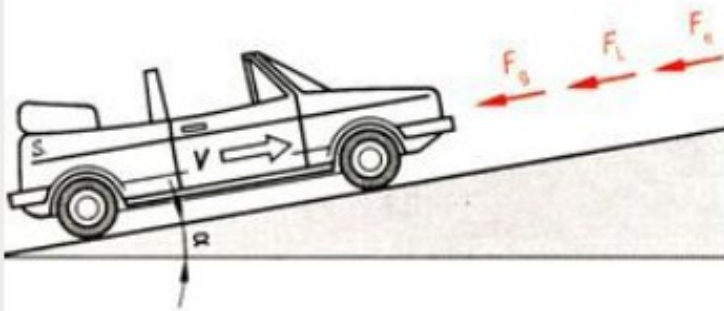
a) Emelkedési ellenállás:

$$F_e = m \cdot g \cdot h/s = 1500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 9 \text{ m} / 300 \text{ m} = \underline{\underline{441,45 \text{ N}}}$$

b) Emelkedési szög (fokban):

$$\sin \alpha = 9 \text{ m} / 300 \text{ m} = 0,03 \rightarrow \underline{\underline{\alpha = 1,72^\circ}}$$

4. Menetellenállás



F_m az eredő külső menetellenállás, N;

F_g a gördülési ellenállás, N;

F_L a légellenállás, N;

F_e az emelkedési ellenállás, N.

$$F_m = F_g + F_L + F_e$$

Menetellenállás (F_m):

$$F_m = F_g + F_L + F_e$$

$$F_m = (m \cdot g \cdot \mu_g) + \left(\frac{\rho_{\text{levegő}}}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot v^2 \right) + \left(m \cdot g \cdot \frac{p}{100} \right)$$

Az eredő külső menetellenállás legyőzése (P_m):

$$P_m = F_m \cdot v \quad (\text{N} \cdot \text{m/s} = \text{W} \rightarrow \text{kW})$$

1. Példa: Egy jármű 35 %-os emelkedőre 10 km/h sebességgel tud felmenni. A légellenállási tényező 0,46, az áramlásra merőleges homlokfelület nagysága 1,93 m², a gördülési ellenállás tényezője 0,02, a levegő sűrűsége 1,283 kg/m³, a nehézségi gyorsulás 9,81 m/s². Ha a gyorsítási és a hajtómű-ellenállástól eltekintünk, a 32400 W teljesítmény kell a menetellenállások legyőzéséhez. Mekkora a jármű tömege?

$$p = 35 \%$$

$$v = 10 \text{ km/h} = 2,78 \text{ m/s}$$

$$c_w = 0,46$$

$$A = 1,93 \text{ m}^2$$

$$f = 0,02$$

$$\rho_{\text{levegő}} = 1,283 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P_m = 32400 \text{ W} \rightarrow P_m = F_m \cdot v \rightarrow F_m = 32400 \text{ W} / 2,78 \text{ m/s} = \underline{11954,6762 \text{ N}}$$

$$m = ? \text{ (kg)}$$

$$F_m = F_g + F_l + F_e$$

$$F_m = (m \cdot g \cdot \mu_g) + \left(\frac{\rho_{\text{levegő}}}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot v^2 \right) + \left(m \cdot g \cdot \frac{p}{100} \right)$$

$$11954 \text{ N} = (m \cdot 0,1962) + 4,401 \text{ N} + (m \cdot 3,4335)$$

$$11949,599 \text{ N} = m \cdot (0,1962 + 3,4335) = m \cdot 3,6297$$

$$\underline{\underline{m = 3292 \text{ kg}}} = 3,292 \text{ t}$$

2. Példa: Egy Ikarus C63 típusú autóbusz emelkedőn halad felfelé. A járműnek a menetellenállások legyőzésére **64685,34 W teljesítményt** kell fordítania. A következő adatok ismertek:

- az autóbusz tömege utasok nélkül: 9400 kg
- a járművön 40 személy utazik (átlagos testsúly 65 kg/fő)
- a gördülési ellenállási tényező: 0,018
- az autóbusz sebessége: 72 km/h
- a busz légellenállási tényezője: 0,36
- a levegő sűrűsége: 1,3 kg/m³

Határozza meg **hány %-os emelkedőn halad felfelé a jármű?** ($p = ?$)

$$P_m = 64685,34 \text{ W} \rightarrow F_m = \underline{3234,267 \text{ N}}$$

$$m = 9400 \text{ kg} + 2600 \text{ kg} = 12000 \text{ kg}$$

$$f = 0,018$$

$$v = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$$

$$c_w = 0,36$$

$$\zeta = 1,3 \text{ kg/m}^3$$

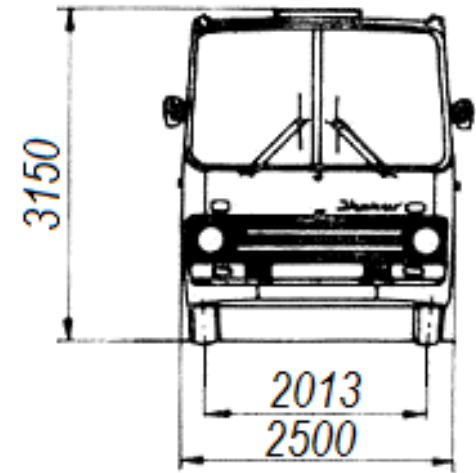
$$A = 0,9 \cdot 2,013 \cdot 3,15 = 5,706855 \text{ m}^2$$

$$F_g = m \cdot g \cdot f = 2118,96 \text{ N}$$

$$F_l = \zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2 = 534,161628 \text{ N}$$

$$F_e = m \cdot g \cdot p\% / 100 = 1177,2 \cdot p\%$$

$$F_m = F_g + F_l + F_e \rightarrow F_e = 581,145372 \text{ N} \rightarrow \underline{\underline{p = 49,36 \%}}$$



3. Példa: Egy 1100 kg tömegű gépkocsi 1,1 %-os emelkedőn 93,6 km/h sebességgel halad. A gépkocsi homlokfelületének nagysága 2,15m², a formatényező (légellenállási tényező) 0,39, a levegő sűrűsége 1,3 kg/m³, a gördülési tényező 0,03.

