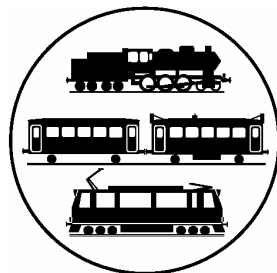


BUDAPESTI MŰSZAKI  
ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI KAR  
VASÚTI JÁRMŰVEK TANSZÉK

# JÁRMŰRENDSZEREK

**I. rész: Vasúti járműrendszerek**

**Dr. Zobory István**  
egyetemi tanár



BUDAPEST

2008

Az anyag számítógépi szerkesztését és az ábrákat készítette:

**Iványi Zoltán tanársegéd**

Az ábrák készítésében közreműködött:

**Császár László tanársegéd**

Kézirat gyanánt

## 0. Bevezetés

A „Járműrendszerek” c. tantárgy nagymértékben alapoz az „Általános járműgéptan” c. tárgyra, és az alábbi három fő témakört tárgyalja:

- 1.) Vasúti járműrendszerek
- 2.) Közúti járműrendszerek
- 3.) Légi ill. vízi járműrendszerek

A közlekedésről általánosságban az alábbiakat emeljük ki:

közlekedés  $\approx$  *tömegáthelyezés*: rendszeresen ismétlődő folyamat

tömegáthelyezés  $\Rightarrow$  tömegáram:  $[m] = \frac{\text{kg}}{\text{sec}}$  vagy  $\frac{\text{t}}{\text{h}}$

tömegáthelyezés konkrét megvalósulása lehet:

- folytonos (pl. csővezetékes) tömegáram
- szaggatott (pl. járművek alkalmazása esetén) tömegáram

### ***Mi a jármű?***

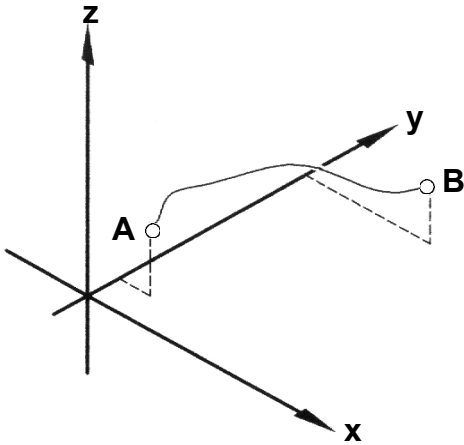
- Lényegi funkciója: adott szállítandó tömeget (utasokat, árukat) befoglaló tartály.
- A jármű:
  - 1.) Szerkezeti részekkel elhatárolt térrész: „a tartály”
  - 2.) A tartály térbeli helyzetét függőlegesen ható erőkkel biztosítani kell, megadva a vízszintes mozgás lehetőségét a fellépő súrlódási és gördülési ellenállás, valamint a közegellenállás legyőzésére.
  - 3.) *Vonóerő* bevezetés *vezérelhetően*
  - 4.) *Fékezőerő* bevezetés *vezérelhetően*
- A járműnek a Föld gravitációs erőterében két adott felszíni pont között kialakuló *mozgáspályán* kell mozognia

### ***Mozgáspálya***

- szárazföldi:
  - épített pálya:  $\rightarrow$  vasút 1D
  - $\rightarrow$  közút  $\sim$  2D
  - terepen  $\rightarrow \sim$  3D
- vízi:  $\rightarrow$  folyami  $\sim$  2D
- $\rightarrow$  tengeri  $\sim$  2D
- légi: 3D

A mozgáspálya: térgörbe:

Például: a jármű tömegközéppont pályája (Közelítő leírás, a jármű többi pontjainak mozgáspályája is hasonló, közel egyenközű térgörbékkel ábrázolható a tömegközéppont pályája mellett.)



### A.) Szárazföldi járművek

- 1.) Járműfelépítmény (a tartály)
- 2.) Futómű, hordmú (kerekek, rugózás, csillapítás)
- 3.) Vonóerő-generálás: → önjáró (magával viszi az „erőművet”)  
→ nem önjáró (hálózathoz kötött)

### 4.) Fékezőerő

- A fékrendszer alapvetően fontos: ha a jármű nem indul el, az kellemetlen, de ha nem lehet megállítani, az BALESET!

- Generálása: → regeneratív (a mozgási energia egy részét eltároljuk, és hasznosítjuk)

→ disszipatív: · súrlódásos: a.) tuskós

b.) tárcsás

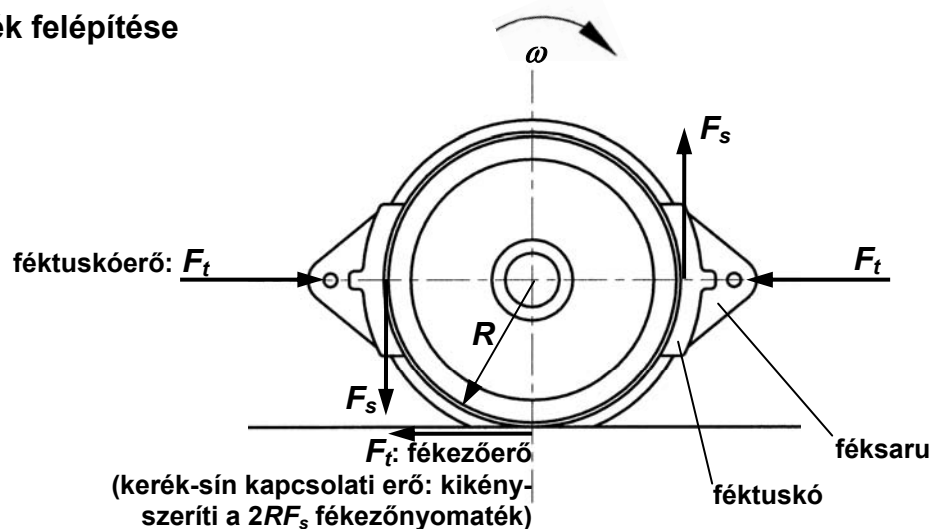
c.) dobfék

· hidrodinamikus (hűtőből elvezetve a veszteséghőt)

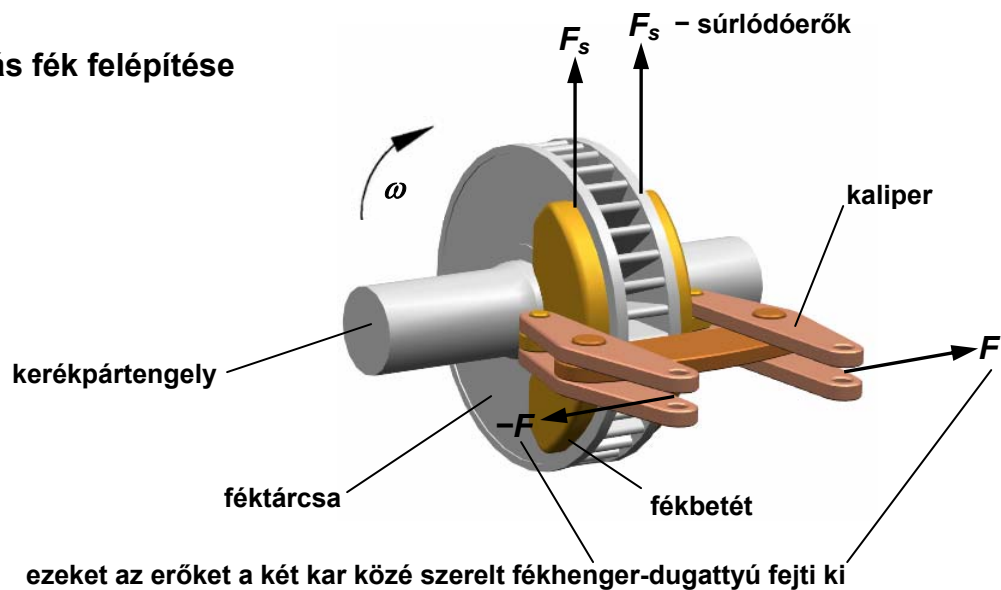
· villamos ellenállásos (a fékellenállásokat légárammal hűtve vezetjük el a veszteséghőt)

- A súrlódásos fékek:

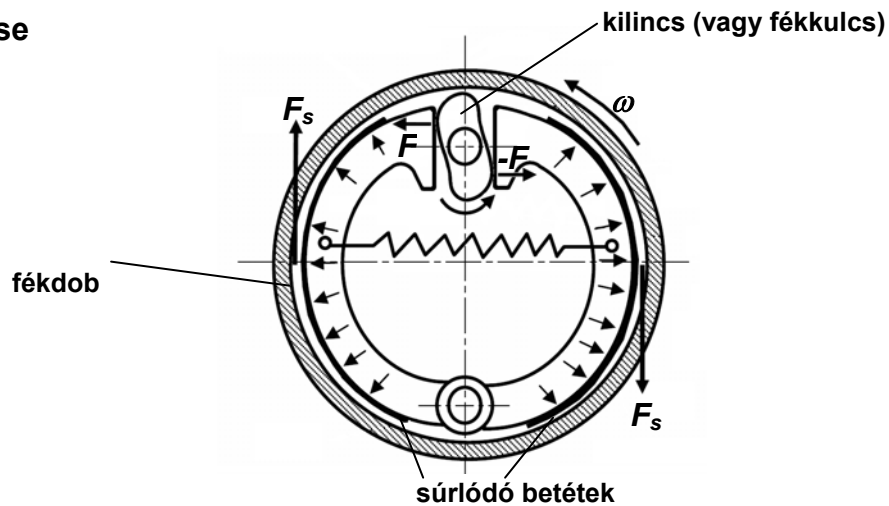
### a.) Tuskós fék felépítése



## b.) Tárcsás fék felépítése



## c.) Dobfék felépítése



## B.) Vízi járművek

- 1.) Hajótest
- 2.) Bemerülő hajótest-rész
- 3.) Tolóerő-generálás (pl. hajócsavar segítségével)
- 4.) Fékezőerő-generálás, „hátraveretés”

## C.) Légi járművek

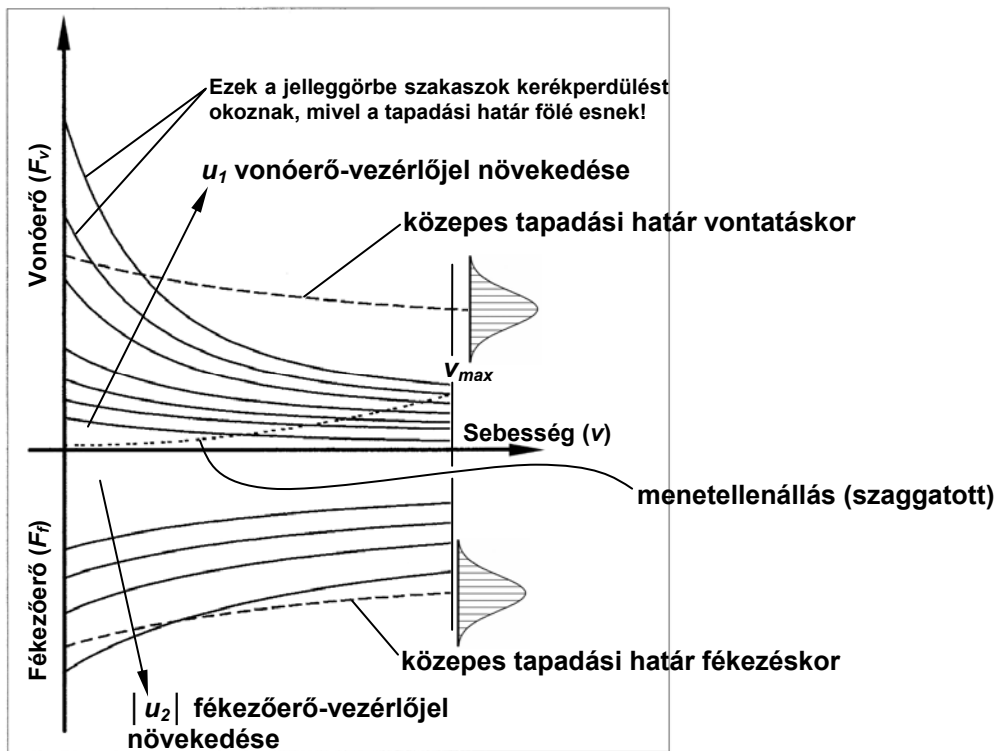
- 1.) Repülőgép-test / törzs („sarkány”)
- 2.) Futómű + a szárnyakon generált felhajtóerő
- 3.) Tolóerő: - légcsavar  
- tolósugár

- 4.) Fékezőerő: - fékszárny, féklap  
 - tolósugár-fordítás  
 - kerekek fékezése disszipatív módon

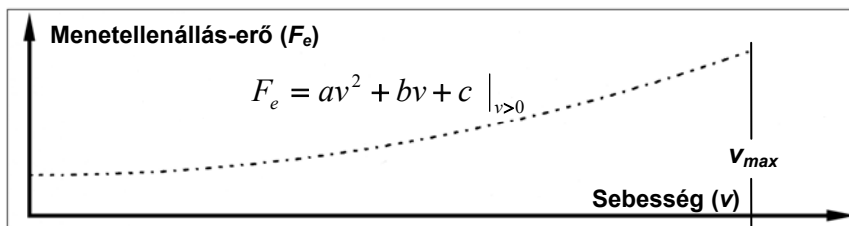
**A járművezérlő rendszer blokkvázlata**



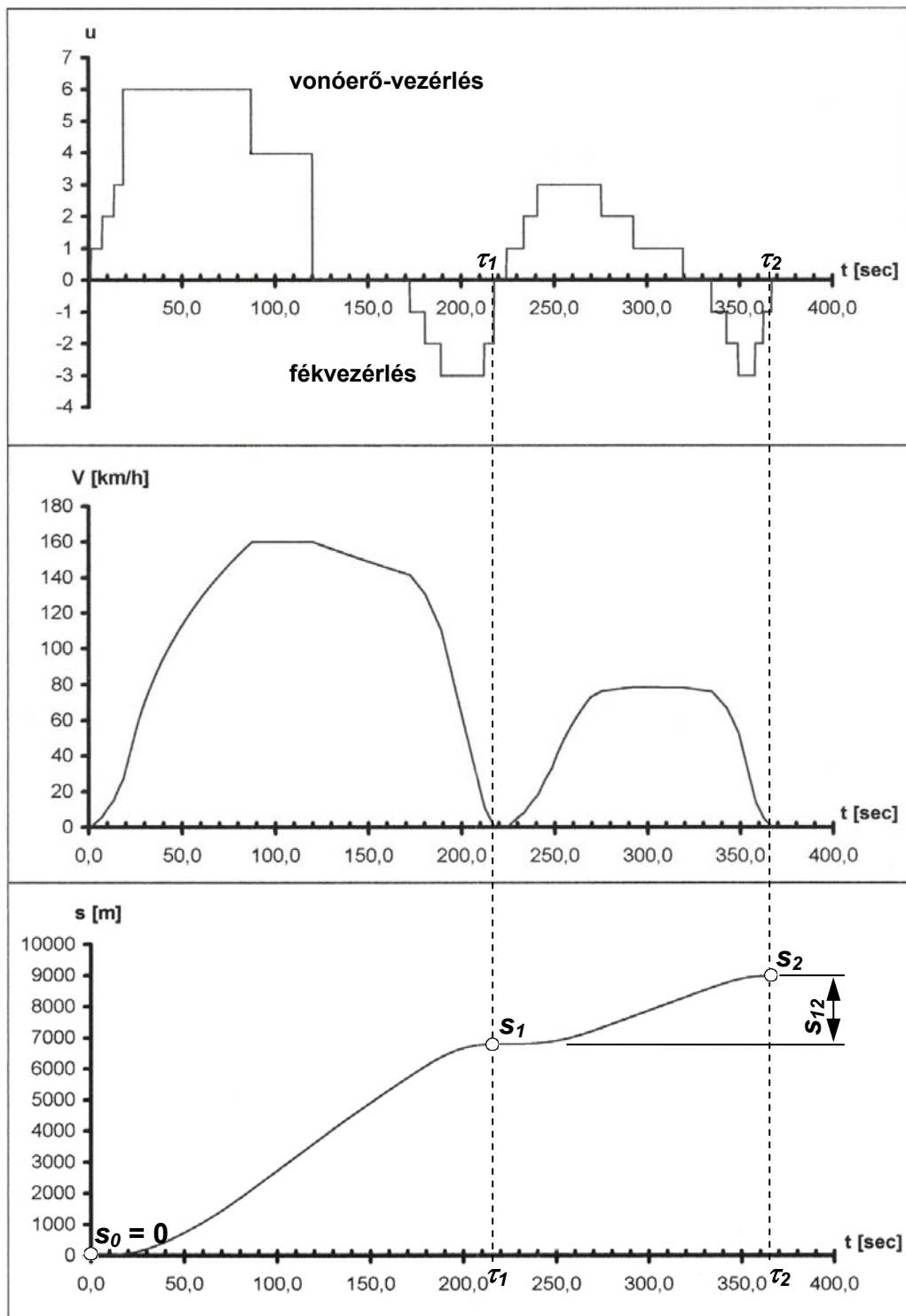
Példa vonóerőre (ellenállásos indítású, egyenáramú jármű) ill. fékezőerőre:



Megj: Egy vontatójárműnek akár 20 sebességfokozata is lehet, ebből a diagramban csak hét fokozathoz tartozó vonóerő jelleggörbét ábrázoltunk. Belátható, hogy a tapadási határ fölé eső jelleggörbe szakasz(oka)t (az ábrában pl. a legfelső fokozatnál) vontatásra nem lehet üzemszerűen használni, mivel ott már kerékperdülés jön létre. Továbbá ha a jármű valamely hajtásvezérléshez tartozó vonóerő jelleggörbéje a vizsgált sebességnél a menetellenállás görbe alá kerül, lassulni fog, mivel a menetellenállás nagyobb lesz, mint a kifejtett vonóerő. Ebből látható, hogy a végsebesség csak bizonyos hajtásvezérlési fokozatot meghaladó vezérlések mellett érhető el. (Példánkban ez legálább a diagramban szereplő legmagasabb fokozat.)



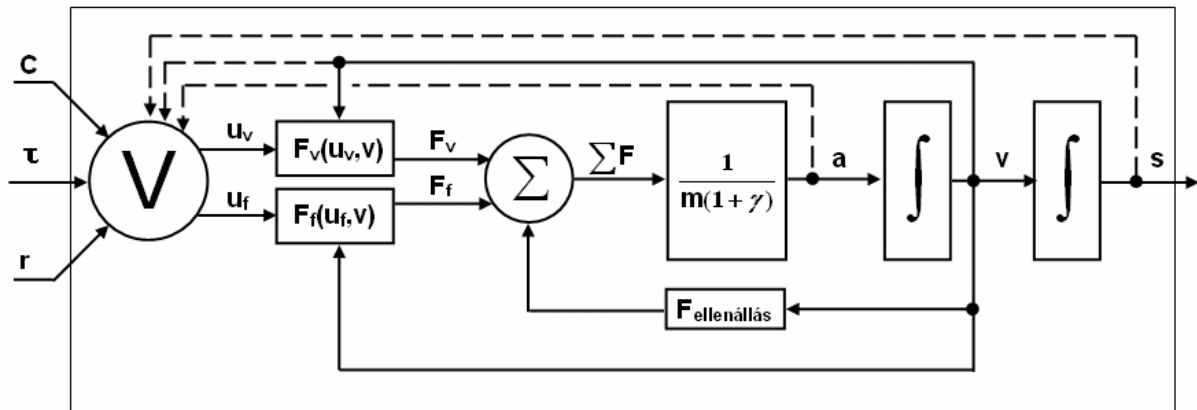
## Mozgásciklus, menetábrák (foronómiai görbék)



1. mozgásciklus: a  $\tau_1$  időpontig befutott út  $\rightarrow s_1 = \int_0^{\tau_1} v(t) dt$

2. mozgásciklus: a  $[\tau_1, \tau_2]$  idő alatt befutott út  $\rightarrow s_{12} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} v(t) dt$

**A jármű rendszerteknikai modellje (sík, egyenes pályára!)**



A lényeg kiemelésével: 3 bemeneti és 1 kimeneti jellemző



$C$ : a külső vezérlések vektora (pl. forgalmi lámpák, jelzők, stb.)