- a) **Mekkora az eredő külső menetellenállás, és mekkora teljesítményt igényel az eredő külső menetellenállás legyőzése?**
- b) **Ha az útközben feltámadt hátszél sebessége 32,4 km/h, hogyan változik az eredő külső menetellenállás, és mekkora teljesítményt igényel az így számított eredő külső meneteállás legyőzése?**

$$m = 1100 \text{ kg}$$

$$p = 1,1 \%$$

$$v = 93,6 \text{ km/h} = 26 \text{ m/s}$$

$$A = 2,15 \text{ m}^2$$

$$c_w = 0,39$$

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$$

$$f = 0,03$$

a) $F_m, P_m = ?$

b) $v_{\text{hátszél}} = 32,4 \text{ km/h} = 9 \text{ m/s} \quad F_m, P_m = ?$

3. Példa megoldása:

$$m = 1100 \text{ kg}$$

$$p = 1,1 \%$$

$$v = 93,6 \text{ km/h} = 26 \text{ m/s}$$

$$A = 2,15 \text{ m}^2$$

$$c_w = 0,39$$

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$$

$$f = 0,03$$

a) $F_m, P_m = ?$

$$F_m = F_g + F_l + F_e = (m \cdot g \cdot f) + (\zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2) + (m \cdot g \cdot p\% / 100)$$

$$F_m = 323,73 \text{ N} + 368,4369 \text{ N} + 118,701 \text{ N} = \underline{810,8679 \text{ N}}$$

$$P_m = F_m \cdot v = 810,8679 \text{ N} \cdot 26 \text{ m/s} = 21082,5654 \text{ W} = \underline{21,08 \text{ kW}}$$

b) $v_{\text{hátszél}} = 32,4 \text{ km/h} = 9 \text{ m/s}$ $F_{m2}, P_{m2} = ?$

$$F_{m2} = F_g + F_l + F_e = (m \cdot g \cdot f) + (\zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot (v - v_{\text{szél}})^2) + (m \cdot g \cdot p\% / 100)$$

$$F_{m2} = 323,73 \text{ N} + 157,512225 \text{ N} + 118,701 \text{ N} = \underline{599,94 \text{ N}}$$

$$P_{m2} = F_m \cdot v = (323,73 \text{ N} \cdot 26 \text{ m/s}) + (157,51 \text{ N} \cdot 17 \text{ m/s}) + (118,7 \text{ N} \cdot 26 \text{ m/s}) = \\ = 14180,85 \text{ W} = \underline{14,18 \text{ kW}}$$

4. Példa: Egy Opel Calibra típusú személygépjármű 75 km/h sebességgel halad egy 4 %-os emelkedőn felfelé.

- a) **Határozza meg, hogy a jármű egyenletes haladásához mekkora vonóerőre van szükség, ha figyelembe vesszük a gördülési, az emelkedési és a légellenállást, a hajtómű- és a gyorsítási ellenállástól viszont eltekintünk.**
- b) **Határozza meg az összes menetellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt is!**

További adatok:

- a jármű tömege 1,215 t
- a levegő sűrűsége $1,28 \text{ kg/m}^3$
- a gördülési ellenállási tényező 0,015
- a légellenállási tényező 0,25



4. Példa megoldása:

a) **Határozza meg, hogy a jármű egyenletes haladásához mekkora vonóerőre van szükség, ha figyelembe vesszük a gördülési, az emelkedési és a légellenállást, a hajtómű- és a gyorsítási ellenállástól viszont eltekintünk.**

$$m = 1215 \text{ kg}$$

$$p = 4 \%$$

$$v = 75 \text{ km/h} = 20,84 \text{ m/s}$$

$$A = 0,9 \cdot 1,320 \cdot 1,426 = 1,694 \text{ m}^2$$

$$c_w = 0,25$$

$$\zeta_{\text{levegő}} = 1,28 \text{ kg/m}^3$$

$$f = 0,015$$

$$F_m = F_g + F_l + F_e = (m \cdot g \cdot f) + (\zeta / 2 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2) + (m \cdot g \cdot p\%/100)$$

$$F_m = 178,78 \text{ N} + 117,71 \text{ N} + 476,76 \text{ N} = \underline{\underline{773,25 \text{ N}}}$$

b) **Határozza meg az összes menetellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt is!**

$$P_m = F_m \cdot v = 773,25 \text{ N} \cdot 20,84 \text{ m/s} = 16114,53 \text{ W} = \underline{\underline{16,114 \text{ kW}}}$$

5. Gyorsítási ellenállás

A gyorsítási ellenállás a jármű **szerkezeti részeinek** felgyorsításából származó **tehetetlenségi erő**.

Kiszámítása: (N)

$$F_{gy} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a$$

F_{gy} : gyorsítási ellenállás (N)

m : gépkocsi tömege (kg)

a : a jármű gyorsulása (m/s²)

Θ : (**théta**) a forgórészek tehetetlenségi hatását kifejező egyszerűsített tényező

A különböző sebességfokozatokban más és más értékkel rendelkeznek!

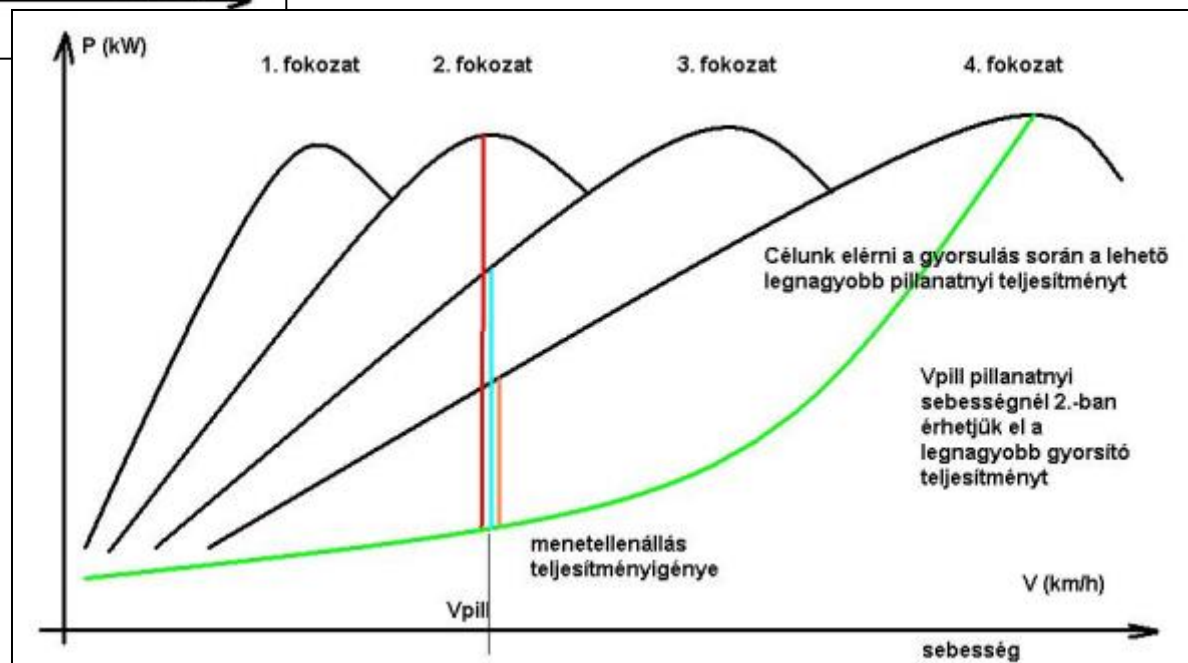
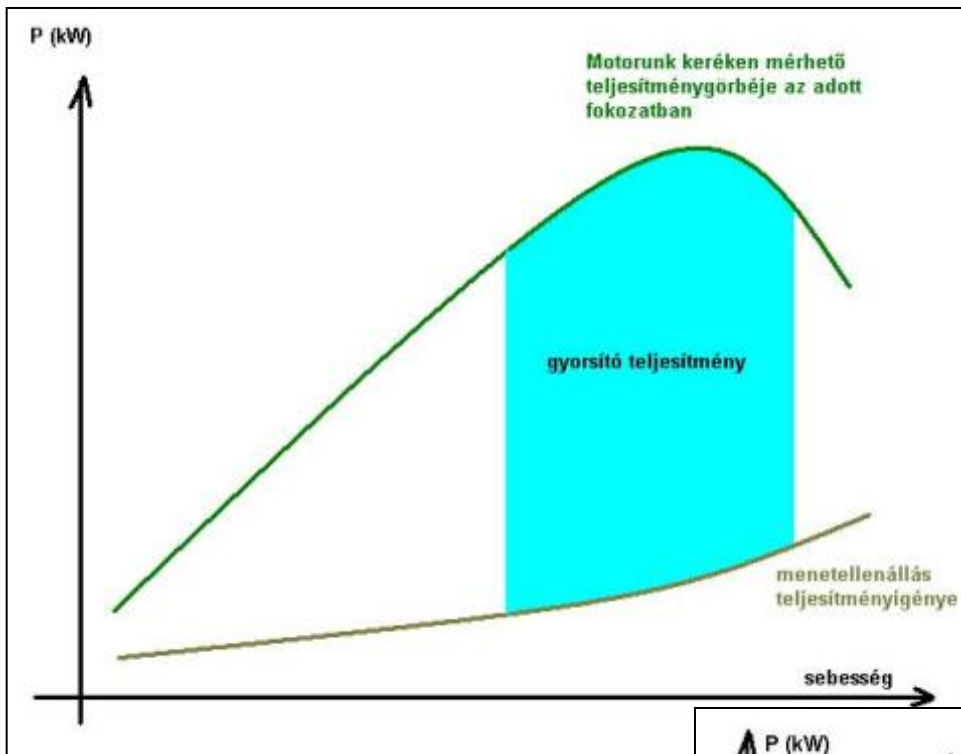
<i>Sebességfokozatok</i>	Θ
I.	0,4
II.	0,3
III.	0,2
IV.	0,1
V.	0,08

A gyorsítási ellenállás **legyőzéséhez szükséges teljesítmény** számítása hasonlít a korábbi menetellenállások számításához.

$$P_{gy} = F_{gy} \cdot v = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a \cdot v \quad (\text{W})$$

P_{gy} : gyors. ellenállás legyőz. szük. telj.

v : a jármű sebessége (m/s)



1. Példa

Egy 1350 kg tömegű jármű különböző sebességfokokozatokban mért adatai a következők:

I. seb. fokozat	$a_1 = 2,1 \text{ m/s}^2$	$v_1 = 5 \text{ m/s}$	$\Theta_1 = 0,4$
II. seb. fokozat	$a_2 = 1,8 \text{ m/s}^2$	$v_2 = 10 \text{ m/s}$	$\Theta_2 = 0,3$
III. seb. fokozat	$a_3 = 1,6 \text{ m/s}^2$	$v_3 = 15 \text{ m/s}$	$\Theta_3 = 0,2$
IV. seb. fokozat	$a_4 = 1,2 \text{ m/s}^2$	$v_4 = 25 \text{ m/s}$	$\Theta_4 = 0,1$
V. seb. fokozat	$a_5 = 1,1 \text{ m/s}^2$	$v_5 = 30 \text{ m/s}$	$\Theta_5 = 0,08$

Határozza meg a jármű gyorsítási ellenállását és a gyorsítási ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt az egyes sebességfokokozatokban!

$$F_{\text{gy1}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,4) \cdot 1350 \text{ kg} \cdot 2,1 \text{ m/s}^2 = \underline{3969 \text{ N}}$$

$$F_{\text{gy2}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,3) \cdot 1350 \text{ kg} \cdot 1,8 \text{ m/s}^2 = \underline{3159 \text{ N}}$$

$$F_{\text{gy3}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,2) \cdot 1350 \text{ kg} \cdot 1,6 \text{ m/s}^2 = \underline{2592 \text{ N}}$$

$$F_{\text{gy4}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,1) \cdot 1350 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m/s}^2 = \underline{1782 \text{ N}}$$

$$F_{\text{gy5}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,08) \cdot 1350 \text{ kg} \cdot 1,1 \text{ m/s}^2 = \underline{1603,8 \text{ N}}$$

$$P_{\text{gy1}} = F_{\text{gy1}} \cdot v_1 = 3969 \text{ N} \cdot 5 \text{ m/s} = 19845 \text{ W} = \underline{19,845 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{gy2}} = F_{\text{gy2}} \cdot v_1 = 3159 \text{ N} \cdot 10 \text{ m/s} = \underline{31,590 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{gy3}} = F_{\text{gy3}} \cdot v_1 = 2592 \text{ N} \cdot 15 \text{ m/s} = \underline{38,880 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{gy4}} = F_{\text{gy4}} \cdot v_1 = 1782 \text{ N} \cdot 25 \text{ m/s} = \underline{44,550 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{gy5}} = F_{\text{gy5}} \cdot v_1 = 1603,8 \text{ N} \cdot 30 \text{ m/s} = \underline{48,114 \text{ kW}}$$