$\tau$ : a vezető által szándékolt elérési idő (menetrend) és a tényleges mozgással töltött idő különbsége

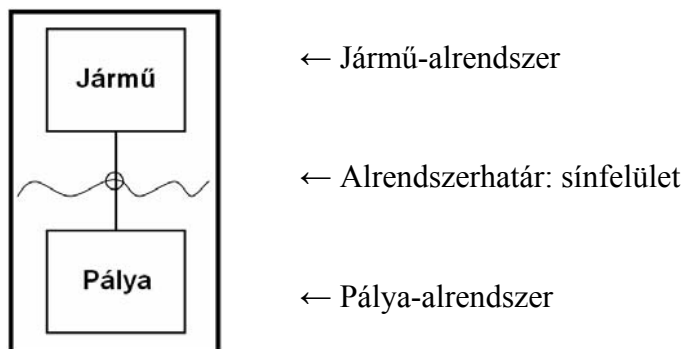
$r$ : véletlen forgalmi zavaró tényezők

$s$ : a jármű által befutott út

**I. Vasúti járműrendszerek**

***Vasúti pálya-jármű rendszer***

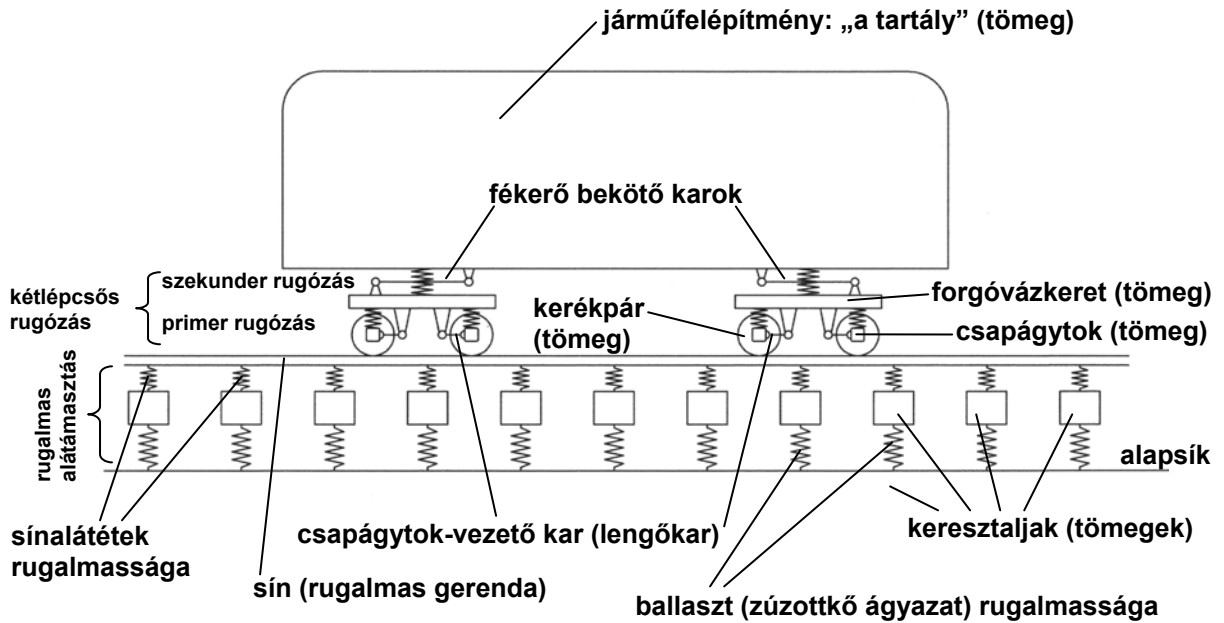
- két elválaszthatatlan műszaki alrendszer együttműködése valósul meg



- kötött pályás közlekedési rendszer: döntő a kerék-sín kapcsolat, az alrendszerhatáron megvalósuló erőátadási folyamat



- vasúti pálya-jármű rendszer egy lehetséges függőleges síkbeli, egyszerűsített dinamikai modellje:



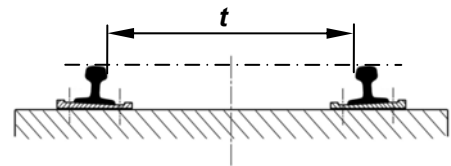
Megj: a rugalmas elemeknek természetesen csillapításuk is van!

### A pálya alrendszer

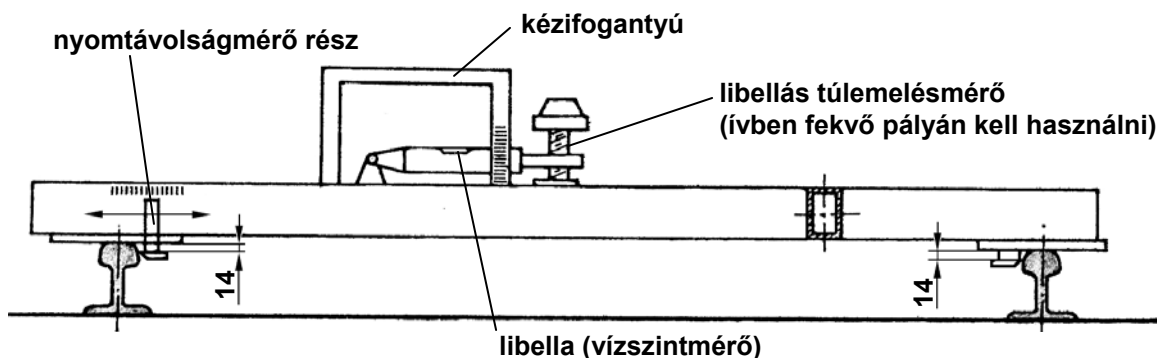
- nyomtávolság:  $t = 1435$  mm (normálnyomtáv)

1060; 1000; 760 (750); 600 mm (keskeny nyomtáv)

1600; ... ; 1520 mm (széles nyomtáv)



- vágánymérő (nyomtáv- és túlemelésmérő) berendezés felépítése:



Megj: · A jármű pályaívben haladásakor ébredő centrifugális gyorsulás hatásának csökkentése végett az ívben fekvő vágányokat ún. túlemeléssel építik, azaz a külső sínszál a túlemelés mértékével magasabban fekszik, mint a belső. Pontos méréséhez a libellát vízszintesre állítják, közben a két sínszálon fekvő berendezés ettől a vízszintestől eltér, ez az eltérés (azaz a magasságbeli különbség, vagyis a túlemelés mértéke) pedig a skáláról leolvasható.

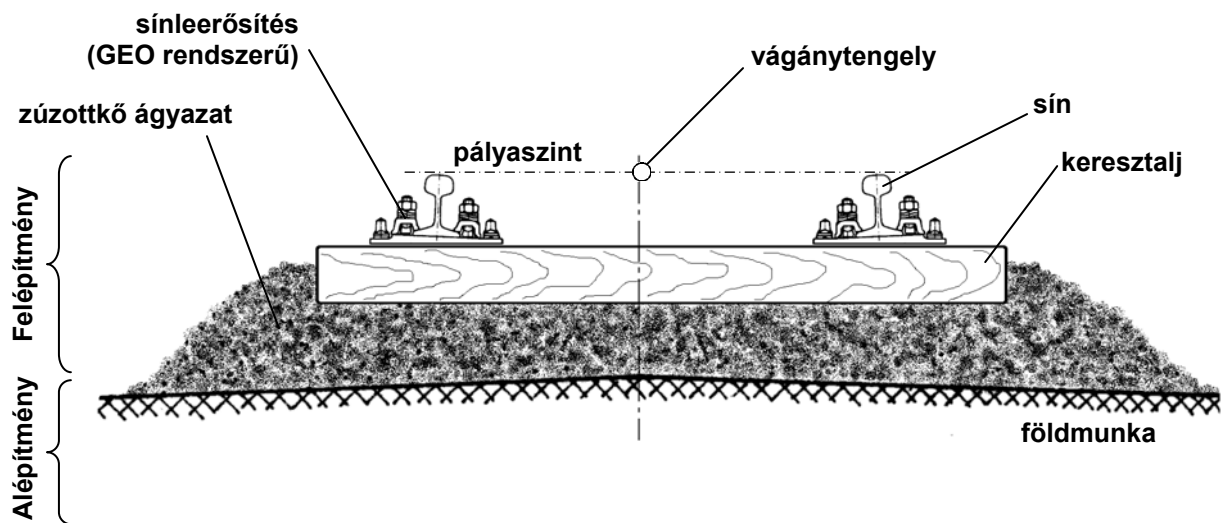
· A nyomtávolság mérését a vágánytengelyre merőlegesen, a sínszálakon átfektetett érintő egyenes alatt 14 mm-rel elhelyezkedő tapintócsúcsokkal végzik.

## A vasúti felépítmény

Elemei:

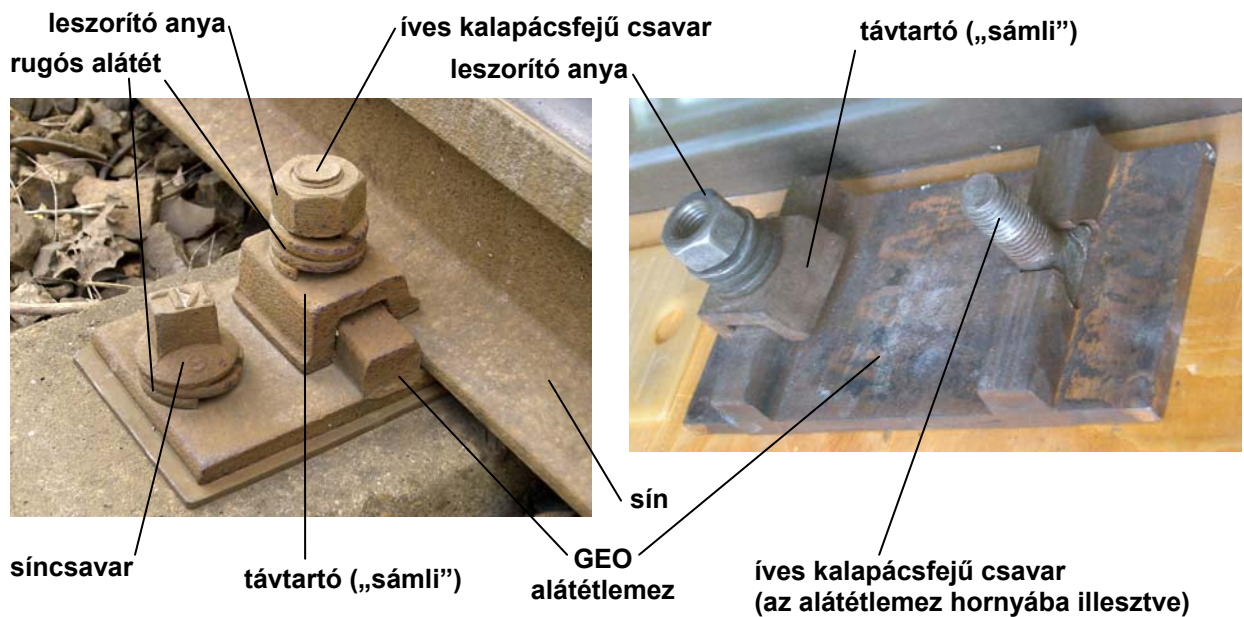
- sínek
- sínleerősítések
- keresztaljak
- zúzottkő-ágyazat

Felépítése:

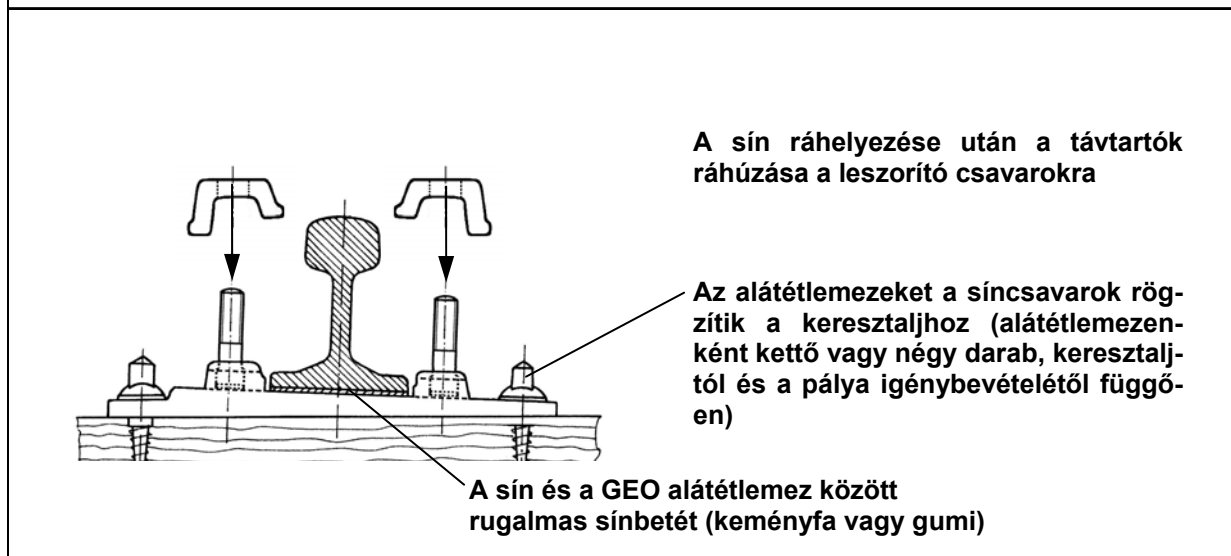
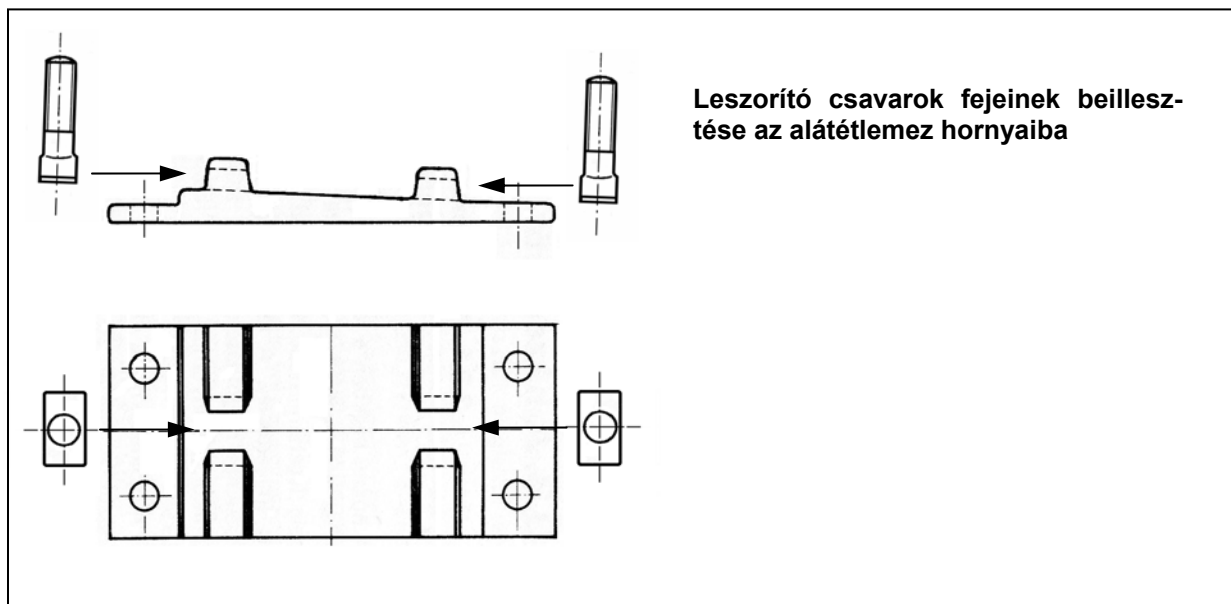
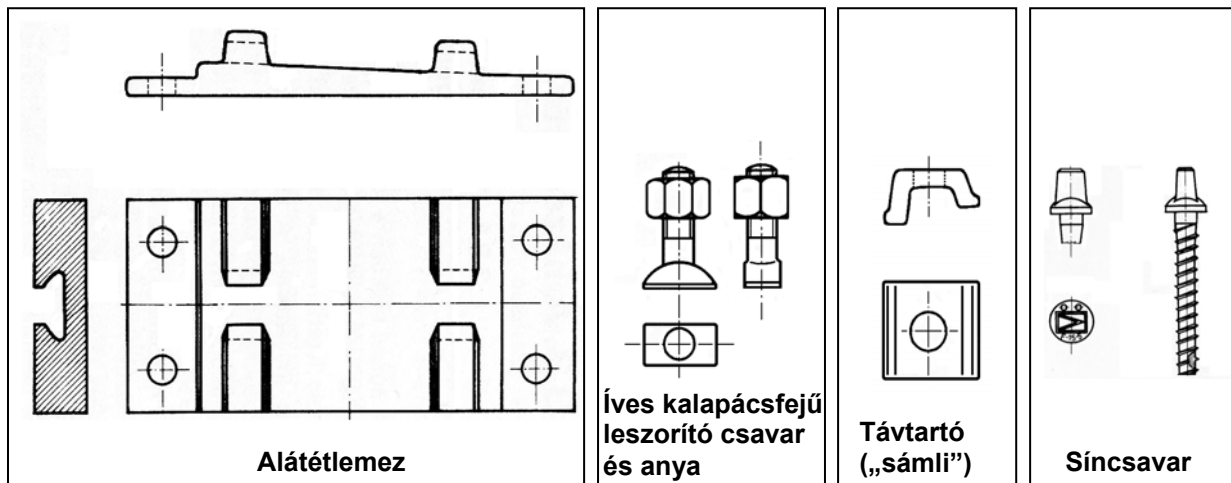


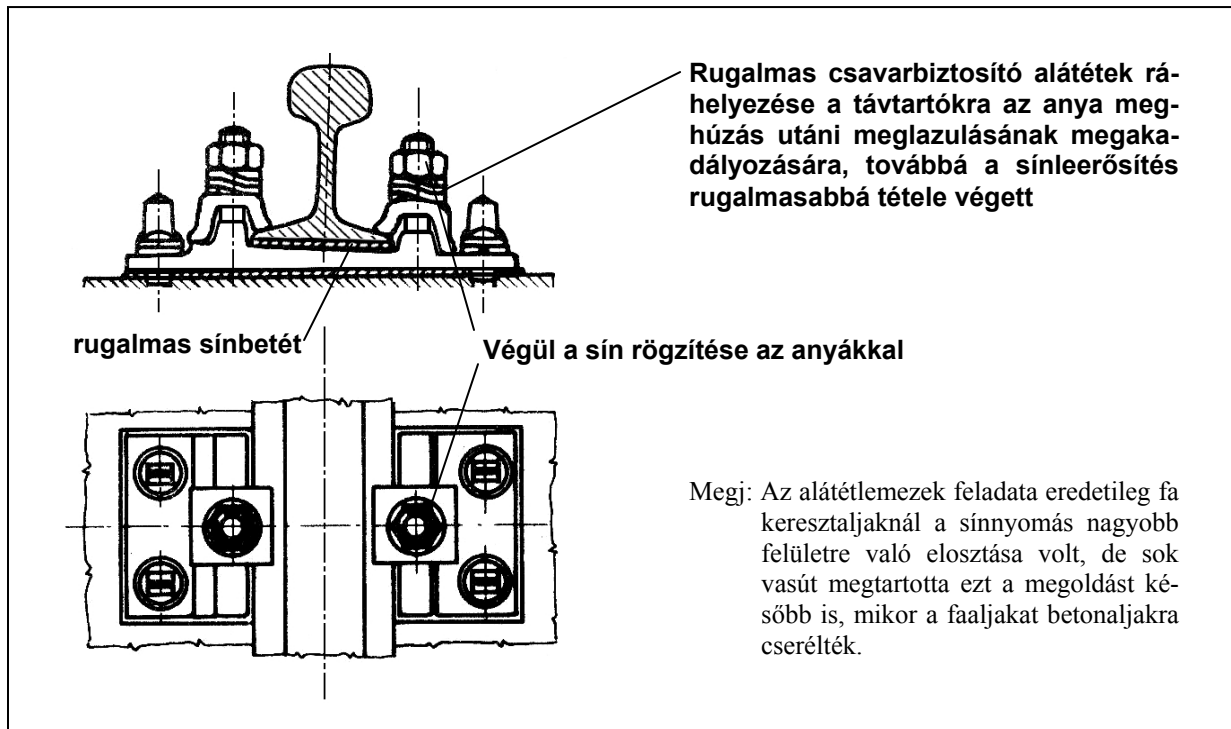
Megj: A földmunkaszint a pályatengelytől a pálya szélei felé 1%-kal lejt a víz elvezetése végett!