2. Példa

Egy 8550 kg tömegű IFA W50 jármű különböző sebességfokozatokban mért adatai a következők:

I. seb. fokozat	$a_1 = 0,89 \text{ m/s}^2$	$v_1 = 10 \text{ km/h}$	$\Theta_1 = 0,4$
II. seb. fokozat	$a_2 = 0,68 \text{ m/s}^2$	$v_2 = 20 \text{ km/h}$	$\Theta_2 = 0,3$
III. seb. fokozat	$a_3 = 0,45 \text{ m/s}^2$	$v_3 = 30 \text{ km/h}$	$\Theta_3 = 0,2$
IV. seb. fokozat	$a_4 = 0,32 \text{ m/s}^2$	$v_4 = 45 \text{ km/h}$	$\Theta_4 = 0,1$
V. seb. fokozat	$a_5 = 0,28 \text{ m/s}^2$	$v_5 = 70 \text{ km/h}$	$\Theta_5 = 0,08$

Határozza meg a jármű gyorsítási ellenállását és a gyorsítási ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt az egyes sebességfokozatokban!

$$F_{\text{gy1}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,4) \cdot 8550 \text{ kg} \cdot 0,89 \text{ m/s}^2 = \underline{10653,3 \text{ N}}$$

$$F_{\text{gy2}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,3) \cdot 8550 \text{ kg} \cdot 0,68 \text{ m/s}^2 = \underline{7558,2 \text{ N}}$$

$$F_{\text{gy3}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,2) \cdot 8550 \text{ kg} \cdot 0,45 \text{ m/s}^2 = \underline{4617 \text{ N}}$$

$$F_{\text{gy4}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,1) \cdot 8550 \text{ kg} \cdot 0,32 \text{ m/s}^2 = \underline{3009,6 \text{ N}}$$

$$F_{\text{gy5}} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,08) \cdot 8550 \text{ kg} \cdot 0,28 \text{ m/s}^2 = \underline{192,52 \text{ N}}$$

$$P_{\text{gy1}} = F_{\text{gy1}} \cdot v_1 = 10653,3 \text{ N} \cdot 2,78 \text{ m/s} = 29616 \text{ W} = \underline{29,616 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{gy2}} = F_{\text{gy2}} \cdot v_2 = 7558,2 \text{ N} \cdot 5,56 \text{ m/s} = \underline{42,023 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{gy3}} = F_{\text{gy3}} \cdot v_3 = 4617 \text{ N} \cdot 8,34 \text{ m/s} = \underline{38,505 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{gy4}} = F_{\text{gy4}} \cdot v_4 = 3009,2 \text{ N} \cdot 12,5 \text{ m/s} = \underline{37,615 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{gy5}} = F_{\text{gy5}} \cdot v_5 = 192,52 \text{ N} \cdot 19,45 \text{ m/s} = \underline{3,744 \text{ kW}}$$



6. Hajtómű-ellenállás (belső ellenállás)

A hajtómű-ellenállás az **erőátviteli szerkezetek mozgásakor** keletkező ellenállás.

Erőátviteli szerkezetek:

- tengelykapcsoló,
- nyomatékváltó,
- kardántengely,
- differenciálmű,
- féltengelyek,
- csapágyak, stb.

A hajtómű-ellenállás jele: F_h (N)

A gyakorlatban **csak a hajtómű-ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítményt számítjuk**, melyet a hatásfokok segítségével lehet kiszámítani.

$$P_h = (1 - \eta_h) \cdot P_{mot.eff} \quad (W)$$

η_h : (éta) a hajtómű hatásfoka

$P_{mot.eff}$: a jármű motorjának effektív teljesítménye (W)

A hajtómű hatásfokának (η) kiszámítása:

$$\eta_h = \eta_{tk} \cdot \eta_{ny} \cdot \eta_{kt} \cdot \eta_{diff} \cdot \eta_{teng}$$

η_{tk} : a tengelykapcsoló hatásfoka (0,99)

η_{ny} : a nyomatékváltó (sebességváltó) hatásfoka (0,97)

η_{kt} : a kardántengely hatásfoka (0,99)

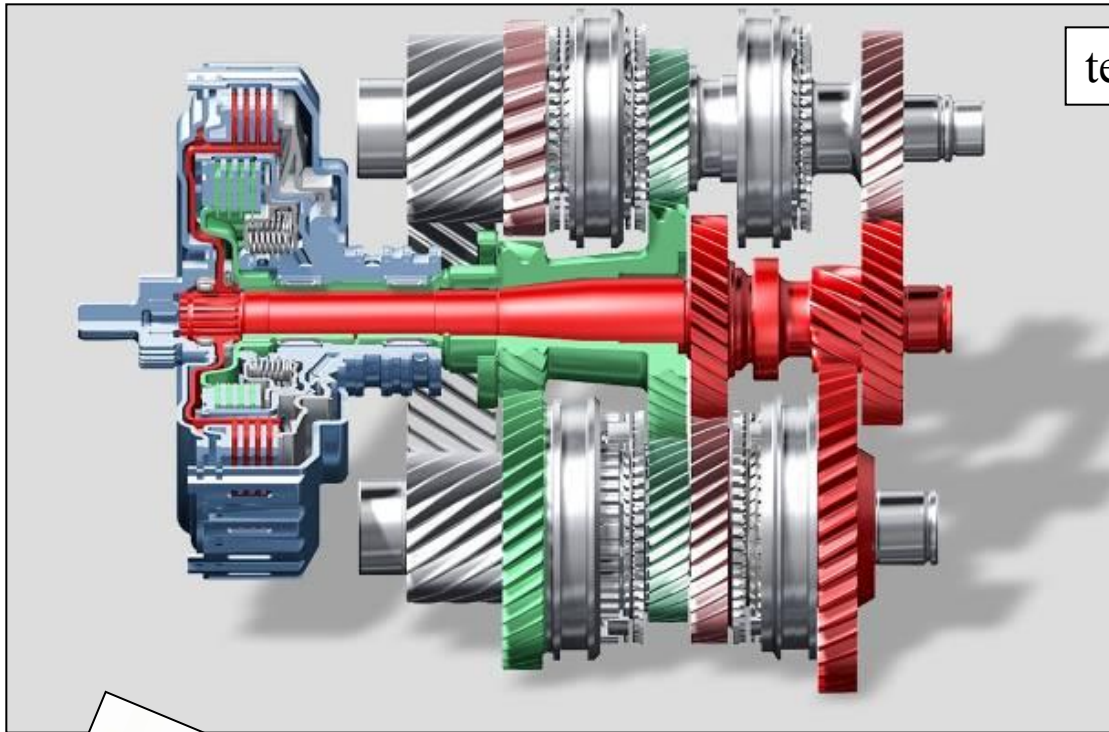
η_{diff} : a differenciálmű hatásfoka (0,93)

η_{teng} : a féltengelyek, csapágyak hatásfoka (0,98)

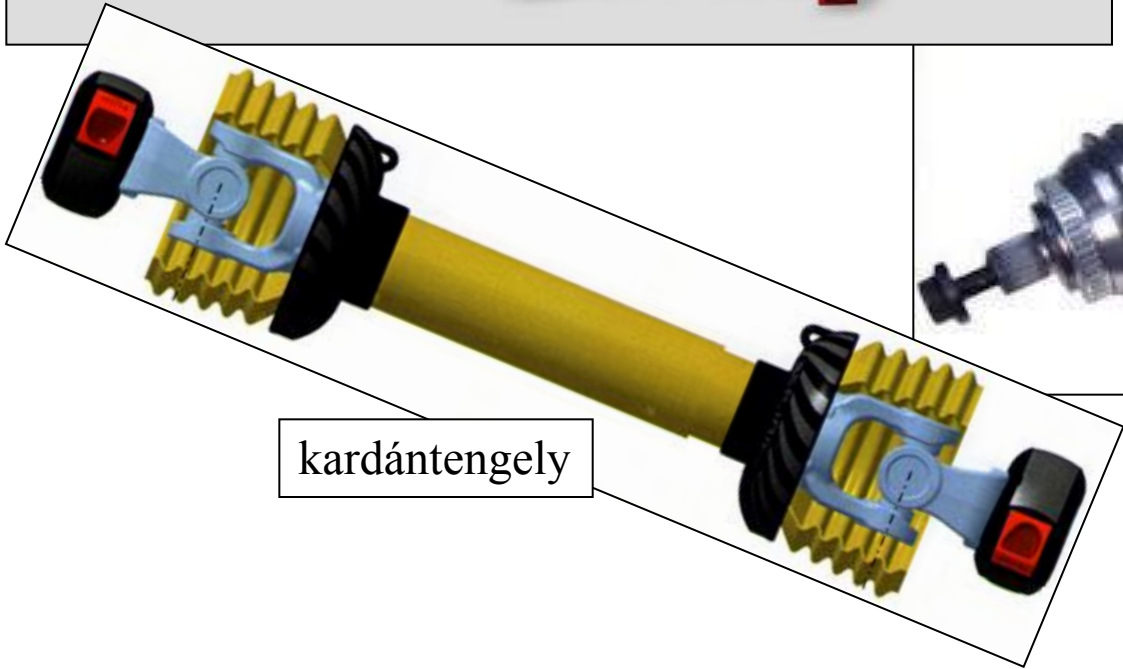
mechanikus tengelykapcsoló
szokásos értékei

A hajtómű-ellenállás a következőképpen csökkenthető:

- az erőátviteli szerkezet egyes **elemeinek a tömegét** csökkentjük,
- az erőátviteli szerkezet egymáson elmozduló **elemeinek súrlódását** csökkentjük,
- helyesen választjuk meg a **kenőanyagot**.