## GEO rendszerű sínleerősítés:



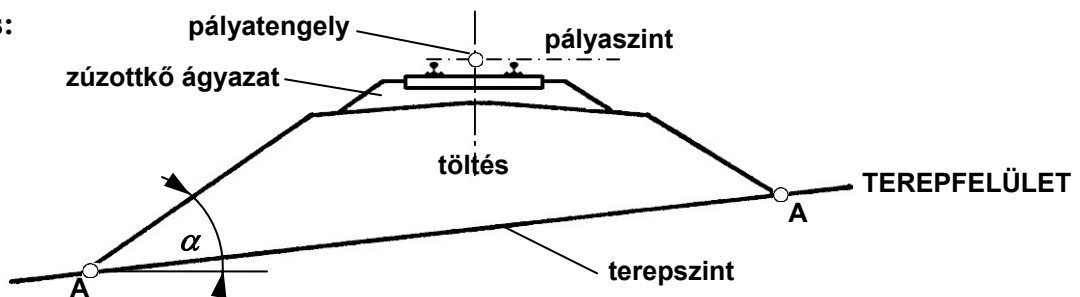
**GEO rendszerű sínleerítés elemei, összeállítása:**





## Az alépítmény

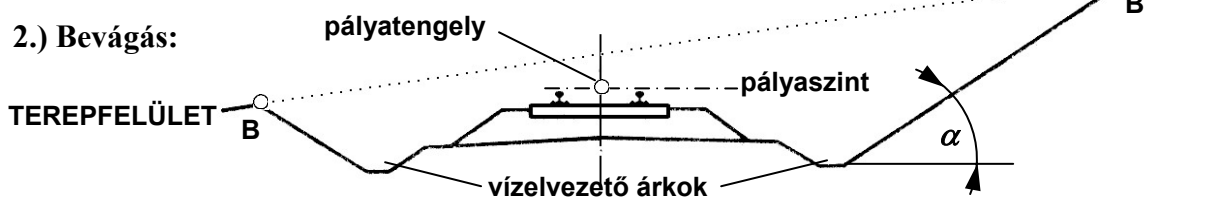
### 1.) Töltés:



- A: lábpontok → felülnézetben a terepfelület és a rézsűsík metszévonal (a rajz síkjára merőlegesen): *lábvonal*

- rézsűhajlás:  $\text{ctg } \alpha = \delta = \frac{6}{4}$

### 2.) Bevágás:

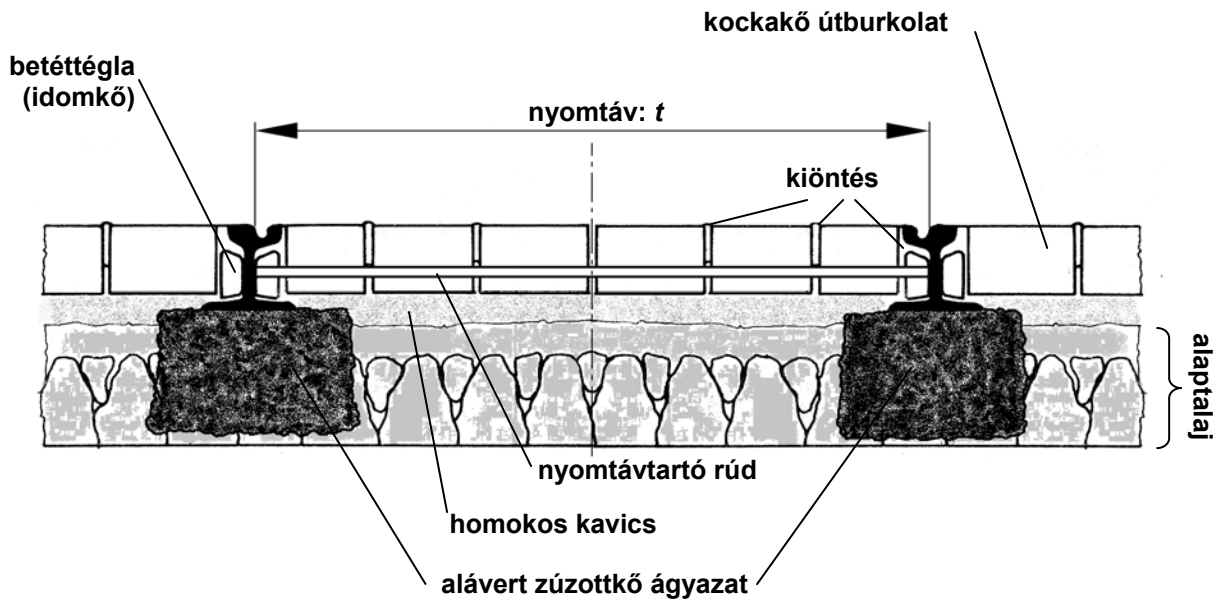


- B: körömpontok → felülnézetben a terepfelület és a rézsűsík metszévonal (a rajz síkjára merőlegesen): *körömvonal*

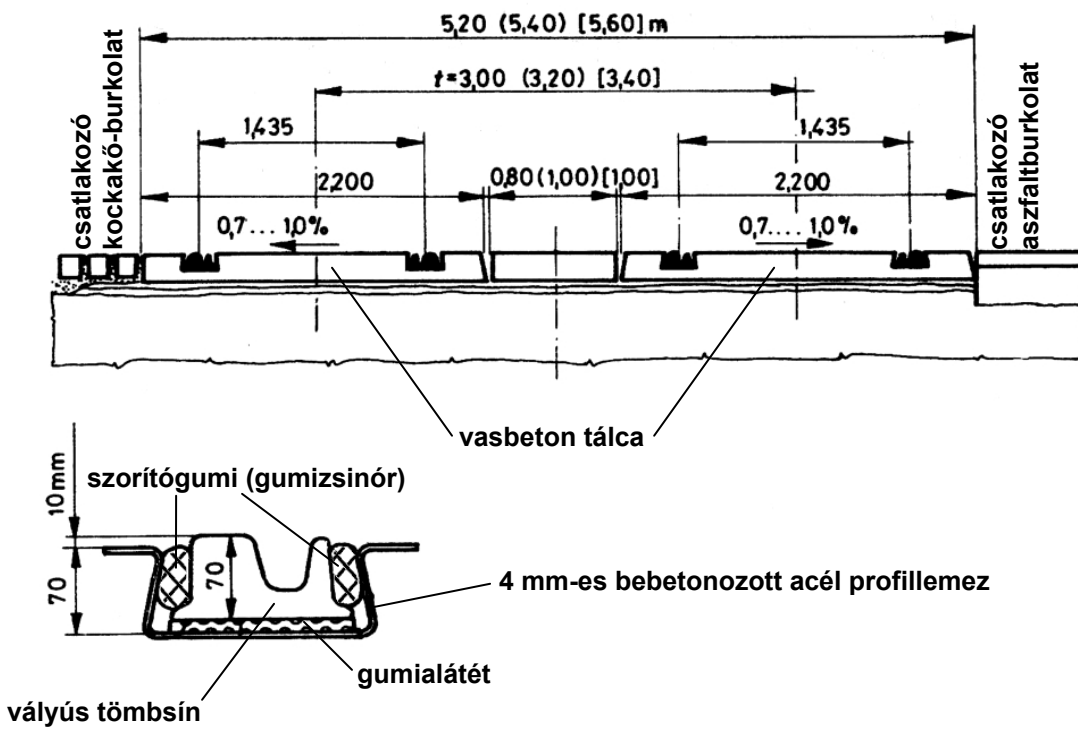
- rézsűhajlás:  $\text{ctg } \alpha = \delta = \frac{6}{4}$

Városi vasúti felépítmény

a.) Régi:



b.) Betontálcás felépítmény



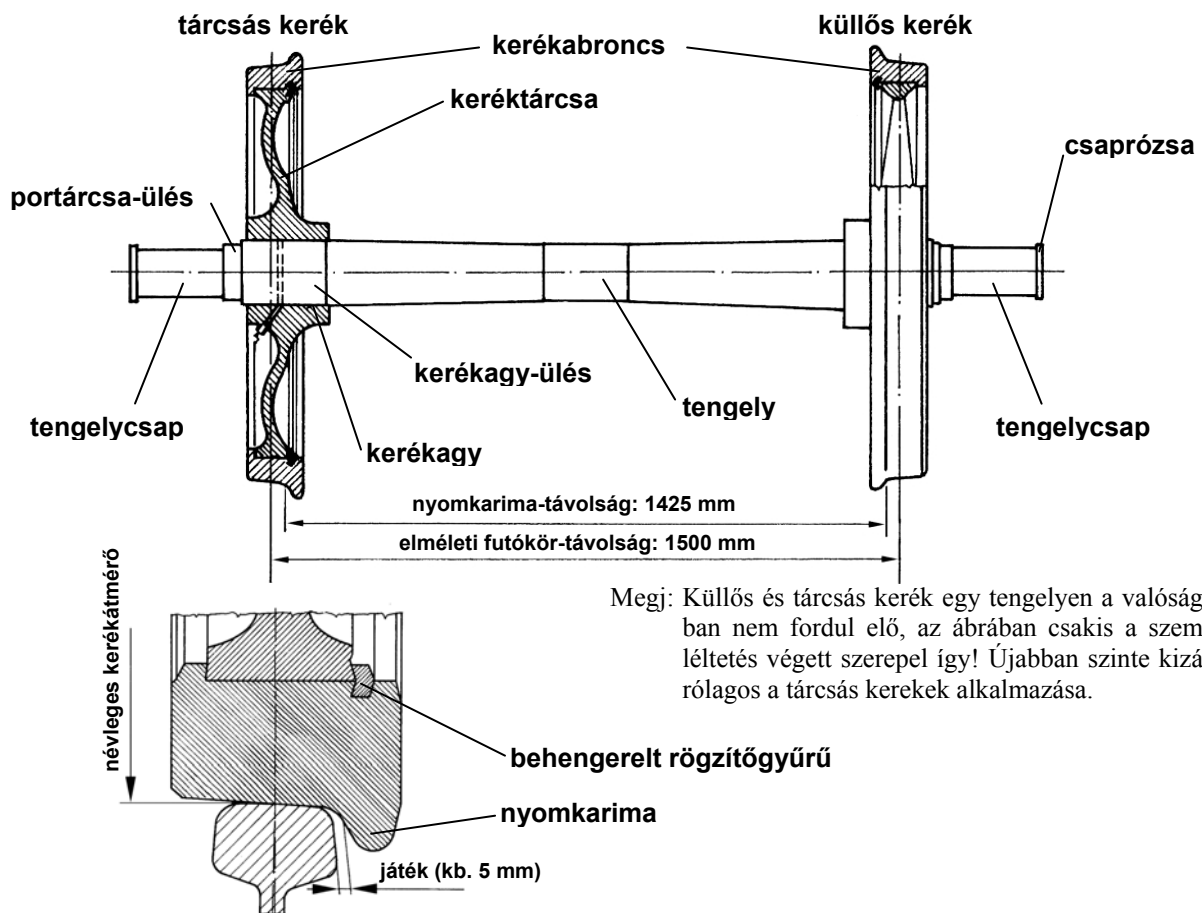
## Jármű alrendszer

Felépítése:

- 1.) Futómű (a kerékpár)
- 2.) Tengelyhajtómű (a hajtott kerékpárokat meghajtó szerkezet)
- 3.) Fékberendezés mechanikus része (a kerékpáron fékezónyomaték előállítására)
- 4.) Hordmű (A kerékpár és a kocsiszekrény közötti szerkezet, rugózás, csillapítások, stb., mely a kerékpár és a szekrény között fellépő összes függőleges ill. vízszintes erőhatást felveszi. Ennek első eleme a tengelyág, azaz a csapágyazás, utolsó pedig a hordmű-szekrény kapcsolat.)
- 5.) Alváz és a kocsiszekrény
- 6.) Vonó- és ütközőkészülék
- 7.) Gépi berendezés, belső berendezés

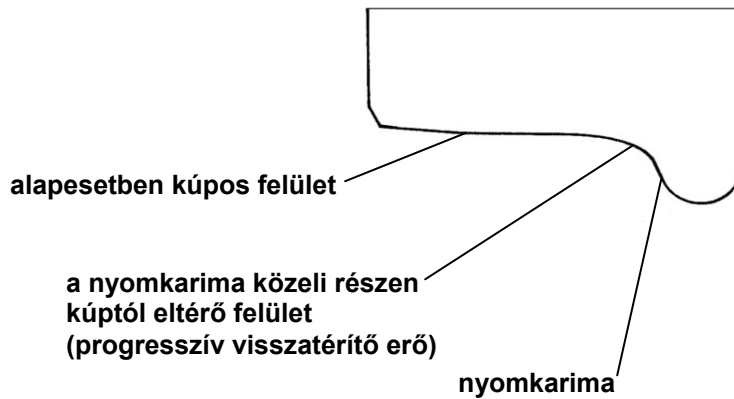
### A kerékpár

- a kerekek a tengely agyülésére szilárd illesztésű (sajtott) kötéssel kapcsolódnak
- a kerekek a tengellyel együtt forognak

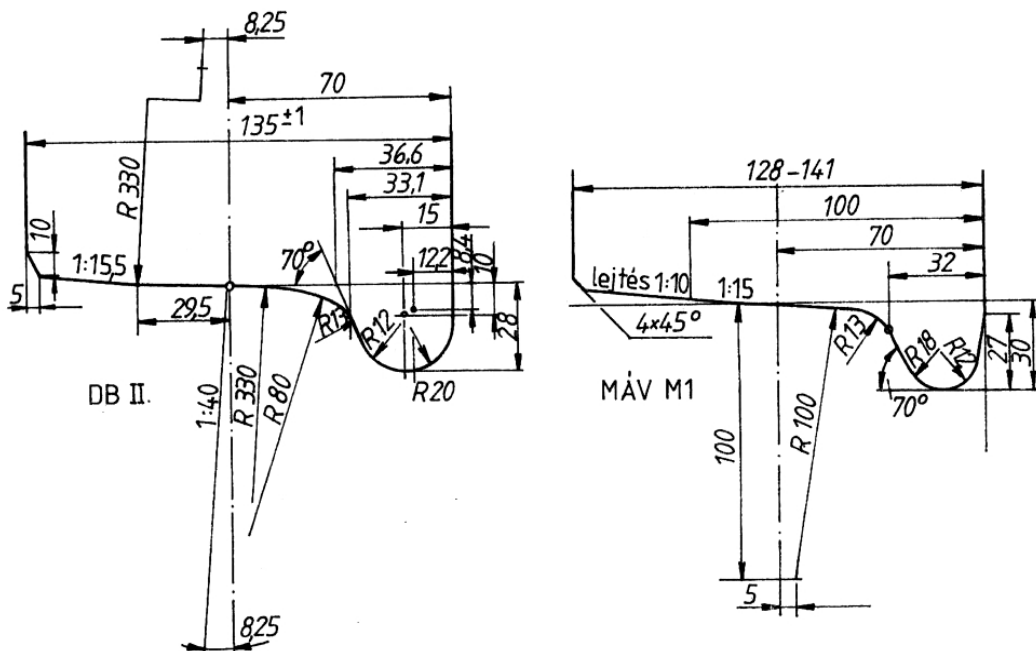


- profilos futófelület:

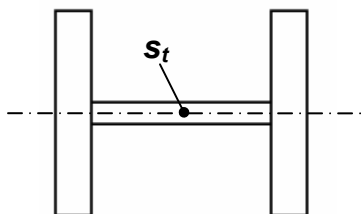
**Kerékprofil alakja:**



**DB II és MÁV M1 profilok:**



- a kerékpár, mint torziós lengőrendszer:



$$s_t = \frac{M}{\varphi}; [s_t] = \frac{\text{Nm}}{\text{rad}}$$

(torziós rugómerevség)

$\Theta_1$   
 $\varphi_1$

$\Theta_2$  – tehetetlenségi nyomatékok  
 $\varphi_2$  – kitérések (szögelfordulások)

- mozgásegyenletek: 1.  $\Theta_1 \ddot{\varphi}_1 = -s_t (\varphi_1 - \varphi_2)$

2.  $\Theta_2 \ddot{\varphi}_2 = s_t (\varphi_1 - \varphi_2)$

$$\text{explicitté tesszük} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 1. \quad \ddot{\varphi}_1 = -\frac{s_t}{\Theta_1}(\varphi_1 - \varphi_2) \\ 2. \quad \ddot{\varphi}_2 = \frac{s_t}{\Theta_2}(\varphi_1 - \varphi_2) \end{array} \right\} \Rightarrow \underbrace{\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2}_{\Delta\ddot{\varphi}} = -\frac{s_t}{\Theta_1} \underbrace{(\varphi_1 - \varphi_2)}_{\Delta\varphi} - \frac{s_t}{\Theta_2} \underbrace{(\varphi_1 - \varphi_2)}_{\Delta\varphi}$$