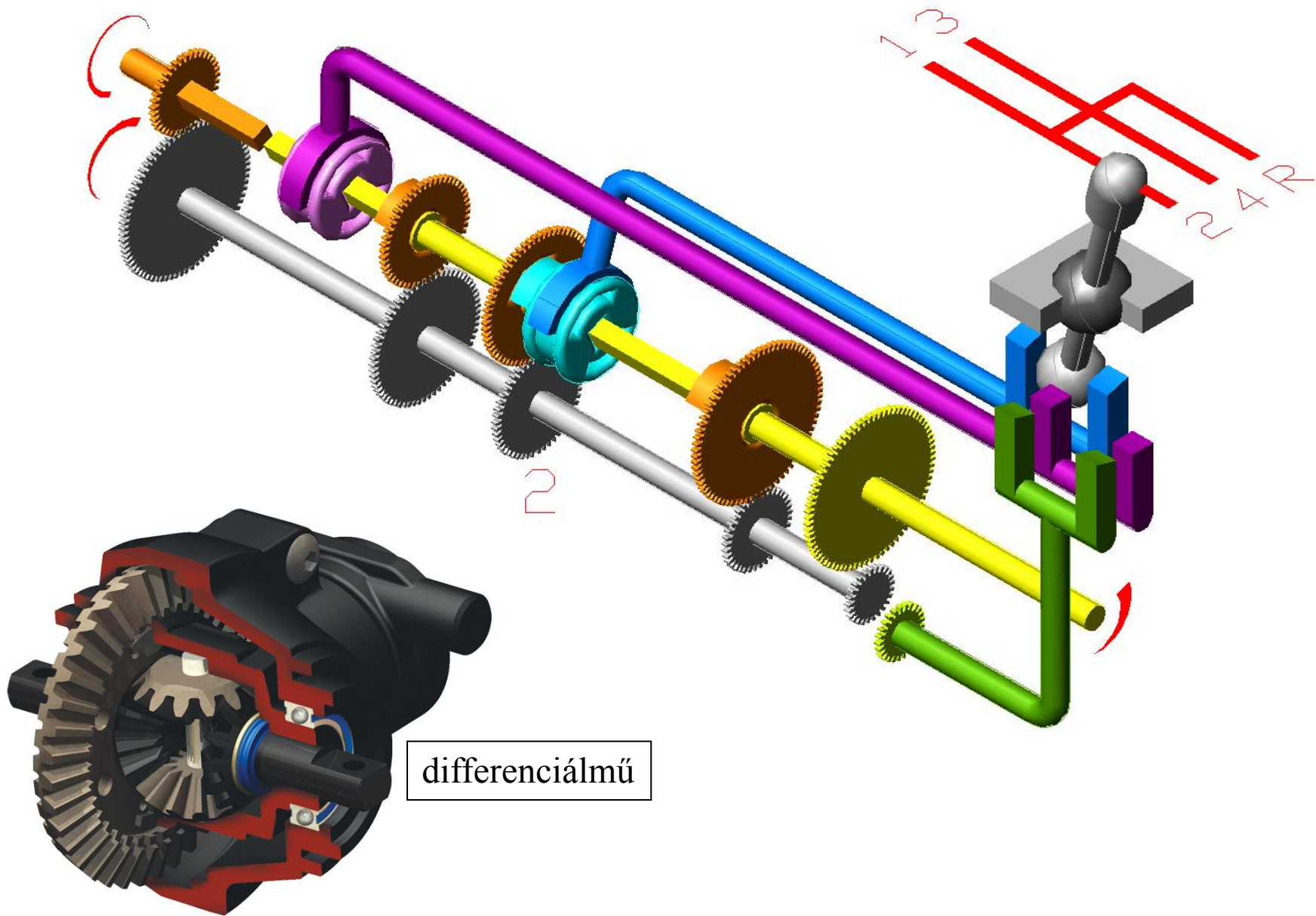
tengelykapcsoló



kardántengely



féltengely



Differenciálmű: [videó1](#), [videó2](#), [videó3](#)

Hatásfok

Definíció: Egy gép hatásfoka megmutatja, hogy mennyi a befektetett energia és a hasznos munka aránya.

Jele: η éta

Mértékegysége: nincs *Mivel ez egy arányszám, de százalékban megadható*

Kiszámítása: $\eta = \frac{W_h}{E_\delta}$ Ahol W_h a hasznos munkavégzést, E_δ pedig az összes, befektetett energiát jelöli.

- *Mi az?*

13,5 méter magas, 26,59 méter hosszú, és 2600 tonna.

- *Emma Mærsk.*

A 14 hengeres, turbófeltöltésű 80080 kW (kb. **109000 lóerő**)* teljesítményű motort a finn Wärtsilä gyártotta és természetesen nem autóba szánták. Az erőmű a világ jelenlegi legnagyobb **konténerhajójának** az **Emma Mærsk**-nek segít 16000-nyi konténeres rakományát célba juttatni.



* 1 kW = 1,34 Le
1 Le = 0,745 kW

Emma Maersk

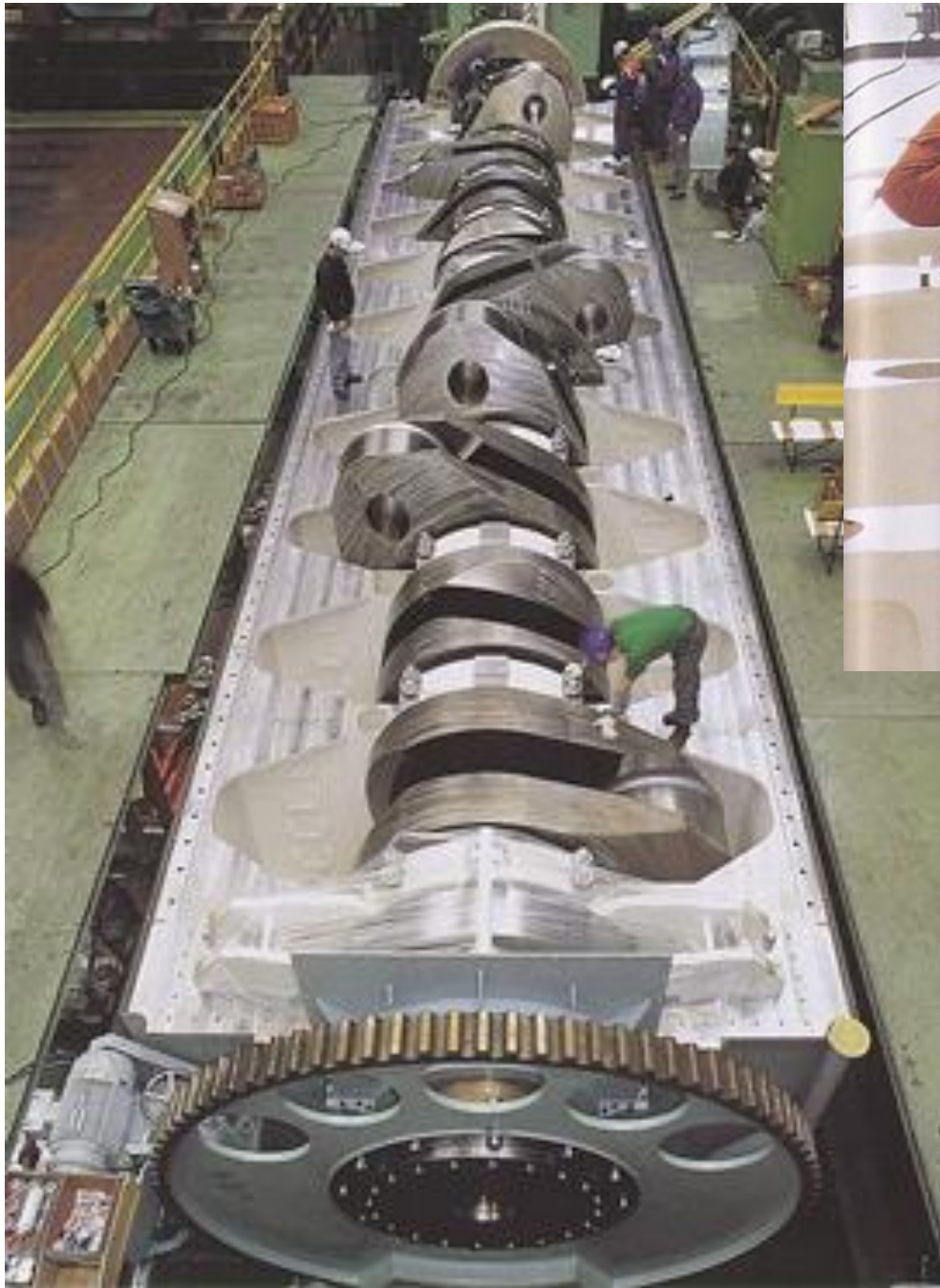


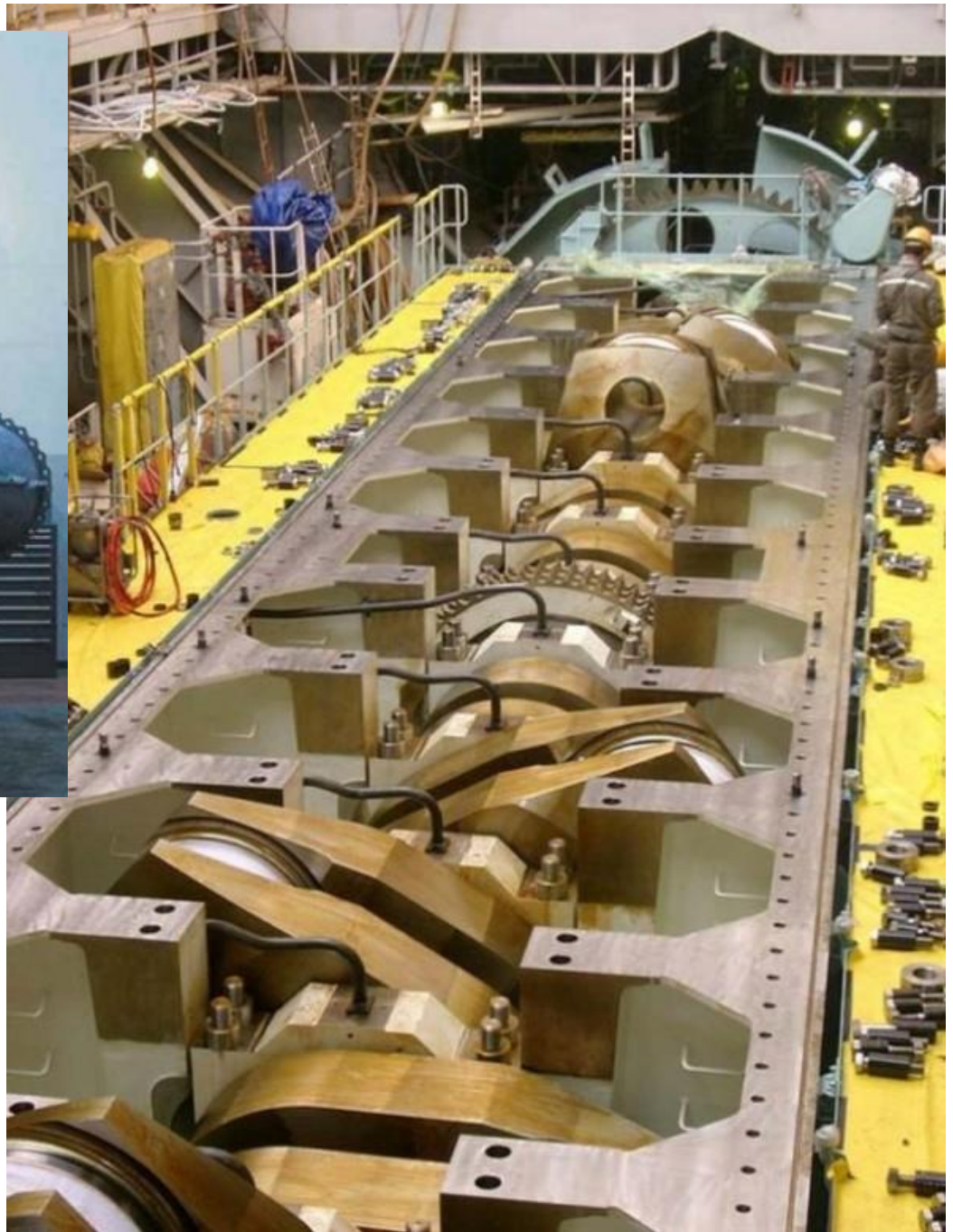
A legfigyelemreméltóbb tulajdonsága azonban az úgynevezett **hőérték gazdaságossági mutató**, amely azt jelzi hogy az adott motor az elégetett üzemanyag **hány százalékát képes hasznos energiává alakítani**. Ezen dízelmotor mutatója **meghaladja az 50 %-ot**, Összehasonlításként a személyautók, és a kisebb repülőgépek esetében ugyanez a mutató 25-30 %.