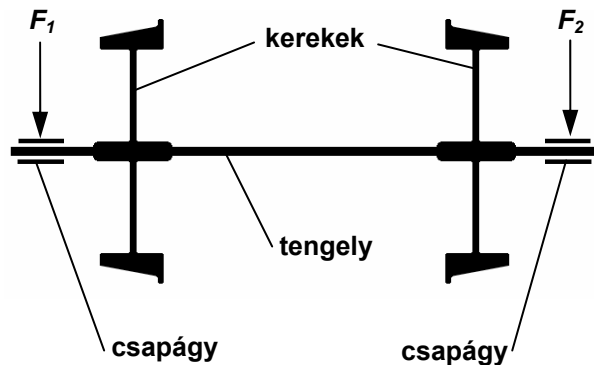
$$\Delta\ddot{\varphi} = -s_t \Delta\varphi \left( \frac{1}{\Theta_1} + \frac{1}{\Theta_2} \right) = -s_t \frac{\Theta_1 + \Theta_2}{\Theta_1 \Theta_2} \Delta\varphi, \text{ rendezve:}$$

$$\Delta\ddot{\varphi} + \boxed{s_t \frac{\Theta_1 + \Theta_2}{\Theta_1 \Theta_2}} \Delta\varphi = 0 \Rightarrow \text{harmonikus rezgőmozgás}$$

$$\text{a sajátrezgés körfrekvenciája: } \alpha = \sqrt{s_t \frac{\Theta_1 + \Theta_2}{\Theta_1 \Theta_2}}; \quad [\alpha] = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

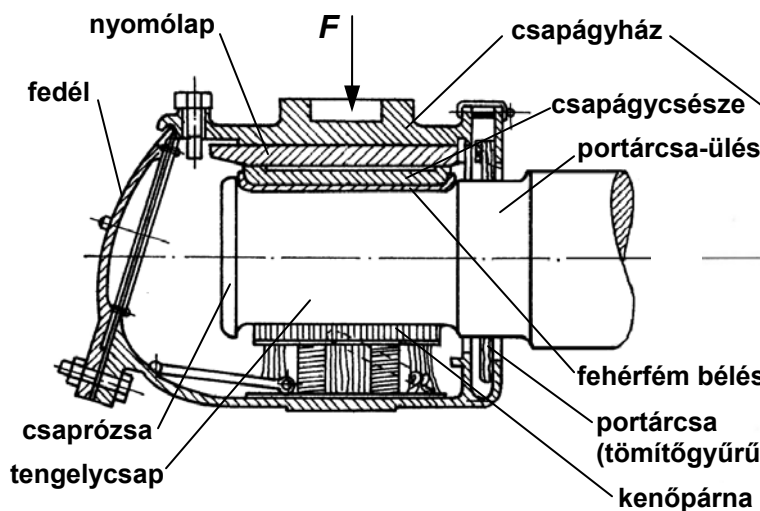
### A csapágyazás

- lehet sikló- vagy gördülőcsapágyazás
- a csapágyat a *csapágytok* foglalja magába
- $F_1, F_2$ : csapterhelések (a járműszekrény és hordmú egy-egy tengelycsapra jutó súlyereje alapján)

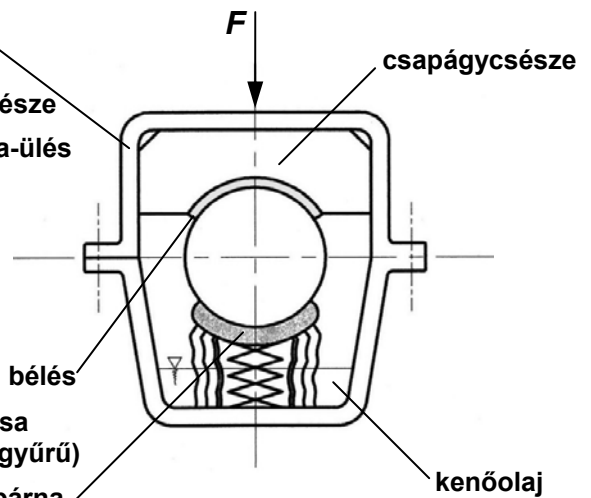


### 1.) Siklócsapágyas ágytok

Metszete:



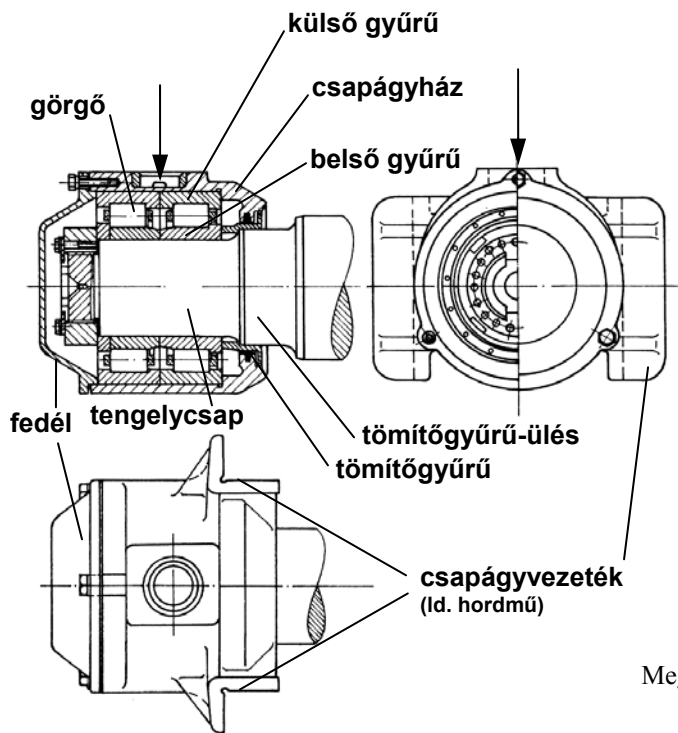
Siklócsapágyazás felépítése vázlatosan:  
(a tengelycsap felől nézve)



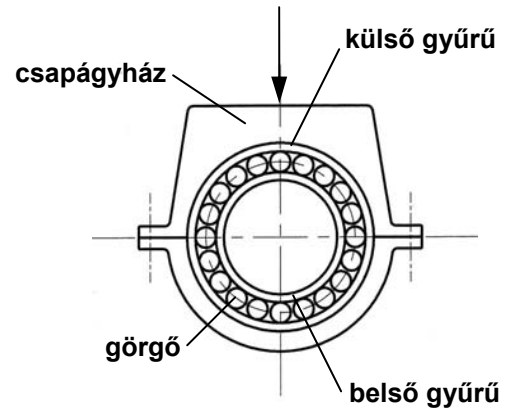


## 2.) Gördülőcsapágyas ágytok

Felépítése:



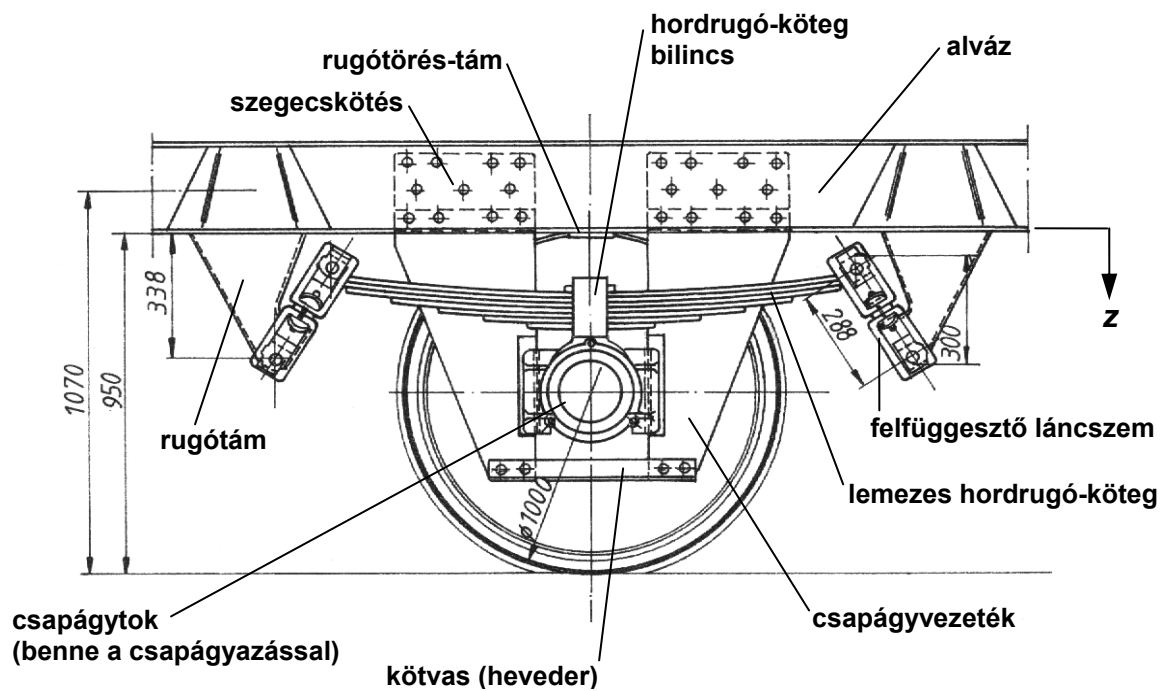
Vázlatosan:



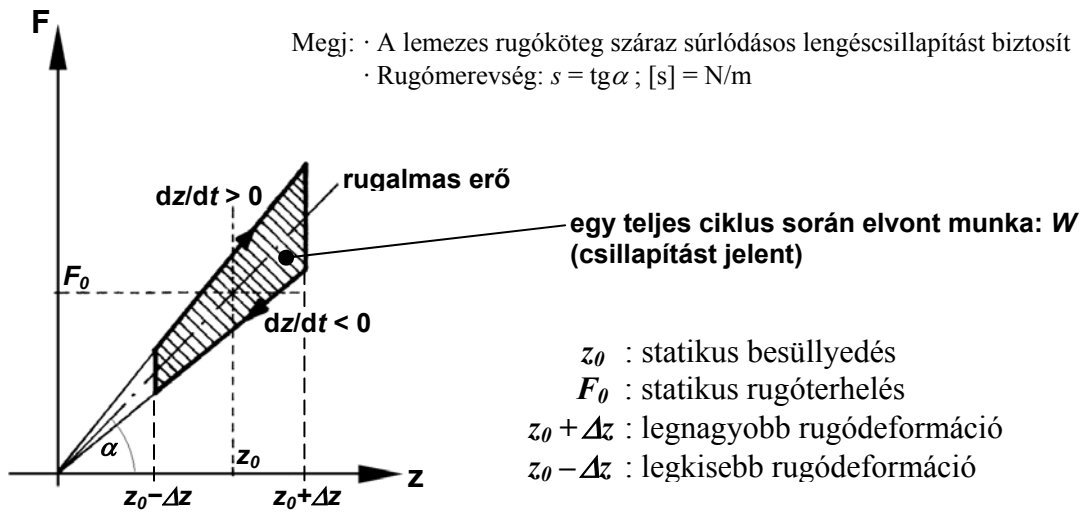
Megj: A görgőcsapágyazásnak a siklóágyazással szemben zsírkenése van!

## Egyszerű hordmű, rugózás

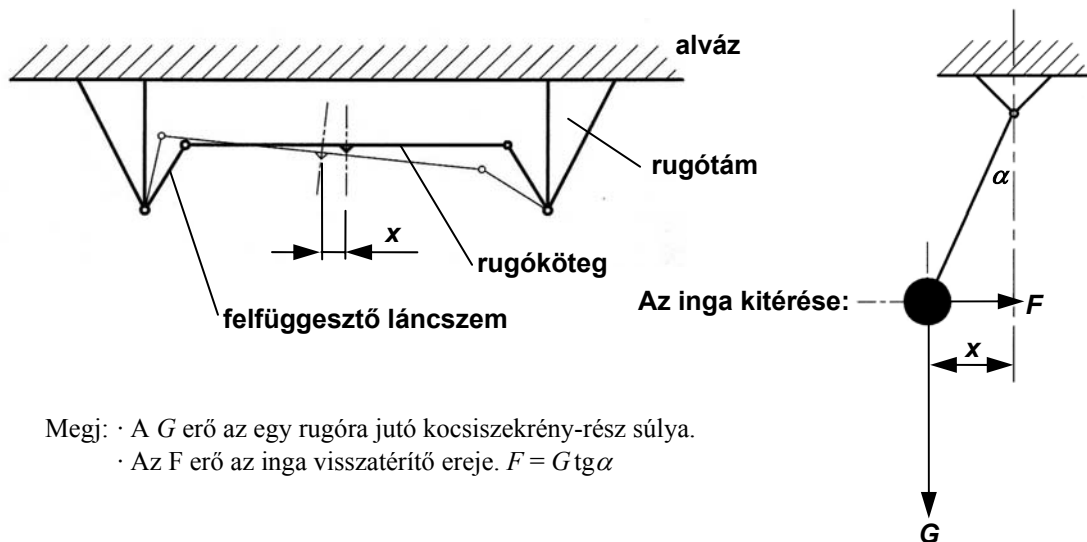
### 1.) Felépítés



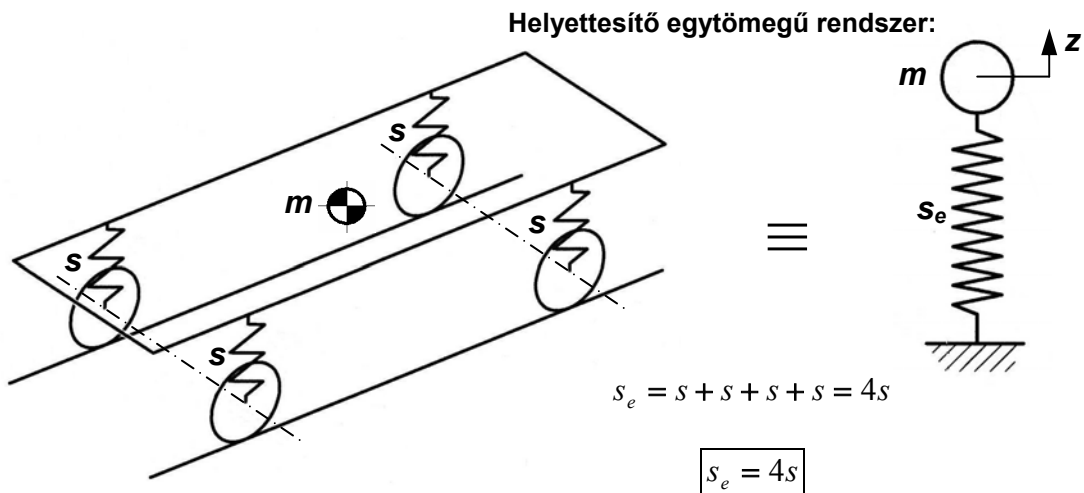
## 2.) Rugódiagram



## 3.) A rugókötés, mint inga



## 4.) A jármű, mint lengőrendszer: több rugóval alátámasztott tömeg

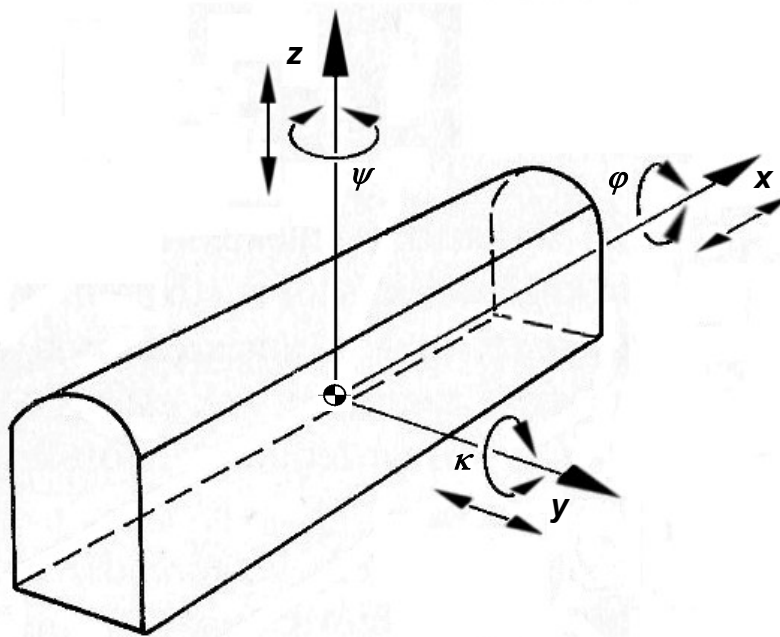


- a hordmű a kocsiszekrénynek („a tömegnek”) rugózott alátámasztást biztosít
- kéttengelyes jármű egyszerű hordművel: 4 db párhuzamosan kapcsolt hordrugó
- tömeg + rugózott alátámasztás = lengésképes rendszer  
(függőleges LENGŐRENDSZER - rázás)

· sajátkörfrekvencia:  $\alpha = \sqrt{\frac{s_e}{m}}$ ;  $[\alpha] = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

· sajátfrekvencia:  $f = \frac{\alpha}{2\pi}$ ;  $[f] = \frac{1}{\text{s}} = \text{Hz}$

## 5.) A vasúti jármű parazita mozgásai



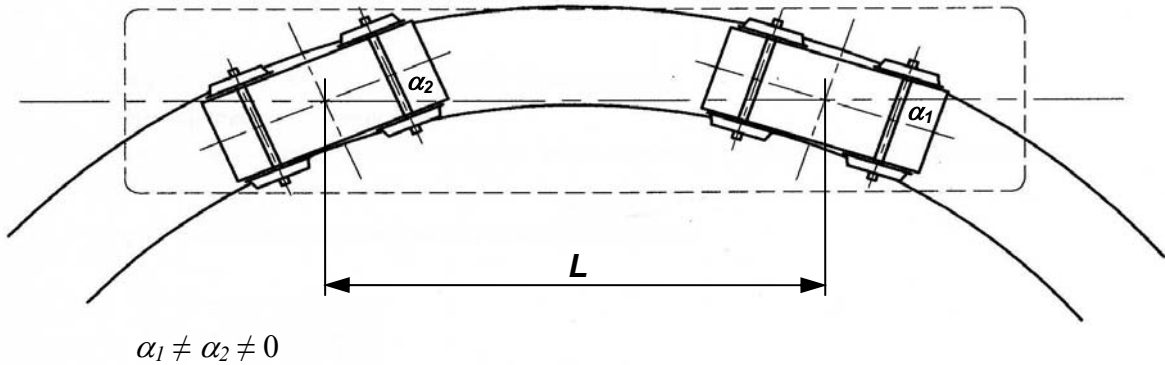
- transzlatorikus:  $x \rightarrow$  rángatás  
 $y \rightarrow$  szitálás  
 $z \rightarrow$  rázás
- rotatorikus:  $\varphi \rightarrow$  támolygás  
 $\kappa \rightarrow$  bólintás  
 $\psi \rightarrow$  kígyózás

## Forgóváz

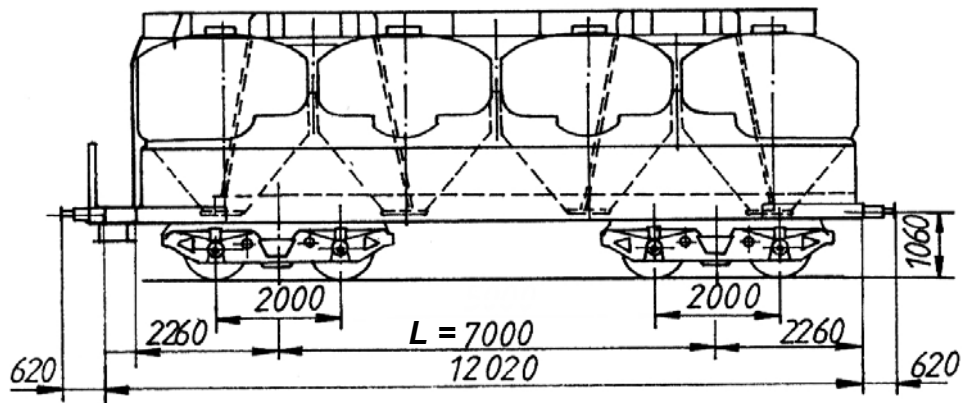
### 1.) A forgóváz funkciója

Kis tengelytávú, kéttengelyes futómű lévén, jól beállt kisebb sugarú pályán is  $\Rightarrow$  hosszú járműveknél feltétlenül szükséges az ún. *ékelt futás* megakadályozására.

## Forgóváz ívbeállása:



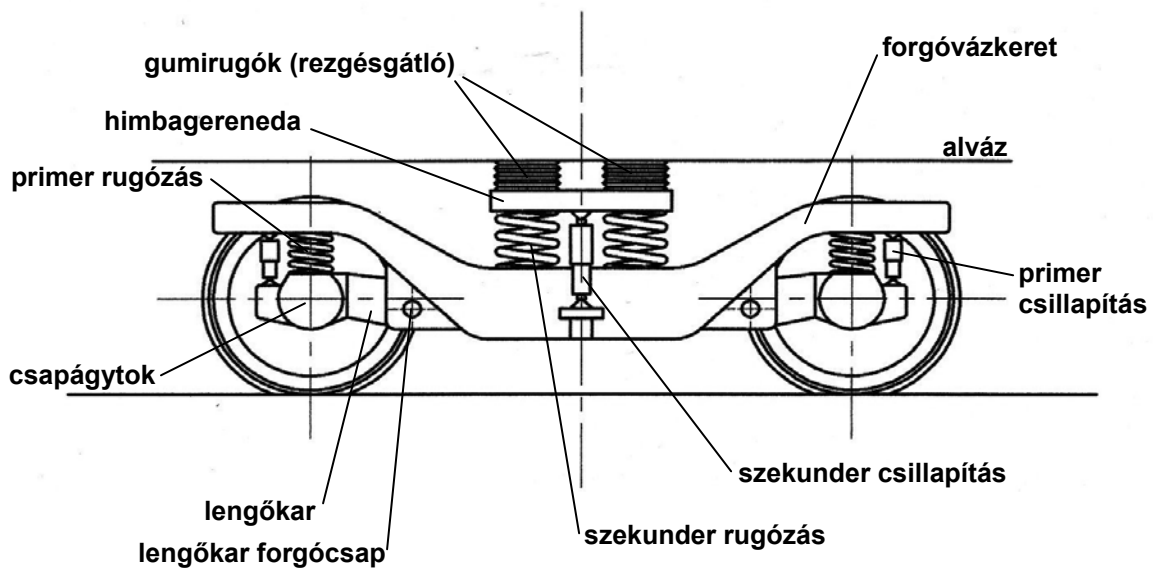
## Példa forgóváz as járműre: cementszállító tartálykocsi



Megj:  $L$  – forgócsaptáv, személykocsiknál és hosszabb teherkocsiknál 16-18 m is lehet

## 2.) A forgóváz felépítése

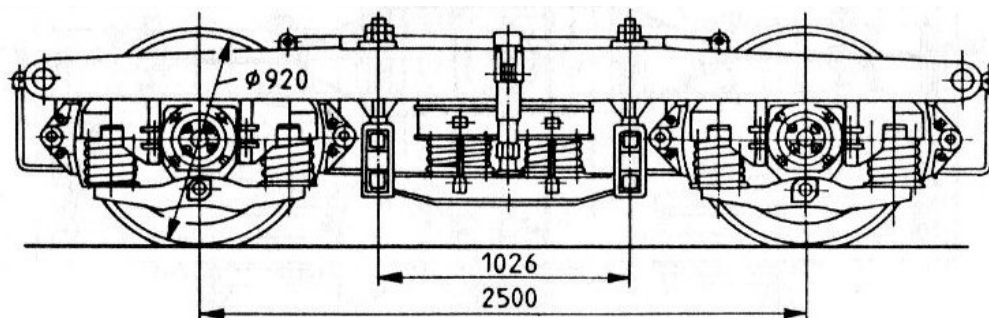
### Egy jellegzetes személykocsi forgóváz szerkezet:



## Néhány forgóváz típus:

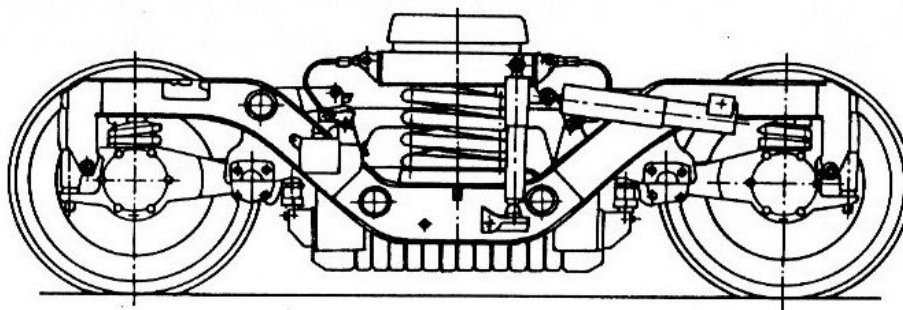
### **Kaláka III típusú forgóváz**

A MÁV Dunakeszi Járműjavítóban fejlesztették ki az 1960-as években, kisebb átalakításokkal személykocsik alatt ma is használják. A csapágyrugók lengéscsillapítását a csapágyvezetés súrlódása biztosítja, a himbarugózás függőleges lengéscsillapításáról pedig a forgóvázkeret és a himbage-renda közé kétoldalt elhelyezett hidraulikus lengéscsillapítók gondoskodnak. 120 km/h sebességig használható, futásjósága e fölött már nem megfelelő. 100 km/h-ig egyszeres, 120 km/h-ig pedig ket-tős féktuskós rendszert használnak (ez utóbbi esetben egy kereket összesen négy féktuskó fékez).



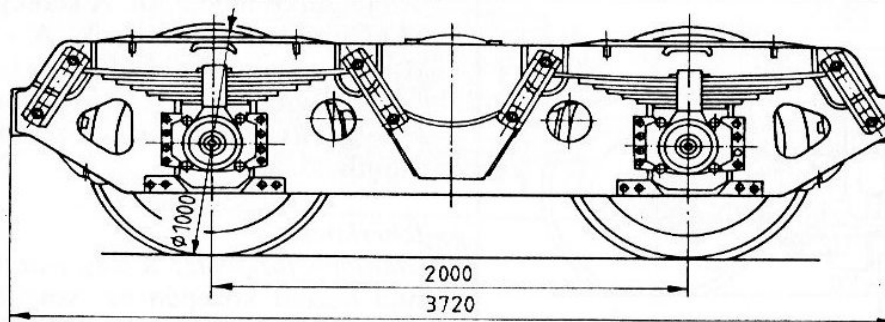
### **CAF GC-5 típusú forgóváz**

A CAF spanyol vasúti járműgyár fejlesztette ki a MÁV részére szállított személykocsikhoz. Engedélyezett sebessége 200 km/h, a fékezésről kerékpáronként három féktárca és forgóváz-oldalanként egy-egy mágneses sínfék gondoskodik.



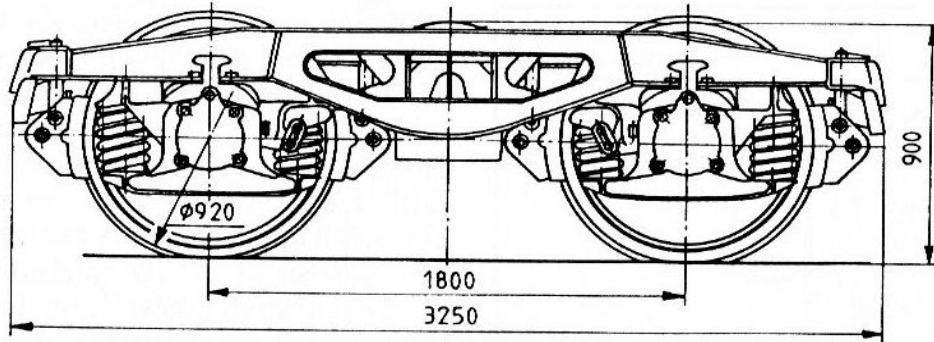
### **Lemezkeretes (ORE) teherkocsi forgóváz:**

A hossztartókat középen a kereszttartó, a végeken pedig egy-egy U keresztmetszetű tartó köti össze merev keretté. A forgóváz egylépcsős rugózású (nincs szekunderrugózás), maximális tengelyterhelése 200 kN (azaz 20 t). A kocsiszekrény a kereszttartóra szerelt ún. gömbfészkes forgótányéron fekszik fel. A forgóvázak jelenleg nagy számban üzemben vannak.

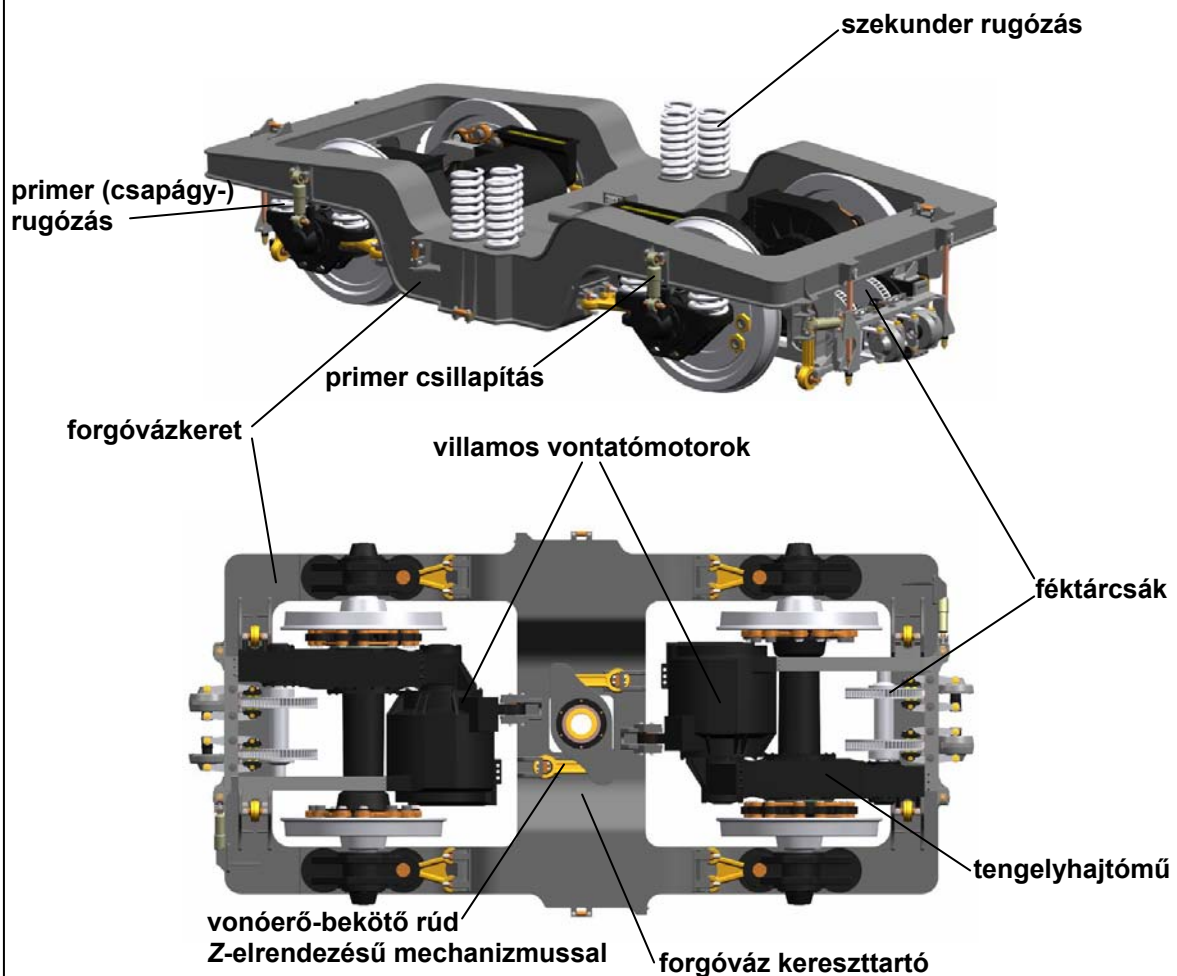


### Y 25 típusú teherkocsi forgóváz:

Franciaországban az 1950-es évek végén kezdték fejleszteni. 120 km/h sebességig használható, így kettős féktuskókkal és automatikus raksúlyváltóval is felszerelték. (A raksúlyváltó feladata a kocsi rakott vagy üres állapotától függően a fékerő beállítása. Rakott kocsinál nagyobb erővel kell a féktuskókat a kerekre szorítani a megfelelő féklassulás eléréséhez, míg üres kocsi esetén a túl nagy féktuskó-erő a kerék megcsúszását okozhatja.) A hossztartókat középen a kereszttartó, a végeken pedig egy-egy U keresztmetszetű tartó köti össze merev keretté. Szekunder rugózása nincs, a lengéscsillapítást a csapágyvezetékek súrlódása biztosítja. A kocsiszekrény forgótányéron a kereszttartóra fekszik fel. Jelenleg is üzemelnek.

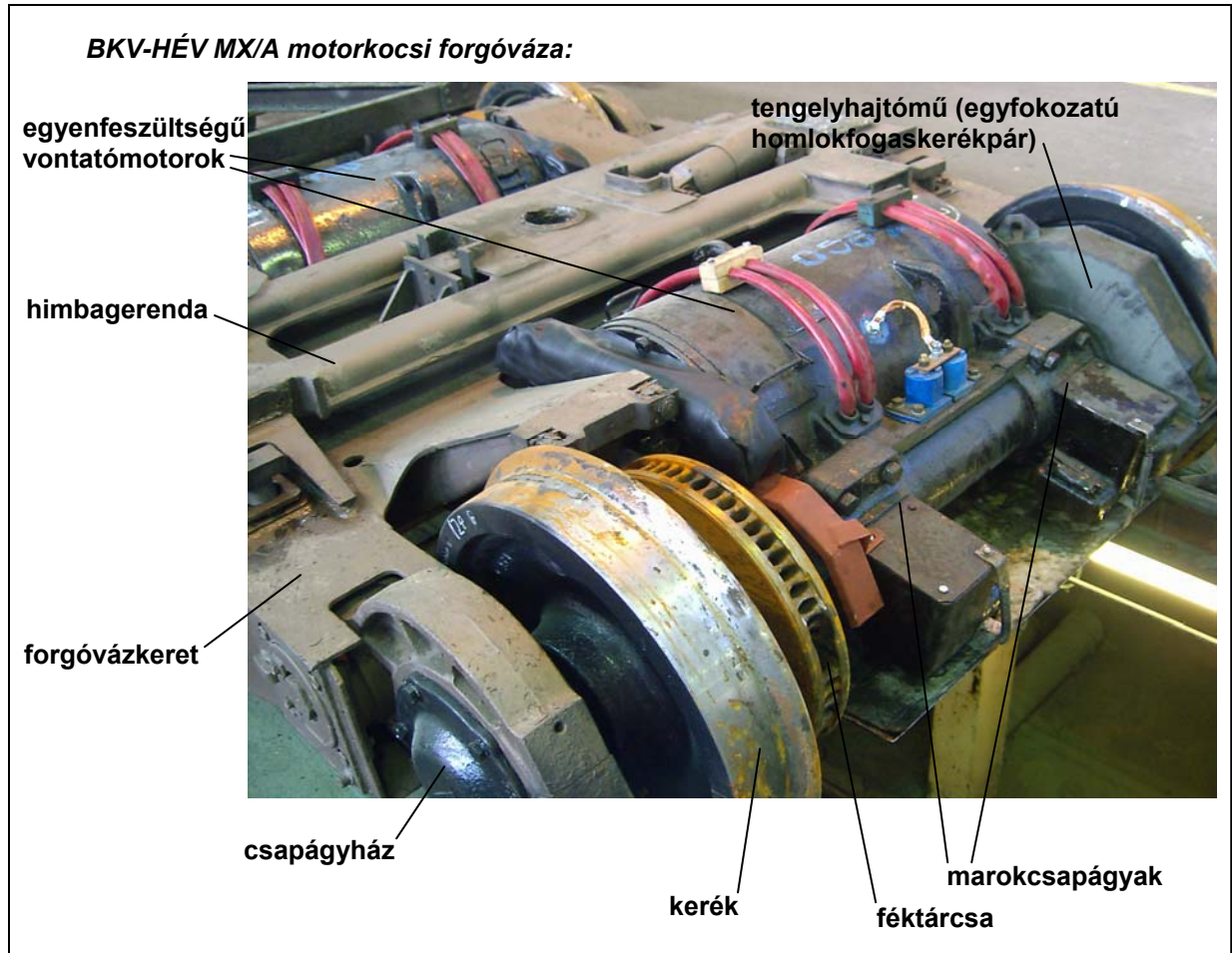


### Villamos mozdony forgóváza:



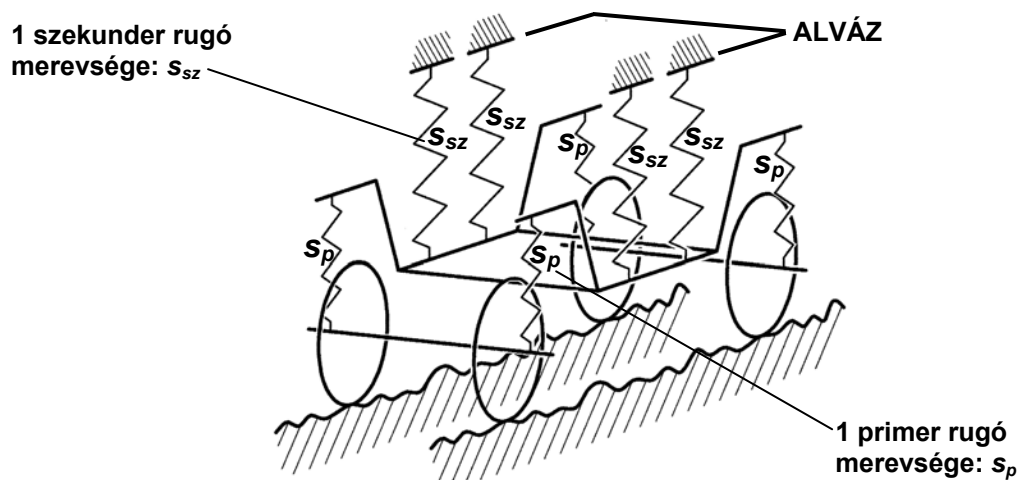


- Megj: · A hajtott kerékpárokat tartalmazó forgóvázak gyakori problémája a rendelkezésre álló hely csekély volta. Az előző képen bemutatott villamos mozdony forgóváza esetében például a féktárcsák már nem fértek el a kerékpártengelyeken, ezért ezek egy-egy külön tengelyen kaptak helyet a forgóváz két végén. Ezek a féktengelyek természetesen egy hajtóművön keresztül kapcsolatban állnak a kerékpártengellyel.
- A vonórudak (sárgával jelölve) a vonóerő átvitelét szolgálják: a kerekekről a forgóvázkeretre, majd onnan a mozdony alvázára, amelyhez az ütköző- és vonókészülék is kapcsolódik.



### 3.) Sajátkörfrekvencia meghatározása rázásra

- Kulcsfeladat: az eredő rugómerevség meghatározása



- primer rugózás eredő rugómerevsége egy forgóvázra (a primer rugók párhuzamosan kapcsolódnak):  $s_{pe} = 4s_p$
- szekunder rugózás eredő rugómerevsége egy forgóvázra (a szekunder rugók is párhuzamosan kapcsolódnak):  $s_{sze} = 4s_{sz}$
- az első és hátsó forgóváz eredő rugómerevsége  $s_1$  és  $s_2$  megegyezik:  $s_1 = s_2$
- a primer és szekunder rugók eredője sorosan kapcsolódik egymáshoz:

$$s_1 = s_2 = \frac{1}{\frac{1}{s_{pe}} + \frac{1}{s_{sze}}} = \frac{1}{\frac{1}{4s_p} + \frac{1}{4s_{sz}}}$$

- a kétforgóvázis jármű eredő függőleges rugómerevsége a két forgóváz eredő rugómerevségének összege, mivel ez utóbbiak párhuzamosan dolgoznak:

$$s_e = s_1 + s_2 = \frac{2}{\frac{1}{4s_p} + \frac{1}{4s_{sz}}} = 8 * \frac{1}{\frac{1}{s_p} + \frac{1}{s_{sz}}}$$

- rázási sajátkörfrekvencia:  $\alpha = \sqrt{\frac{s_e}{m}} = \sqrt{\frac{s_1 + s_2}{m}}$ ;  $[\alpha] = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  (ahol  $m$  a lengő tömeg)

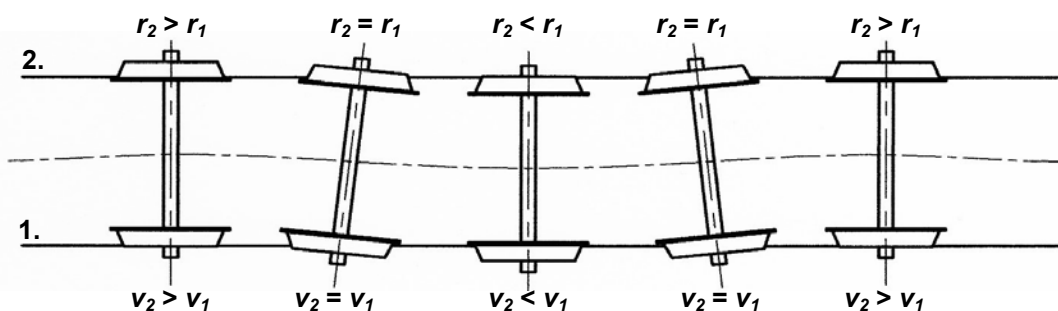
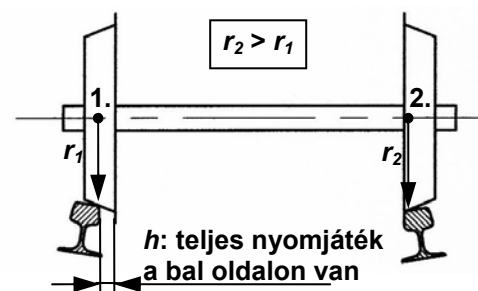
## A kerék-sín rendszer (döntő fontosságú)

### 1.) Geometriai viszonyok

- A kerék futófelülete profilos, kúpos: a középhelyzetből keresztirányban kitérített kerékpár esetén  $r_1 < r_2 \Rightarrow v_1 < v_2$  (a kerekek kerületi sebessége  $r_1 < r_2$  miatt különbözik, mivel a két kerék szögsebessége a merev tengelyből adódóan egyforma)

- A kerékpár önvezérlő mozgása:

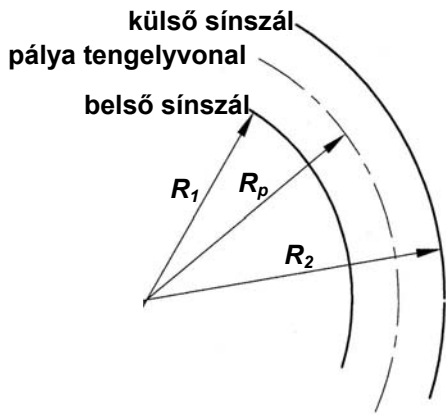
- „szinusz-szerű” futás egyenes pályán
- a kerékpártengely-középpont gördülési pályája  $\approx$  szinuszhullám
- minél nagyobb a kúposság, annál kisebb a kialakuló hullámhossz



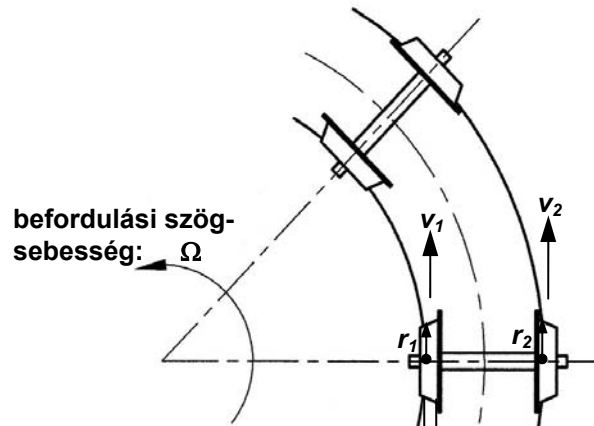


- Ívben haladás: mire is jó még a kúpos keréktalp?

· közel csúszásmentes gördülés alakulhat ki, ha  $R_p$  elég nagy!



NYOMTÁV:  $R_2 - R_1 = t$

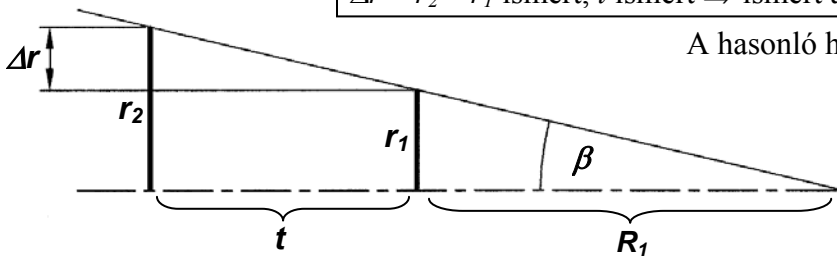


A centrifugális erő az ívsugár irányában kifelé hat, a külső kerék nyomkarima-érintkezéssel halad:  $r_2 > r_1 \Rightarrow v_2 > v_1$

· a csúszásmentes gördülés határhelyzete:

Megj:  $r_1, r_2$  a  $h$  nyomjáték és a kerékprofil által meghatározott legkisebb ill. legnagyobb lehetséges gördülési sugár

$\Delta r = r_2 - r_1$  ismert,  $t$  ismert  $\Rightarrow$  ismert a jellemző  $\beta$  szög is



A hasonló háromszögek alapján:

$\text{tg } \beta = \frac{\Delta r}{t} = \frac{r_1}{R_1}$

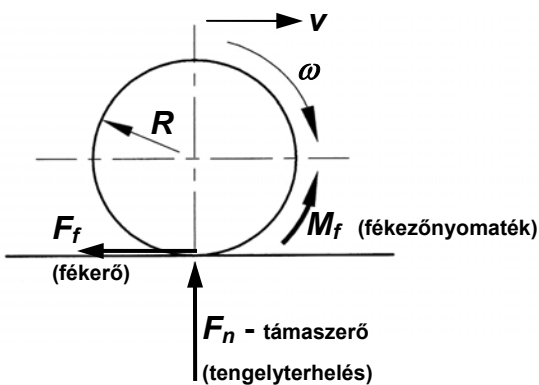
ebből pedig:

$R_1^* = \frac{t r_1}{\Delta r}$

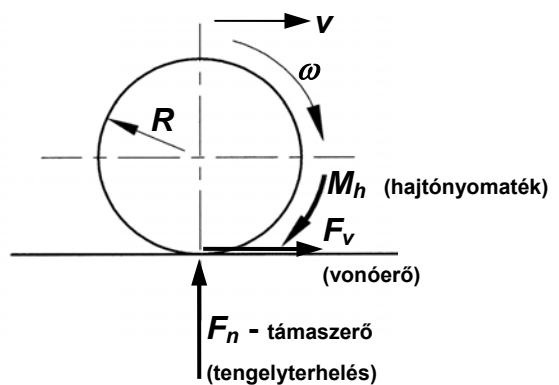
Ha  $R_1 > R_1^* \Rightarrow$  csúszásmentes gördülés melletti radiális beállítás lehetséges!

## 2.) Dinamikai (erőtani) viszonyok

- Fékezett kerékpár:



- Hajtott kerékpár:

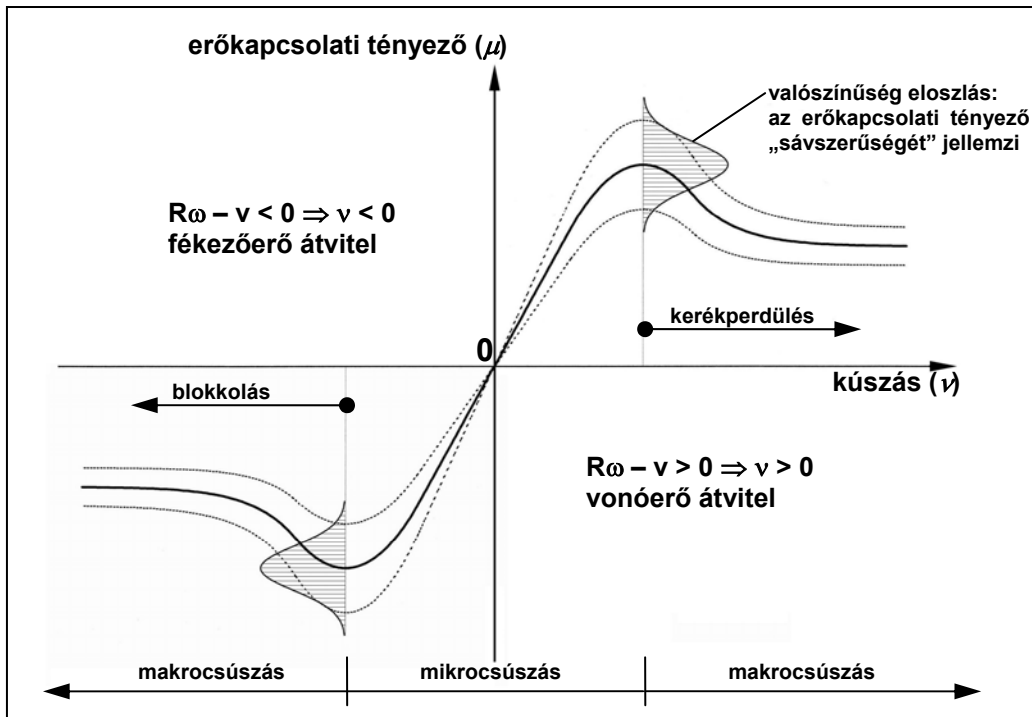


- Erőkapcsolati tényező

· definíció:  $\mu = \frac{F}{F_n}$  \*

· bevezetjük a hosszirányú kúszás fogalmát:  $\nu = \frac{\text{def } R\omega - v}{v} \Big|_{v \neq 0}$  \*\*

· \* + \*\*  $\Rightarrow \mu = \mu(\nu)$



· fontos alaptétel: **Zéró kúszás, zéró tangenciális erő!**

· a keréktalpon átvitt erő  $\rightarrow$  vonóerő  $F_v = F_n * \mu(\nu) > 0$

$\rightarrow$  fékezőerő  $F_f = F_n * \mu(\nu) < 0$

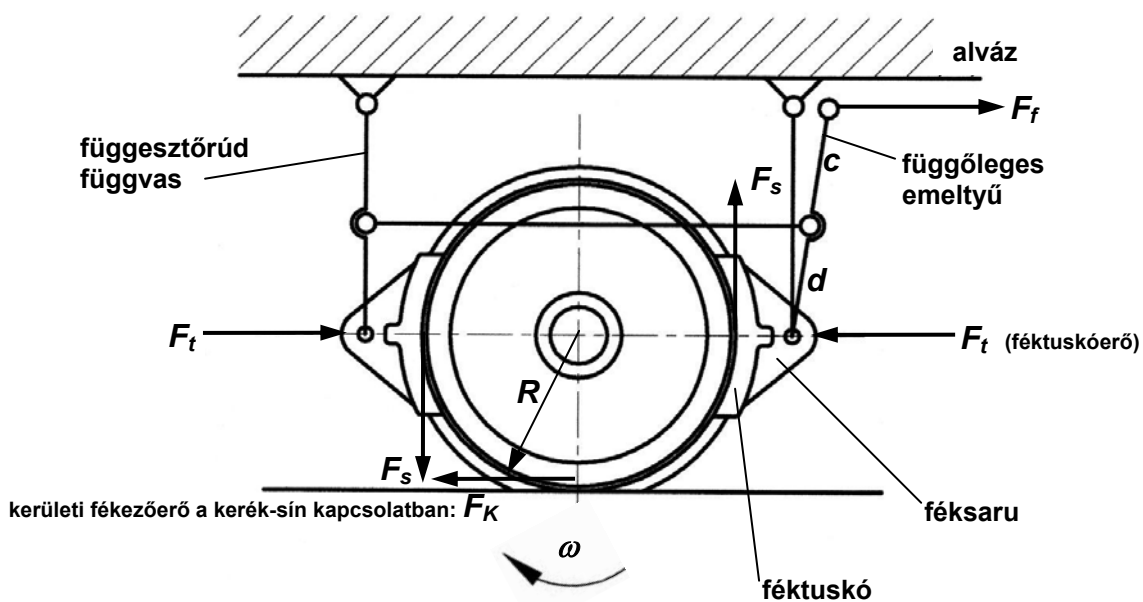
### Fékrendszerek

- Fékrendszerek: 1.) **Súrlódásos fékek** (disszipatív)  $\rightarrow$  tuskós fék (dobfék)
  - $\rightarrow$  tárcsafék
  - $\rightarrow$  sínfék

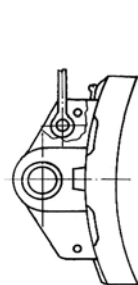
- 2.) **Egyéb disszipatív fékek** (villamos ellenálláson vagy hidraulika rendszer hűtőjében történő disszipáció)

3.) **Regeneratív fékek** (a jármű kinetikus energiáját nem emésszük fel, hanem eltároljuk, vagy azonnal felhasználjuk)

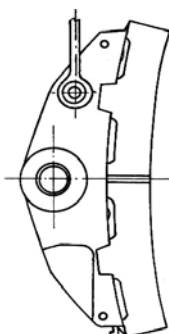
**A tuskós fék felépítése**



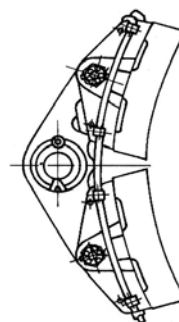
- Néhány lehetséges féktuskó-saru kialakítás:



**Egybetétes (Bg)**



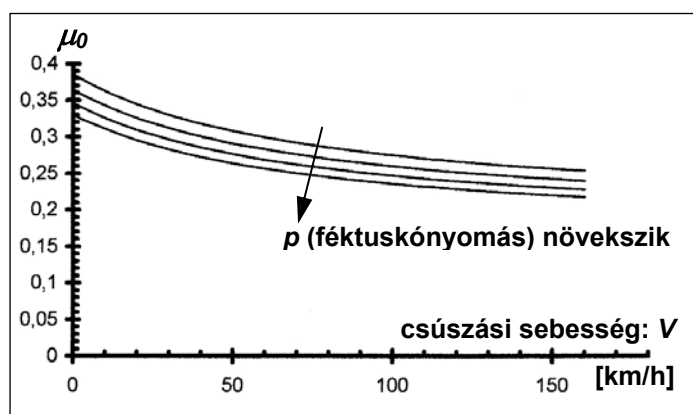
**Kétfetétes, merev sarus (Bgu)**



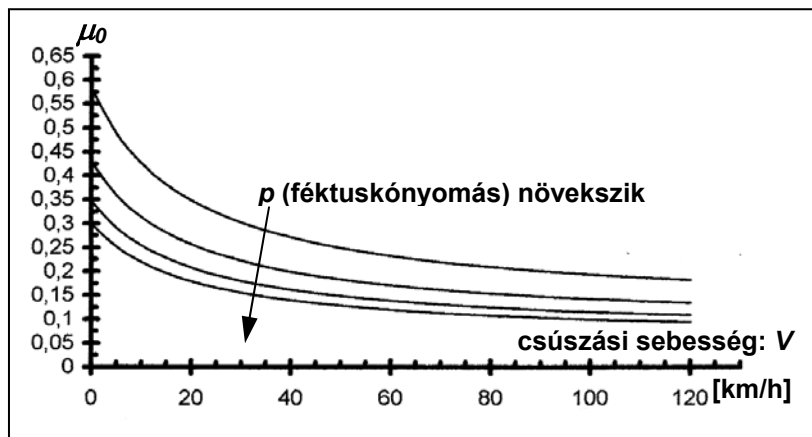
**Kétfetétes, csuklós sarus (BDg)**

- Féktuskó-kerékabroncs súrlódási tényező

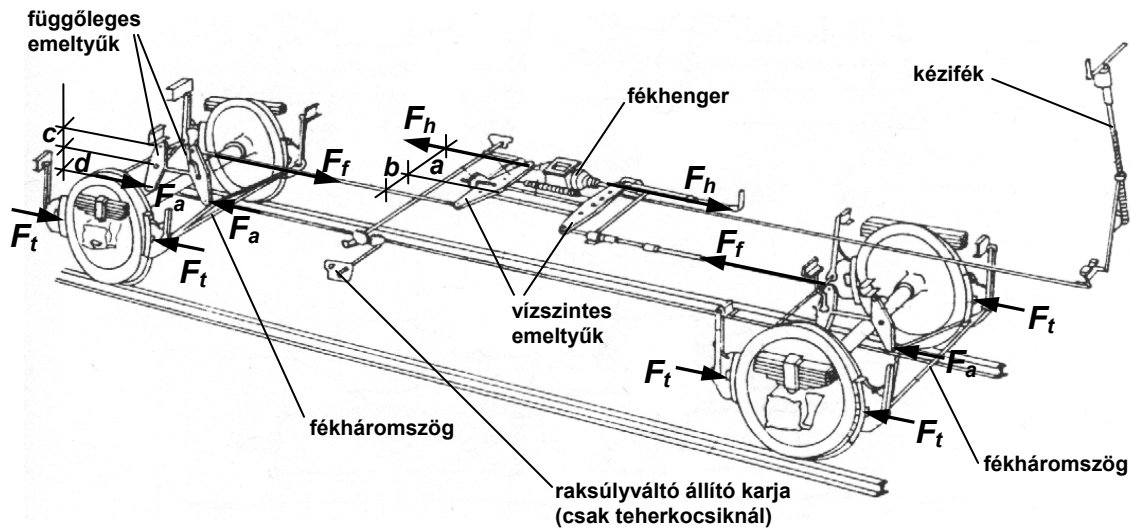
· **kompozit** (műanyag) tuskó esetén



· öntöttvas tuskó esetén



### Kéttengelyes jármű fékrudazata



- Fékháromszög: egy erőelosztó gerenda, mely összekapcsolja a két oldali féksarukat

- Erőmódosítás:  $k = \frac{\text{össztuskóerő}}{\text{a fékhengerben kifejtett erő}} = \frac{\Sigma F_t}{F_h}$

- Egyszerű nyomatéki összefüggésekkel:

$$F_f b = F_h a \Rightarrow F_f = \frac{a}{b} F_h \quad \leftarrow \text{a függőleges emeltyű felső végén bevitt erő}$$

$$F_f c = F_a d \Rightarrow F_a = \frac{c}{d} F_f = \frac{c}{d} \frac{a}{b} F_h \quad \leftarrow \text{a fékháromszög közepén bevitt erő}$$

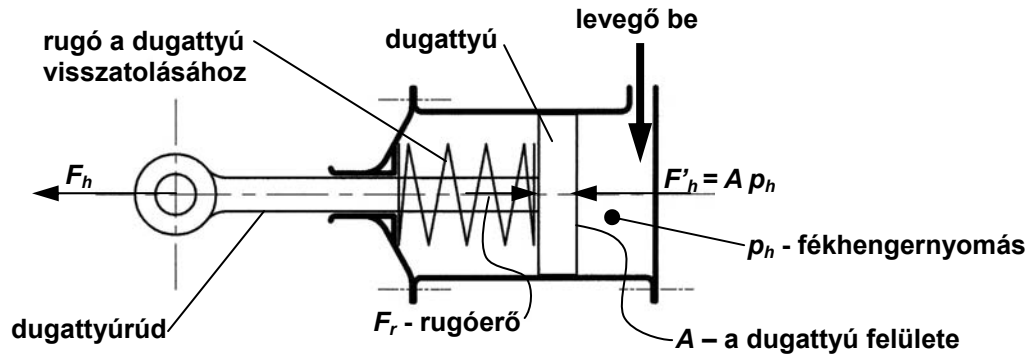
A kéttámaszú tartóként működő fékháromszög sajátosságaiból adódó összefüggés:

$$F_a = 2F_t \Rightarrow F_t = \frac{1}{2} F_a = \frac{1}{2} \frac{c}{d} \frac{a}{b} F_h \quad \leftarrow \text{az egy féktuskón bevitt erő}$$

$$8 \text{ tuskó} \Rightarrow \Sigma F_t = 8 * \frac{1}{2} \frac{c}{d} \frac{a}{b} F_h = 4 * \frac{c}{d} \frac{a}{b} F_h$$

$$\text{végül az eredő erőmódosítás: } k = \frac{\Sigma F_t}{F_h} = \frac{4 * \frac{c}{d} \frac{a}{b} F_h}{F_h} \Rightarrow \boxed{k = 4 * \frac{c}{d} \frac{a}{b}}$$

- A fékhenger:

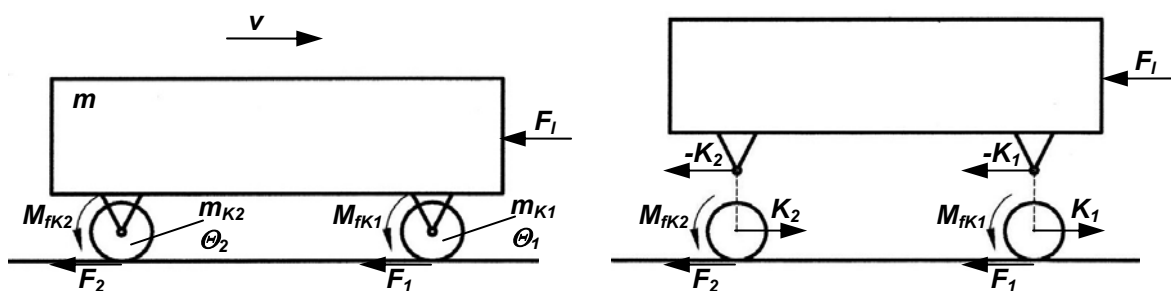


· a fékdugattyún kifejtett hasznos erő: 
$$F_h = \left( p_h - \frac{F_r}{A} \right) A$$

· a tuskós fék által kifejtett fékezőnyomaték: 
$$M_f = 2R F_s = 2R \tilde{\mu} F_t \stackrel{F_t d = c F_f}{=} 2R \tilde{\mu} \frac{c}{d} F_f$$

Megj: a fenti összefüggés jelöléseinek magyarázatát ld. a 26. oldalon, a tuskós fék felépítését bemutató ábrában! Továbbá:  $\tilde{\mu}$  - a kerék és féktuskó közötti ún. virtuális súrlódási tényező. A jelzett név abból adódik, hogy az összefüggés az  $F_s$  eredő súrlódó erőt az  $R$  sugárra helyezve veszi figyelembe. A tényleges eredő súrlódó erő egy  $R + \delta$ ;  $\delta > 0$  karon hat.

### Dinamikai modell (síkmmodell)



- A két belső kényszererő

· a vízszintes csapágyerők:  $K_1, K_2$  ; összekapcsolják a járműtest és a kerékpárok haladó mozgását

- A környezet felől átadódó erők

· a kerék-sín kapcsolati erők:  $F_1, F_2$

· a légellenállás-erő:  $F_I$

- A mozgásegyenletek

Megj.: A modellben szereplő 3 tömeg 5 mozgásfajtaát végez, ezért 5 mozgásegyenlet írható fel: három egyenlet haladó mozgásra és kettő forgómozgásra.

1.  $-(K_1 + K_2) - F_l = ma \quad \leftarrow$  haladó mozgás

2.  $K_1 - F_1 = m_{k1}a \quad \leftarrow$  haladó mozgás

3.  $K_2 - F_2 = m_{k2}a \quad \leftarrow$  haladó mozgás

4.  $-\frac{M_{fk1}}{r} + F_1 = \frac{\Theta_1}{r^2}a \quad \leftarrow$  forgó mozgás (a nyomatékegyenletet  $\frac{1}{r}$ -rel szoroztuk)

5.  $-\frac{M_{fk2}}{r} + F_2 = \frac{\Theta_2}{r^2}a \quad \leftarrow$  forgó mozgás (a nyomatékegyenletet  $\frac{1}{r}$ -rel szoroztuk)

összeadva:  $-\frac{M_{fk1}}{r} - \frac{M_{fk2}}{r} - F_l = \left( m + m_{k1} + m_{k2} + \underbrace{\frac{\Theta_1}{r^2} + \frac{\Theta_2}{r^2}}_{\Sigma m_{red}} \right) a$

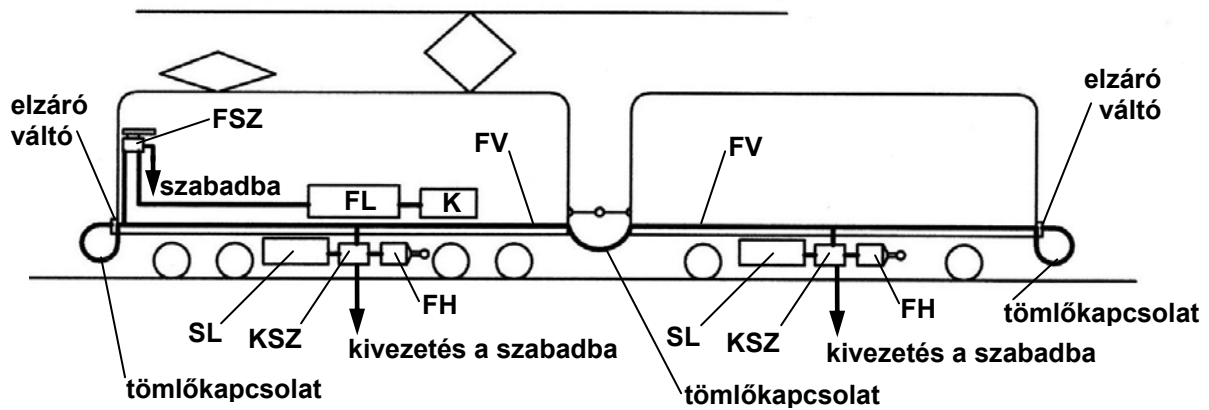
$$a = \frac{-\frac{M_{fk1}}{r} - \frac{M_{fk2}}{r} - F_l}{\left( m + m_{k1} + m_{k2} + \underbrace{\frac{\Theta_1}{r^2} + \frac{\Theta_2}{r^2}}_{\Sigma m_{red}} \right)}$$

$$a = \frac{-\frac{M_{fk1}}{r} - \frac{M_{fk2}}{r} - F_l}{(m + m_{k1} + m_{k2} + \Sigma m_{red})} \text{ a féklassulás, } a < 0$$

**A pneumatikus fékrendszer elemei (az ábrán feltüntetett jelölésekkel):**

- kompresszor K
  - főlégtartály FL
  - fékezőszelep (ezt kezeli a járművezető) FSZ
  - főlégvezeték FV
    - a.) légszállító funkció
    - b.) vezérlő funkció
  - kormány szelep (elosztó szelep) KSZ
    - 4 csőcsatlakozás: 1. fővezetékkel
    - 2. segédlégtartállyal
    - 3. fékhengerrel
    - 4. szabad levegővel
  - segédlégtartály SL
  - fékhenger FH
- } csak a vontatójárművön
- } minden (vontató- és vontatott) járművön

- Jellegzetes önműködő légfék: indirekt működtetés kormány szelepen át



1.) töltő-oldó állás a fékezőszelepen

$$\cdot \frac{dp_t}{dt} > 0 \text{ (a fővezeték nyomása növeszik)}$$

- a kormány szelep: → összeköti a fővezetékét és a segédlégtartályt, így ez utóbbi feltöltődik  
→ összeköti a fékhengert a szabad levegővel, ezáltal üríti azt

2.) fékező állás a fékezőszelepen

$$\cdot \frac{dp_t}{dt} < 0 \text{ (a fővezeték nyomása csökken)}$$

- a kormány szelep: → összeköti a fékhengert és a segédlégtartályt, így fékezőerő jelenik meg

## **Hajtásrendszerek**

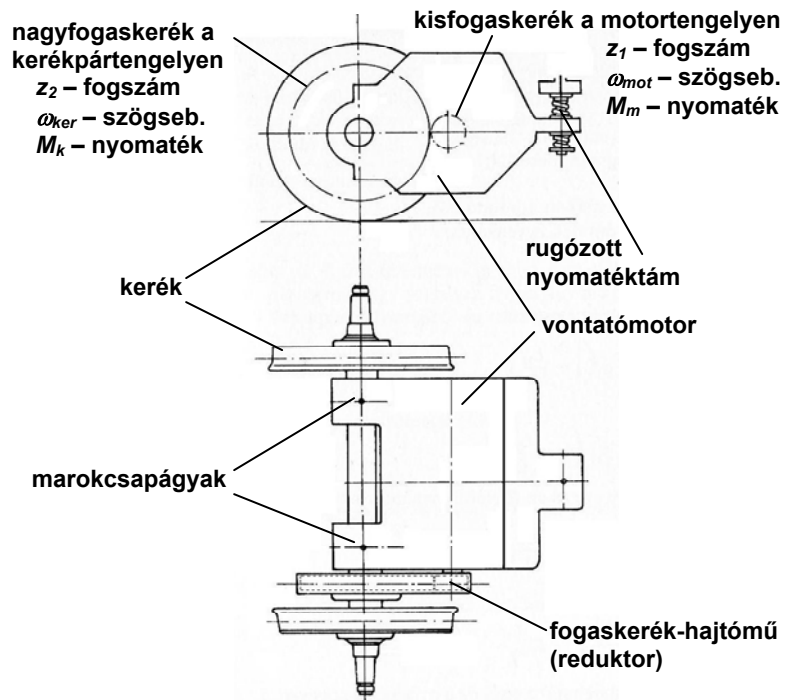
- Funkciója: energiabevezetés, a vontatójármű kerekein kifejtett hajtónyomaték munkájának formájában
- Nyomatékátvitel a kerékpárra

### **a.) Marokcsapágyas, homlokfogaskerekes tengelyhajtás**

Megj: marokcsapágyas hajtást villamos vontatómotorok esetén alkalmaznak, legyen szó villamos vontatójárműről (mozdony, motorkocsi) vagy villamos erőátvitelű dízelmozdonyról (felépítését lásd lejjebb!). Villamos erőátvitelű motorkocsi a gépek nagy tömege és terjedelme miatt kevésbé elterjedt.

$$i_{th} = \frac{z_1}{z_2} < 1 \quad \text{lassító áttétel}$$

$$k_{th} = \frac{M_k}{M_m}, \quad \eta = \frac{P_k}{P_m}$$



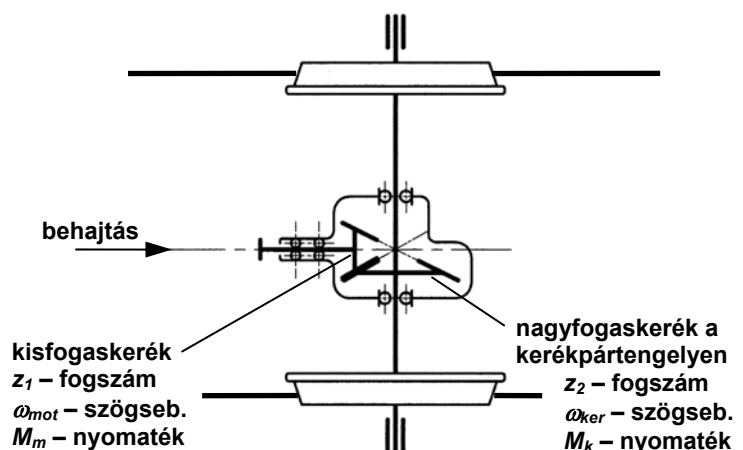
„TC-motor”  $\Leftarrow$  trakciós (vontató) motor



### b.) Egyfokozatú kúpfogaskerekes tengelyhajtás

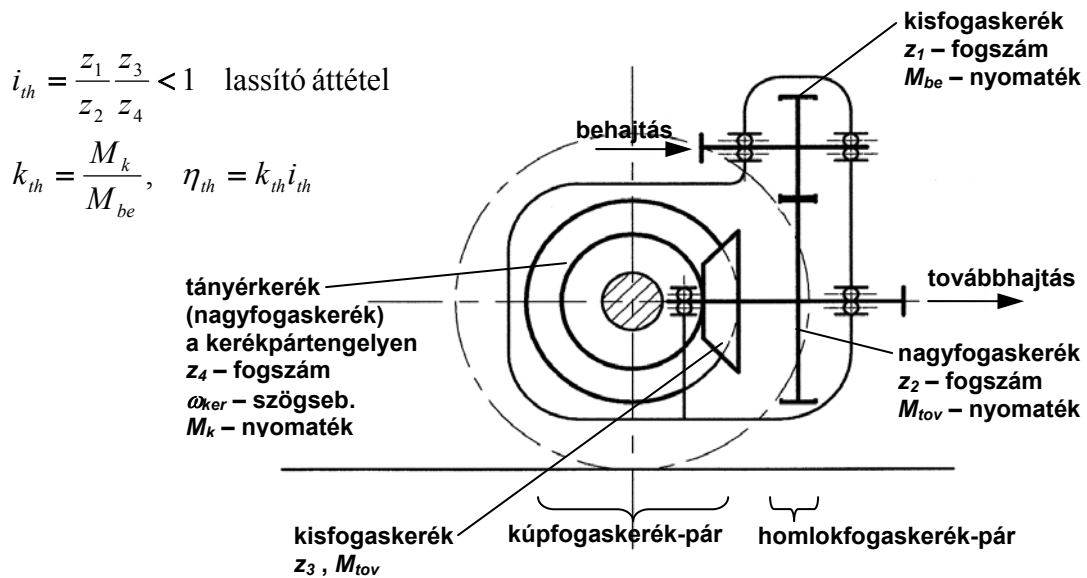
$$i_{th} = \frac{z_1}{z_2} < 1 \quad \text{lassító áttétel}$$

$$k_{th} = \frac{M_k}{M_m}, \quad \eta_{th} = k_{th} * i_{th}$$





### c.) Kétfokozatú, homlok- és kúp fogaskerékpárt tartalmazó (tornyos) tengelyhajtás

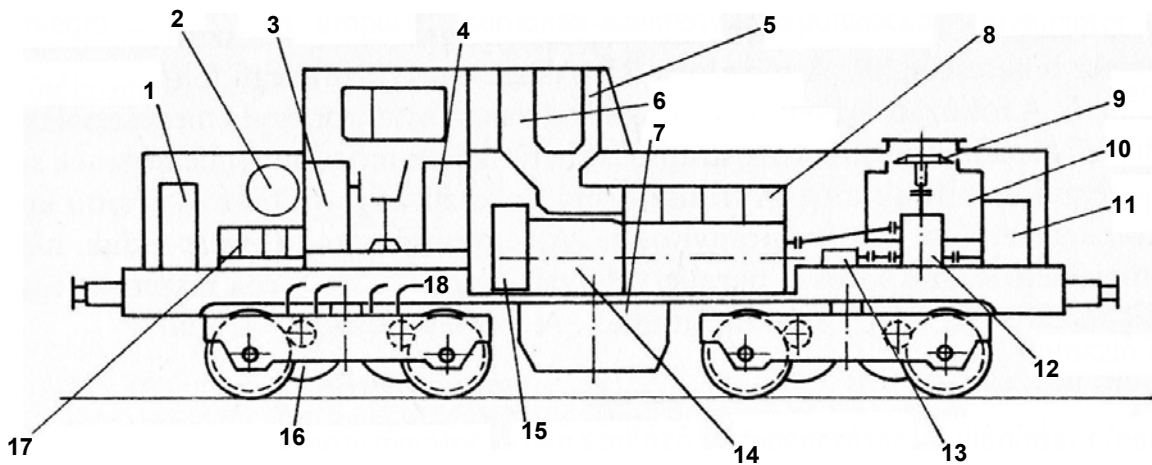


### A tengelyhajtás elrendezése a vontatójárművekben

#### a.) Villamos vontatómotorok

4 db TC motor, forgóvázanként 2-2 (tengelyenként 1-1)

Megj: az ábrán példaként egy dízel-villamos mozdony szerepel, így ennek felépítése is bemutatásra kerül!

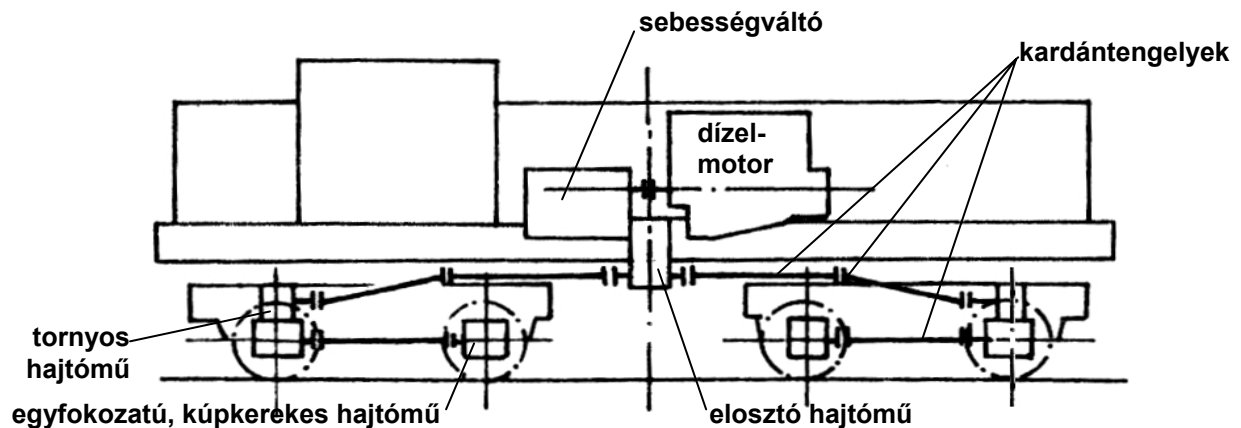


- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1.) fűtőkazán         | 10.) hűtő               |
| 2.) főlégtartály      | 11.) légsűrítő          |
| 3.) vezetőpult        | 12.) elosztó hajtómű    |
| 4.) kontaktorszekrény | 13.) világítási dinamó  |
| 5.) kipufogócső       | 14.) főgenerátor        |
| 6.) szívócső          | 15.) generátor szellőző |
| 7.) gázolajtartály    | 16.) vontatómotor       |
| 8.) dízelmotor        | 17.) akkumulátorok      |
| 9.) ventilátor        | 18.) tápkábelek         |

## b.) Dízel járművek, mechanikus tengelyhajtással

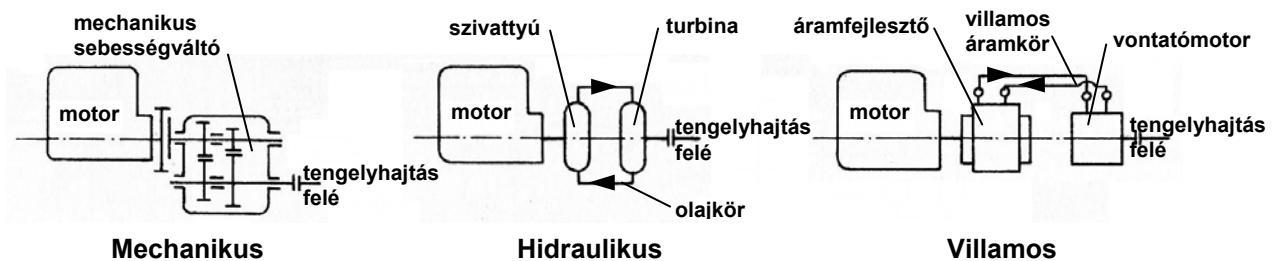
Megj: Ilyen tengelyhajtás villamos járműveknél is előfordul, ahol pl. egy forgóvázhoz egy vontatómotor tartozik, és ez a motor nem a forgóvázba van beépítve, hanem a jármű alvázára van fel-függesztve. Ekkor a nyomaték az alábbi ábrán is látható módon, kardántengelyek és hajtóművek segítségével jut el a motortól a kerekéig. Ilyen jármű például a MÁV BDVmot sorozatú villamos motorvonata.

- Kardántengelyek: nyomaték- ill. forgásátvitel, ugyanakkor biztosítja a kerékpárok szükséges szabad elmozdulását



Megj: a sebességváltó (nyomatékmódosító) közepes teljesítményű mozdonyoknál hidraulikus (pl. a MÁV M41 sor., teljesítménye 1300 kW), kisebb mozdonyoknál (kb. 300 kW teljesítményig, pl. a MÁV M28 1000 sor., teljesítménye 95 kW) vagy motorvonatoknál pedig mechanikus is lehet.

- Dízelmozdony erőátviteli rendszerek:

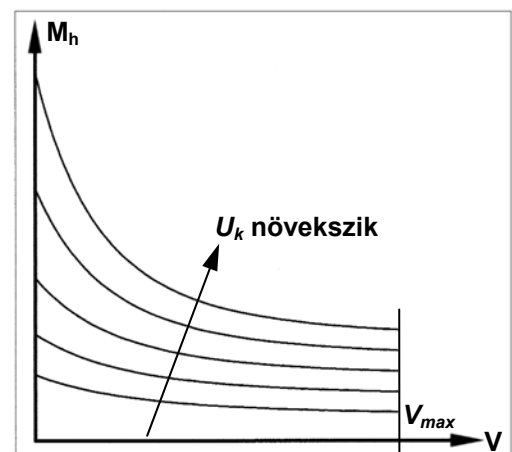


## Gépezeti berendezések

- Villamos vontatómotorok

### 1.) Egyenfeszültségű táplálás (DC)

- egyenáramú, soros gerjesztésű motor
- vezérlés az  $U_k$  kapcsolófeszültség változtatásával
- söntölés
- egyenáramú soros motor nyomaték-fordulatszám jelleggörbéje:



2.) Háromfázisú, váltakozó feszültségű táplálás (AC)

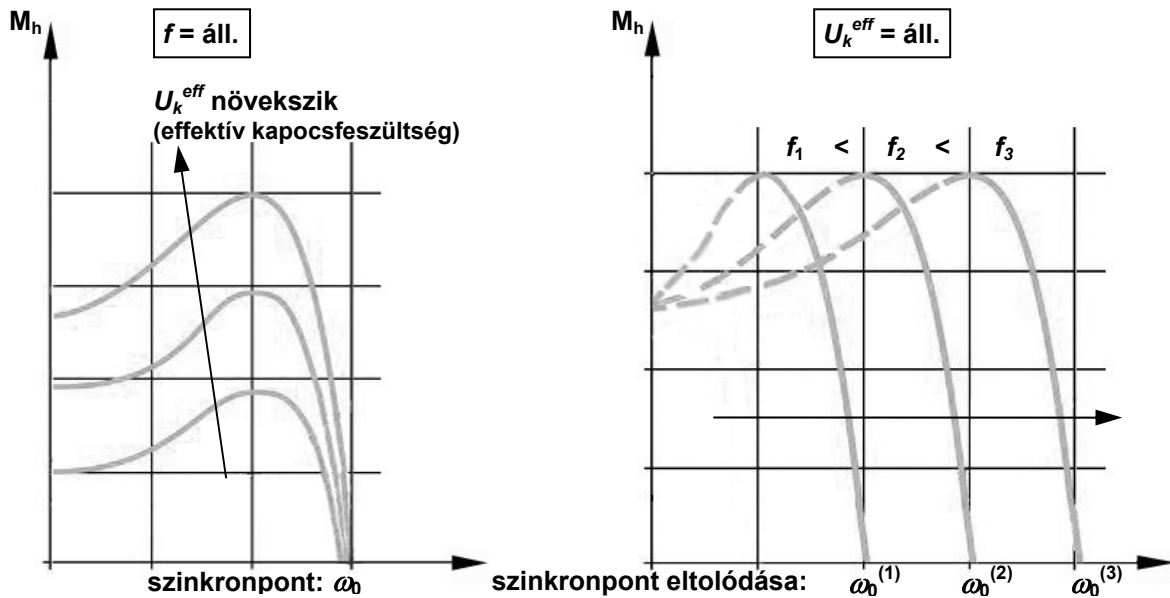
→ aszinkron (indukciós) motor (forgó mágneses mező)

a.) kapcsolófeszültség-vezérlés (állandó frekvencián):

az  $U_k^{eff}$  effektív kapcsolófeszültség változtatásával

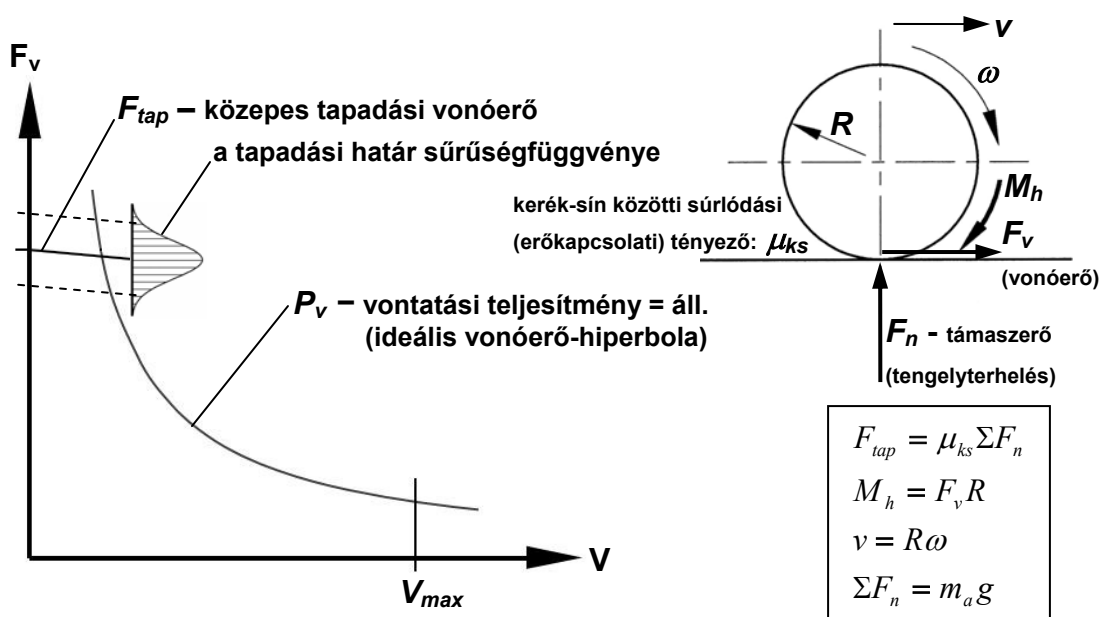
b.) frekvenciavezérlés (állandó effektív kapcsolófeszültségen)

az  $f$  frekvencia változtatásával



- A dízelmotoros vasúti járművek hajtása: a tárgy *Gépjárműrendszerek* című részében kerül tárgyalásra.

- Vasúti vontatójárművek vonóerőgörbéje:

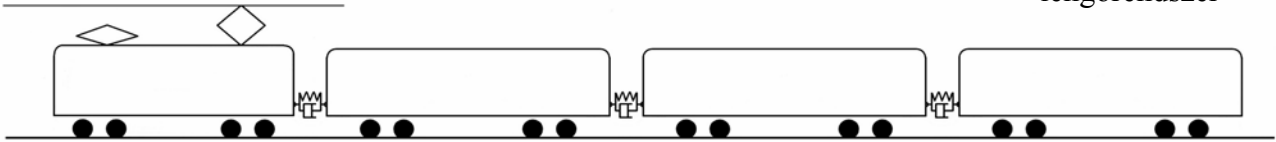


Megj:  $m_a$  – tapadó tömeg, azaz a hajtott kerékpárokra eső össztömeg

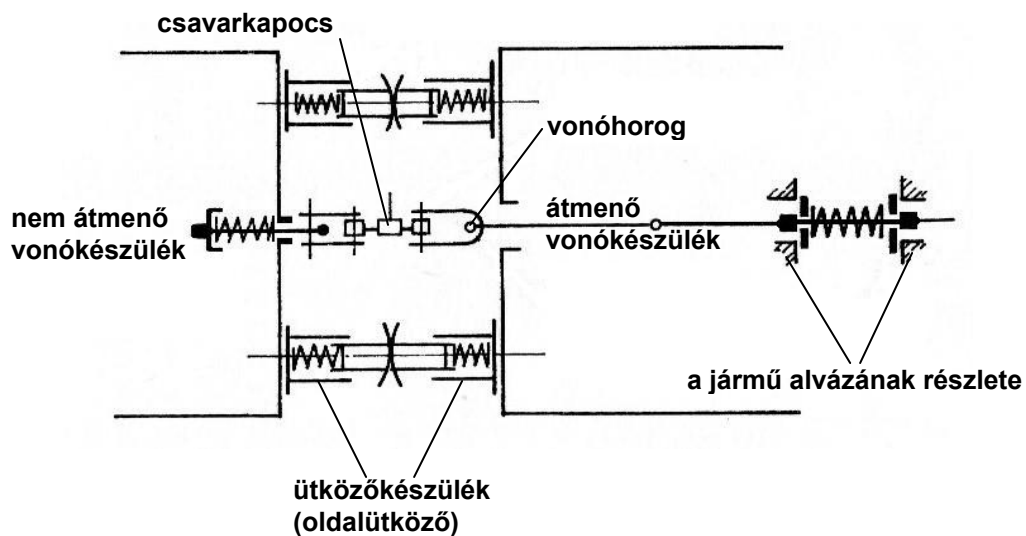
## A vonat a vasúti közlekedés alapvető objektuma

- Járműfűzér:

Hosszdinamikai rendszer, tömegek rugalmasan összekapcsolt láncolata → többtömegű lengőrendszer

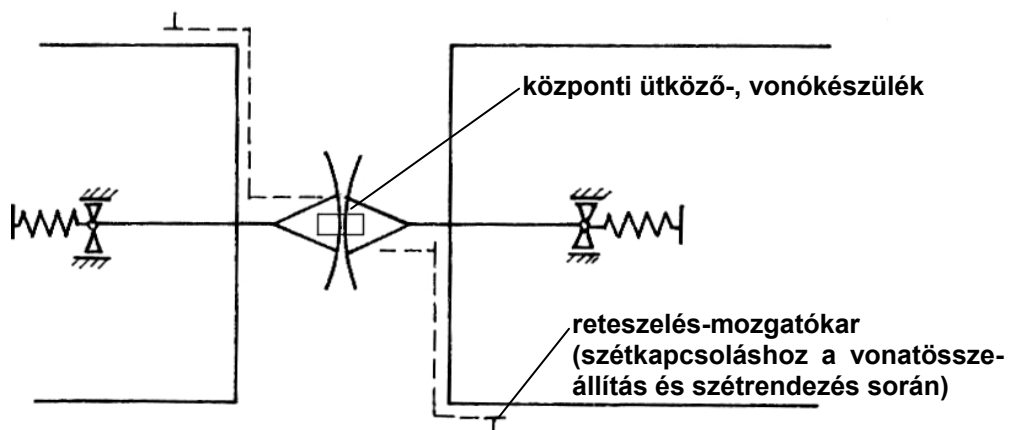


- Vonóerőátvitel a járművek között: vonóhoroggal
- Ütközőerő-átvitel: ütközőkészülékkel
- Ütköző- és vonókészülék rendszerek:
  - oldalütközők és vonóhorog

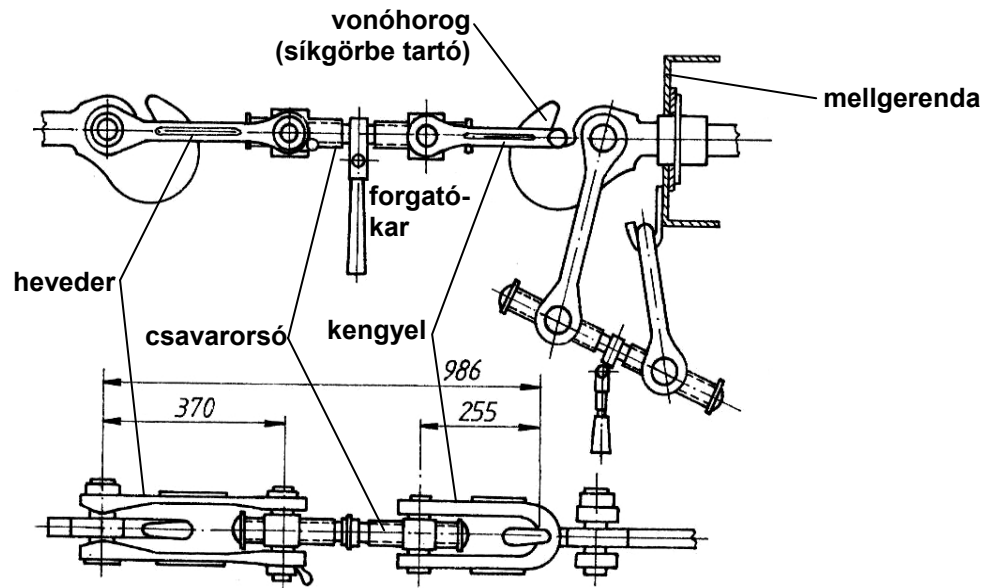


Megj: az átmenő vonókészülék előnye, hogy nem a jármű alvázat terheli a teljes, vonóhorgon kifejtett vonóerő, ezt az átmenő vonókészülék viseli. Az alvázra csak az adott jármű (kocsi) vontatásához szükséges erők hatnak.

· központi ütköző-vonókészülék

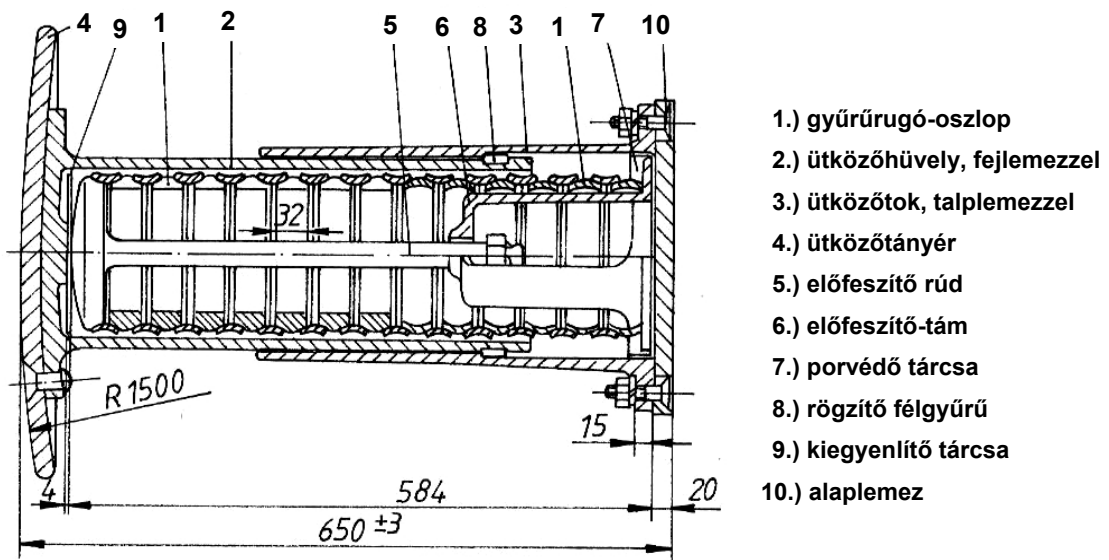


- Vonókészülék kialakítás (csavarkapcsos rendszer):



- Ütközőkészülék kialakítás:

Gyűrűrugós konstrukció: jelentős csillapítást is képvisel.



### **Felhasznált irodalom**

Dr Horváth Attila: *Sínleerősítések kialakítása és méretezése*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1984

Dr Sostarics György – Dr Balogh Vilmos: *Vasúti járművek*, Tankönyvkiadó, Budapest 1991

*Vasúti lexikon A-tól Z-ig*, főszerkesztő: Csárádi János, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1994

*Vasúti lexikon*, főszerkesztő: Urbán Lajos, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1984

Gábor Péter: *Villamos vasutak I.*, Kézirat, 2. jav. kiadás, Budapest 1995