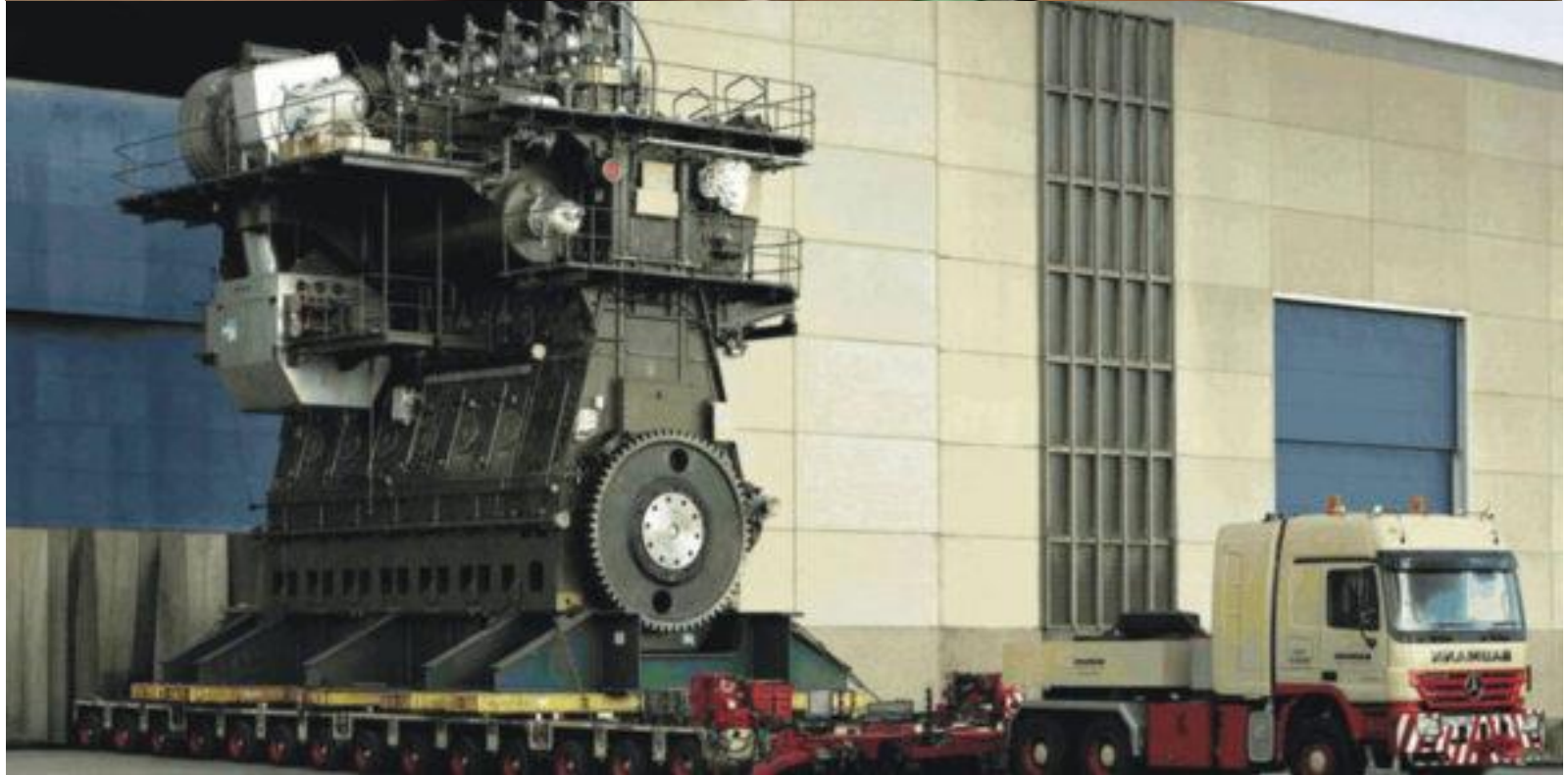
Persze a csodálatos mutatók ellenére, a motor nem takarékoskodik az üzemanyaggal. Egyetlen üzemóra alatt közel 6300 liter gázolajat fogyaszt el.











1. Példa

Egy jármű motorjának effektív teljesítménye 135 kW. Határozza meg a jármű hajtómű-ellenállásának legyőzéséhez szükséges teljesítményt, ha a következő adatok ismertek:

$\eta_{tk} = 0,99$	$\eta_{ny} = 0,97$	$\eta_{kt} = 0,99$	$\eta_{diff} = 0,93$	$\eta_{teng} = 0,98$
--------------------	--------------------	--------------------	----------------------	----------------------

Megoldás

- A hajtómű hatásfokának a meghatározása:

$$\eta_h = \eta_{tk} \cdot \eta_{ny} \cdot \eta_{kt} \cdot \eta_{diff} \cdot \eta_{teng} = 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,93 \cdot 0,98 = \underline{0,8664}$$

- A jármű hajtómű-ellenállásának legyőzéséhez szükséges teljesítmény:

$$P_h = (1 - \eta_h) \cdot P_{mot.eff} = (1 - 0,8664) \cdot 135000 \text{ W} = 0,1336 \cdot 135000 \text{ W} = \underline{\underline{18,036 \text{ kW}}}$$

2. Példa

Egy jármű hajtómű-ellenállásának legyőzéséhez szükséges teljesítménye 19 kW. Határozza meg a jármű motorjának effektív teljesítményét, ha a következő adatok ismertek:

$\eta_{tk} = 0,98$	$\eta_{ny} = 0,97$	$\eta_{kt} = 0,98$	$\eta_{diff} = 0,93$	$\eta_{teng} = 0,98$
--------------------	--------------------	--------------------	----------------------	----------------------

Megoldás

- A hajtómű hatásfokának a meghatározása:

$$\eta_h = \eta_{tk} \cdot \eta_{ny} \cdot \eta_{kt} \cdot \eta_{diff} \cdot \eta_{teng} = 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,93 \cdot 0,98 = \underline{0,8490}$$

- A motor effektív-teljesítménye:

$$P_h = (1 - \eta_h) \cdot P_{\text{mot.eff}} \rightarrow P_{\text{mot.eff}} = P_h / (1 - \eta_h) = 19000 \text{ W} / 0,151 = \underline{\underline{125,827 \text{ kW}}}$$

3. Példa

Határozza meg, mekkora teljesítményre van szükség a jármű hajtómű,- és gyorsítási ellenállásának leküzdésére III-as sebességfokozatban!

A következő adatok ismertek:

$$\eta_{tk} = 0,99$$

$$\eta_{ny} = 0,97$$

$$\eta_{kt} = 0,99$$

$$\eta_{diff} = 0,93$$

$$\eta_{teng} = 0,98$$

$$m = 1255 \text{ kg}$$

$$a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

$$P_{mot.eff} = 132000 \text{ W}$$

$$v = 61,2 \text{ km/h} = 17 \text{ m/s}$$

$$\Theta_{III} = 0,22$$

A gyorsítási ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény:

$$F_{gy III} = (1 + \Theta) \cdot m \cdot a = (1 + 0,22) \cdot 1255 \text{ kg} \cdot 1,5 \text{ m/s}^2 = \underline{2296,65 \text{ N}}$$

$$P_{gy III} = F_{gy III} \cdot v = 2296,65 \text{ N} \cdot 17 \text{ m/s} = 39043 \text{ W} = \underline{\underline{39,043 \text{ kW}}}$$

A jármű hajtómű-ellenállásának legyőzéséhez szükséges teljesítmény:

$$\eta_h = \eta_{tk} \cdot \eta_{ny} \cdot \eta_{kt} \cdot \eta_{diff} \cdot \eta_{teng} = 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,93 \cdot 0,98 = \underline{0,8664}$$

$$P_h = (1 - \eta_h) \cdot P_{mot.eff} = (1 - 0,8664) \cdot 132000 \text{ W} = 0,1336 \cdot 132000 \text{ W} = \underline{\underline{17,635 \text{ kW}}}$$

Szakirodalom:

