



# MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

## SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS

BÜK, 2024.04.16.

---

# KISMŰTÁRGYAK, HIDAK ÉS A VASÚTI FOLYÓPÁLYA KÖZÖTTI ÁTMENETI SZAKASZOK KIALAKÍTÁSA

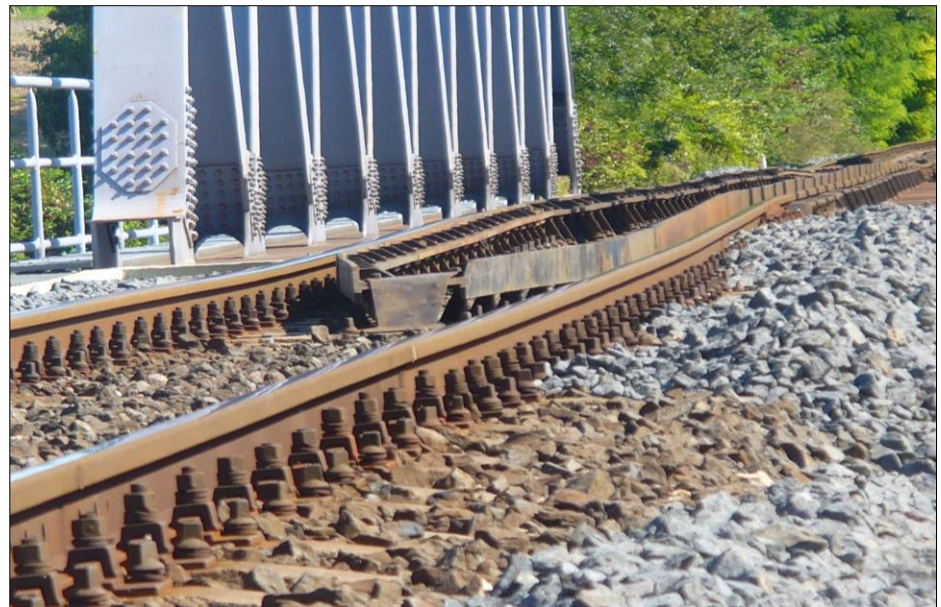
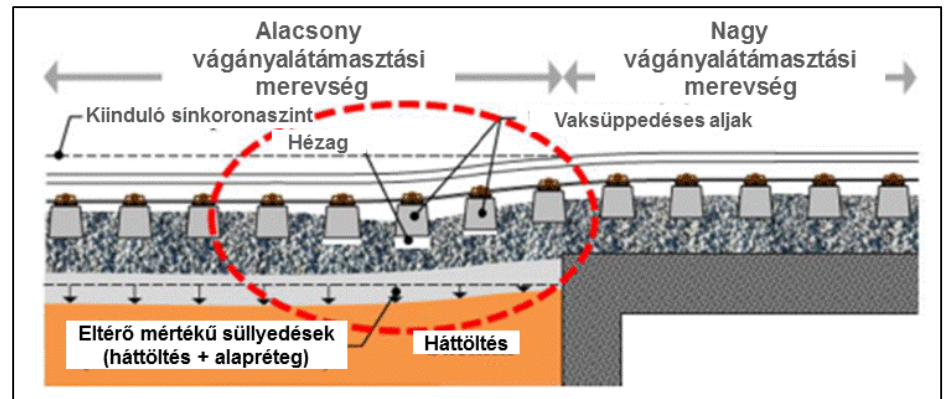
Dr. Horvát Ferenc  
KÉ-VA/08-0239  
SZÉM1/08-0239

# 1. BEVEZETÉS

Eltérő szerkezetű és rugalmasságú pályaszakaszok csatlakozására jellemzőes példa a híd és a normál folyópálya vagy az alagút és a folyópálya találkozása, de ide sorolhatók a kistakarású rövid műtárgyak és csatlakozó szakaszaik is.

Ezeken a helyeken a vágány függőleges rugalmassága hirtelen megváltozik, mely a haladó vasúti járműben lengéseket, míg a pályában többlet igénybevételeket kelt. Ezek hatására, akár már rövid idő után, olyan maradó deformációk alakulnak ki az alépítményben, amelyek a vágánygeometria fekszint és síktorzulás jellemzőit lerontják.

A két eltérő merevségű szerkezet csatlakozásánál erőteljes süllyedés alakulhat ki. Sebességkorlátozást kell bevezetni, gyakran kell vágányszabályozást végrehajtani.



Fotó: Bokory Gábor

# 1. BEVEZETÉS

A vágánymerevségi viszonyok egyenletessége / egyenletes változása fontos az alépítménykoronának és a vágány szerkezeti elemeinek igénybevétele, valamint a vágány magassági helyzetének stabilizálása szempontjából.

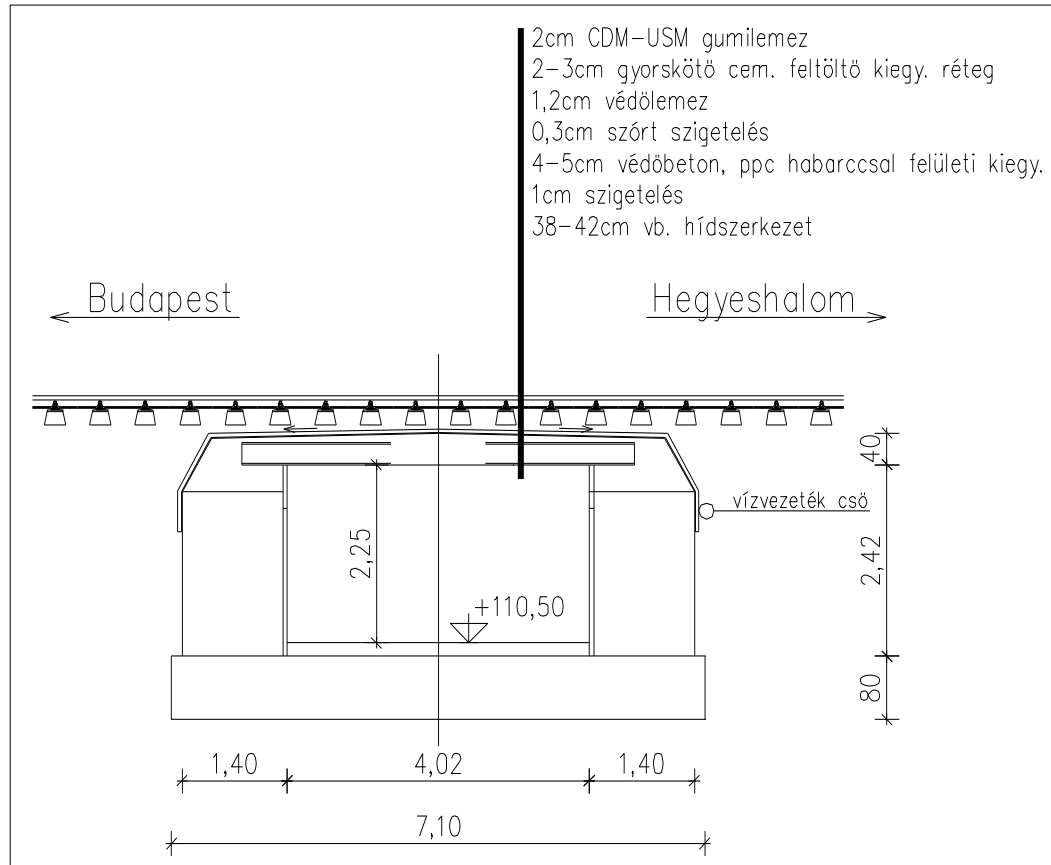
Követelmények:

- A vágány szilárd, egyenletes és megfelelő mértékben merev alátámasztású legyen. Ez szavatolja, hogy az alátámasztó szerkezetekre (híd, földmű) túlzottan nagy dinamikus terhelés nem jut, kisebb a lokális hibák kialakulásának lehetősége.
- A vágánymerevség pontszerű, nagymértékű változásait átmeneti szakasz kialakításával kell megszüntetni. Ezek hossza a vágánymerevség változásától és a pályára engedélyezett sebességtől függ elsősorban.
- Új építésnél, átépítésnél meg kell előzni vagy kialakulásukat követően kezelní kell tudni a hídfők környezetében kialakuló nagy süllyedéskülönbségeket. A különbségek oka az is lehet, hogy ütemében és mértékében eltérő a hídfő alapozásának süllyedése, a csatlakozó töltéstest alatti talaj konszolidációja, a töltéstest anyagának összenyomódása.
- Üzemelő pályában fontos szempont, hogy a csatlakozó szakaszon vaksüppedések ne alakulhassanak ki.

## 2. A CSATLAKOZÁSI HIBAJELENSÉG

### 2.1. A jelenség kisműtárgynál

**Győr állomás, az ún. Postaalagút metszete a III. vágány alatt**

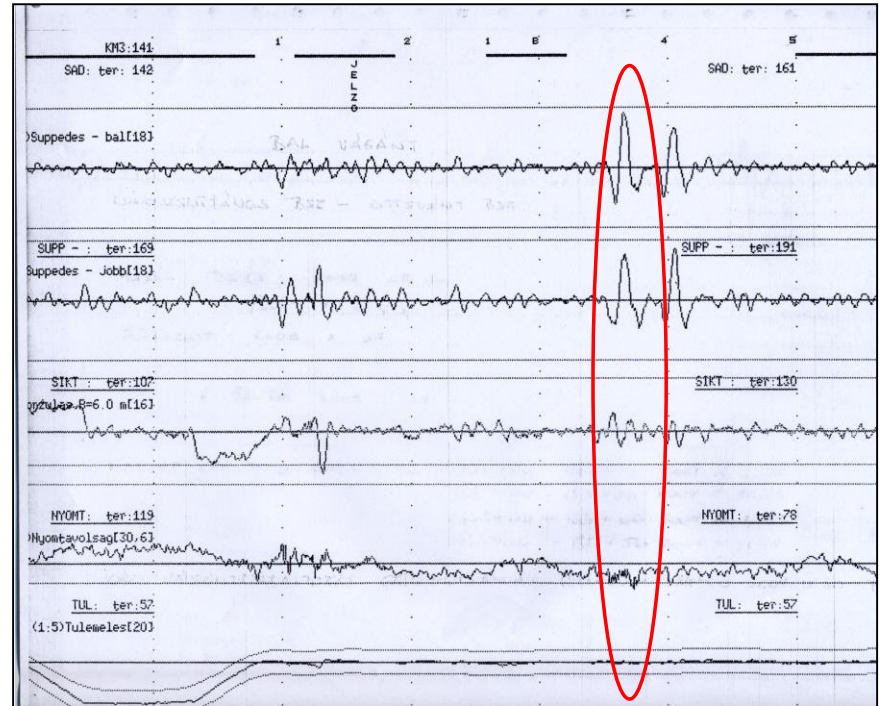


## 2. A CSATLAKOZÁSI HIBAJELENSÉG

**A III. vágány Postaalagút feletti szakaszának állapota**



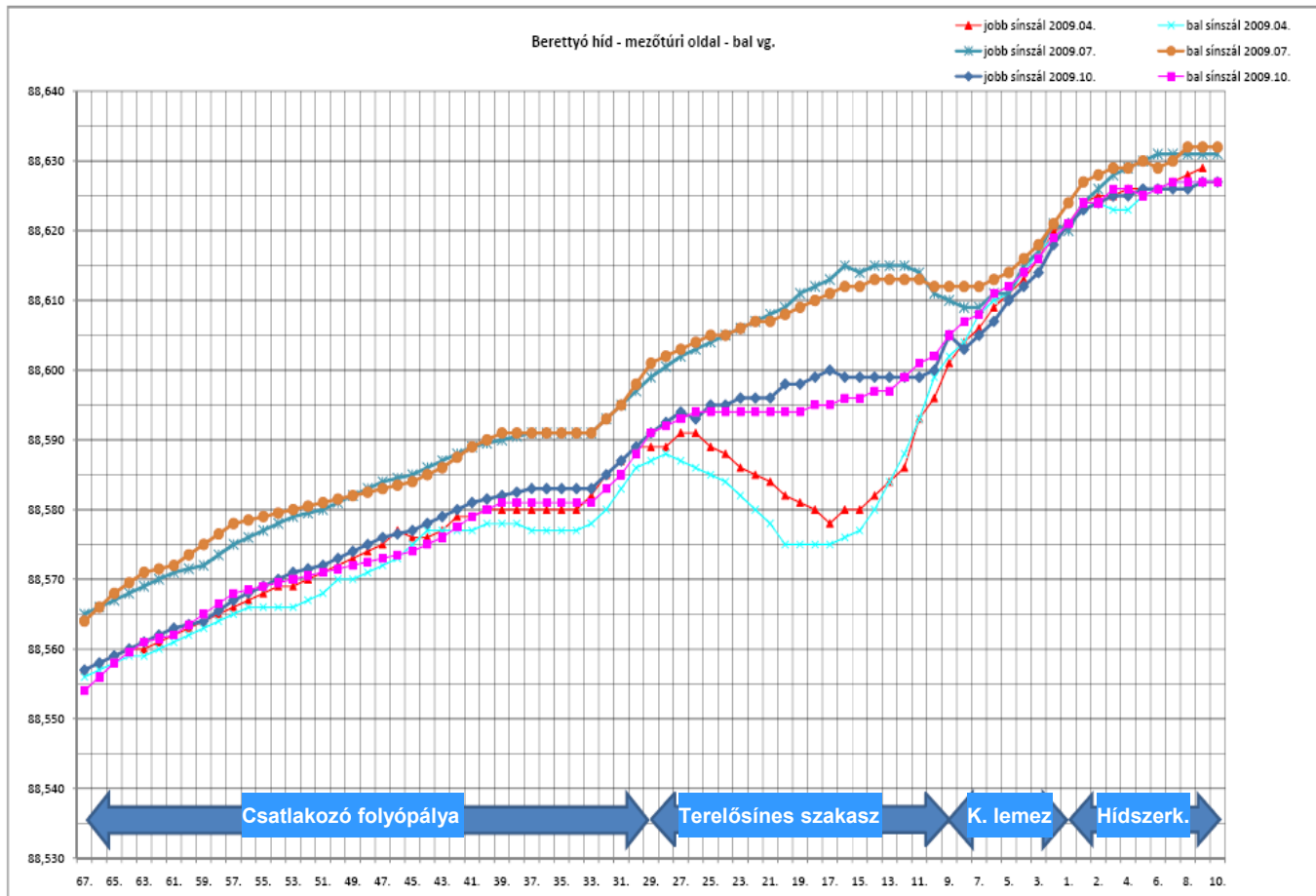
**A III. vágány érintett szakaszának mérővonalai grafikonja**



## 2. A CSATLAKOZÁSI HIBAJELENSÉG

### 2.2. A jelenség M – Gy vonalszakasz bal vágányában, a „B” folyami vasúti hídnál

#### Szintezési eredmények a kezdőpont felőli csatlakozó részen



## 2. A CSATLAKOZÁSI HIBAJELENSÉG

### 2.3. Sínhajlásmérési eredmények bordás kiegyenlítő lemezes hídnál

*A Nagy-Rába vasúti híd a Porpác – Szentgotthárd vasútvonalon*

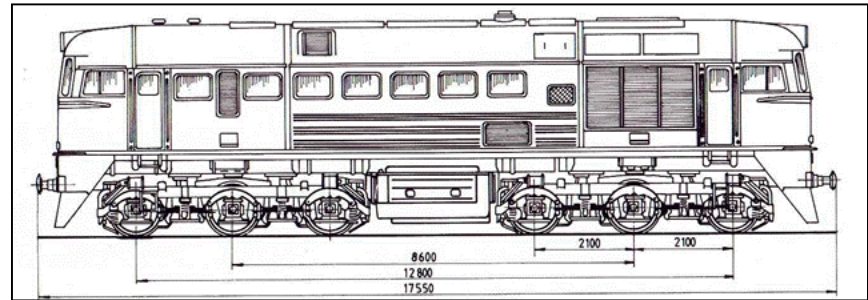


Hídfás vágányszerkezet.  
Bordás kiegyenlítő lemezen 5 db faalj.

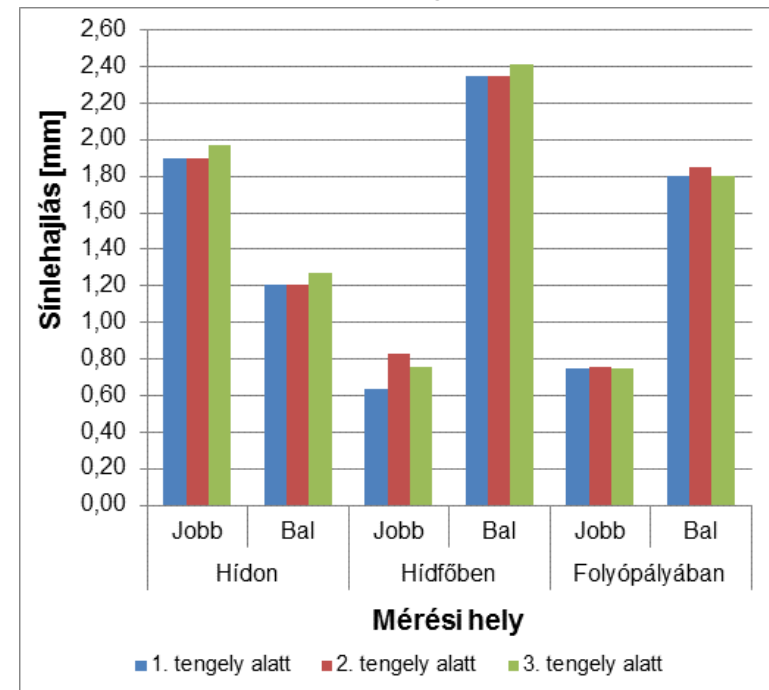
Vizsgálati terhelés:

- kapcsolt két M62 típusú dízelmozdony.

*Az M62 típusú dízelmozdony tengelyelrendezése*

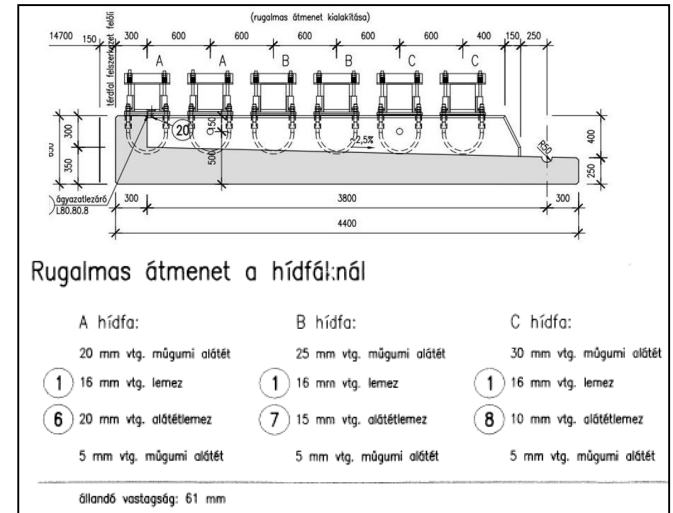


*Statikus sínhajlás értékek*



## 2. A CSATLAKOZÁSI HIBAJELENSÉG

### 2.4. A felül bordás kiegyenlítő lemeznél fellépő probléma



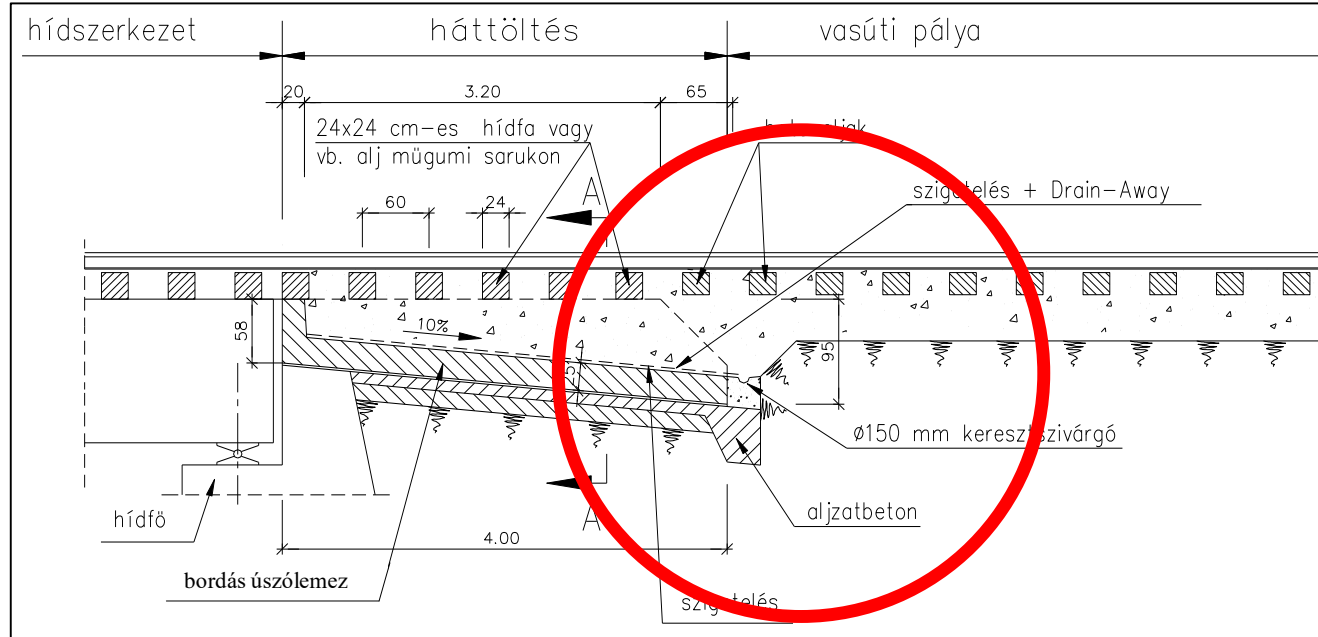
A felül bordás kiegyenlítő lemez azt a feladatát, hogy a hídszerkezet véglapelfordulásából származó vágányemelő hatást csökkentse / megszüntesse, megfelelően ellátja.

Rossz vízvezetés miatti gyenge aléptítmény esetén a kiegyenlítő lemez az alátámasztási rugalmasság egy keresztmetszetben történő megváltozásának gondját nem tudja kezelni. Gyakorlatilag a kiegyenlítő lemez nélküli hídfő – hagyományos pálya csatlakozás süllyedési teknő kialakulási problémáját eltolja a kiegyenlítő lemez csatlakozó pálya felőli végére.

A lemez hossza kevés ahhoz, hogy az átmeneti szakasz szerepét is elláthassa.



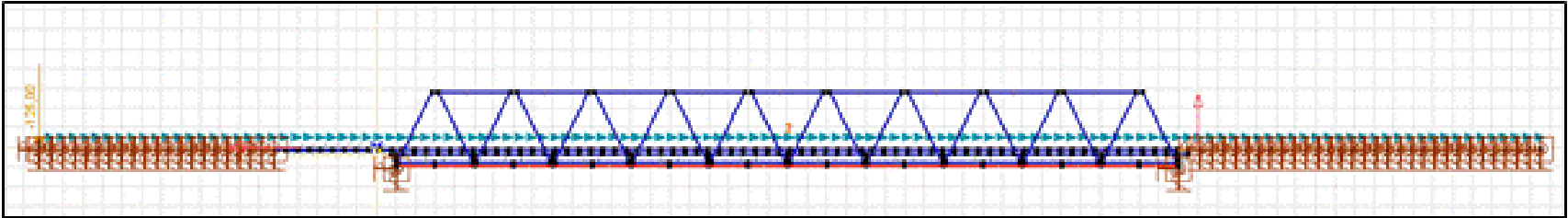
## 2. A CSATLAKOZÁSI HIBAJELENSÉG



Közvetlenül a kiegyenlítő lemez végénél jelentős a zúzottkő ágyazat vastagsági többlete. A rétegben – a kivitelezés jó minősége esetén is – a vonatforgalom dinamikus hatása jelentős mértékű utótömörödést okoz, ami a keresztaljak alatt az ágyazatszint csökkenéséhez vezet. A vágány – merevsége okán – a vonatteher elhaladása után eredeti magassági pozíciójába törekszik visszaállni. Így vaksüppedések alakulnak ki a bordás kiegyenlítő lemezt követő néhány alj alatt. A vaksüppedéses aljakra jutó vonatteherből származó függőleges erő – a vaksüppedés mértékétől függően – a normál esetben fellépő erőnek akár kétszerese is lehet. Az egyre növekvő erőhatás egyre nagyobb vaksüppedést okoz, ami még nagyobb erőket jelent, és a fekszint romlása egyre erőteljesebb lesz.

## 2. A CSATLAKOZÁSI HIBAJELENSÉG

### 2.5. Számítógépes szimuláció felülbordás kiegyenlítő lemez esetére

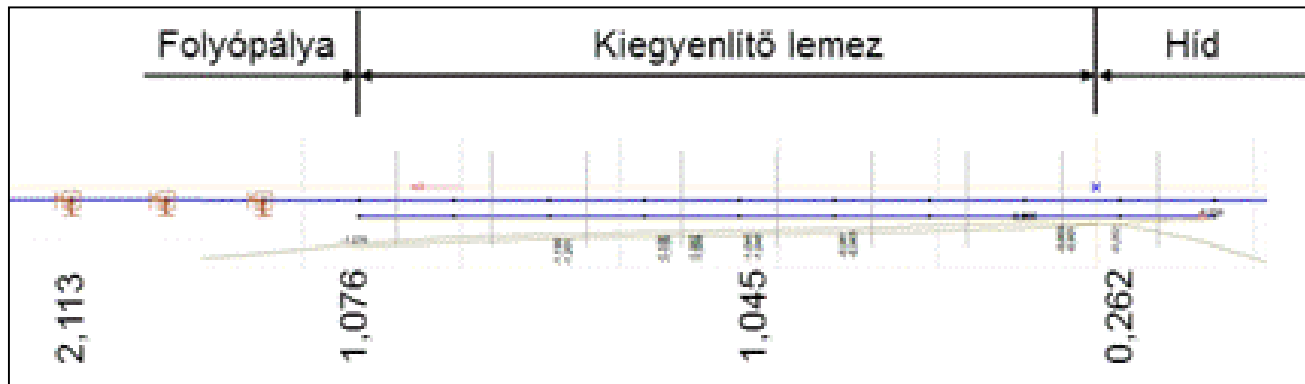


Jellemzők:

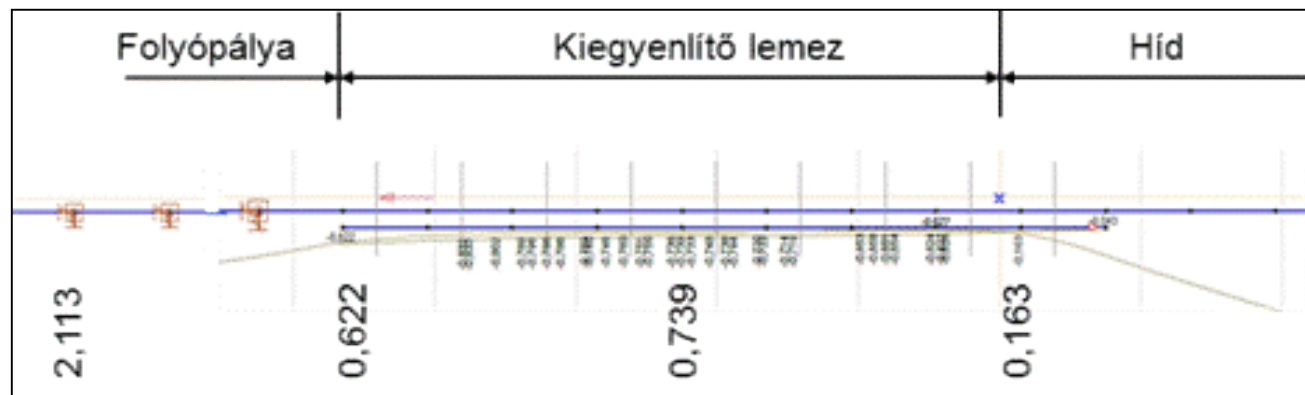
- fesztáv 40 m,
- a híd alsópályás, hídfás kialakítású,
- alépítmény alátámasztó hatása:  $C = 0,1$  ill.  $0,2 \text{ N/mm}^3$  ágyazási tényező,
- sínrendszer 60 E1,
- keresztaljak / hídfák távolsága 60 cm,
- sínek alátámasztási pontjain a rugóállandó  $30 \text{ kN/mm}$ ,
- vonatteher LM 71.

## 2. A CSATLAKOZÁSI HIBAJELENSÉG

*Sínlehlások, a lemez alatt 0,1 N/mm<sup>3</sup> ágyazási tényező*



*Sínlehlások, a lemez alatt 0,2 N/mm<sup>3</sup> ágyazási tényező*



# 3. A LEROMLÁS OKAI

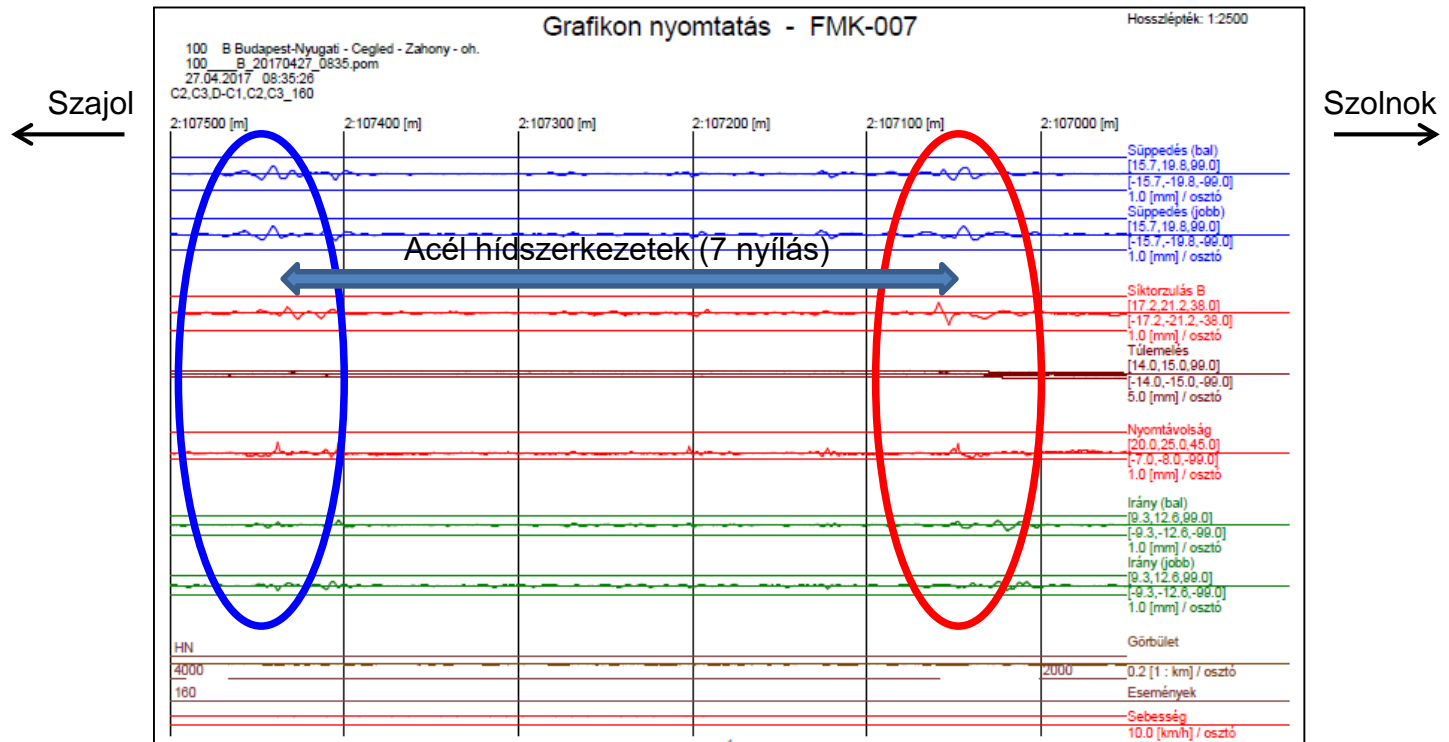
## 3.1. Elsődleges okok

A pálya átmeneti zónában történő leromlásának elsődleges okai:

- a geotechnikai körülmények (talajfajta, víztelenítés, teherbírás),
- a híd illetve a csatlakozó szakasz egyenlőtlen merevsége és csillapítási képessége,
- az indukált talajvíznyomás változások.

A vágánymerevség változása és a sínkoronaszint deformációk között egyértelmű a kapcsolat.

**FMK-004 mérési grafikon (2017.04.27.)**



## 3.2. Másodlagos okok

### Másodlagos okok:

- vonatterhelés,
- sebesség,
- forgalmi viszonyok,
- töltés magassága,
- hídfő típusa,
- a híd-folyóvágány csatlakozás kialakítása, amely befolyásolja az átmeneti zónában kialakuló süllyedéskülönbségek mértékét.

## 4. A MEGOLDÁS ÁLTALÁNOS ELVEI

A szakirodalomban különböző módszerek találhatók a változó merevségű átmenetek kialakítására. A meghatározó körülmények nagy száma miatt nincsen egyetlen, általánosan alkalmazható megoldás. Gyakorlatilag minden esetben egyedi adatok és mérlegelés alapján kell megtervezni az átmeneti szakaszt.

***Összetett probléma, amely komplex geotechnikai és pályaszerkezeti megoldást igényel, a hídszerkezeti sajátosságok figyelembevételével.***

A megoldás két lépésben történik:

1. Az átmeneti szakaszon az alépítmény feladatra megfelelő geotechnikai jellemzőinek biztosítása: kielégítő teherbírás és korlátozott mértékű süllyedés (altalaj töltéstest alatti konszolidációja + másodlagos konszolidáció forgalmi terhelés következtében, háttöltés alakváltozása a forgalmi terhelés következtében).
2. A felépítmény szerkezeti kialakítása.

# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

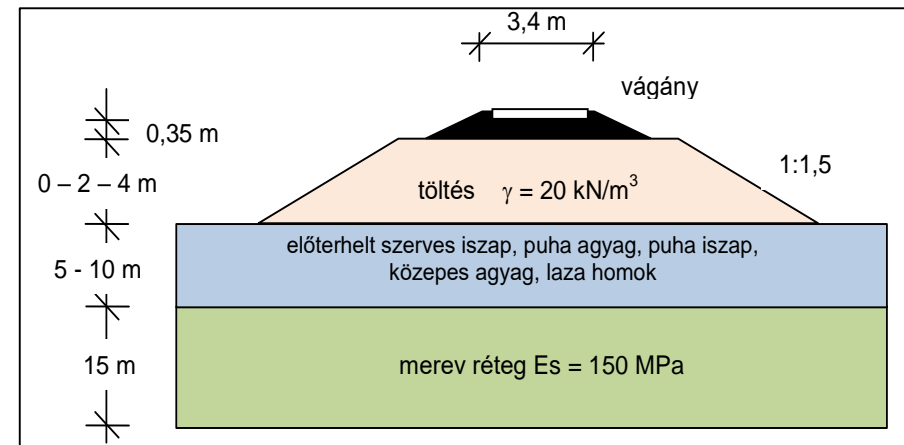
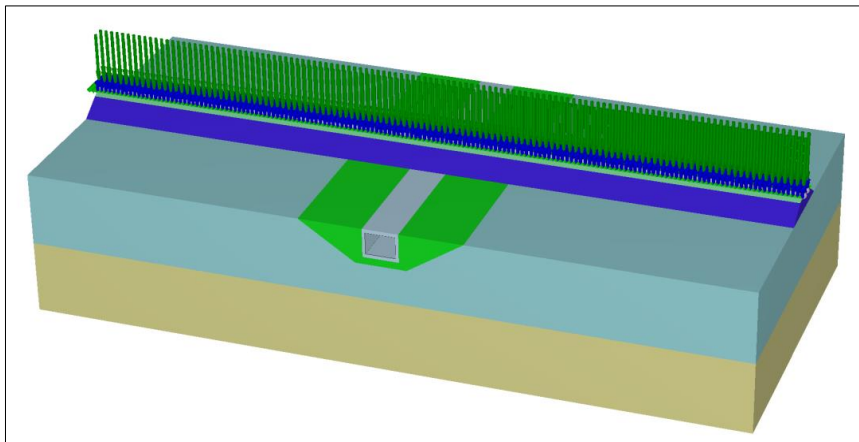
## 5.1. A számításokról

A számítások célja:

- a geotechnikai beavatkozás szükségességének megállapítása,
- a szükséges beavatkozás hosszának megállapítása.

*Plaxis 3D* modellel vizsgálhatók a valós viszonyok: az altalajt, az abba beépített szerkezetet és a töltést is háromdimenziós testként lehet bevinni a modellbe, s kölcsönhatásaikat a korszerű talajmodellek jól szimulálják.

### *Vasúti kisműtárgy és a csatlakozó szakaszok vizsgálata térbeli modellezéssel*



# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

A modellezések célja megválaszolni, hogy:

- az első dinamikus teher áthaladásakor bekövetkező süllyedés nagyságában milyen szerepe van a vonatteher nagyságának és sebességének,
- az altalaj típusa és a töltés magassága hogyan befolyásolja a vonatteher hatására kialakuló süllyedéseket,
- a többszöri vonatáthaladás hogyan hat a kialakuló süllyedések nagyságára,
- mekkora süllyedéskülönbség alakul ki két eltérő merevségű szerkezet (műtárgy-vasúti pálya) csatlakozása esetén,
- milyen hosszú átmeneti szakasz kialakítására van szükség?

Vizsgált altalajtípusok:

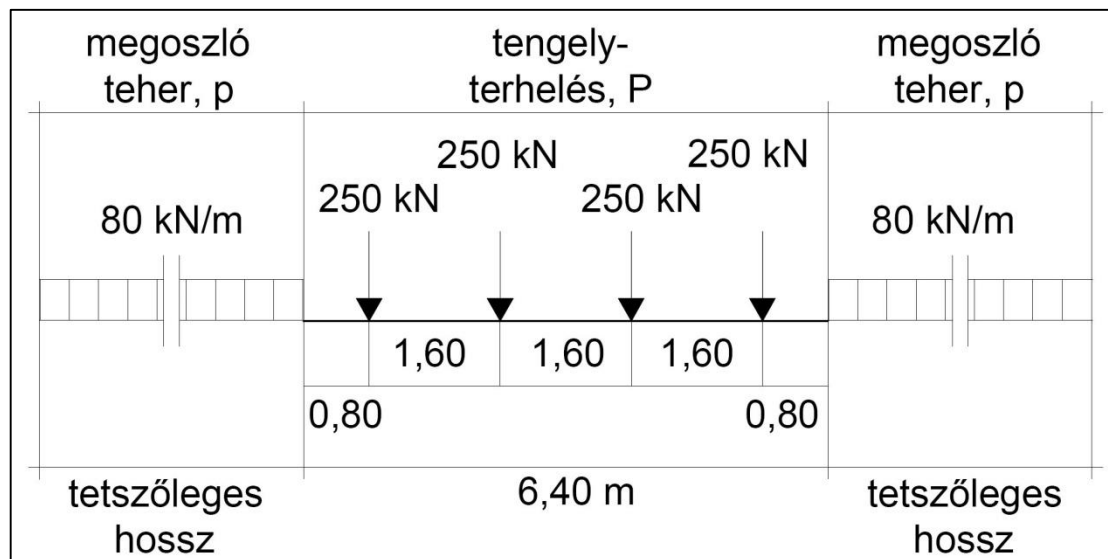
- előterhelt szerves iszap,
- puha iszap,
- puha agyag,
- közepes agyag,
- laza homok.



# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

Teher: LM 71 jelű,  $V = 80 \text{ km/h}$  illetve  $250 \text{ km/h}$ .

**Az LM71 jelű vasúti járműteher**



96 m hosszú modell, a vizsgált építési-terhelési-számítási fázisok:

- töltés építés 0,0 – 2,0 – 4,0 – 6,0 m vastagságban – statikus számítás,
- 35 cm hatékony vastagságú zúzottkő ágyazat építése – statikus számítás,
- vágány építése (B70 keresztaljak 60 cm-enként, 60E1 r. sínszalak) – statikus számítás,
- vonatteher – dinamikus számítás.

# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

## *Modellezett esetek*

Eset	Altalaj				
	puha iszap	puha agyag	előterhelt iszap	közepes agyag	homok
<b>Műtárgy nélkül 5 m vastag altalaj</b>	0 – 2 – 4 - 6 m töltés	0 – 2 – 4 - 6 m töltés	0 – 2 – 4 - 6 m töltés	0 – 2 – 4 - 6 m töltés	0 – 2 – 4 - 6 m töltés
<b>Műtárgy nélkül 10 m vastag altalaj</b>	0 – 2 – 4 - 6 m töltés	0 – 2 – 4 - 6 m töltés	0 – 2 – 4 - 6 m töltés		0 – 2 – 4 - 6 m töltés
<b>1x1 m-es vb. keret, 5 m vastag altalaj</b>		0 – 2 m töltés	0 – 2 m töltés		0 – 2 m töltés
<b>2x2 m-es vb. keret, 5 m vastag altalaj</b>	0 – 2 m töltés	0 – 2 m töltés	0 – 2 m töltés	0 – 2 m töltés	0 – 2 m töltés
<b>2x2 m-es vb. keret, 10 m vastag altalaj</b>	0 – 2 m töltés	0 – 2 m töltés	0 – 2 m töltés		0 – 2 m töltés
<b>3x4 m-es vb. keret, 5 m vastag altalaj</b>		0 – 2 m töltés	0 – 2 m töltés		0 – 2 m töltés

# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

## 5.2. Eredmények műtárgy nélküli folyópálya esetére

A modellezéskor a következő építési-terhelési-számítási fázisokat vizsgáltuk:

- töltés építés (0,0 – 2,0 – 4,0 m vastagságban)
- 35 cm hatékony vastagságú zúzottkő ágyazat építése
- B70 keresztaljak beépítése 60 cm-enként
- 60E1 r. sínek beépítése
- vonatteher (80 km/h illetve 250 km/h).

Összesen 36 modell számítási eredményeinek elemzése alapján az utolsó építési fázist (sínek beépítése) követően a várható süllyedés értéke m-ben:

$$s_{sín} = \frac{-29,2 \cdot t}{E_s} \cdot h_0$$

ahol

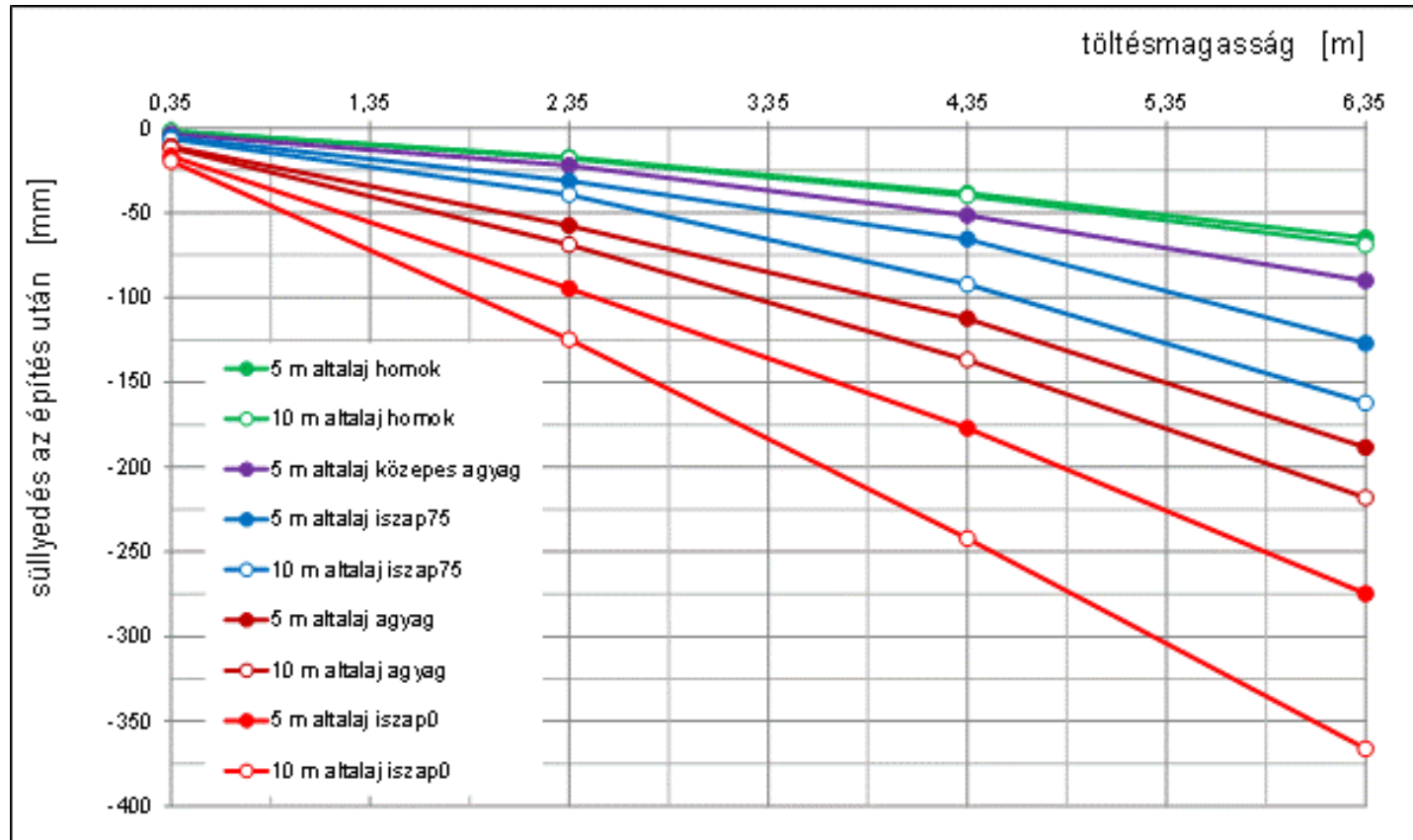
t – a töltéstest magassága (m),

$E_s$  – az altalaj összenyomódási modulusa (kN/m<sup>2</sup>),

$h_0$  – az összenyomódó réteg vastagsága (m).

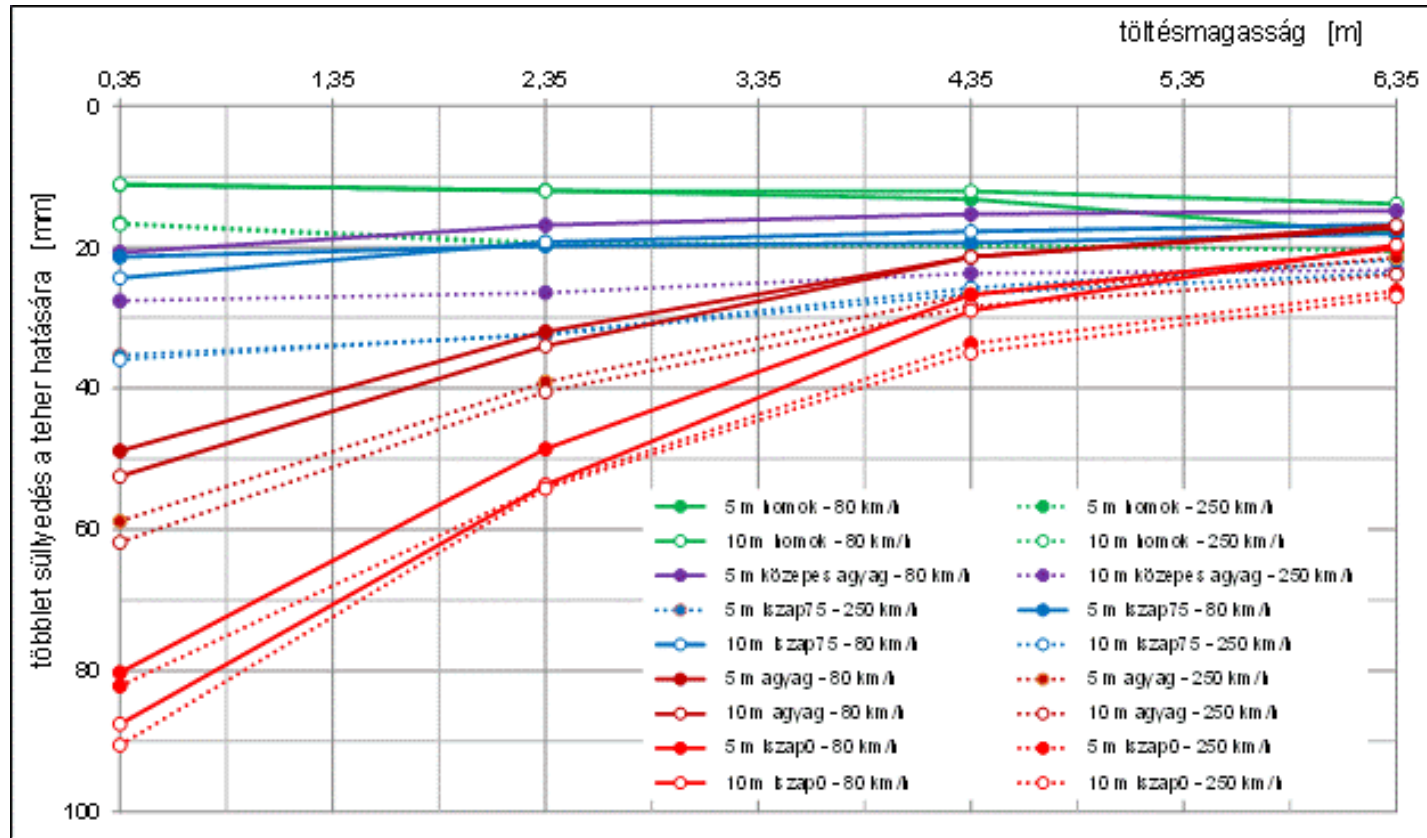
# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

*Az építés után várható süllyedés a töltés önsúlyából*



# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

## Az első teheráthaladáskor bekövetkező többletsüllyedés

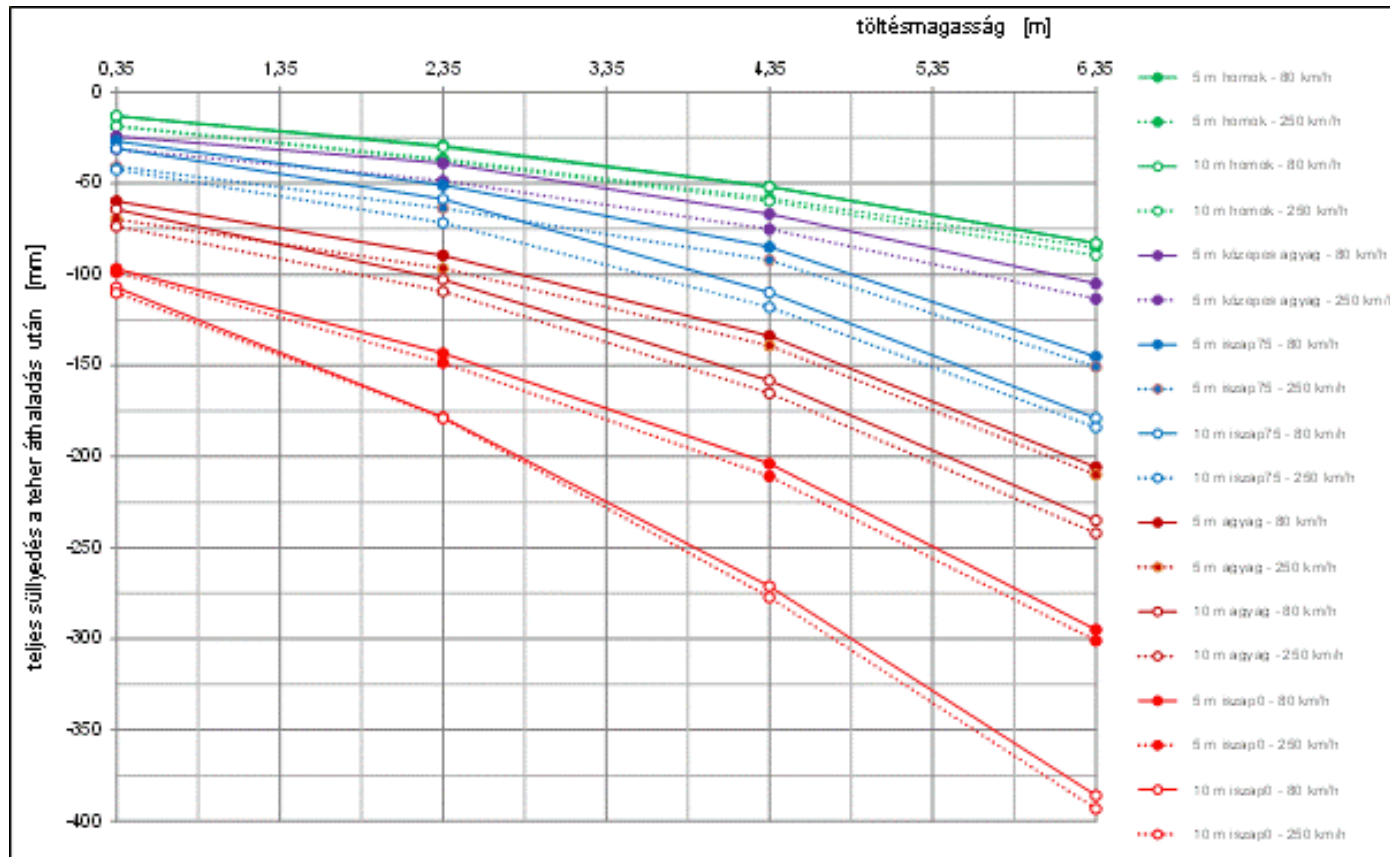


A járműteher hatására bekövetkező többletsüllyedés kb. 15-25 mm-en állandósul, és 6 m töltésmagasság az, aminél már az altalaj tulajdonságának csekély szerepe van.

Nagyobb járműsebesség nagyobb többletsüllyedést okoz, de a sebesség szerepe nem erőteljes.

# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

**Az első teherátaladáskor bekövetkező teljes süllyedés**



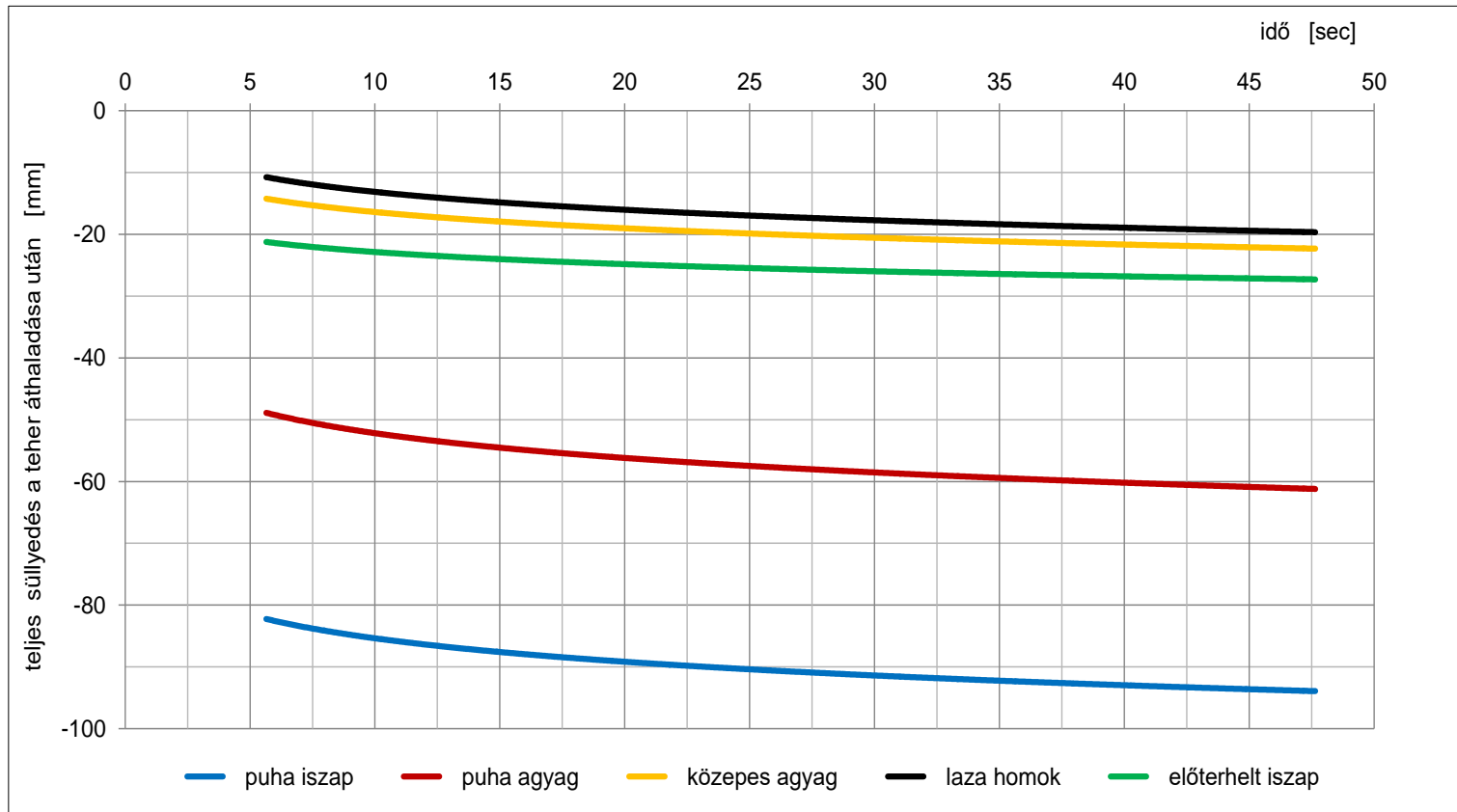
$$s_{teljes} = s_{sín} \cdot (\ln(V) - 2,62) \cdot t^{-0,002 \cdot V}$$

ahol V = sebesség (km/h); t = töltéstart magassága (m).

A végeredmény m-ben adódik.

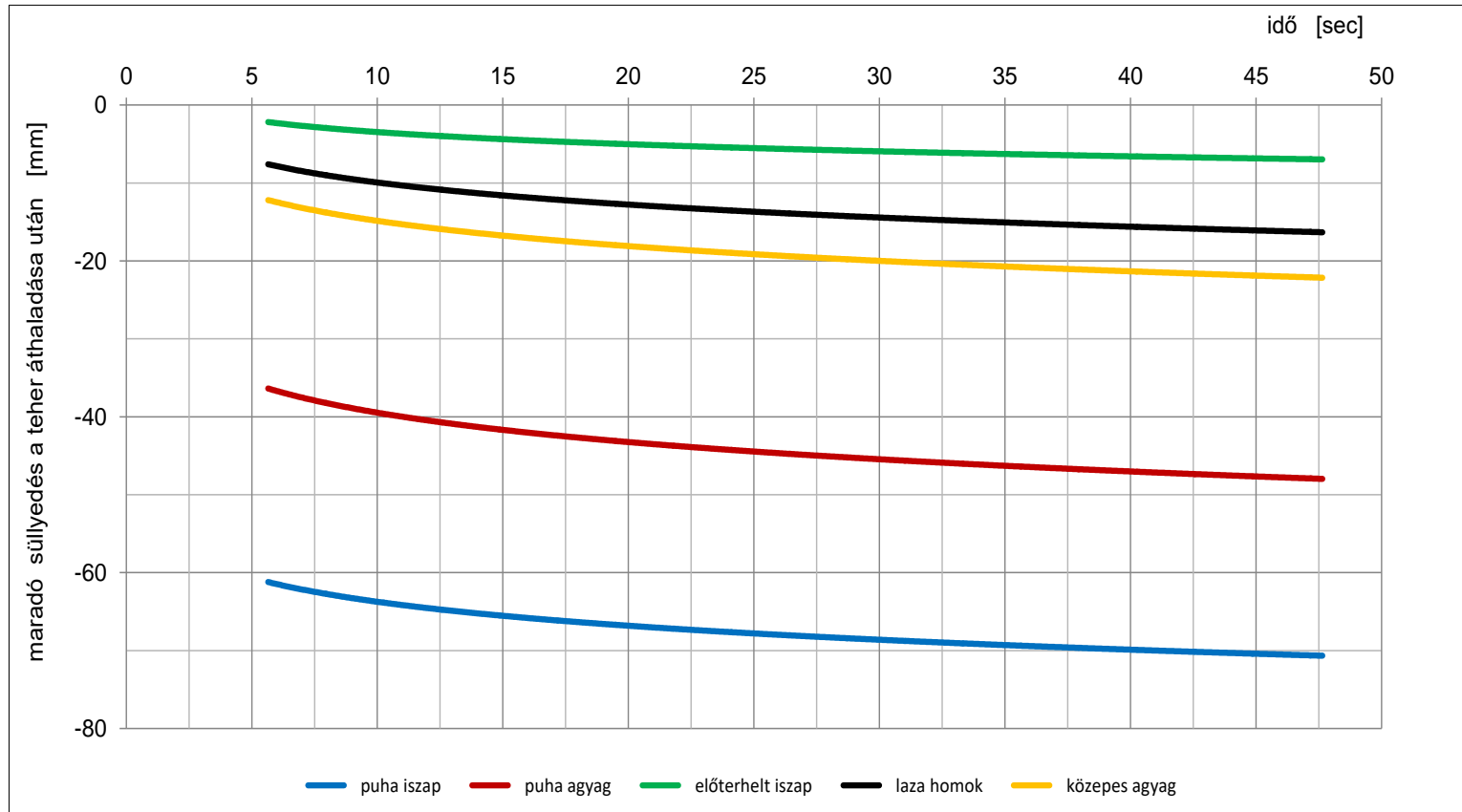
# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

*Idő – teljes süllyedés kapcsolat a vonatteher hétszeri áthaladásaikor*



# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

*Idő - maradó süllyedés kapcsolat a vonatteher hétszeri áthaladásakor*

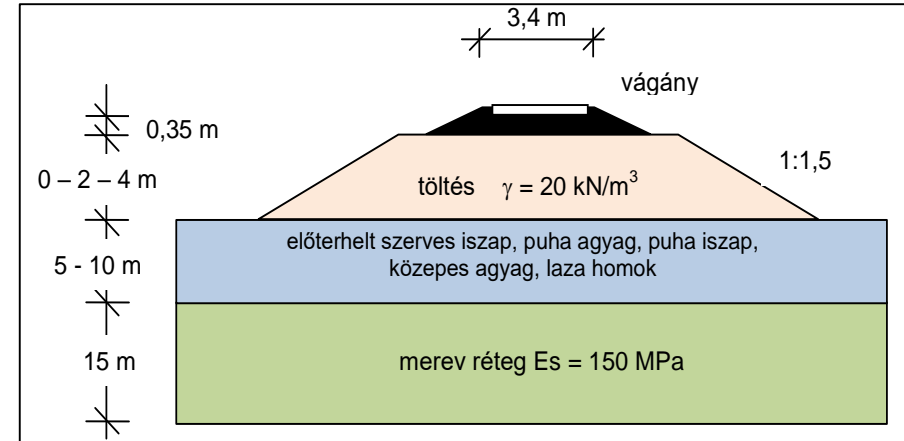
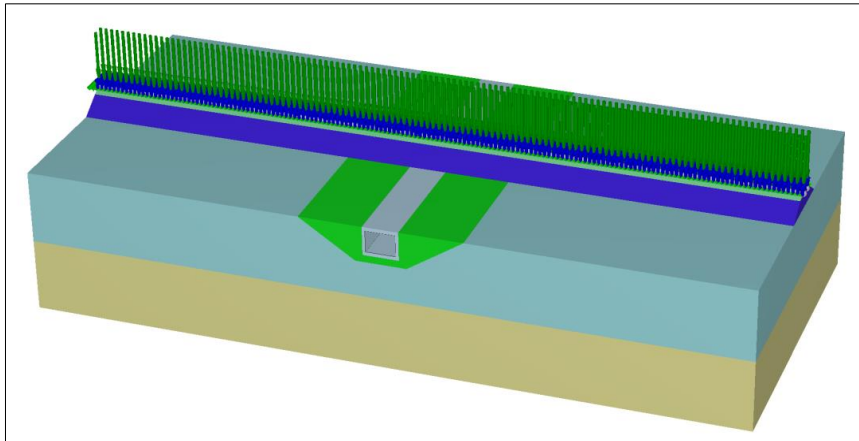




# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

## 5.3. Eredmények kisműtárgyak eseteire

### 5.3.1. Vasúti kisműtárgyak és a csatlakozó szakaszok modellezése



96 m hosszú modell, a vizsgált építési-terhelési-számítási fázisok:

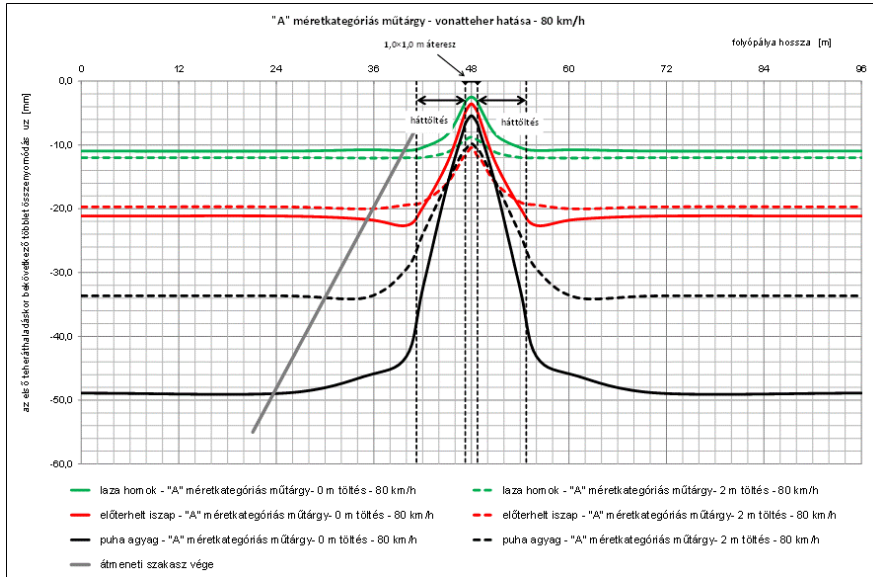
- töltés építés 0,0 – 2,0 – 4,0 – 6,0 m vastagságban – statikus számítás,
- 35 cm hatékony vastagságú zúzottkő ágyazat építése – statikus számítás,
- vágány építése (B70 keresztaljak 60 cm-enként, 60E1 r. sínszalak) – statikus számítás,
- LM 71 jelű vonatteher (4x250 kN/1,6 m) – dinamikus számítás,  $V = 80 \text{ km/h}$  illetve 250 km/h.

# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

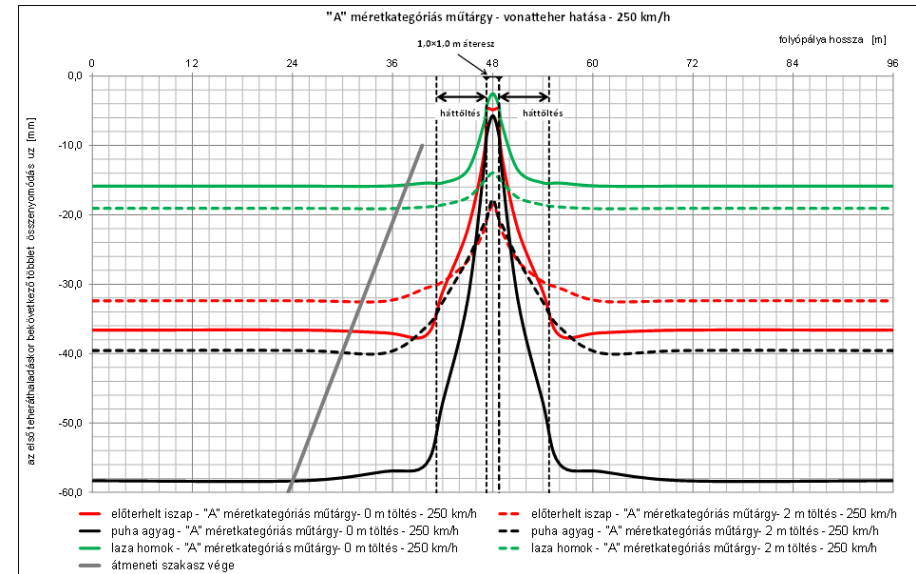
## 5.3.2. Eredmények 1x1 m-es műtárgy esetére

### 5 m vastag összenyomódó altalaj esetén

V = 80 km/h vonatsebesség



V = 250 km/h vonatsebesség

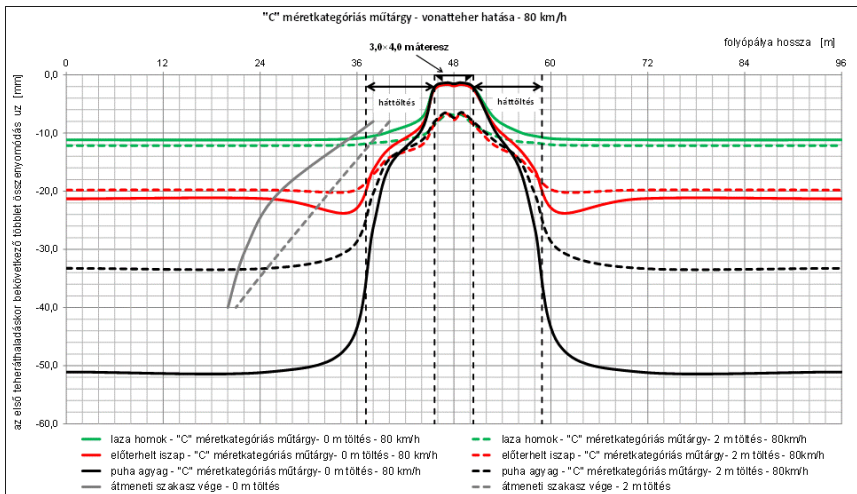


# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

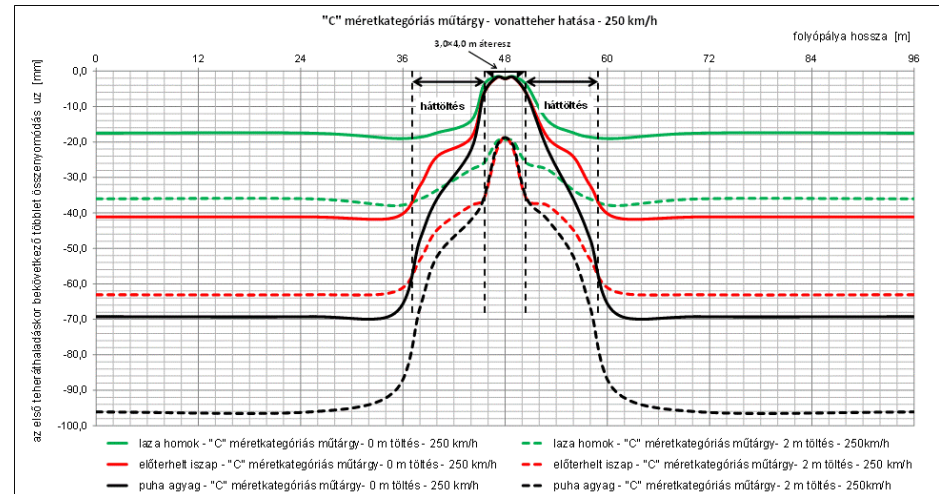
## 5.3.3. Eredmények 3x4 m-es műtárgy esetére

### 5 m vastag összenyomódó altalaj esetén

**V = 80 km/h vonatsebesség**



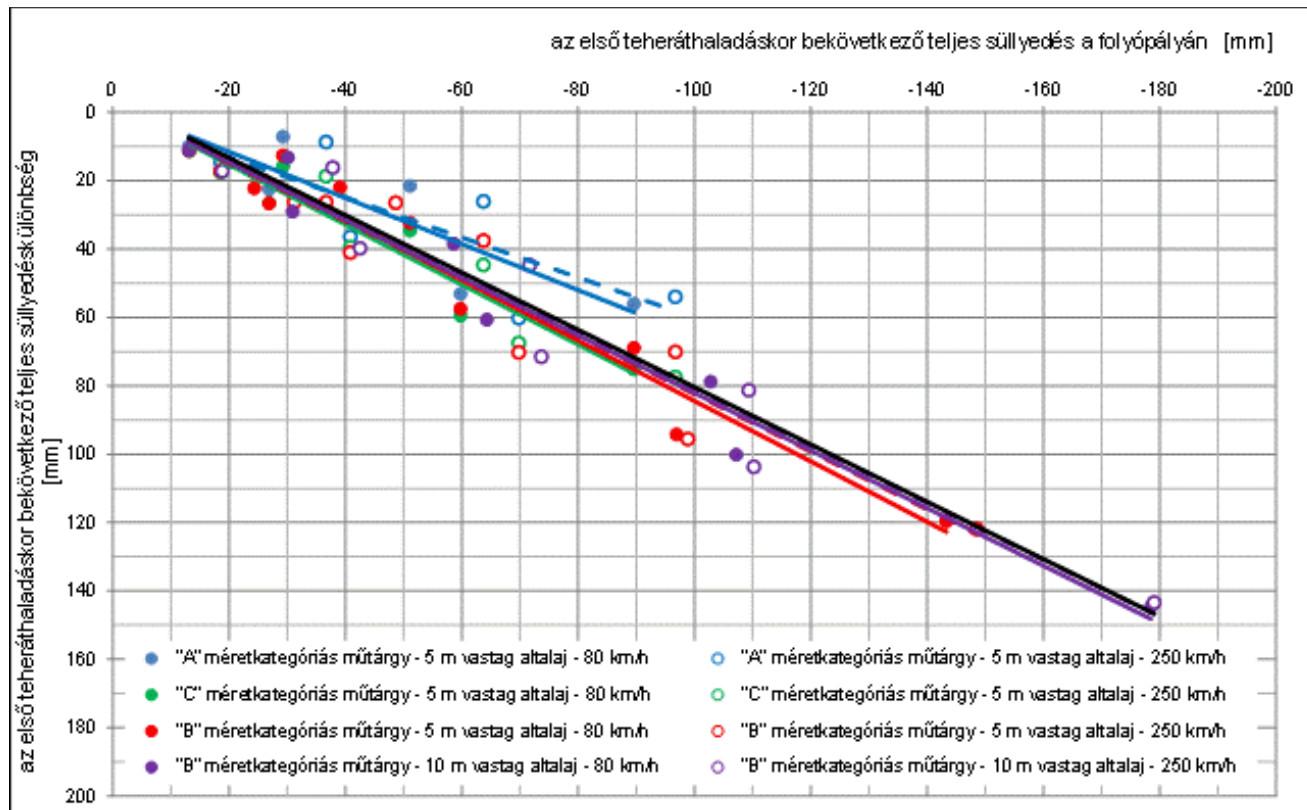
**V = 250 km/h vonatsebesség**



# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

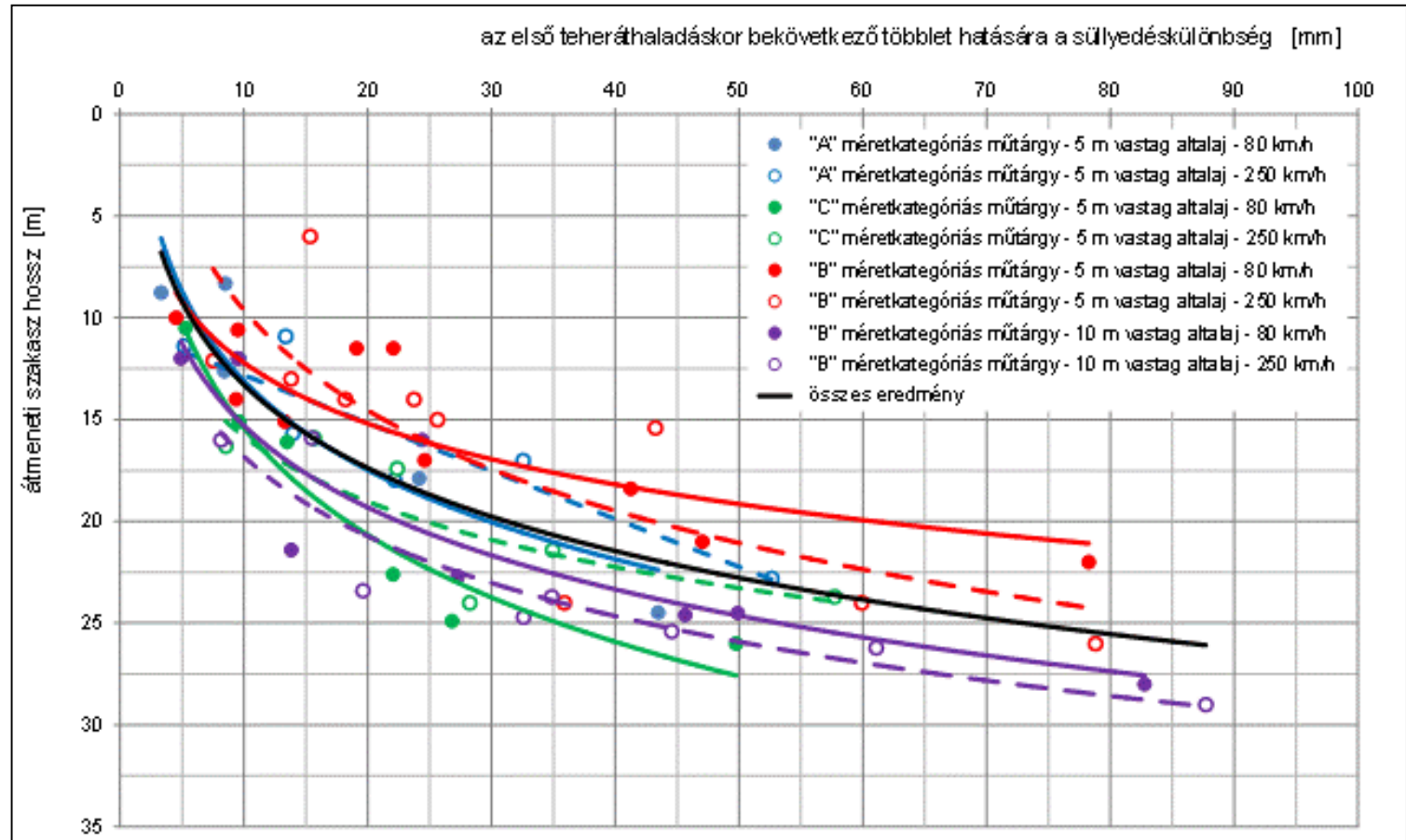
## 5.3.4. Összefoglaló eredmények kisműtárgyak eseteire

***Az első teherátaladás során a szakaszok között bekövetkező maximális süllyedéskülönbség az első teherátaladáskor bekövetkező teljes süllyedés függvényében***



# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

## Az átmeneti szakasz hossza

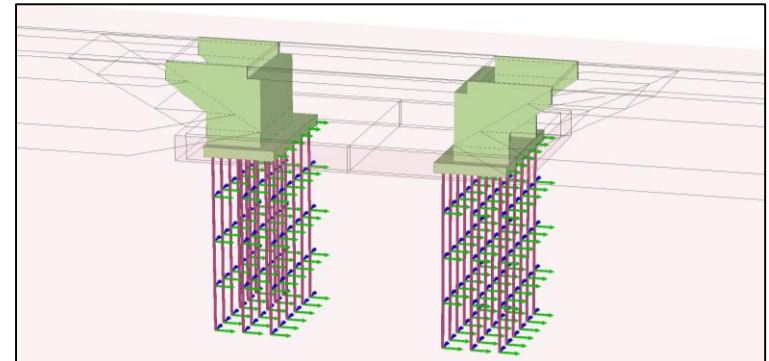
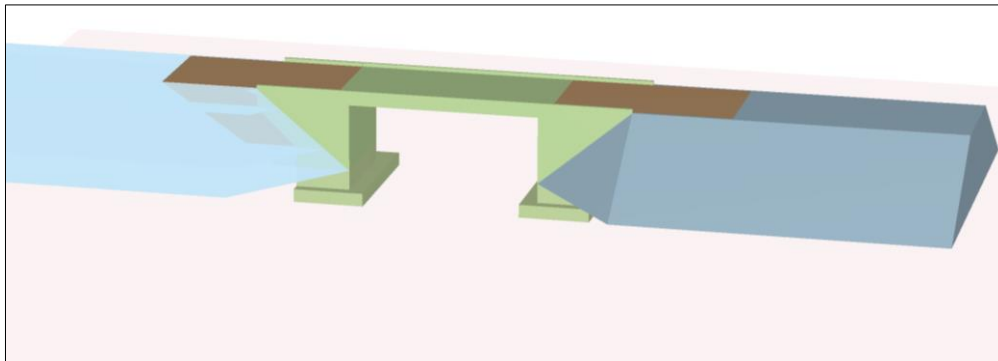


# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

## 5.4. Egy „átlagos” vasúti híd komplex modellezése

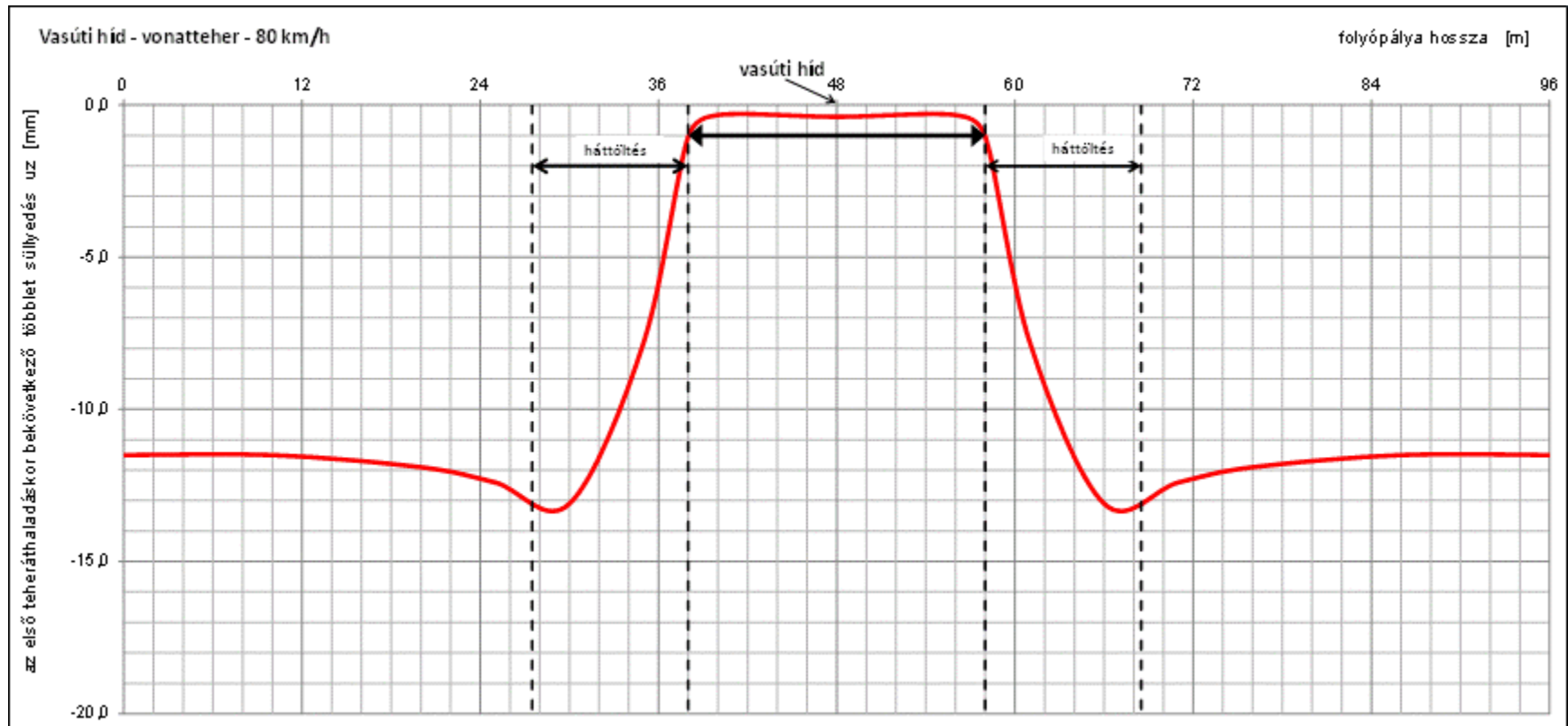
A modell legfontosabb paramétereit:

- altalaj – puha agyag
- altalaj vastagsága – 25 m
- töltés magasság – 7,2 m
- töltés anyaga – jó minőségű szemcsés anyag
- háttöltés – jó minőségű szemcsés anyag, a felmenőfal mögötti 10 m hosszú zónában épült, 1:1,5 rézsúhajlással
- hídszerkezet szabad nyílása – 18 m
- hídfők alapozása – 18 db CFA cölöp
- hídfők, szárnyfalak – betonból készülnek
- felszerkezet típusa – tartóbetétes felszerkezet
- vasúti jármű sebessége – 80 km/h.



# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

## Vasúti híd modell eredménye, 80 km/h vonat sebesség



A modellezési eredmények alapján megállapítható, hogy a hidak csatlakozó szakaszainak viselkedése nem tér el a kisműtárgyak csatlakozó szakaszainak viselkedésétől, így hidak esetében nem kell az átmeneti hosszakon változtatni.

# 5. GEOTECHNIKAI SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK

*A geotechnikailag szükséges átmeneti szakasz hossza kisműtárgyak esetén*

<b><i>Többletsüllyedés az első teheráthaladáskor [mm]</i></b>	<b><i>Átmeneti szakasz hossza [m]</i></b>
<i>~ 10 mm</i>	14
<i>~ 20 mm</i>	22
<i>~ 30 mm</i>	26
<i>~ 40 mm</i>	29
<i>~ 50 mm</i>	31
<i>~ 60 mm</i>	33
<i>~ 70 mm</i>	34
<i>~ 80 mm</i>	35
<i>~ 90 mm</i>	36
<i>~ 100 mm</i>	37
<i>~ 120 mm</i>	38
<i>~ 140 mm</i>	40
<i>~ 160 mm</i>	41



# 6. A MÁV ZRT. H.1.6. UTASÍTÁSÁNAK ELŐÍRÁSAI

## H.1. Vasúti Hídszabályzat. H.1.6. utasítás. vasúti hidak és egyéb műtárgyak geotechnikai tervezése. 9.1.4. Az átmeneti szakaszok kialakítása

Általános követelmények:

- A sínkorona egyenletes szintjét a szokásos pályakarbantartási munkákkal biztosítani lehessen, teknőszerű süppedések ne alakuljanak ki,
- az átmeneti szakaszon a dinamikus vonatteher számára egyenletes és kellő hosszúságú merevségváltozást biztosítson az alátámasztás.

### 6.1. Az átmeneti szakasz $L_g$ geotechnikailag ajánlott hosszának megállapítása

Lépések:

1. Meg kell állapítani a hídfő és a csatlakozó pálya alépítménykorona tetejének süllyedését az önsúlyok és a vonatterhek figyelembevételével.
2. Vizsgálni kell a süllyedések időbeli alakulását, meghatározni az üzembeadáskor várható hídfő – csatlakozó pálya  $\Delta s$  süllyedéskülönbséget.
3. Amennyiben  $\Delta s > 20$  mm, geotechnikai beavatkozások szükségesek.

#### *Az átmeneti szakasz $L_g$ geotechnikailag ajánlott hossza*

$\Delta s_{max}$ [mm]	10	20	30	40	50	60	70
$L_g$ [m]	14	22	26	29	31	33	34
$\Delta s_{max}$ [mm]	80	90	100	120	140	160	
$L_g$ [m]	35	36	37	38	40	41	

# 6. A MÁV ZRT. H.1.6. UTASÍTÁSÁNAK ELŐÍRÁSAI

## 6.2. Az átmeneti szakasz $L_f$ felépítményi (utaskényelmi) okból ajánlott hosszának megállapítása

Meg kell állapítani a geotechnikai beavatkozásokkal a teljes süllyedéskülönbségek szempontjából már elfogadhatóra alakított átmeneti szakaszra a dinamikus vonatteher által okozott rugalmas süllyedéseket minden olyan részszakaszra, ahol az alátámasztás szempontjából változás van.

Alépitmény jellemzése  $C$  [MN/mm<sup>3</sup>] ágyazási tényezővel, elasztomerek jellemzése rugóállandókkal, sín jellemzése függőleges síkú hajlítási merevségével.

A két pályaszerkezet vasúti teher okozta rugalmas sínlehajlási értékének a különbségére megadott határérték alapján eldönthető az átmeneti szakasz szükségessége.

A járműteher alatti sínsüllyedés különbségek javasolt határértékei a pályasebesség függvényében:

$$V \leq 120 \text{ km/h} \dots \Delta s_{\text{eng}} = 0,8 \text{ mm},$$

$$120 \text{ km/h} < V \leq 160 \text{ km/h} \dots \Delta s_{\text{eng}} = 0,6 \text{ mm},$$

$$160 \text{ km/h} < V \leq 200 \text{ km/h} \dots \Delta s_{\text{eng}} = 0,4 \text{ mm}.$$

Az átmeneti szakasz szerkezeti kialakítása olyan legyen, hogy azon

- a sínlehajlás értéke folyamatosan változzon, vagy
- lépcsőzetes legyen a változás, de az egyes sínlehajlás-különbségek a  $\Delta s_{\text{eng}}$  határértéket nem léphetik át.

## 6. A MÁV ZRT. H.1.6. UTASÍTÁSÁNAK ELŐÍRÁSAI

*Az átmeneti szakasz  $L_f$  felépítményi okból ajánlott hossza*

<b>Sebesség [km/h]</b>	<b>≤80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>200</b>
<b><math>L_f</math> [m]</b>	12	15	19	23	28	34	41

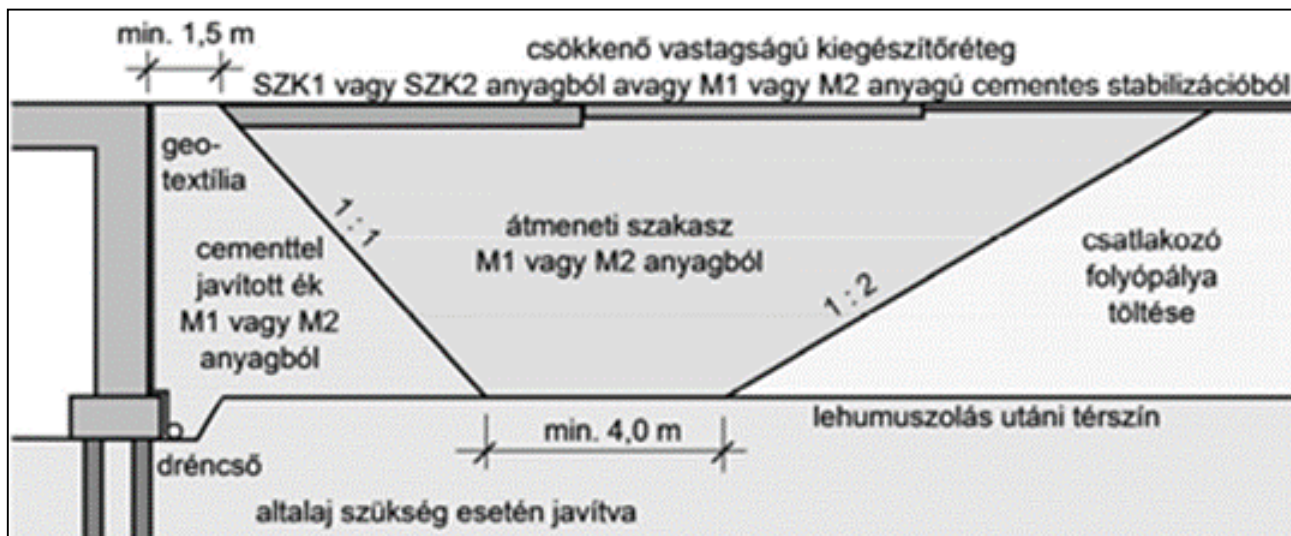
*A geotechnikailag és a felépítményi okból szükséges számított hosszakat össze kell hangolni.*

# 6. A MÁV ZRT. H.1.6. UTASÍTÁSÁNAK ELŐÍRÁSAI

## 6.3. Kialakítási szabályok (MÁV H.1.6. utasítás)

Háttöltésben és átmeneti szakasz földművében a tömörségi fok legalább  $T_{rp} = 96\%$  legyen.

Magas hídfő és / vagy gyengébb minőségű anyagok esetén javított ék építése (2-4% cementadagolás,  $E_2 = 300-500$  MPa), az alábbi ábra szerint..



## 6. A MÁV ZRT. H.1.6. UTASÍTÁSÁNAK ELŐÍRÁSAI

Az átmeneti szakasz földművére kerülő kiegészítő réteg

- SZK1 vagy SZK2 anyag,  $T_{rp} = 98\%$ ,  $E_{2,1} = 200$  MPa,  $E_{2,2} = 300$  MPa,
- M1 vagy M2 anyag cementes stabilizációja,  $T_{rp} = 100\%$ ,  $E_{2,cst} = 300$  MPa,
- CKT egyedi tervezéssel.

A kiegészítő réteg tetején, közvetlenül a hídfő mögötti szakaszon megkövetelt minimális teherbírás:

- $80 < V \leq 120$  km/h esetén  $E_2 = 80$  MPa,
- $120 < V \leq 160$  km/h esetén  $E_2 = 100$  MPa,
- $160 < V \leq 200$  km/h esetén  $E_2 = 120$  MPa.

A kiegészítő réteg vastagságát a háttöltés felszínére előírt (mért)  $E_2$  teherbírás alapján kell meghatározni és a hídfő hátlapjától folytonosan vagy lépcsőzetesen változtatni.

# 7. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## 7.1. Meghatározó körülmények

Meghatározóan fontos körülmény a feladat jellege:

- a beavatkozás jellegzetes hibát akar-e felszámolni, vagy
- általános felújítási tevékenységről van szó, illetve
- sebesség és tengelyteher emeléssel járó korszerűsítés történik-e.

Egyéb meghatározó körülmények:

- A földmű és a hídszerkezet találkozásánál:
  - ✓ új földmű és / vagy hídszerkezet építéséről van-e szó, ahol az elsődleges és a másodlagos konszolidációval számolni kell,
  - ✓ a földmű és a hídszerkezet egyikénél konszolidáció már nem várható,
  - ✓ sem a földműnél, sem a hídszerkezetnél konszolidáció már nem várható.
- A vasúti felépítmény kialakításában alapvető változás áll be:
  - ✓ zúzottkő ágyazatú folyópálya és ágyazat nélküli kialakítású hídszerkezet csatlakozásáról van szó,
  - ✓ a töltésben kistakarású műtárgy (pl. kerethíd) található.

# 7. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## 7.2. Geotechnikai beavatkozási lehetőségek

Geotechnikai beavatkozások új építésnél:

- az altalaj töltésépítés okozta konszolidációjának kivárása,
- töltésanyag helyes megválasztása,
- a kiegészítő réteg helyes megválasztása,
- altalaj javítása (az összenyomódás mértékének és a konszolidációs időnek csökkentése)
  - ✓ kavicscölöpök / vibrált kőoszlopok,
  - ✓ döngölt kötömszök,
  - ✓ mélykeveréssel vagy talajkiszorításos cölöpözéssel előállított talajbetonoszlopok,
  - ✓ cementes / meszes tömegstabilizálás,
  - ✓ talajcsere,
  - ✓ függőleges drénezés,
- úszólemez beépítése. (DB előírás: csak kivételes esetben, ha a fix hídalátámasztásnak nagy vízszintes erőket kell felvennie, mert ekkor az úszólemez síkján ébredő súrlódás révén többletellenállás fejthető ki.)

Ezeket az eszközöket általában célszerű / szükséges kombináltan alkalmazni. Kezelhetetlen szinhibák nem alakulhatnak ki, illetve az átadás utáni első három évben legfeljebb háromszor lehet szükség 10-10 mm magassági korrekciót biztosító beavatkozásra.

## 7. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

Rehabilitációs munkák keretében a geotechnikai beavatkozások elsőrendű célja a leromlott állapotú földmű geometriai és teherbírasi megfelelőségének helyreállítása, feljavítása, valamint meg kell akadályozni a további deformációkat, leromlásokat. Ehhez szükség lehet a következőkre:

- a kedvezőtlen altalaj (puha, szerves agyagok) utólagos erősítése (pl. töltésalapozás függőleges vagy ferde oszlopok készítésével),
- a kedvezőtlen töltésanyagok tömeges jellegű, kötőanyagok javítása,
- a töltések felső zónájának kicserélése, stabilizálása, erősítő geoműanyagok beépítése,
- felszíni vízelvezetés javítása,
- szivárgók készítése, töltés- és bevágási rézsűk drénezése,
- műtárgyak talajkörnyezetének egyedi jellegű, kötőanyagok feljavítása.



# 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRETEZÉSE

## 8.1. A durvaszemcsés kiegészítő rétegszerkezet számítása

A vasúti pályaszerkezeti rétegek felületén értelmezhető ágyazási tényező meghatározása a pályaszerkezet tervezésének alapját képezi. Holland mérnöki gyakorlatban előforduló rétegszerkezet tervezési módszer adaptációjával végezhető el a tervezés.

*Az ágyazási tényező számítása a réteg tetején*

$$C = 2,7145 \cdot 10^{-4} \cdot (C_1 + C_2 \cdot e^{C_3} + C_4 \cdot e^{C_5})$$

$$C_1 = 30 + 3360 \cdot C_0$$

$$C_2 = 0,3778 \cdot (h_f - 43,2)$$

$$C_3 = 0,5654 \cdot \ln(C_0) + 0,4139 \cdot \ln(E_f)$$

$$C_4 = -283$$

$$C_5 = 0,5654 \cdot \ln(C_0)$$

$C_0$ : a kiindulási ágyazási tényező [N/mm<sup>3</sup>],

$h_f$ : a kiegészítő réteg vastagsága [mm],

$E_f$ : a kiegészítő réteg dinamikus rugalmassági modulusa [N/mm<sup>2</sup>],

$C$ : a kiegészítő réteg tetején értelmezett ágyazási tényező [N/mm<sup>3</sup>].

## 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRETEZÉSE

A módszer alkalmazásának peremfeltételei:

- a javítóréteg minimális vastagsága 0,20 méter (szemcsés anyag esetén),
- a javítóréteg dinamikus rugalmassági modulusa nagyobb, mint az alatta fekvő rétegé,
- $\log(C) \leq 0,73688 \cdot \log(E_f)$ ,
- $K \leq 0,16$  [N/mm<sup>3</sup>] – általaj minősége.

Többrétegű rendszer vizsgálata esetén a módszer ismételt alkalmazása szükséges rétegenként, ahol a  $C_0$  kezdeti ágyazási tényező értéke megegyezik az előző réteg tetején kalkulált  $C$  ágyazási tényező értékével.

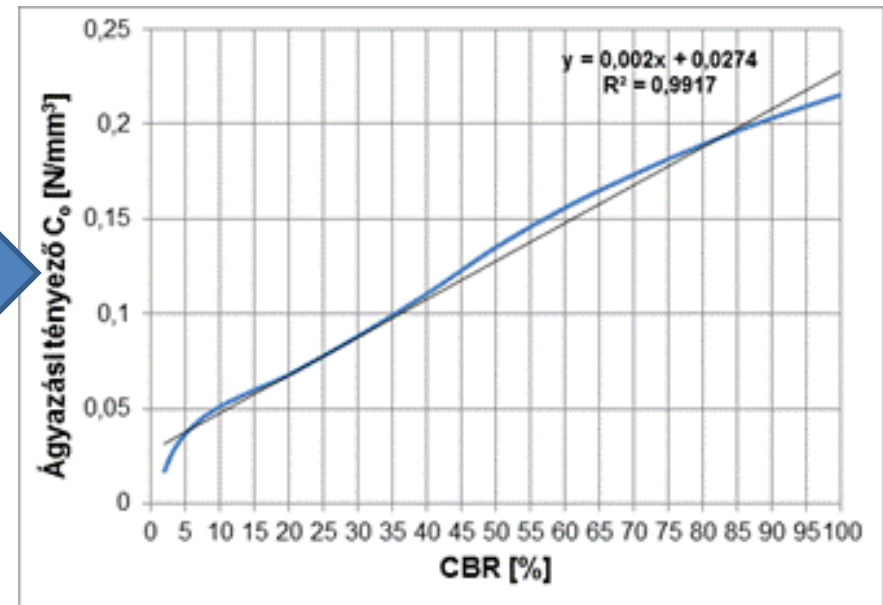
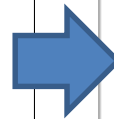
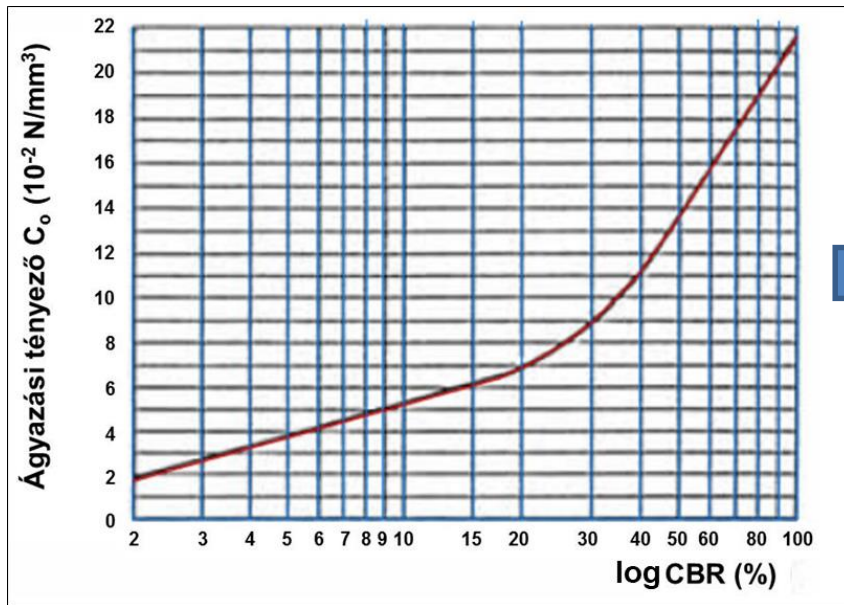
# 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRETEZÉSE

## Számítási összefüggések

A holland anyag alapján a dinamikus rugalmassági modulus és a CBR érték között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$CBR[\%] = \frac{E_0}{10}$$

A CBR [%] érték alapján a  $C_0$  kiindulási ágyazási tényező az alábbi grafikon alapján határozható meg:

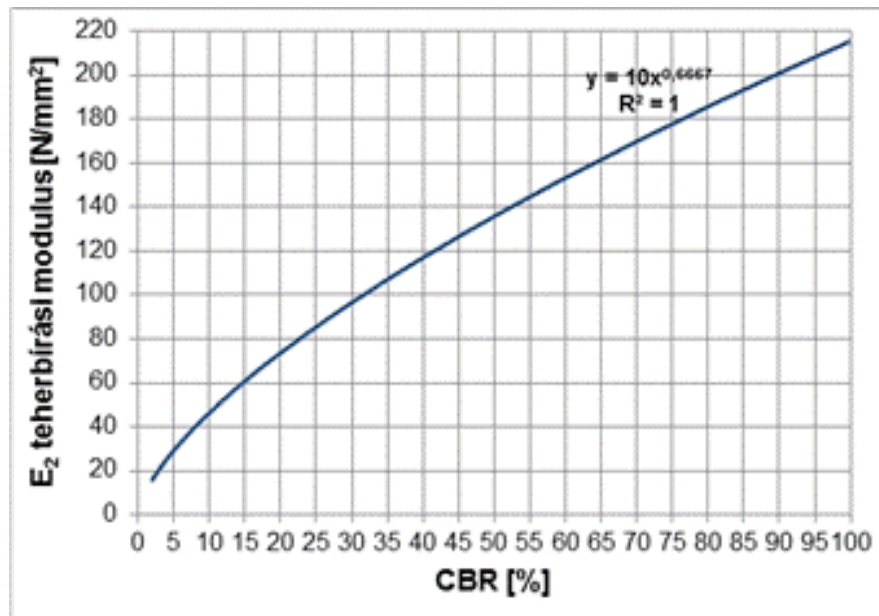


$$C_0 = 0,002 \cdot CBR_{\%} + 0,0274$$

## 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRETEZÉSE

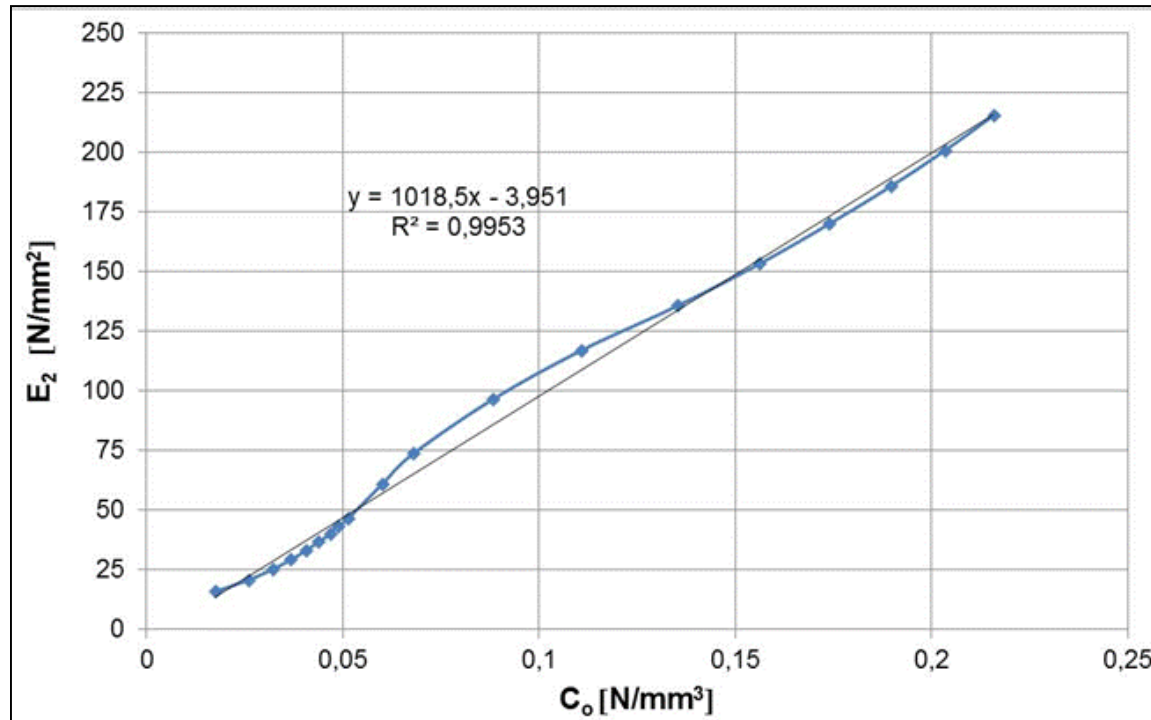
Az MSZ 2509-2:1989 szabvány alapján a CBR [%] és az  $E_2$  [N/mm<sup>2</sup>] teherbírási modulus érték között jó korrelációval rendelkező összefüggés adható meg:

$$E_2 = 10 \cdot \text{CBR}^{2/3}.$$



## 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRETEZÉSE

**Összefüggés a teherbírasi modulus és az ágyazási tényező között  
a korábbiak alapján**



A megállapított függvény:

$$C_o = 0,001 \cdot E_2 + 0,0043,$$

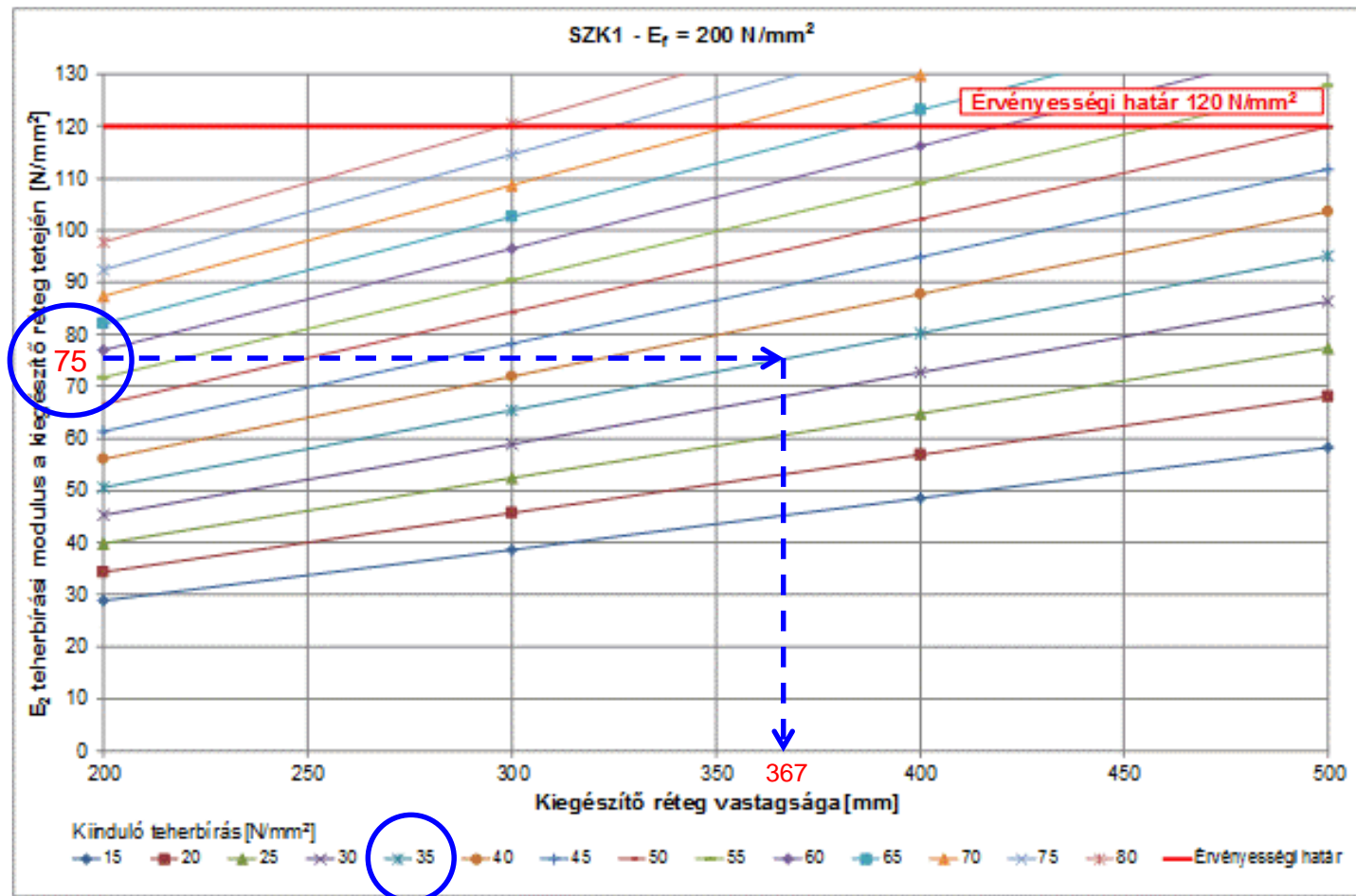
tehát a gyakorlati számítások részére jól használható és egyszerű kifejezés adódott:

$$C_o = 0,001 \cdot E_2.$$

# 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRETEZÉSE

## Méretezési görbe SZK1 anyagra

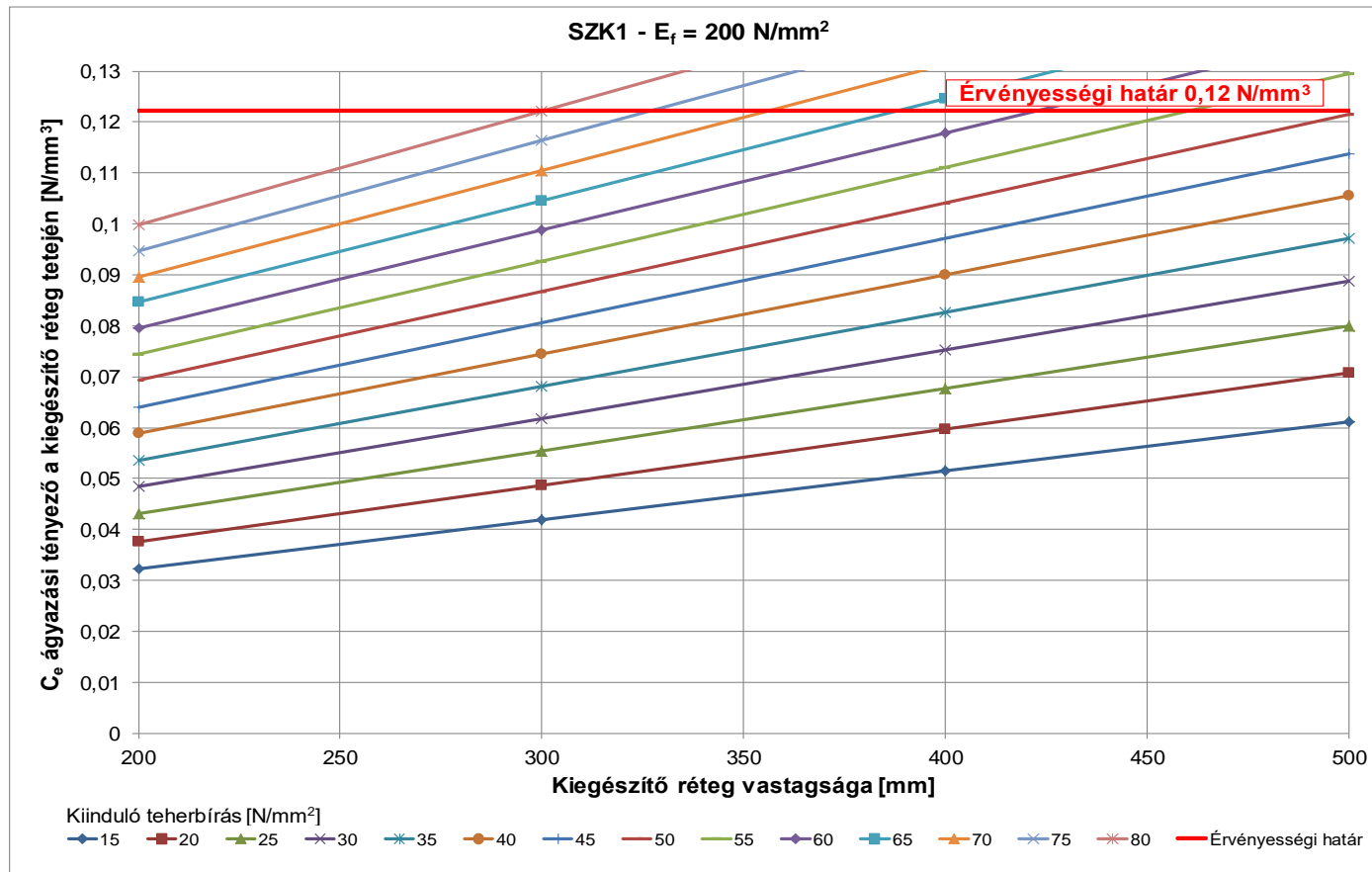
kiinduló  $E_2 \rightarrow$  rétegvastagság  $\rightarrow E_2$  érték a kiegészítő réteg tetején



# 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRETEZÉSE

**Méretezési görbe SZK1 anyagra:**

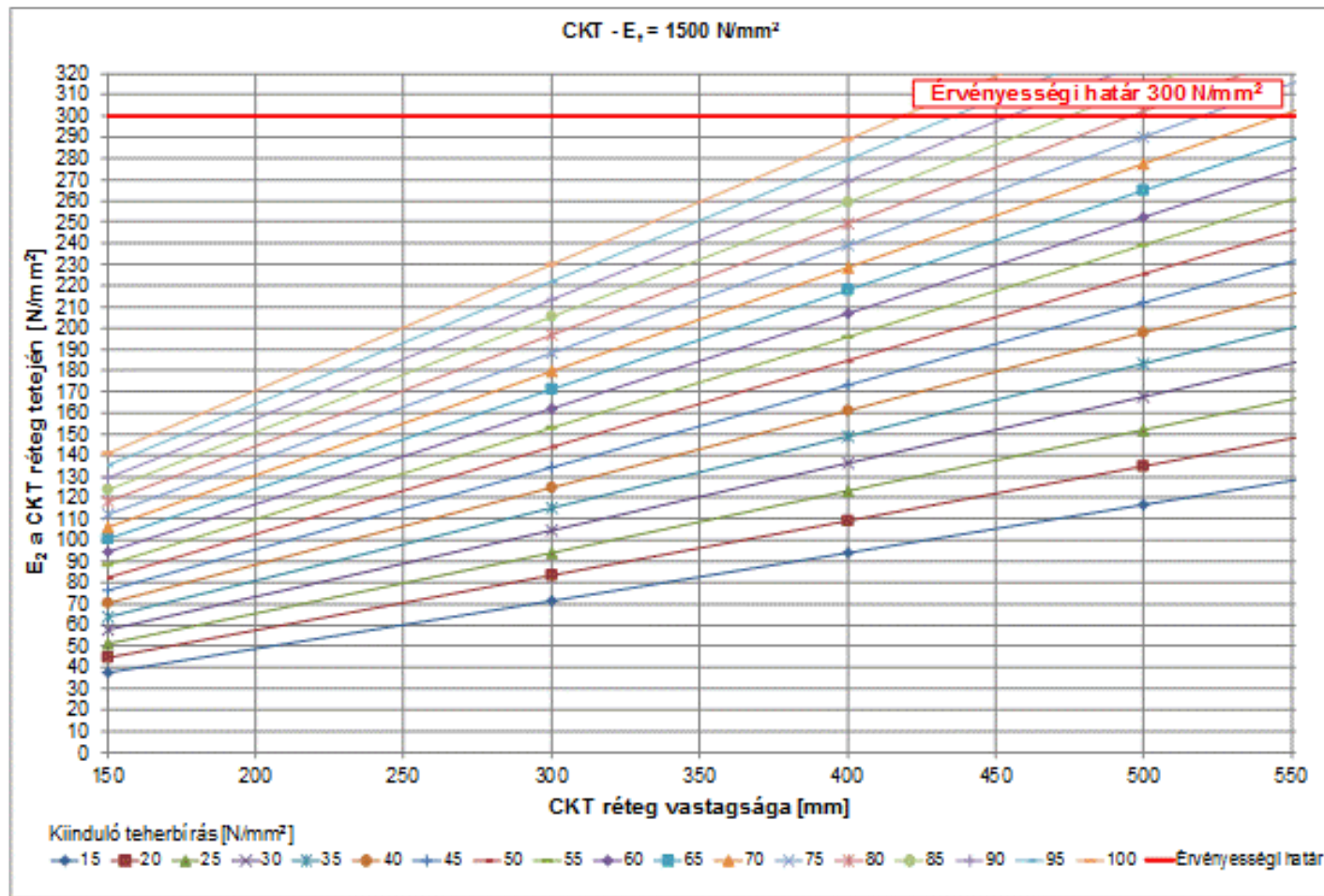
kiinduló  $E_2 \rightarrow$  rétegvastagság  $\rightarrow C_0$  érték a kiegészítő réteg tetején



# 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRLETEZÉSE

**Méretezési görbe CKT rétegre:**

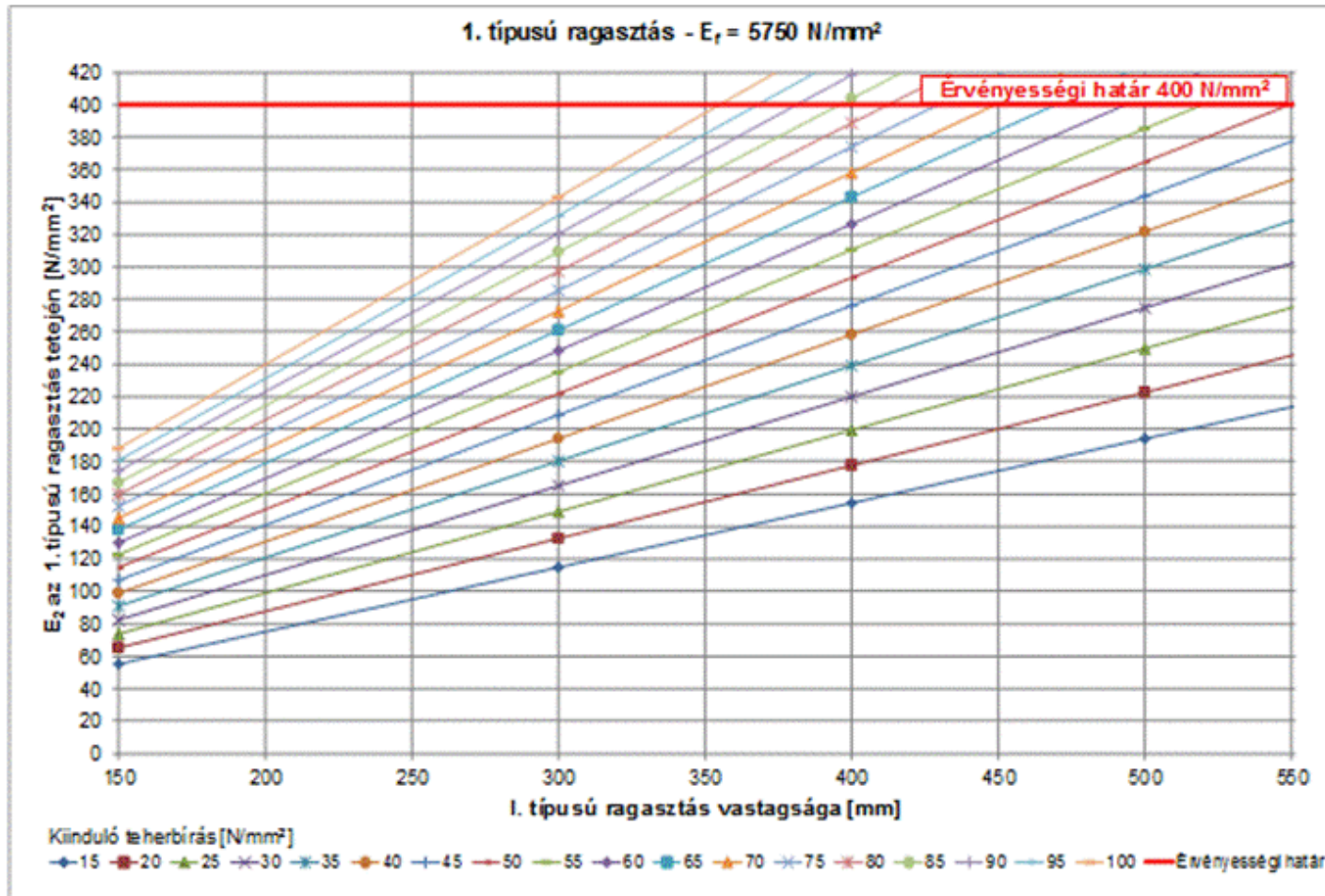
kiinduló  $E_2 \rightarrow$  rétegvastagság  $\rightarrow E_2$  érték a felső réteg tetején





# 8. A KIEGÉSZÍTŐ RÉTEGSZERKEZET MÉRLETEZÉSE

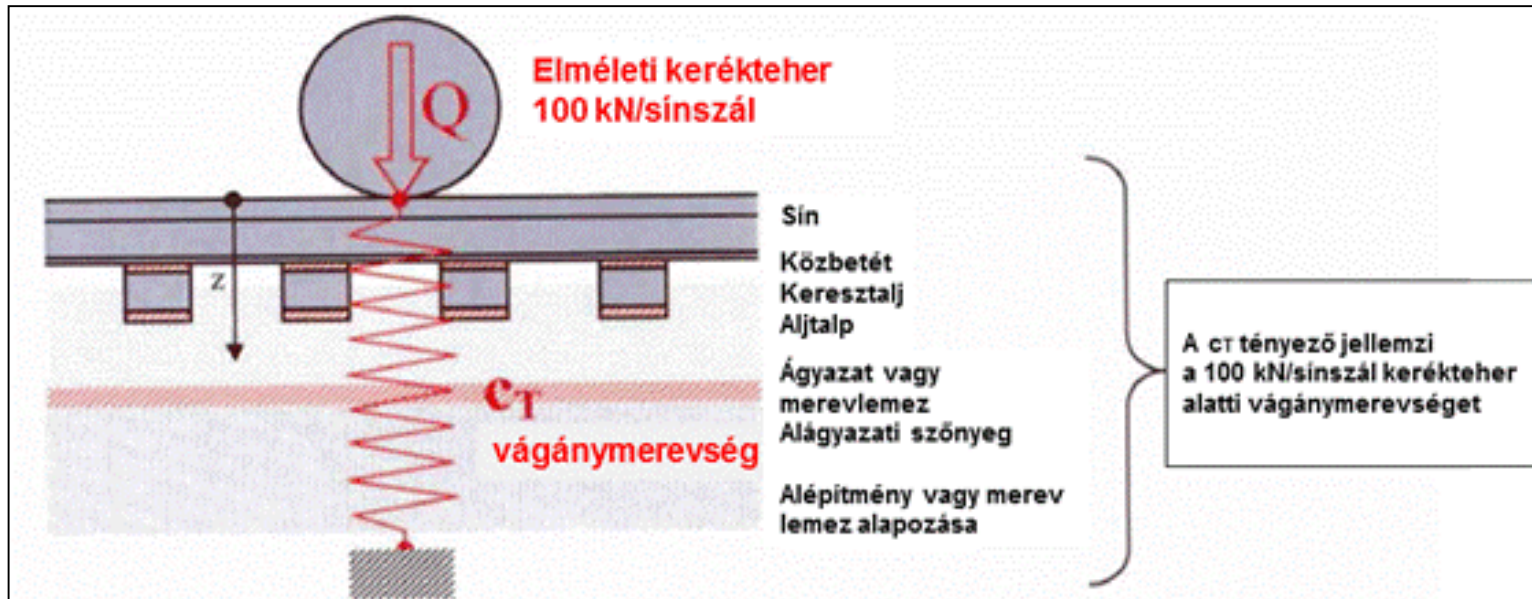
**Méretezési görbe ragasztott zúzottkőre – Gerenda ragasztás:**  
kiinduló  $E_2 \rightarrow$  rétegvastagság  $\rightarrow E_2$  érték a felső réteg tetején



# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## 8.2. A vágány merevsége

### A $c_T$ vágánymerevségi tényező értelmezése



A vágánymerevségi tényező számítása:

$$c_T = \frac{Q}{z}$$

$c_T$  = vágány függőleges merevsége (kN/mm)

$Q$  = függőleges kerékterhelés (kN),

$z$  = a sínkorona teljes függőleges lesüllyedése (mm).

## 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

A sín rugalmas alátámasztását számszakilag három paraméterrel jellemezhetjük:

- $k = D = \text{rugóállandó [kN/mm]}$ , a függőleges terhelő erő és annak függőlegesében mért alakváltozás hányadosa, diszkrét sínalátámasztások esetén jól használható jellemző,
- $C = \text{ágyazási tényező [N/mm<sup>3</sup>]}$ , a rugóállandó és az ágyazott felület hányadosa, a Zimmermann – Eisenmann-féle helyettesítő hosszgerendás számításnál előnyös jellemző,
- $U = \text{sínalátámasztás merevségi tényezője [kN/mm/m]}$ , az egységnyi sínhosszra megállapított rugóállandó érték, amely folytonosan alátámasztott sínszál (pl. kiöntött síncsatornás felépítmény) igénybevételének, járműteher alatti alakváltozásának számításánál használható.

Az értékek kísérleti mérésekkel határozhatók meg, illetve esetenként gyártmányismertetőből, szakirodalomból kivehetők.

# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## 8.3. A vágány merevségét befolyásoló megoldások

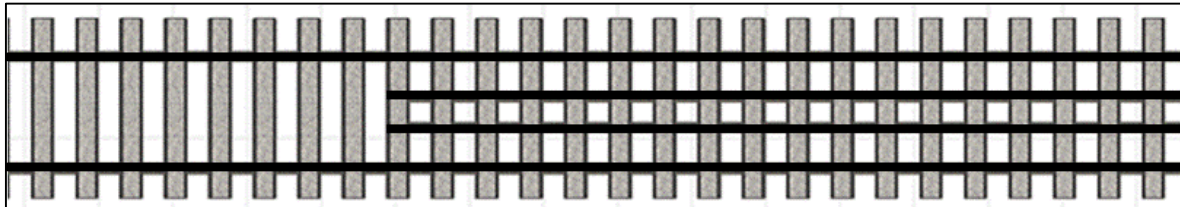
Vágánymerevséget befolyásoló megoldások, amelyeknek kombinációja is lehetséges:

- kiegészítő sín beépítésével a vágány függőleges síkú hajlítási merevségének növelése,
- elasztomerek: a felépítményszerkezet különböző helyein beépített rugalmas rétegek, a sín / a vágány alátámasztási merevségének csökkentésére:
  - ✓ a sántalp alatt közbetét alkalmazása,
  - ✓ a bordás alátétlemezen (osztott sínleerősítés esetén) rugalmas alátétlemez használata,
  - ✓ a keresztalj talpán aljtalp alkalmazása,
  - ✓ műtárgyon a zúzottkő ágyazat alatt alágyazati szőnyeg terítése,
- ágyazatragasztás, amellyel az eredendően kohézió nélküli szemcsealmazt összeeragasztható, ami által adott merevségű gerenda / lemez alakítható ki,
- merevlemez kialakítás:
  - ✓ diszkrét sínleerősítésekkel,
  - ✓ kiöntött síncsatornás megoldással.

# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## 8.3.1. Kiegészítő sínek beépítése

*Kiegészítő sínes vágányszakasz merevlemez  
pálya végén*



$$l_{\text{vágány, függ.}} \approx 2 \cdot l_{\text{sín, függ.}}$$

(fotó: RailOne AG)

# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## 8.3.2. Elasztomerek fajtái

### Sylodyn és Sylomer anyagok tulajdonságai

Jellemző	Vizsgálati eljárás	Sylodyn anyag fajtája				
		NB	NC	ND	NE	NF
Tartós terhelés [N/mm <sup>2</sup> ]		0,075	0,150	0,350	0,750	1,500
Csúcsterhelés [N/mm <sup>2</sup> ]		max. 2,0	max. 3,0	max. 4,0	max. 6,0	max. 8,0
Statikus rugalmassági modulus [N/mm <sup>2</sup> ]	DIN 53513	0,75	1,10	2,55	6,55	11,8
Dinamikus rugalmassági modulus [N/mm <sup>2</sup> ]	DIN 53513	0,90	1,45	3,35	7,70	15,2

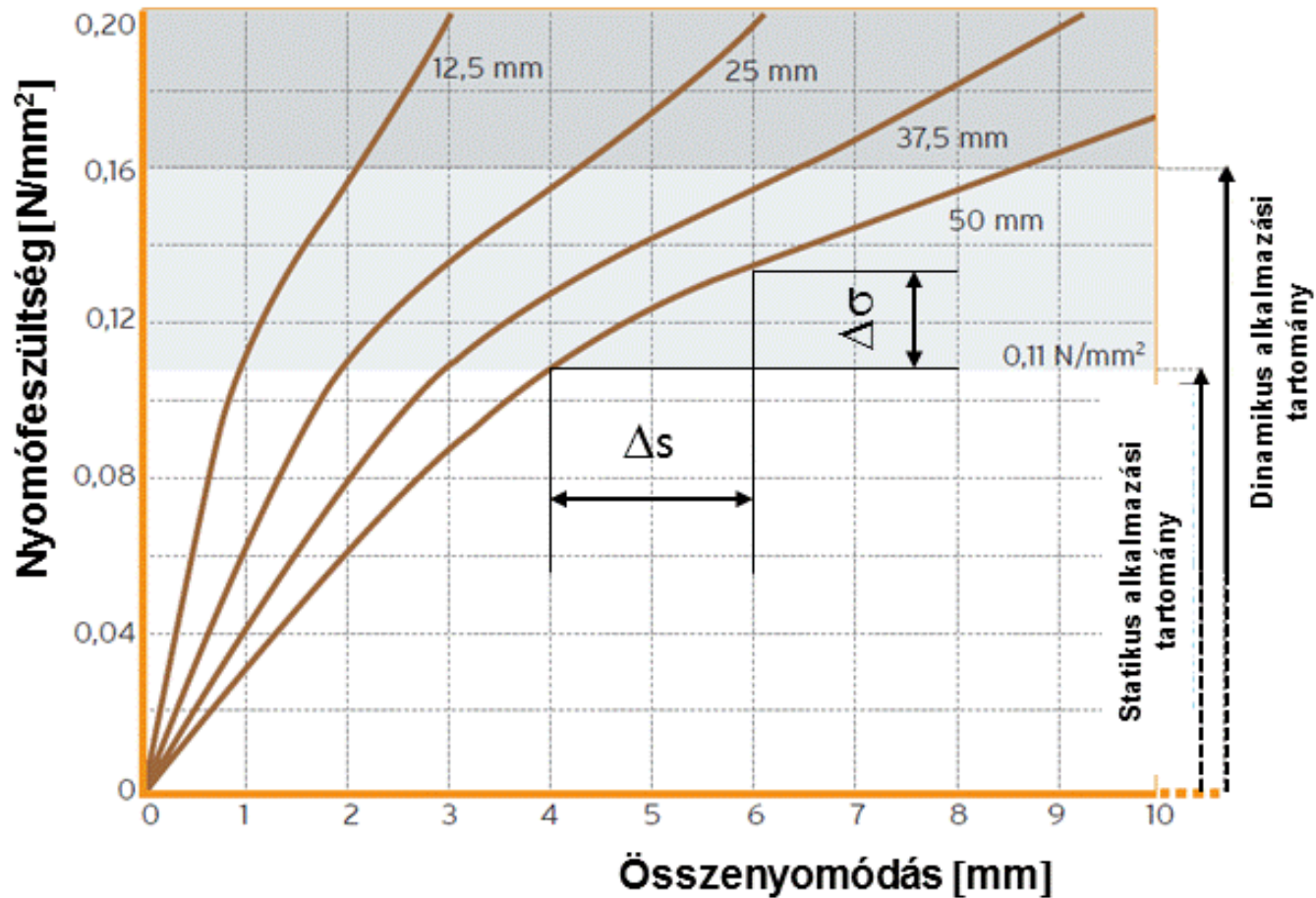
Jellemző	Vizsgálati eljárás	Sylomer anyag fajtája				
		SR 110	SR 220	SR 450	SR 850	SR 1200
Tartós terhelés [N/mm <sup>2</sup> ]*		0,110	0,220	0,450	0,850	1,200
Csúcsterhelés [N/mm <sup>2</sup> ]*		3,0	4,0	5,0	6,0	6,0
Statikus rugalmassági modulus [N/mm <sup>2</sup> ]*	DIN 53513	0,87	1,44	3,30	7,20	10,40
Dinamikus rugalmassági modulus [N/mm <sup>2</sup> ]*	DIN 53513	1,36	2,54	5,04	11,10	16,40

A rugalmassági modulusok érvényesek 25 mm vastag és q = 3 alaktényezőjű próbatestekre. (Az alaktényező a próbatest terhelt felületének és a kerületi felületek összegének a hányadosa.)

Megjegyzés: a Sylomer és Sylodyn anyagok a Getzner Werkstoffe GmbH termékei. Ezen a cégen kívül még több gyártó kínálja a rugalmas anyagok széles skáláját.

# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

Ágyazási tényező – húrmodulusként számítva



$$C = \frac{\Delta\sigma}{\Delta s} (N / mm^3)$$

# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

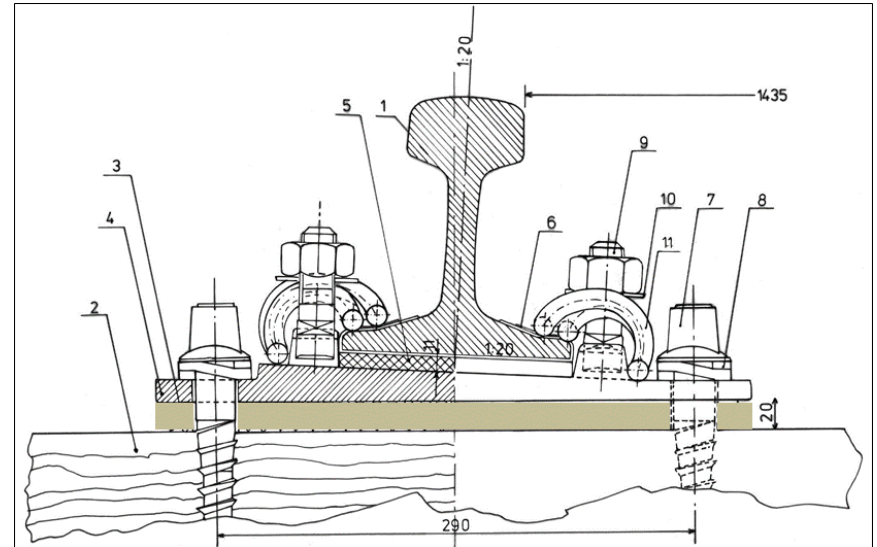
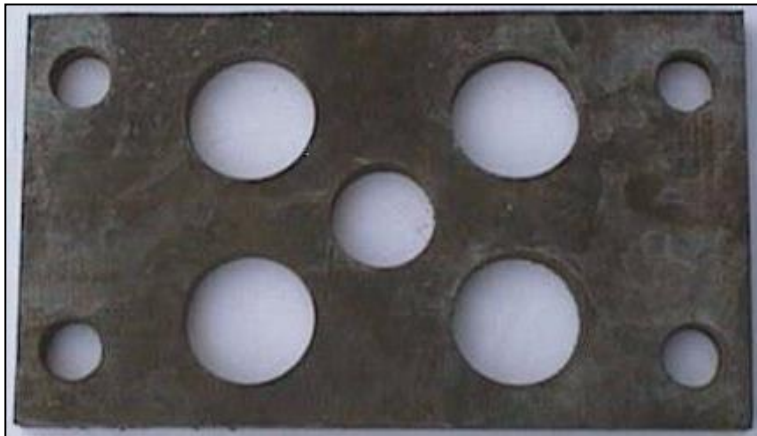
## 8.3.4. Rugalmas alátétlemez alkalmazása osztott sínleerősítésekben

A rugalmas alátétlemez mérete igazodik a felette lévő acél anyagú alátétlemezhez. Rugóállandóját a vasúti üzem jellege (nagyvasút, metró, közúti vasút), a pályasebesség, a tengelyterhelés és az elérni kívánt hatás (járműteher alatti összenyomódás, rezgéscsillapítás) határozza meg. Ezért nagyon sokféle rugalmas tulajdonsággal gyártják azokat.

Például CDM-ISO-FERPONT sínleerősítés:  
CDM-UBP-81020 rugalmas alátétlemez  
345x200x20 mm

Rugóállandója:

- $k_{\text{stat}} = 30,3 \text{ kN/mm}$  (a 18-68 kN terhelési tartományban).

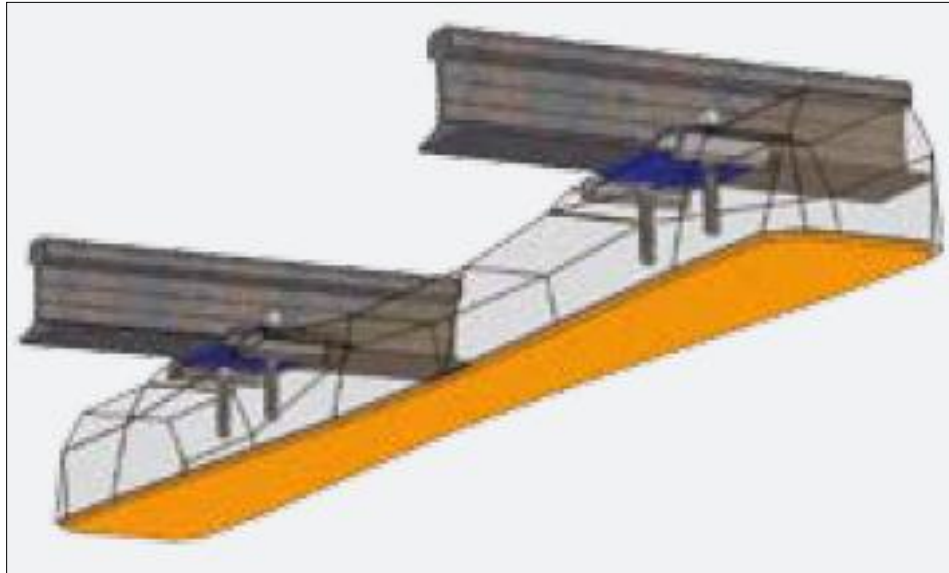


Alkalmazás: Budapest, Déli Összekötő  
Vasúti Duna-híd



# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## 8.3.5. Aljtalpak

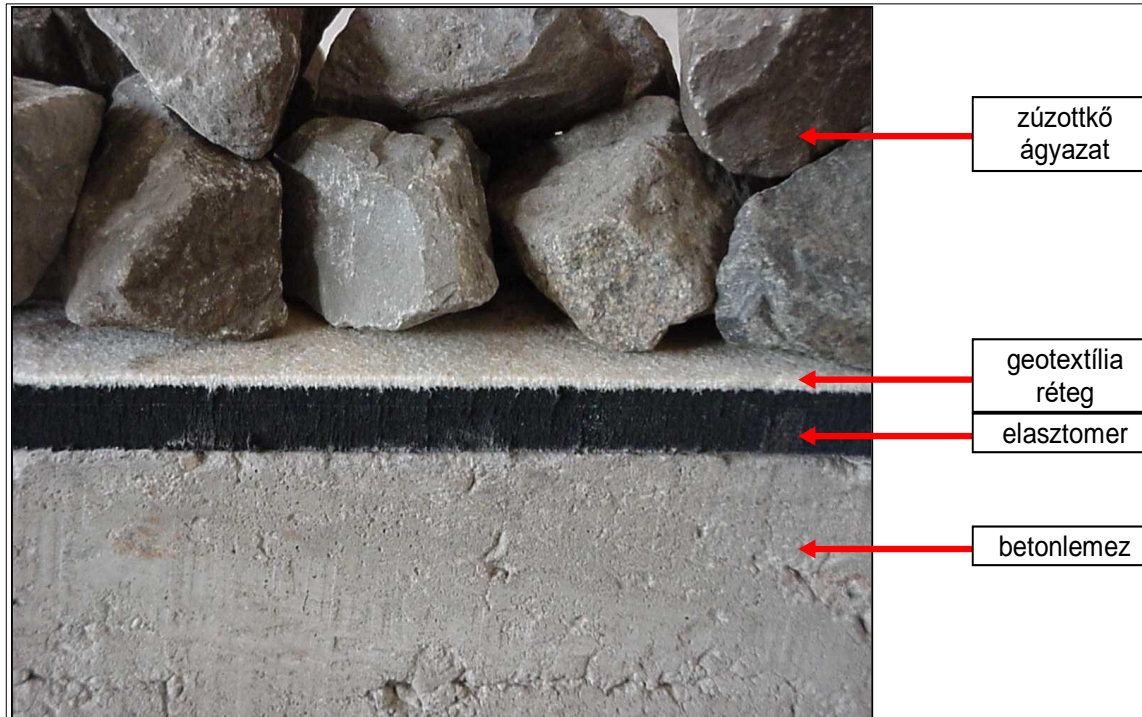


Az aljtalp ágyazási tényezőjére az UIC Leaflet 713 – 1R a következőket ajánlja:

- a vágány geometriai minőségének javítására  $0,20 \dots 0,35 \text{ N/mm}^3$ ,
- rezgéscsillapításra  $0,10 \dots 0,20 \text{ N/mm}^3$ .

# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## 8.3.6. Alágyazati szőnyegek

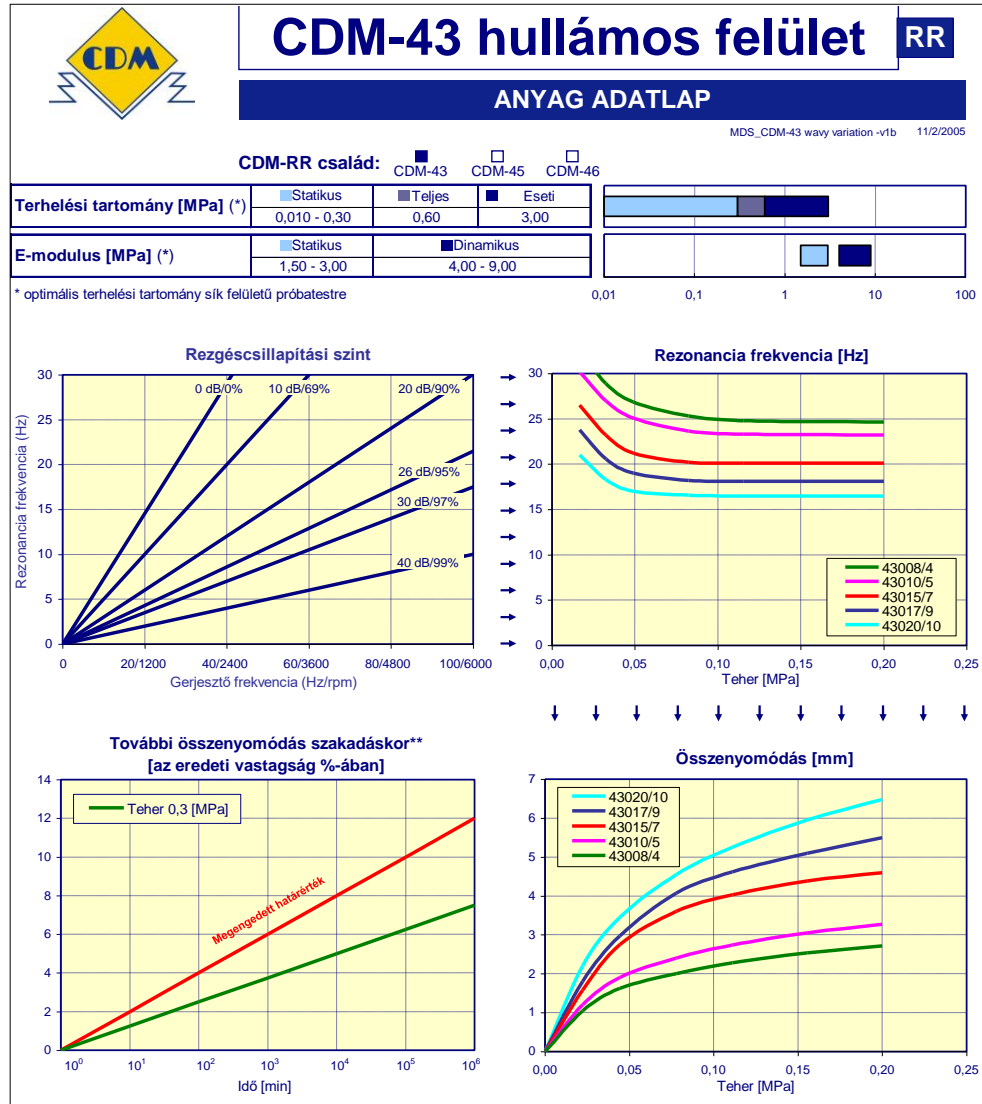


A CDM-ISO-BAM-C alágyazati szőnyeg egy elasztomer rétegből, valamint zúzottkő ágyazatos felépítmény esetén egy, az ágyazati anyag benyomódását gátló védőrétegből áll. A szőnyeg igény esetén vízszigetelő réteggel is ellátható.

Gyártó az alágyazati szőnyeget a megrendelő által kért műszaki paraméterek (pl. ágyazási tényező) függvényében, a megfelelő anyagfajta és anyagvastagság megválasztásával szállítja.

# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## A CDM-43 anyag adatlapja

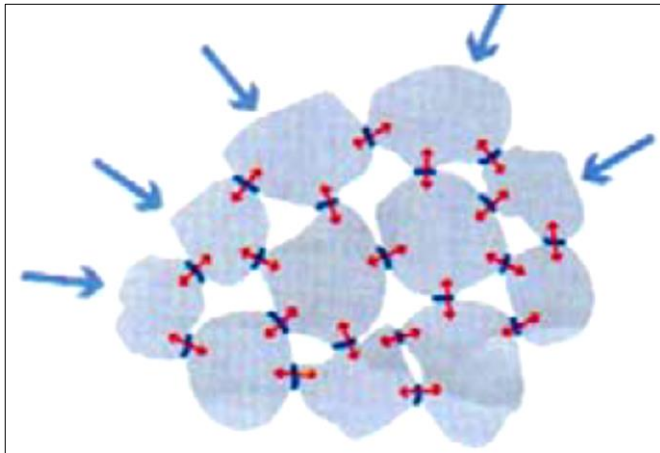


# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## 8.3.7. Ágyazatragasztás

Az ágyazatragasztás során – a megfelelően előkészített ágyazati rétegre, illetve rétegbe – kétkomponensű, epoxigyanta vagy poliuretán alapú ragasztóanyagot juttatnak. A hőmérséklettől függően, de igen rövid idő alatt a ragasztóanyag megszilárdul. A korábban kohézió nélküli halmazban a szemcsék éleik, érintkezési pontjaik, felületeik mentén nagy szilárdsággal (és a keresztaljakkal is) összeragadnak, olyan erősen, hogy a vonatforgalomból származó igénybevételeket és az időjárási hatásokat hosszú ideig, tartósan elviselik.

**A szemcsehalmaz  
összeragasztásának elve**



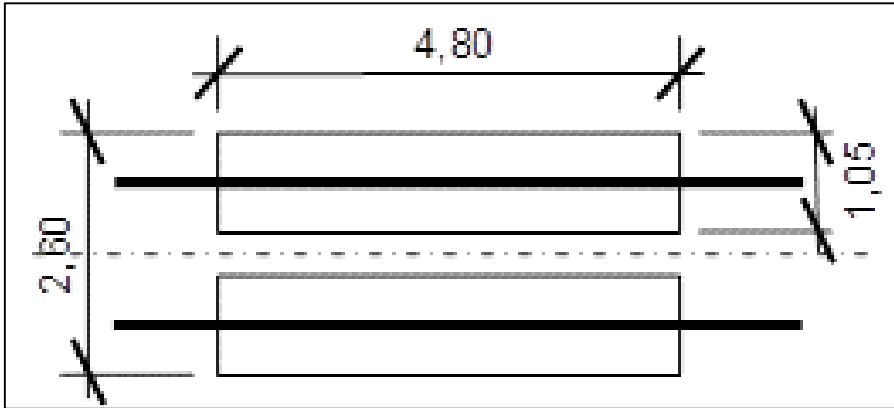
**Összeragasztott ágyazati  
szemcsék**



# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

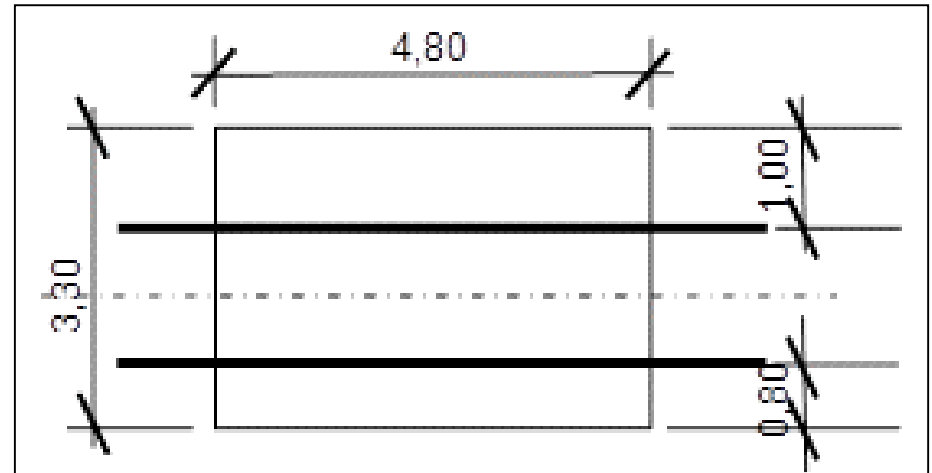
Kísérleti mérések Zalabér-Batyk állomáson, 2012

*A gerenda típusú ragasztás méretei*



A ragasztás mélysége 20 cm

*A teljes (lemez) ragasztás méretei*



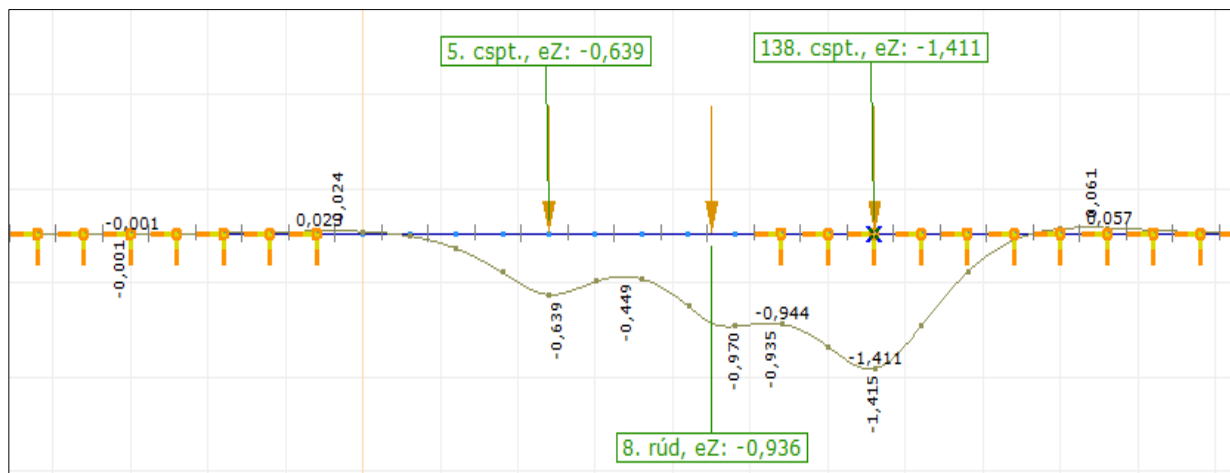
A ragasztás mélysége 50 cm

# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

Gerenda típusú ragasztás véges elemes számítása:

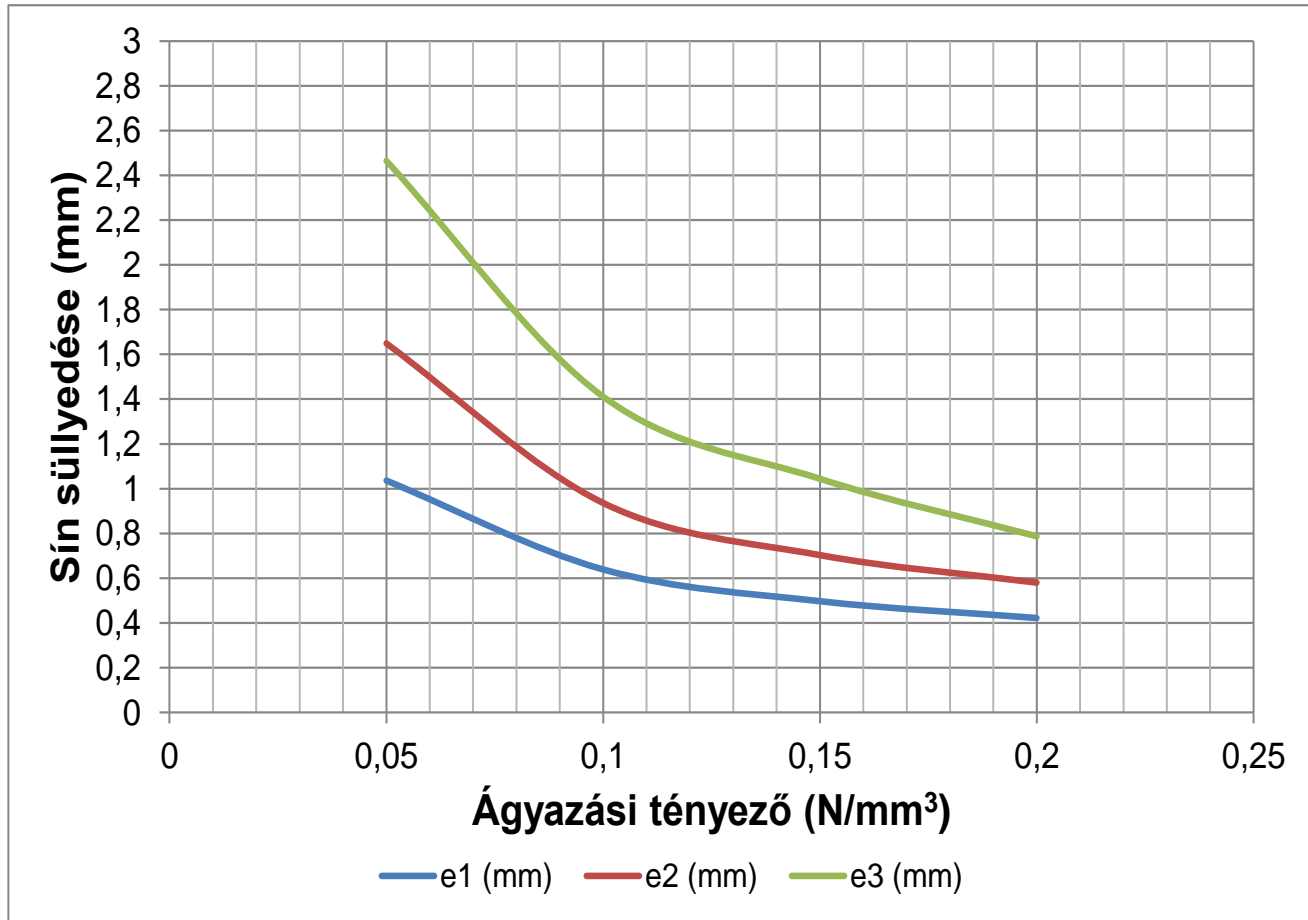
- 60 E1 rendszerű sín,
- B70-N típusú vasbeton aljak, 0,60 m aljtávolsággal,
- Vossloh szorítókegyelek, KL síncsavarok,
- 0,35 m hasznos ágyazatvastagság,
- 0,25 m HK védőréteg.
- ragasztott lemez vastagsága: 20 cm,
- ragasztott lemez ágyazási tényezője: 0,05 – 0,10 – 0,15 – 0,20 N/mm<sup>3</sup>,
- ragasztott lemez E = 5750 N/mm<sup>2</sup>,
- teher: V 63 háromtengelyes forgóváz, első tengely lemezközépen.

**Sínsüllyedés értékek  $C = 0,10 \text{ N/mm}^3$  ágyazási tényező esetében**



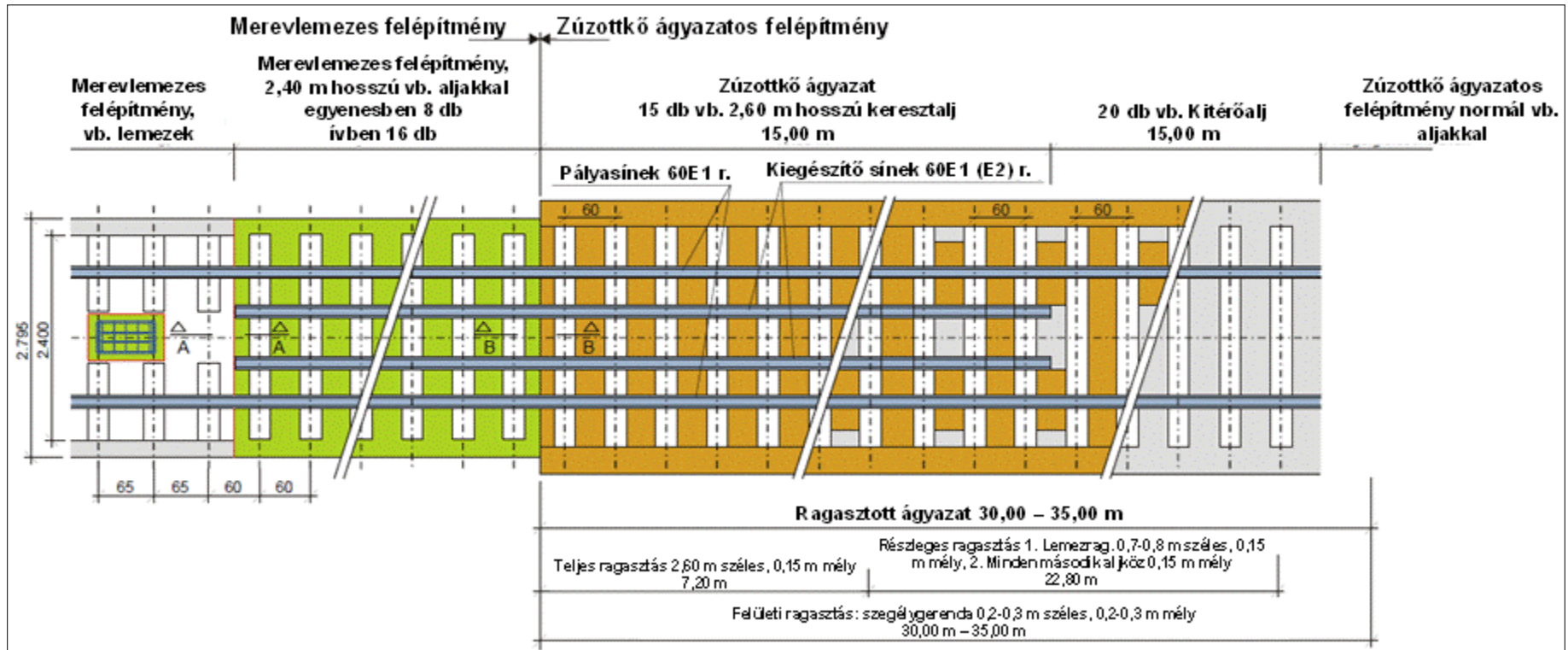
## 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

*Sínsüllyedés értékek V 63 mozdony forgóvázának három tengelye alatt, gerenda típusú ragasztás és eltérő ágyazási tényezők esetében*



# 8. A VÁGÁNY MEREVSÉGE

## 8.3.8. ÖBB nagysebességű vonali kialakítási példa





## 8.3.9. Merevlemez kialakítás

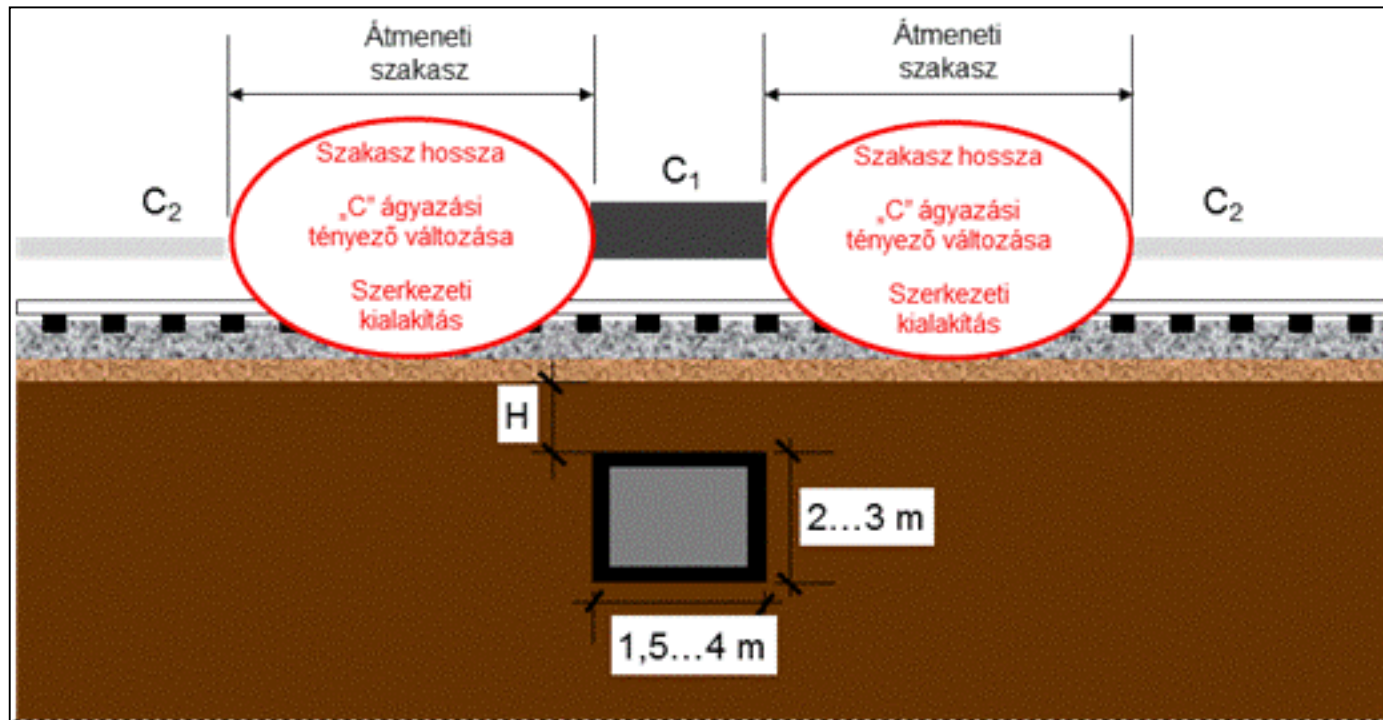
### Merevlemez kialakítás:

- diszkrét sínleerősítésekkel, az alátétlemezek alatt rugalmas aláöntéssel,
- kiöntött síncsatornás megoldással.

Tárgyalás a 10. fejezetben.

# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

## 9.1. A feladat



Kiinduló adatok:

- statikus járműteher LM71
- vágány statikus ágyazási tényezője
  - ✓ kisműtárgy felett  $0,1 \text{ N/mm}^3$
  - ✓ folyóvágányban  $0,02 \text{ N/mm}^3$

Statikus vonatteher – statikus ágyazási tényezők

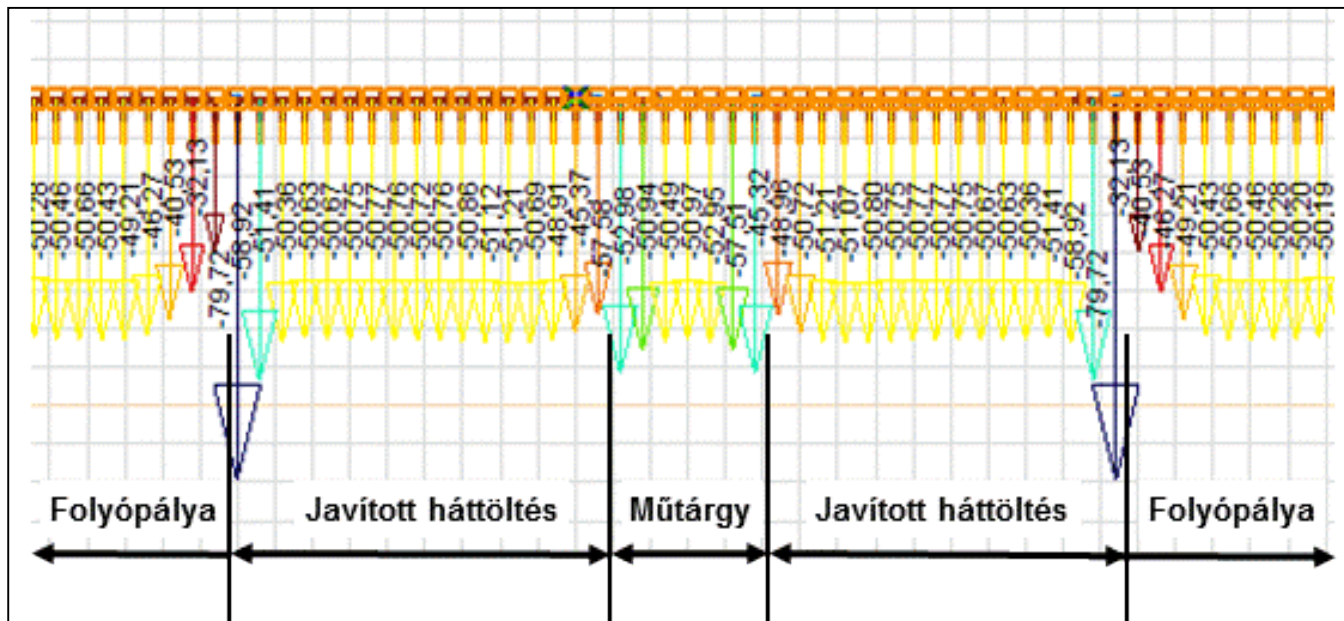
Dinamikus vonatteher – dinamikus ágyazási tényező (felkeményedés)

# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

## Járműteher pozíciók

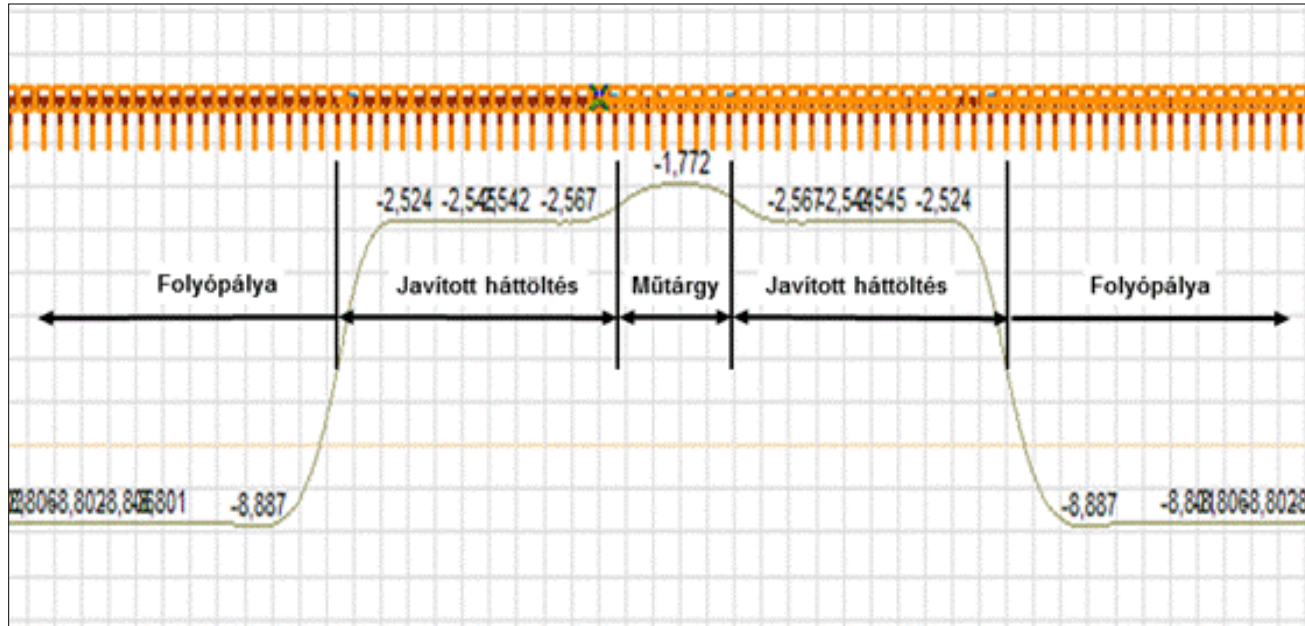
- teljes hosszban a folyópályán,
- az első tengely a kisműtárgy elején áll,
- az első tengely a kisműtárgy közepén áll,
- az első tengely a kisműtárgy végén áll,
- a kisműtárgyhoz képest szimmetrikusan helyezkedik el.

*Síntalp reakcióerők burkológörbéje a különböző járműteher helyzetekre*



# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

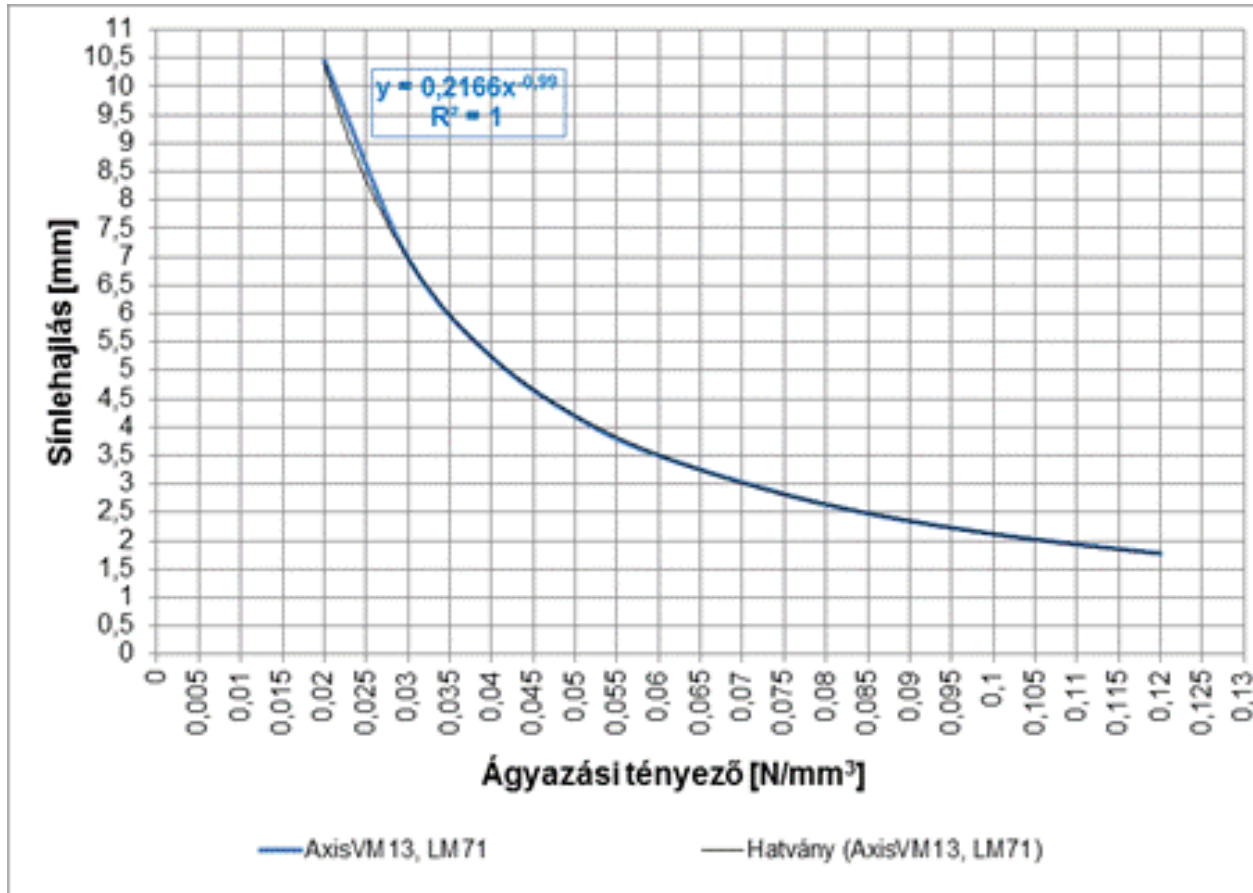
*Sínsüllyedések burkológörbéje a különböző járműteher helyzetekre*



A süllyedéskülönbségek alapján a geotechnikai és a felépítményszerkezeti beavatkozás megtervezhető.

# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

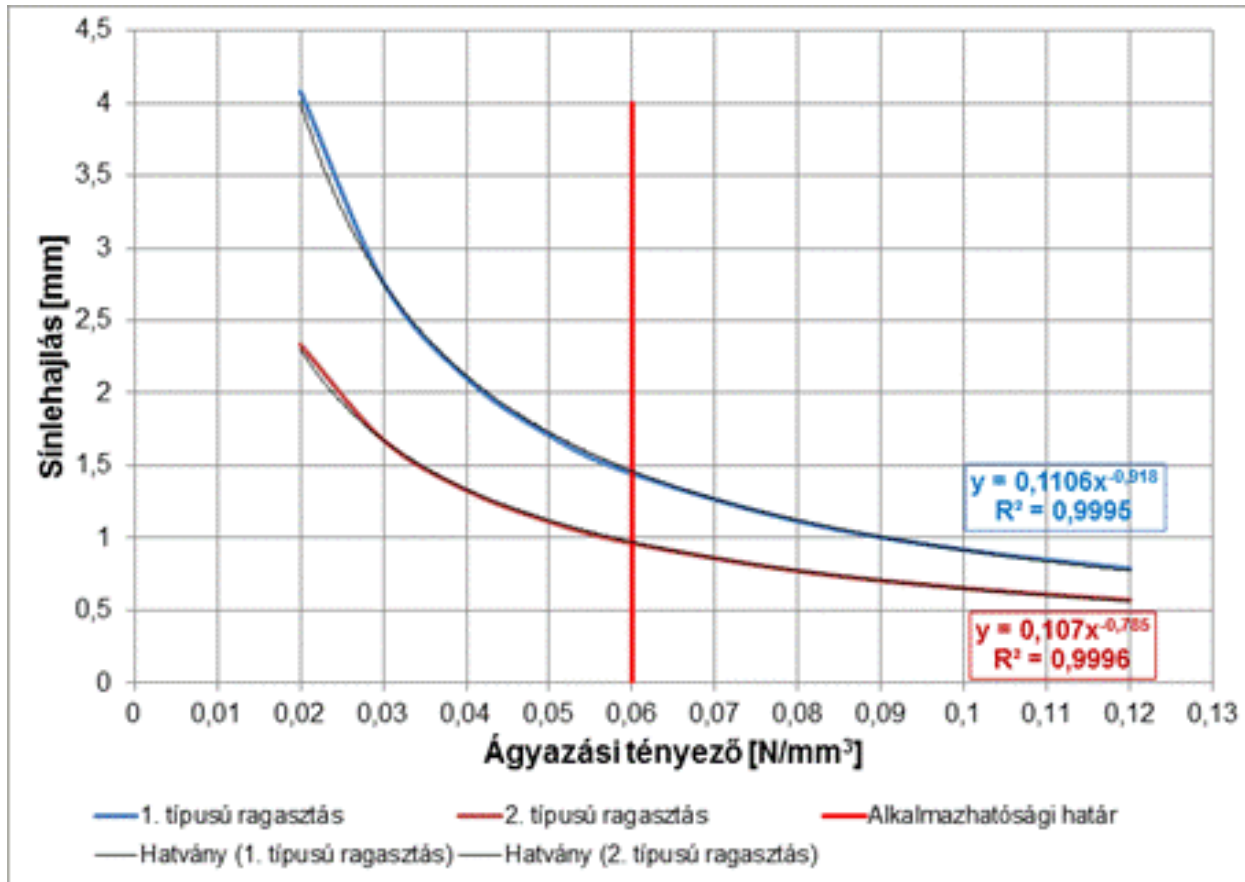
*A számított sínlehajlás értékek normál zúzottköves vágányban*



LM71 teher, 60 E1 r. sínek, LW aljak 0,6 m távolságban  
(54 E1 r. sínek, LM aljak 0,6 méterenként gyakorlatilag megegyező eredményt adnak)

# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

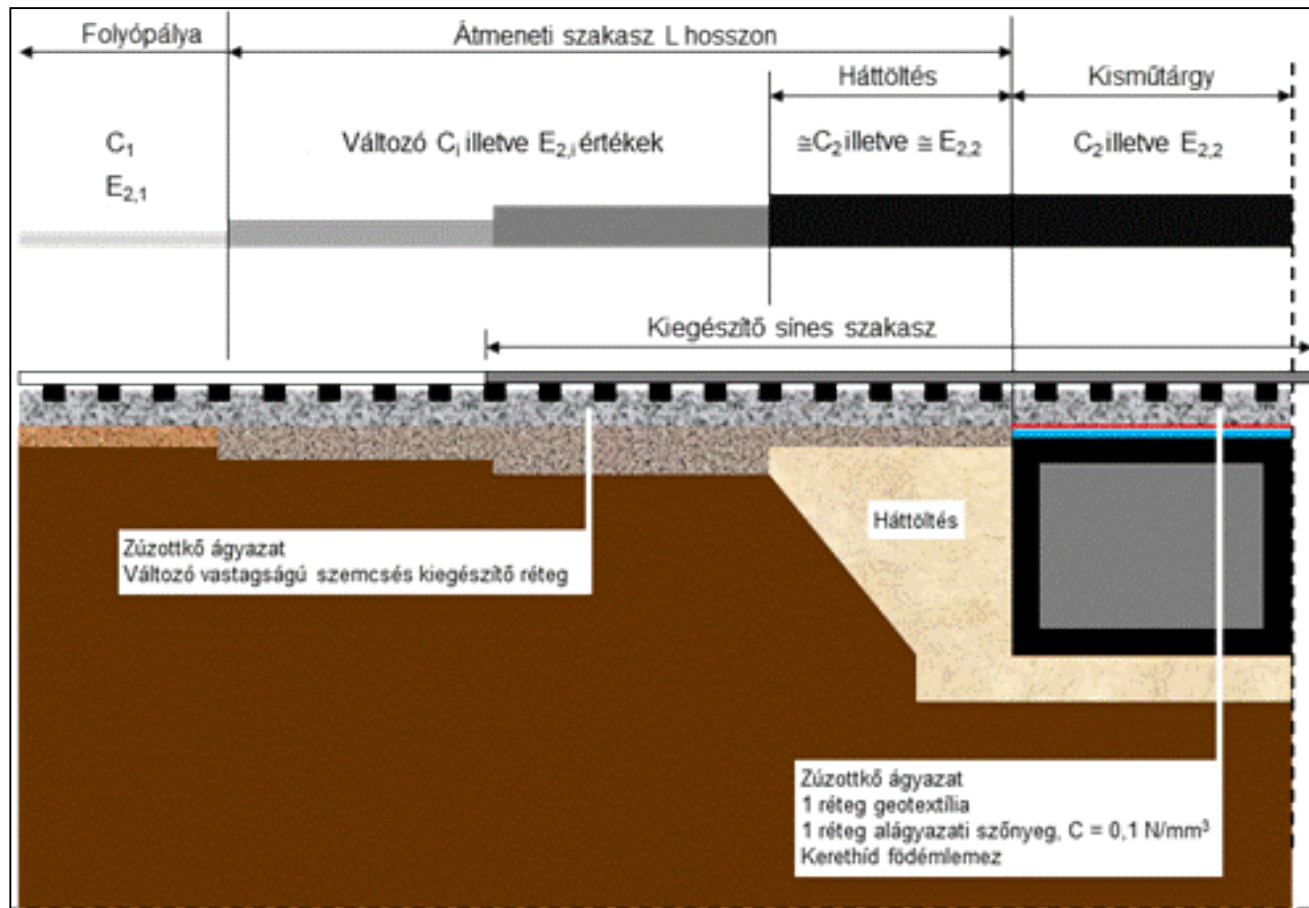
*A számított sínlehajlás értékek ragasztott ágyazatos vágányban*



LM71 teher, 60 E1 r. sínek, LW aljak 0,6 m távolságban  
(54 E1 r. sínek, LM aljak 0,6 méterenként gyakorlatilag megegyező eredményt adnak)  
az I. és II. típusú ragasztás kialakítása a 61. dián

# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

## 9.2. 0 m töltésmagasság és kisműtárgy esetén az átmeneti szakasz kialakítása durva szemcsés kiegészítő réteggel



(a hossz mentén az átmeneti szakasz nem arányos ábrázolásával)

# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

## 9.2.1. A lépcsőzés kialakítása **HK** réteggel

Sebesség [km/h]	Megkövetelt $E_{2stat}$ érték alépítménykoronán / kiegészítő réteg tetején [MPa]	Kisműtárgy feletti alágyazati szőnyeg rugalmassági modulusa [N/mm <sup>3</sup> ]	Csatlakozó pálya alépítménykorona / kiegészítő réteg teteje teherbírása [MPa]	Átmeneti szakasz lépcsős felosztása a csatlakozó pálya felől haladva	
				A hossz sorszám és a rétegszerkezet tetején elért teherbírás [MPa]	Réteg vastagsága [mm]
< 40	50	0,05	30	1. hossz, 35 MPa	15 cm HK
				2. hossz, 40 MPa	20 cm HK
				3. hossz, 45 MPa	25 cm HK
				4. hossz, 50 MPa	30 cm HK
40 - 80	60	0,06	30	1. hossz, 35 MPa	15 cm HK
				2. hossz, 40 MPa	20 cm HK
				3. hossz, 45 MPa	25 cm HK
				4. hossz, 60 MPa	35 cm HK



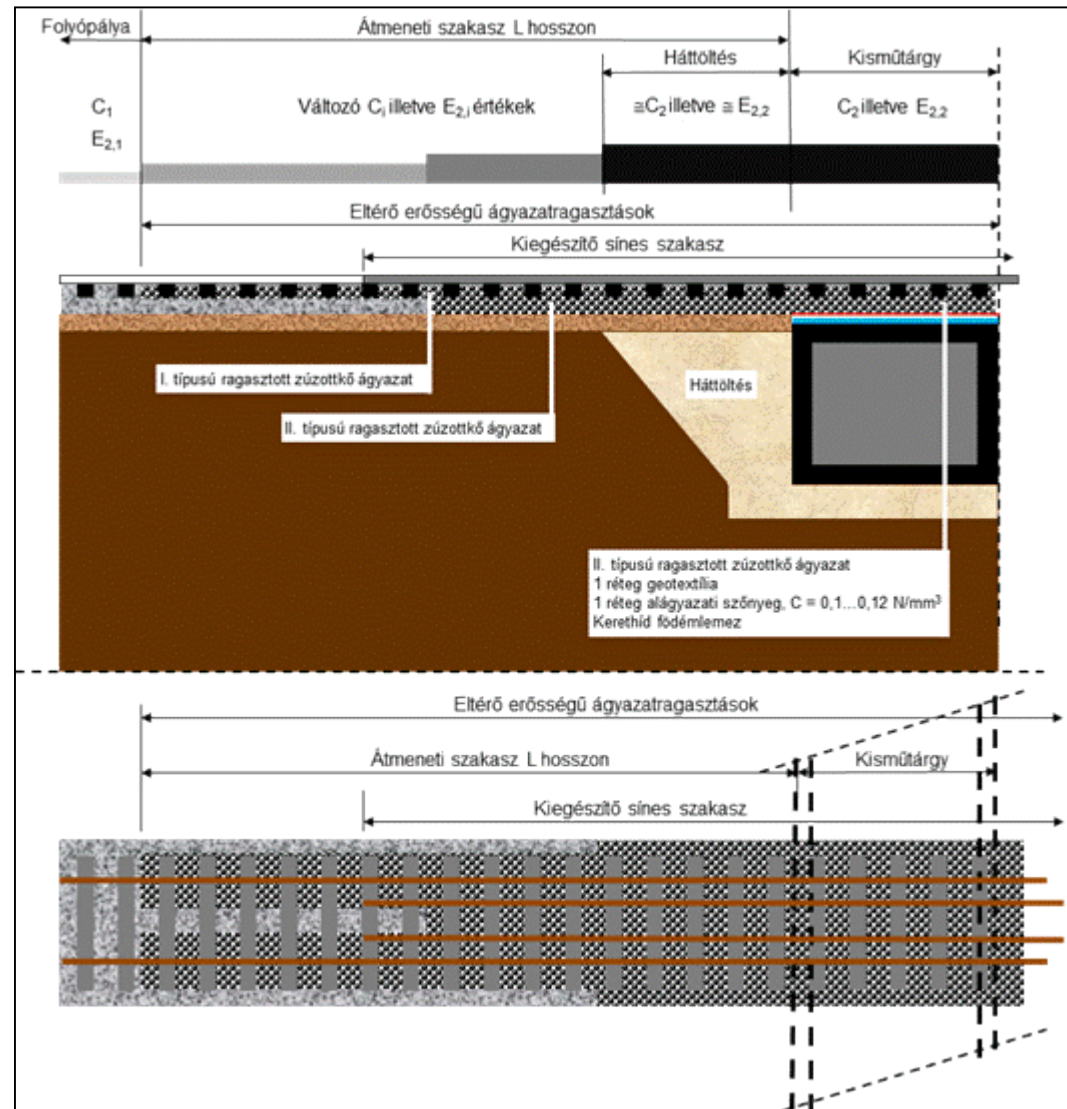
# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

## 9.2.2. A lépcsőzés kialakítása **SZK1** réteggel

Sebesség [km/h]	Megkövetelt $E_{2stat}$ érték alépítménykoronán / kiegészítő réteg tetején [MPa]	Kisműtárgy feletti alágazati szőnyeg rugalmassági modulusa [N/mm <sup>3</sup> ]	Csatlakozó pálya alépítménykorona / kiegészítő réteg teteje teherbírása [MPa]	Átmeneti szakasz lépcsős felosztása a csatlakozó pálya felől haladva	
				A hossz sorszama és a rétegszerkezet tetején elért teherbírás [MPa]	Réteg vastagsága [mm]
81 – 120	80	0,08	30	1. hossz, 35 MPa	15 cm SZK1
				2. hossz, 40 MPa	20 cm SZK1
				3. hossz, 50 MPa	25 cm SZK1
				4. hossz, 60 MPa	30 cm SZK1
				5. hossz, 80 MPa	45 cm SZK1
121 – 160	100	0,10	30	1. hossz, 35 MPa	15 cm SZK1
				2. hossz, 40 MPa	20 cm SZK1
				3. hossz, 50 MPa	25 cm SZK1
				4. hossz, 60 MPa	30 cm SZK1
				5. hossz, 80 MPa	45 cm SZK1
				6. hossz, 100 MPa	60 cm SZK1

# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

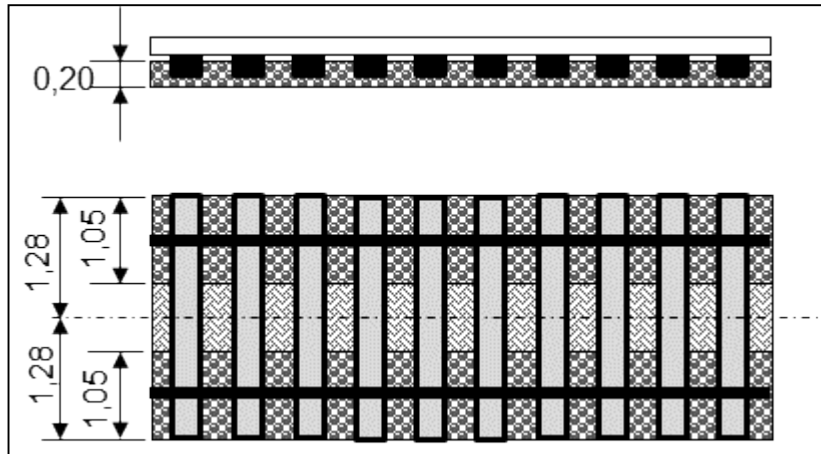
## 9.3. 0 m töltésmagasság és kisműtárgy esetén az átmeneti szakasz kialakítása ágyazatragasztással



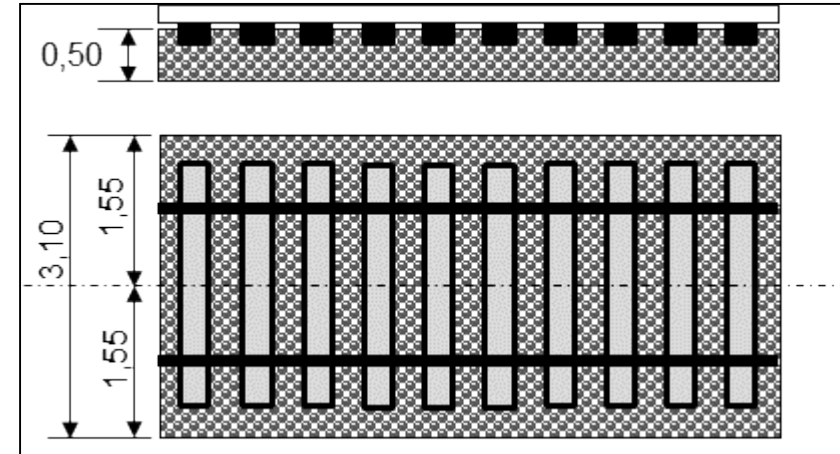
(a hossz mentén az átmeneti szakasz nem arányos ábrázolásával)

# 9. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA KISMŰTÁRGY ESETÉN

*I. típusú (gerenda) ragasztás*



*II. típusú (teljes) ragasztás*



A két eltérő kialakítású ragasztás közvetlenül csatlakoztatható egymáshoz. Hosszuk egyenként a számított átmeneti szakasz hosszának fele.

A kisműtárgy felett alkalmazandó aláyazati szőnyeg ágyazási tényezője 0,010 ... 0,012 N/mm<sup>3</sup> legyen.

A ragasztott szakaszon és a csatlakozó pályában az alépítménykorona teherbírása minimum 80 MPa legyen.

# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## 10.1. Csatlakozási esetek

Hídszerkezet	Vágány kialakítása a hídon	Átmeneti szakasz	Szerep
Nyitott pályás acélhíd	hídfás osztott sínleerősítés	kiegészítő sínek és ragasztott zúzottkő ágyazat	vágánymerevség folytonos / lépcsős átmenetének biztosítása
		vb. lemez diszkrét sínleerősítésekkel, változó sinalátámasztási merevséggel + kiegészítő sínek és ragasztott zúzottkő ágyazat	vágánymerevség folytonos / lépcsős átmenetének biztosítása, hídvég szögelfordulásának csökkentése, sínszálak igénybevételének csökkentése
Vasbeton lemez híd	kiöntött síncsatornás	kiöntött síncsatornás vagy vb. lemez diszkrét sínleerősítésekkel, változó sinalátámasztási merevséggel	vágánymerevség folytonos / lépcsős átmenetének biztosítása, hídvég szögelfordulásának csökkentése, sínszálak igénybevételének csökkentése
	diszkrét sinalátámasztás	vb. lemez diszkrét sínleerősítésekkel, változó sinalátámasztási merevséggel	vágánymerevség folytonos / lépcsős átmenetének biztosítása, hídvég szögelfordulásának csökkentése, sínszálak igénybevételének csökkentése
Ortotróp lemezes acélhíd	kiöntött síncsatornás	kiöntött síncsatornás vagy vb. lemez diszkrét sínleerősítésekkel, változó sinalátámasztási merevséggel	vágánymerevség folytonos / lépcsős átmenetének biztosítása, hídvég szögelfordulásának csökkentése, sínszálak igénybevételének csökkentése
	diszkrét sinalátámasztás	vb. lemez diszkrét sínleerősítésekkel, változó sinalátámasztási merevséggel	vágánymerevség folytonos / lépcsős átmenetének biztosítása, hídvég szögelfordulásának csökkentése, sínszálak igénybevételének csökkentése
Ágyazatátvezetéses vb. vagy acélhíd	Ágyazatos, keresztaljas felépítmény	kiegészítő sínek és ragasztott zúzottkő ágyazat	vágánymerevség folytonos / lépcsős átmenetének biztosítása

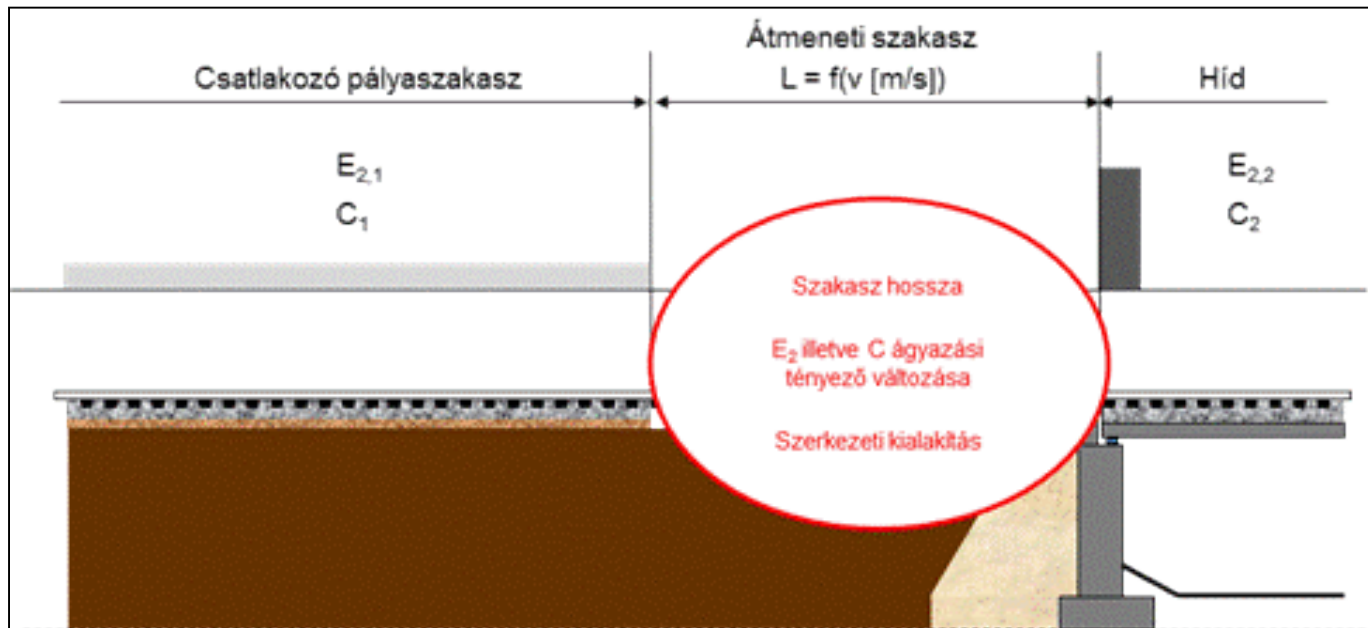
Minden esetben, ha szükséges, geotechnikai beavatkozás végrehajtása (pl. stabilizáció; mélykeverés, stb.).

# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## 10.2. Az átmeneti szakasz tervezése ágyazatátvezetéses híd esetén

A vágányalátámasztás teherbírési modulus értéke  $E_{2,1}$  és  $E_{2,2}$ , az ágyazási tényező a folyópályában  $C_1$  [N/mm<sup>3</sup>], a hídfőnél  $C_2$  érték. A tervezés során a következőket kell meghatározni:

- az átmenet szakasz hosszát,
- az  $E_2$  teherbírési vagy a  $C$  ágyazási tényező változtatását,
- a felépítmény szerkezeti kialakítását.



# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

Szerkezeti kialakítás:

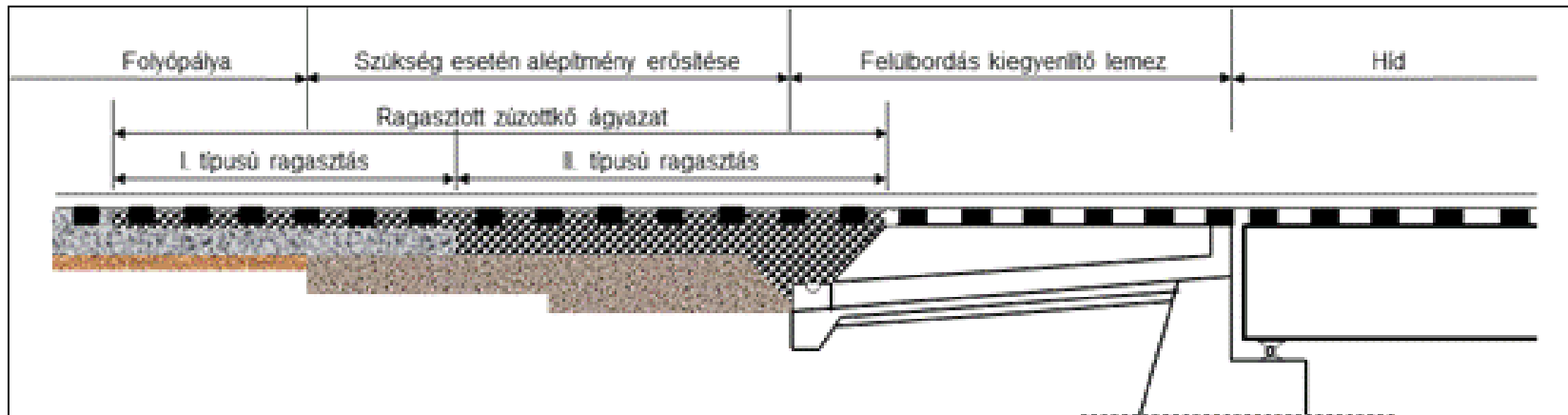
- a hídon a zúzottkő ágyazat alá alágyazati szőnyeget kell fektetni,
- a csatlakozó szakaszon a vágánymerevség változtatása kialakítható
  - ✓ a kiegészítő réteg vastagságának változtatásával – hasonlóan, mint kisműtárgy esetében,
  - ✓ ágyazatragasztás alkalmazásával – hasonlóan, mint kisműtárgy esetében.

# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## 10.3. Az átmeneti szakasz tervezése bordás kiegyenlítőlemezes híd esetén

A kiegyenlítő lemez végénél kialakuló süllyedési teknő elkerülésére az alábbi kialakítások, illetve azok kombinációi adhatnak megoldást:

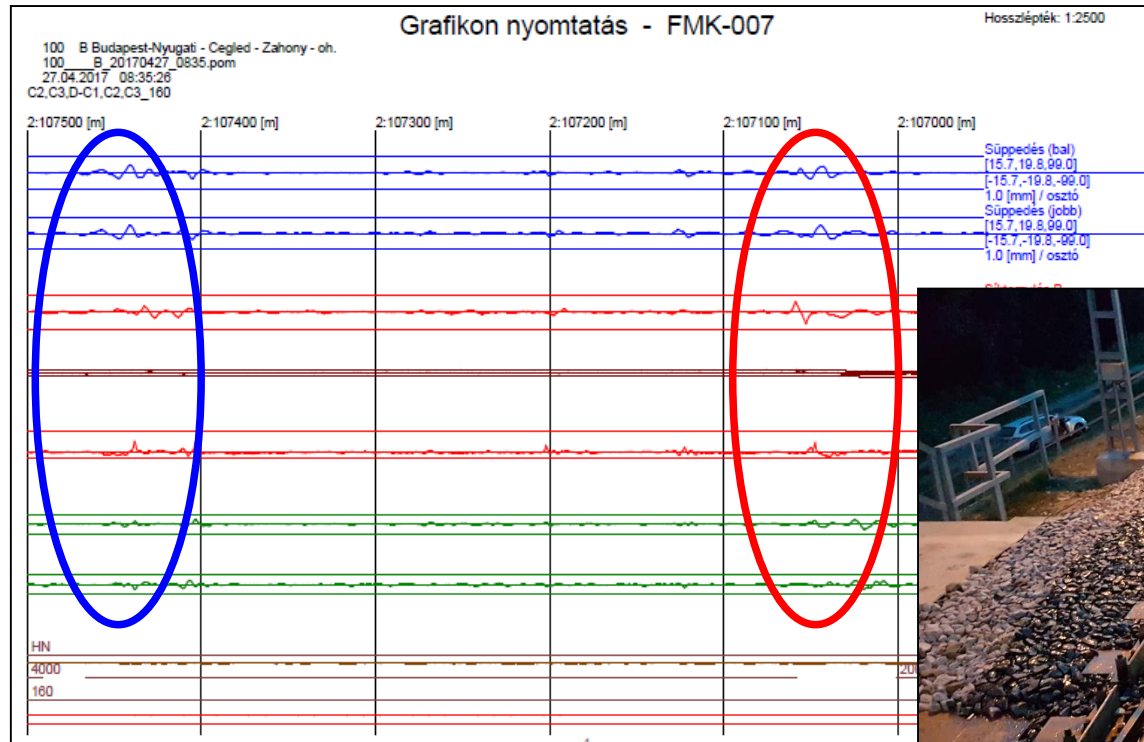
- kiegészítő sínek alkalmazása (ezt a szerepet a terelősínek / terelőelemek is betöltik),
- szükség esetén a csatlakozó szakaszon az alépitmény megerősítése,
- ágyazatragasztás a vastag zúzottkő réteg stabilizálására.



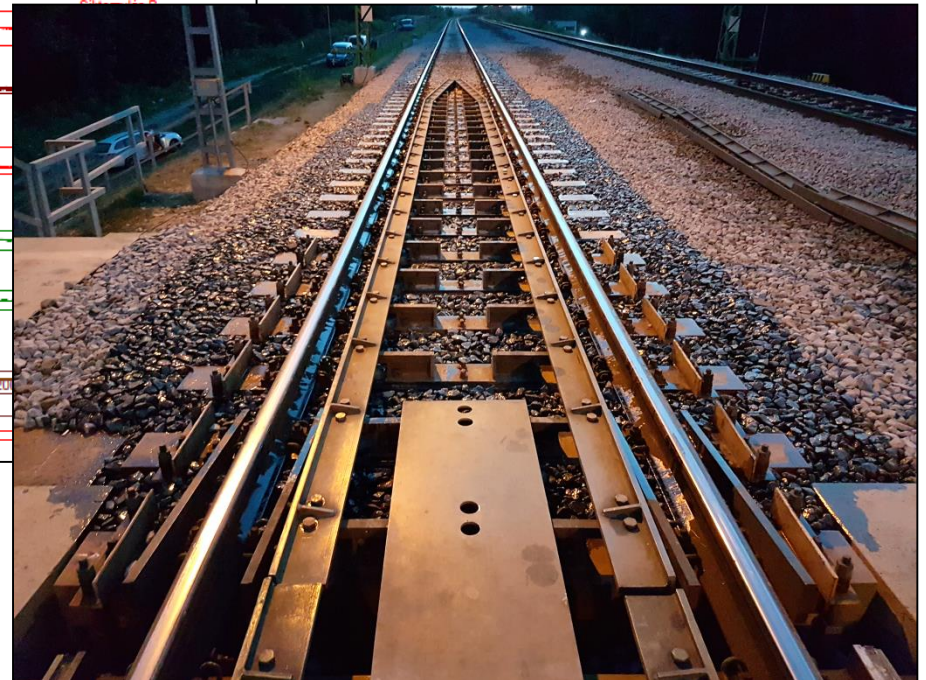
# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## Szolnoki Tisza-híd

**FMK-004 mérési grafikon**  
**2017.04.27.**



**Ágyazatrágasztás**  
**2017.08.04.**





# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## 10.4. Javaslat az átmeneti szakasz kialakítására merevlemez kivitellel

A vb. pályalemez által ellátandó feladatok:

- a csatlakozó szakaszok között a vágánymerevség megfelelő átmenetének biztosítása,
- fekszinthiba mentes szakasz létesítése,
- a hídszerkezet véglapelfordulásából származó emelő hatás megszüntetése.

A vb. pályalemez tervezésénél tekintettel kell lenni a következőkre:

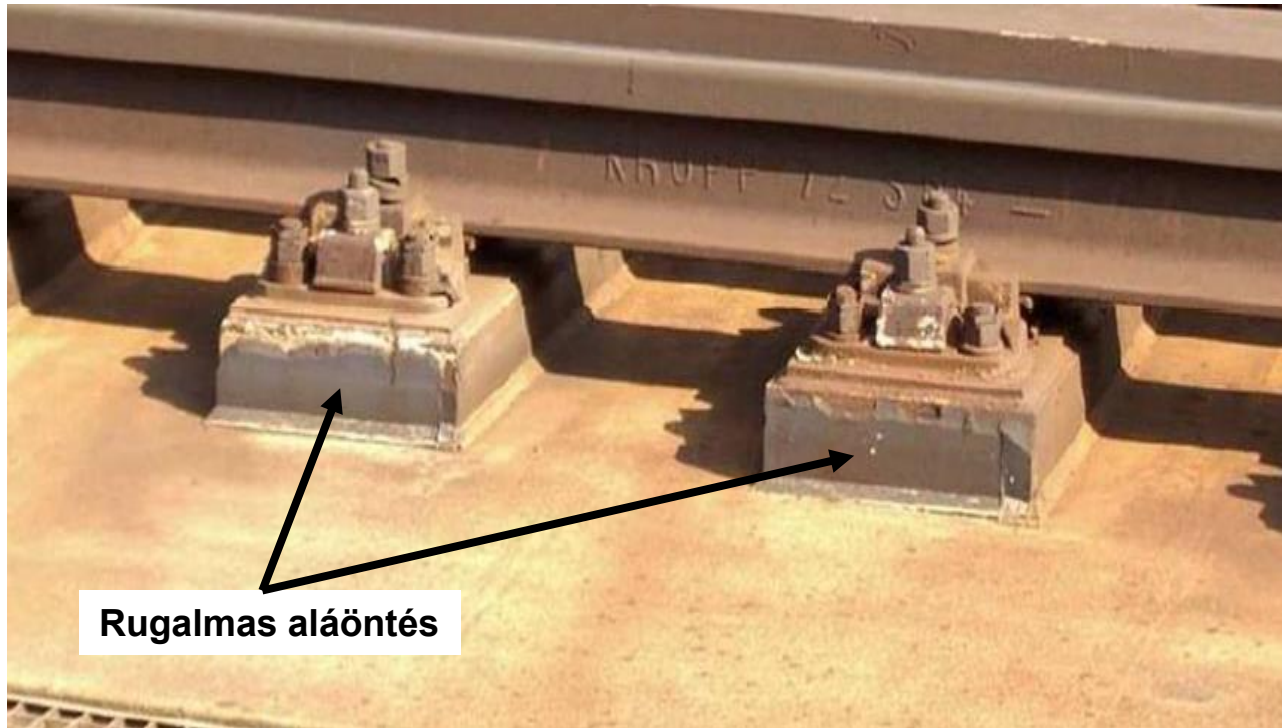
- a vb. lemez vége felül a hídfőre,
- tömege elégséges legyen a vágányt emelő hatás kiegyenlítésére,
- a diszkrét sínleerősítések lehorgonyzó csavarjainak teherbírása, illetve a kiöntött síncsatornás sínek felszakítási ellenállása a fellépő erőhatásokra megfelelő nagyságú legyen.

Vágányszerkezet:

- diszkrét sínleerősítések rugalmas aláöntéssel,
- kiöntött síncsatornás felépítmény.

# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

*Diszkrét sínleerősítés vb. lemezen*



## 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

A vb. lemez ajánlott hossza 12 m, szélessége 3,0 m. A vb. lemezhez a folyópálya felé csatlakozó szakaszon 12 – 12 m hosszú, I. és II. típusú ágyazatragasztást kell alkalmazni. A panel készülhet monolit vagy előregyártott módon.

A panelekről a csapadékvíz lefolyását biztosítani kell:

- diszkrét sínleerősítésű kivitel esetén a felső sík oldalra lejtésével,
- kiöntött síncsatornás felépítmény esetén a panel csatlakozó pálya felőli végén keresztfolyókát kell kialakítani.

# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## 10.4.1. Rugalmas aláöntő és kiöntő anyagok fizikai tulajdonságai

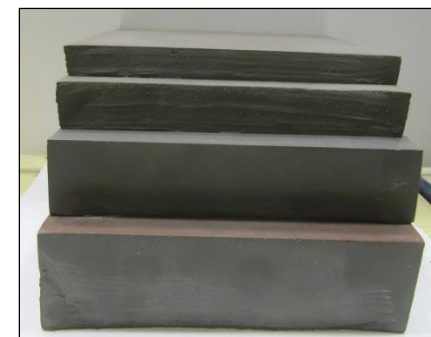
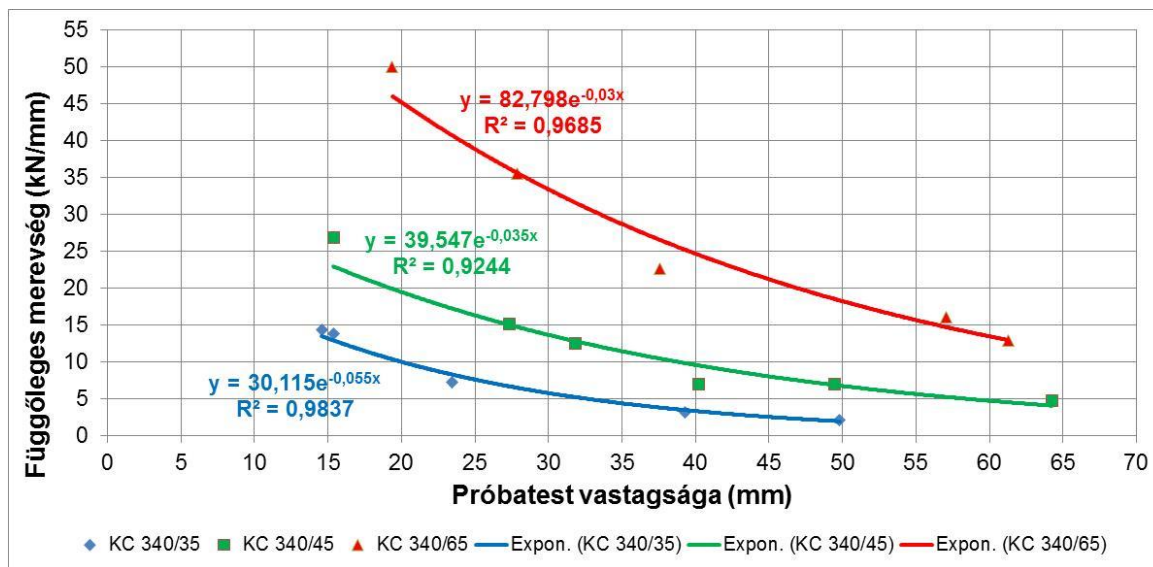
**Sika Icosit KC 340/35, 340/45 és 340/65 kiöntő anyag jellemzői**  
(Sika Hungária Kft. adatközlése)

Fizikai tulajdonságok (gyártói adatlapokról)			
Műszaki adatok	Anyag		
	KC 340/35	KC 340/45	KC 340/65
Anyag	Kétkomponensű műanyag poliuretán bázison		
Húzószilárdság	0,9 N/mm <sup>2</sup>	1,7 N/mm <sup>2</sup>	3,0 N/mm <sup>2</sup>
Shore A keménység	40 ± 5	50 ± 5	70 ± 5
Szakadási nyúlás	kb. 180%	kb. 120%	kb. 165%
Statikus merevség*	31 kN/mm	48 kN/mm	63 kN/mm
Kiöntési vastagság	15...60 mm	15...60 mm	15...60 mm

\* Próbatétel 1000 x 180 x 25 mm, húrmodulus 8 – 32 kN terhelés között

# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

**Statikus függőleges merevség, ha a terhelési tartomány 0 - 0,3 MPa**  
(Széchenyi István Egyetem mérési eredményei)



Próbatest 200 mm x 180 mm  
Vastagság: 15 – 25 – 40 – 50 mm

A statikus függőleges merevség a próbatest vastagságának függvényében nem lineáris.

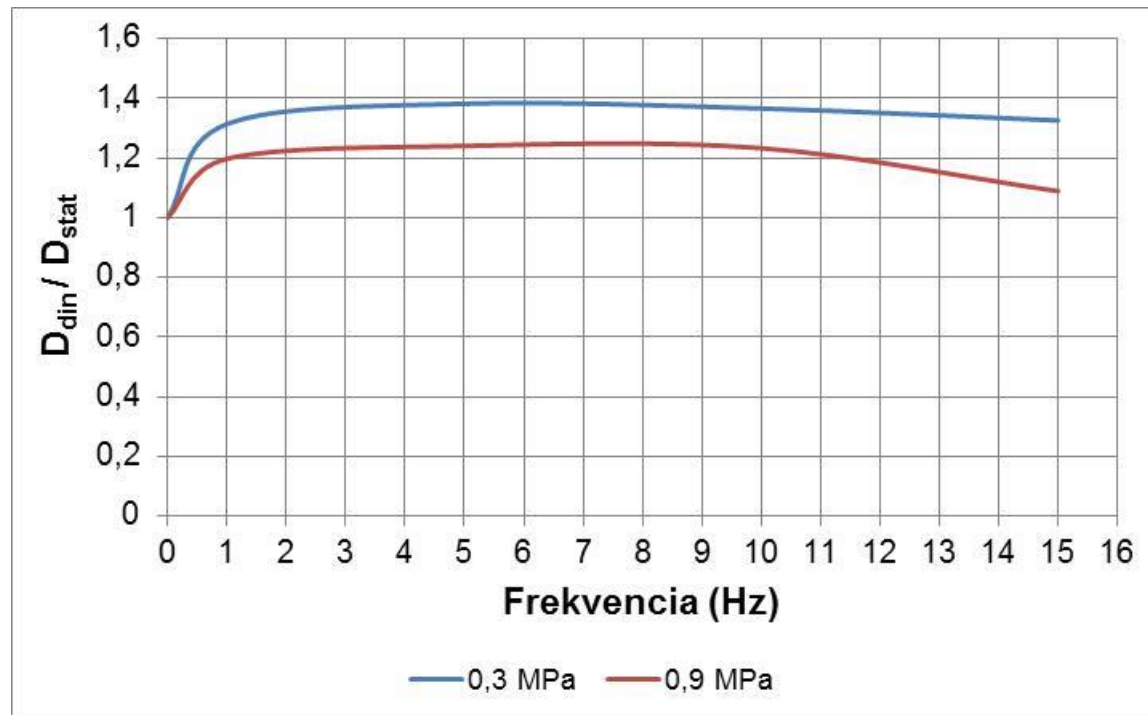
# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## *Dinamikus függőleges merevség (Széchenyi István Egyetem mérési eredményei)*

Sika Icosit KC 340/35, dinamikus felkeményedés

Nyomás: 0,3 MPa illetve 0,9 MPa

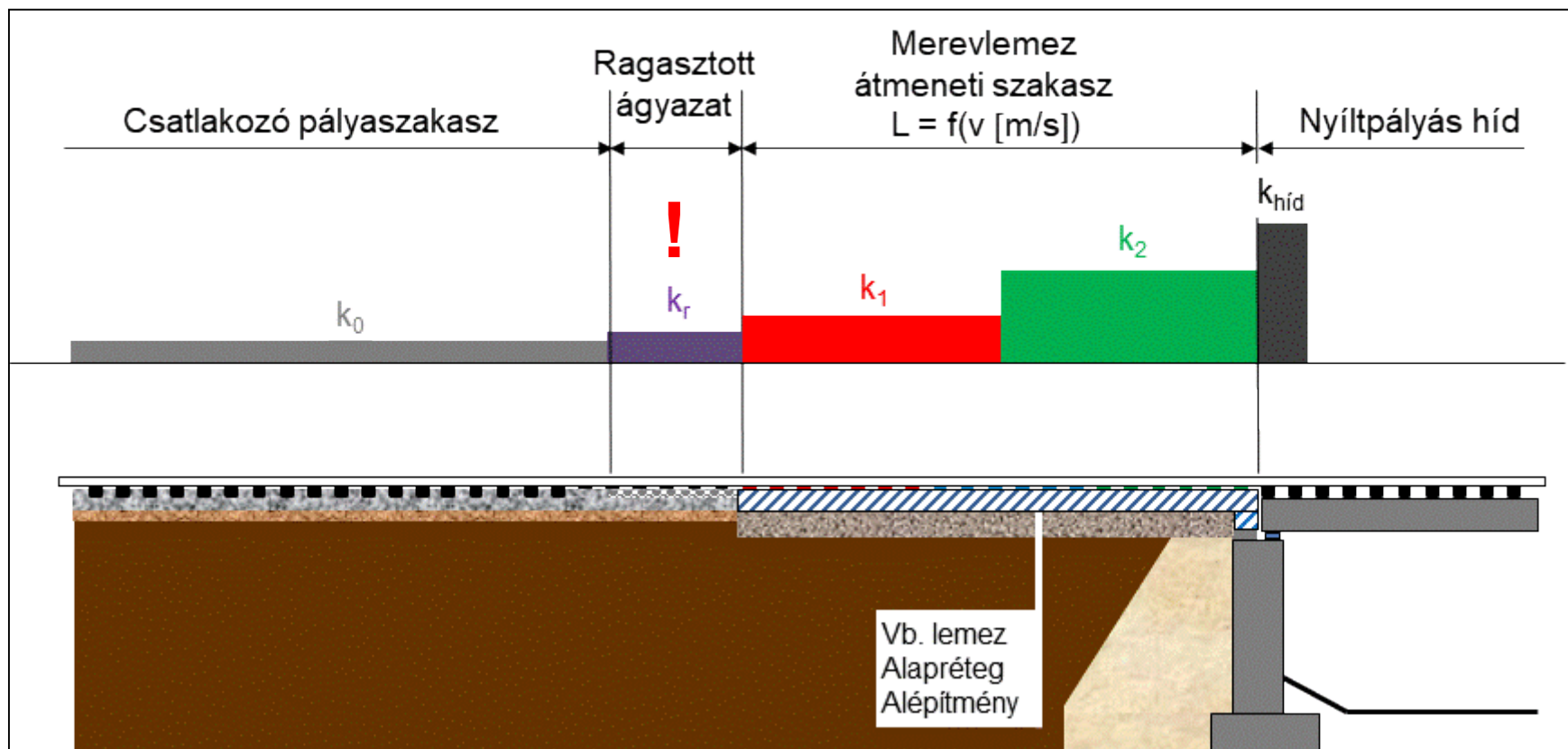
Frekvencia: 1 – 5 – 10 – 15 Hz



# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## 10.4.2. Változó rugalmasságú diszkrét sínalátámasztásokkal kialakított átmeneti szakasz

*A vágánymerevség lépcsős változtatása az átmeneti szakaszon a rugóállandók ismeretében  
(a hossz mentén az átmeneti szakasz nem arányos ábrázolásával)*



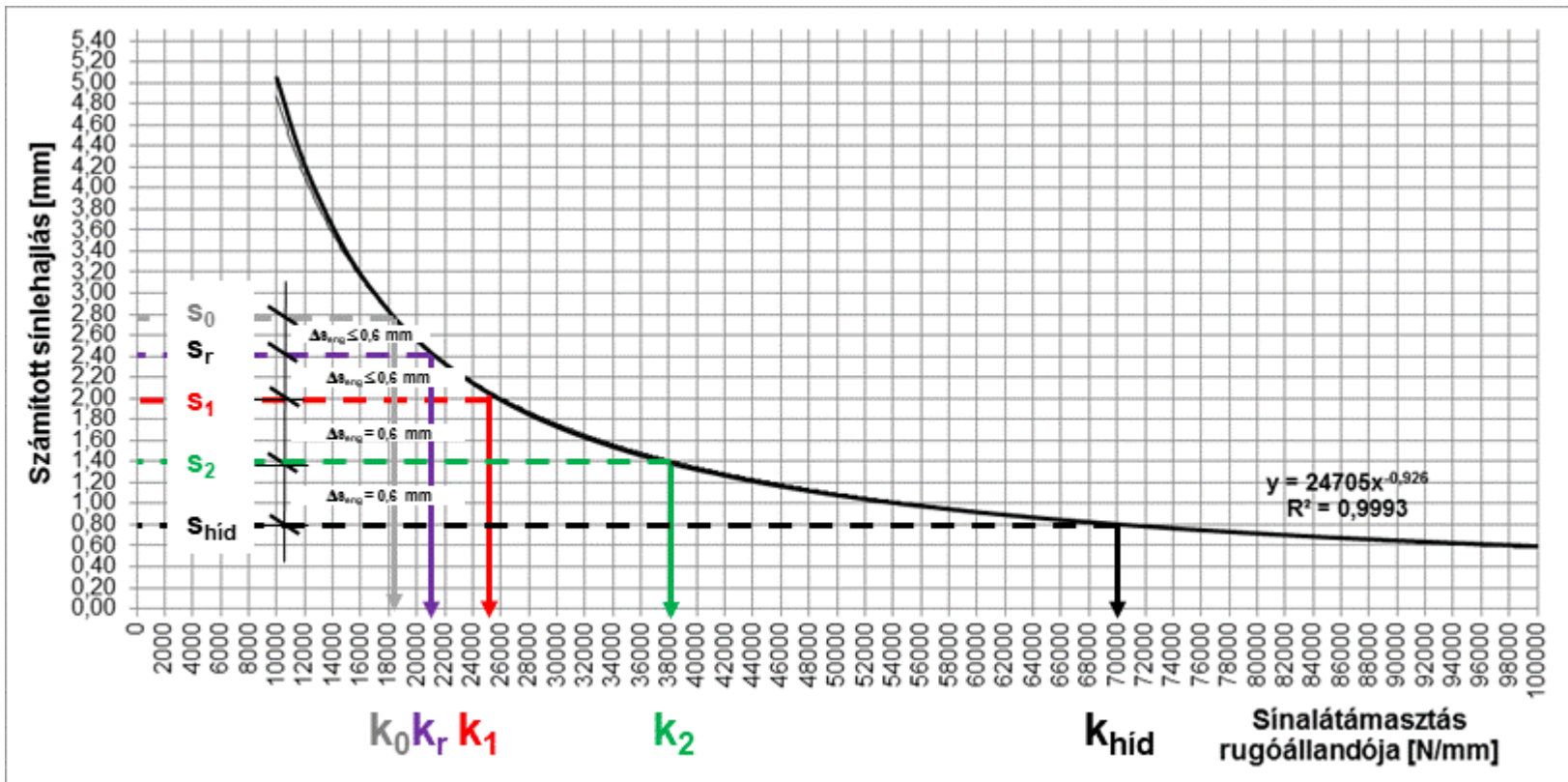
# 10. ÁTMENETI SZAKASZ KIALAKÍTÁSA HÍD ESETÉN

## A sínátámasztás rugóállandója változtatásának meghatározása a vb. lemezen

Előállítható a sínátámasztás rugóállandó – sínlehajlás diagram LM71 terhelésre.

Kiindulásként ismerni kell a hídszerkezetre és a csatlakozó zúzottköves folyópályára vonatkozó adatokat:

pl.  $s_{\text{hid}} = 0,8$  mm;  $k_{\text{hid}} = 70\ 000$  N/mm és  $s_0 = 2,8$  mm,  $k_0 = 18\ 000$  N/mm, valamint a megengedett süllyedéskülönbség  $\Delta s_{\text{eng}} = 0,6$  mm ( $120$  km/h  $< V \leq 160$  km/h).





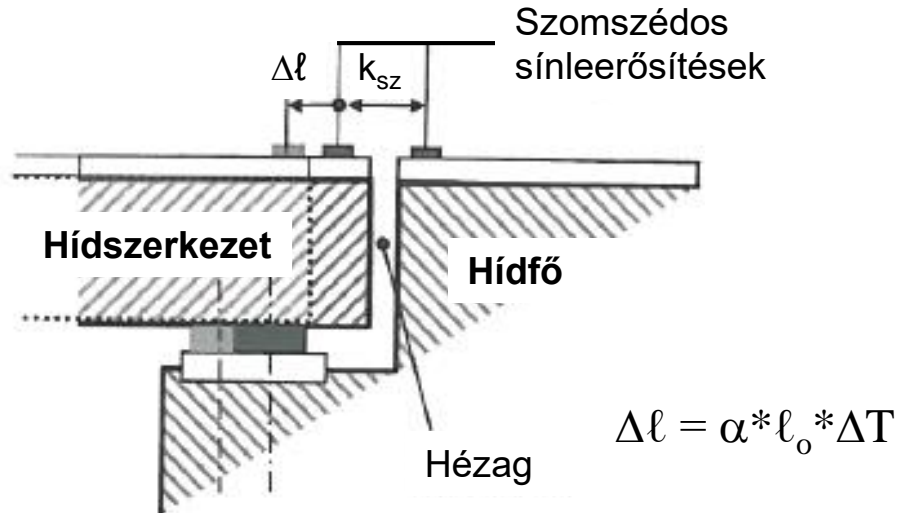
**Köszönöm a megtisztelő figyelmet!**

**horvat.sze@gmail.com**

# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

## 11.1. Hídvégmozgások figyelembe vétele

*A hídvég dilatációs mozgása a mozgó saru felett*



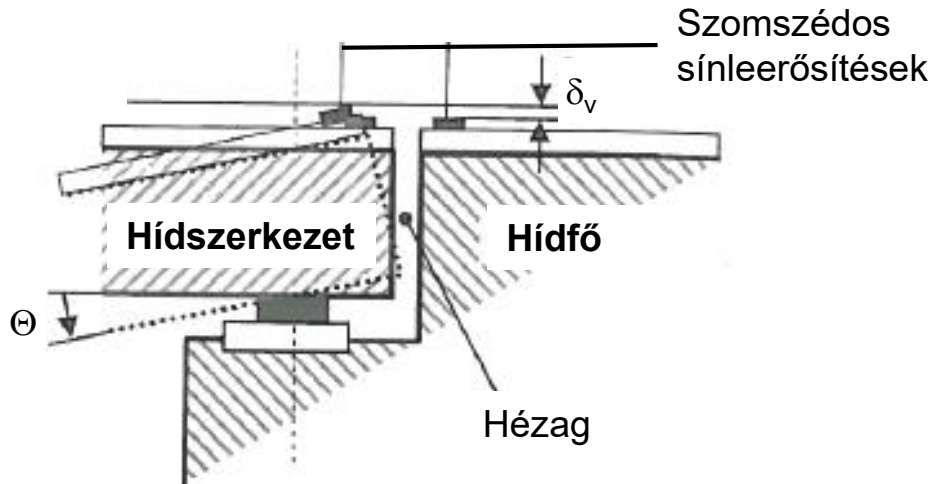
Hézag nélküli vágányban a híd – vágány kölcsönhatást befolyásolja:

- ✓ ágyazatátvezetéses híd esetén az ágyazat hosszirányú ellenállása,
- ✓ diszkrét, ragasztott vágány esetén a sín hosszirányú kitolási ellenállása.

Kiöntött síncsatornás felépítmény esetén meghatározó a csatorna és a sínszál közötti relatív elmozdulás-különbség megengedhető maximuma (belső nyírési repedések elkerülése a kiöntőanyagban).

# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

## A hídvég szögelfordulása



Hídvég szögelfordulása (elsősorban)

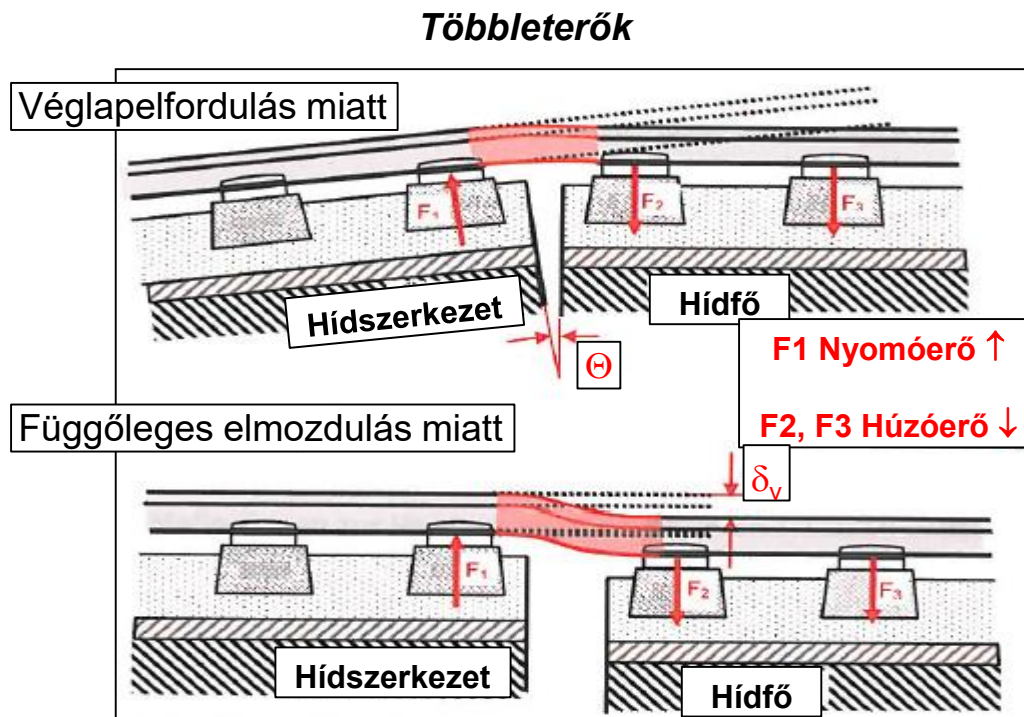
- ✓ önsúlyteherből,
- ✓ járműteherből.

Következmény: többleterők ébredése

- ✓ a diszkrét alátámasztásoknál a sínleerősítésekben,
- ✓ felszakító erő a kiöntött síncsatornás felépítményben.

# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

## 11.2. Többleterők a hídvég mozgásaiból

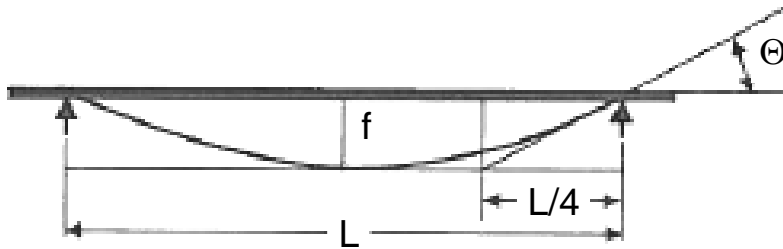


A többleterők nagyságát befolyásolja diszkrét sínalátámasztás esetében:

- a véglapelfordulás nagysága,
- a függőleges elmozdulás nagysága
- a híd – hídfő szomszédos két aljának távolsága,
- a sín hajlítási merevsége,
- a sínalátámasztási merevség nagysága.

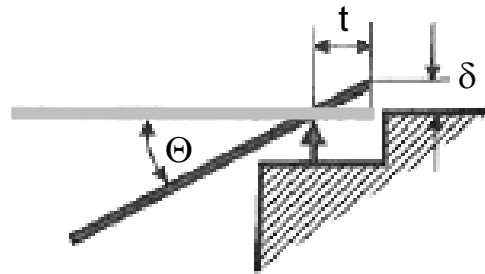
# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

## Számítási összefüggések



$$\text{Szögelfordulás: } = 4 \cdot f / L$$

$$\text{Emelkedés: } \delta_v = t \cdot \Theta$$



Értékek 60E1 rendszerű sín és 600 mm sínleerősítés távolság esetén:

- ✓  $\Theta = 1\text{‰}$ -es szögelfordulásból:  $F_2 = 0 \dots 0,6 \text{ kN}$ ,  
 $F_3 = 1,5 \dots 2,7 \text{ kN}$ ,
- ✓  $\delta_v = 1 \text{ mm}$  emelkedésből:  $F_2 = 9,8 \dots 19,4 \text{ kN}$ .

A kisebb erőértékek a statikus erők (önsúly, támaszsüllyedés) estén kialakuló sínátámasztási rugóállandónál és 600 mm-es sínátámasztás távolságnál érvényesek. A nagyobb erőértékek a járműteher alatt kialakuló dinamikus felkeményedés és 500 mm-es sínátámasztási távolság esetében jellemzőek.

# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

## A véglap felemelkedésének értékei

	Lehajlás kritérium						
	L/						
	600	800	1000	1200	1600	1800	2000
Véglapelfordulás [‰]	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002
Konzolhossz [mm]	Véglap felemelkedés [mm]						
100	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
200	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	0,4
300	2,0	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6
400	2,7	2,0	1,6	1,3	1,0	0,9	0,8
500		2,5	2,0	1,7	1,3	1,1	1,0
600		3,0	2,4	2,0	1,5	1,3	1,2
700			2,8	2,3	1,8	1,6	1,4
800				2,7	2,0	1,8	1,6
900				3,0	2,3	2,0	1,8
1000					2,5	2,2	2,0
1100					2,8	2,4	2,2
1200					3,0	2,7	2,4
1300						2,9	2,6
1400							2,8
1500							3,0

# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

*A hídvég függőleges elmozdulása miatt ébredő erők minimum értékei*

	Lehajlás kritérium						
	L/						
	600	800	1000	1200	1600	1800	2000
Véglapelfordulás [‰]	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002
Konzolhossz [mm]	F <sub>2,min</sub> [kN]						
100	6,5	4,9	3,9	3,3	2,5	2,2	2,0
200	13,1	9,8	7,8	6,5	4,9	4,4	3,9
300	19,6	14,7	11,8	9,8	7,4	6,5	5,9
400	26,1	19,6	15,7	13,1	9,8	8,7	7,8
500		24,5	19,6	16,3	12,3	10,9	9,8
600		29,4	23,5	19,6	14,7	13,1	11,8
700			27,4	22,9	17,2	15,2	13,7
800				26,1	19,6	17,4	15,7
900				29,4	22,1	19,6	17,6
1000					24,5	21,8	19,6
1100					27,0	24,0	21,6
1200					29,4	26,1	23,5
1300						28,3	25,5
1400							27,4
1500							29,4

# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

*A hídvég függőleges elmozdulása miatt ébredő erők maximum értékei*

	Lehajlás kritérium						
	L/						
	600	800	1000	1200	1600	1800	2000
Véglapelfordulás [‰]	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002
Konzolhossz [mm]	F <sub>2,max</sub> [kN]						
100	12,9	9,7	7,8	6,5	4,9	4,3	3,9
200	25,9	19,4	15,5	12,9	9,7	8,6	7,8
300	38,8	29,1	23,3	19,4	14,6	12,9	11,6
400	51,7	38,8	31,0	25,9	19,4	17,2	15,5
500		48,5	38,8	32,3	24,3	21,6	19,4
600		58,2	46,6	38,8	29,1	25,9	23,3
700			54,3	45,3	34,0	30,2	27,2
800				51,7	38,8	34,5	31,0
900				58,2	43,7	38,8	34,9
1000					48,5	43,1	38,8
1100					53,4	47,4	42,7
1200					58,2	51,7	46,6
1300						56,0	50,4
1400							54,3
1500							58,2



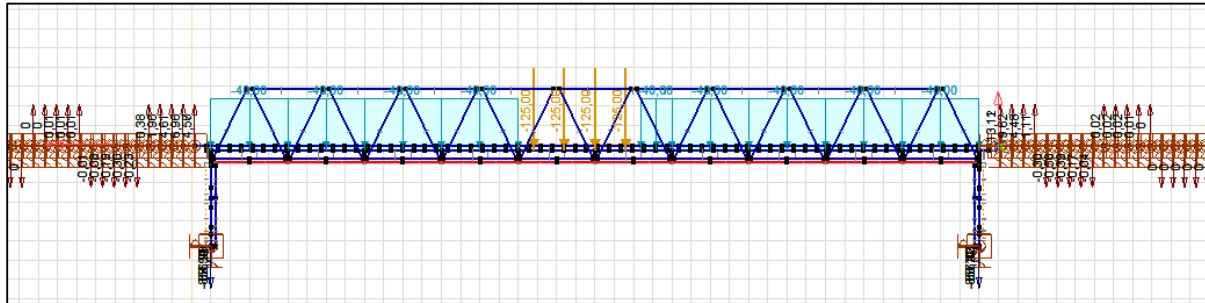
# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

*A hídvég elfordulása miatt ébredő erők minimum és maximum értékei*

	Lehajlás kritérium						
	L/						
	600	800	1000	1200	1600	1800	2000
<b>Véglapelfordulás [‰]</b>	<b>0,007</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
<b>F<sub>2,min</sub> [kN ]</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>F<sub>2,max</sub> [kN ]</b>	4,0	3,0	2,4	2,0	1,5	1,3	1,2
<b>F<sub>3,min</sub> [kN ]</b>	10,0	7,5	6,0	5,0	3,8	3,3	3,0
<b>F<sub>3,max</sub> [kN ]</b>	18,0	13,5	10,8	9,0	6,8	6,0	5,4

# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

## AxisVM 13 futtatási eredmények



### Paraméterek:

- $L = 40$  m támaszközű, alsópályás, rácsos híd
- hídhoz csatlakozó vb. merevlemez felépítmény
- LM71 teher
- konzolhossz 25 cm illetve 50 cm,
- sínágyazás függőleges rugalmassági állandója 10 kN/mm/m és 50 kN/mm/m értékek között (lág alátámasztások),
- sínalátámasztási pontok távolsága 600 mm

# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

## ***Határértékek***

Az MSZ EN 1991-2:2006 szerint a pályalemez felső síkján a nem állandó hatásokból számítható  $\delta_v$  [mm] relatív függőleges elmozdulás nem haladhatja meg a következő értékeket:

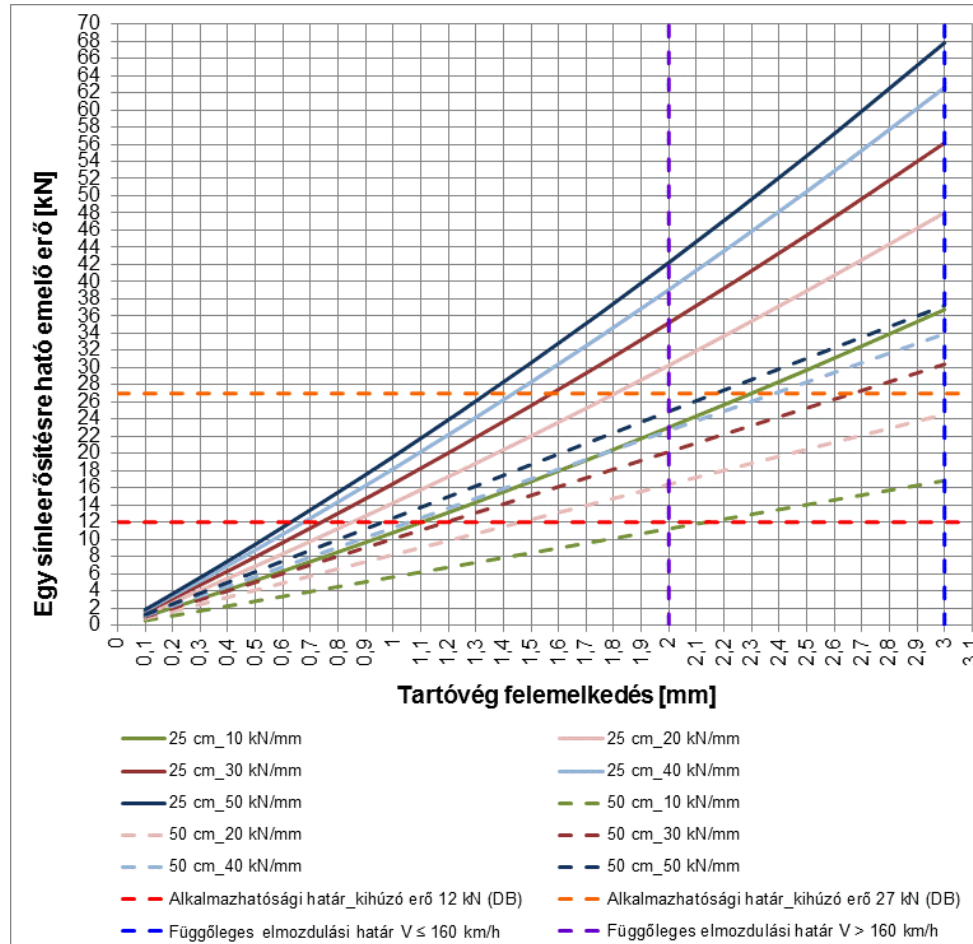
- $V \leq 160$  km/h sebességű pályákon 3 mm,
- $V > 160$  km/h sebességű pályákon 2 mm.

A Német Vasutaknál a megengedett kihúzóerő maximális értéke diszkrét sínleerősítésekre:

- szabványos sínleerősítésekre (pl. loarv 300, loarg 336) 12 kN / sínátámasztási pont,
- speciális sínleerősítésekre (pl. WBG rendszer) 27 kN / sínátámasztási pont.

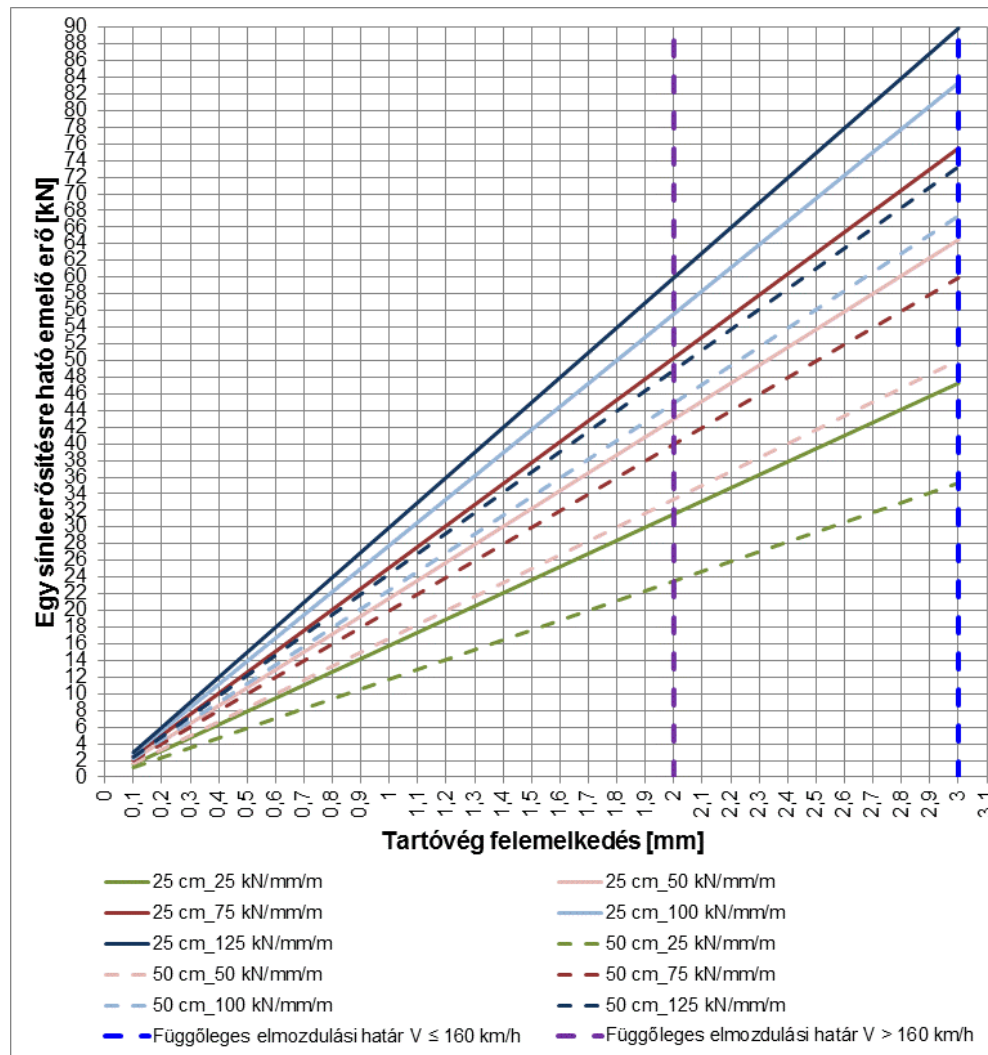
# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

## A függőleges kihúzóerők alakulása diszkrét sínleerősítésű vb. lemez esetén



# 11. HÍDVÉGMOZGÁSOK

**A függőleges kihúzóerők alakulása kiöntött síncsatornás vb. lemez esetén**



# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## 12.1. Talajcsere

Talajcsere akkor alkalmazható, ha

- a cserélendő talaj vastagsága és mennyisége a töltés méreteihez képest nem nagy,
- megfelelő durvaszemcséjű, jó teherbírású talajanyag áll rendelkezésre,
- a földkiemelés megbízhatóan és ellenőrizhetően végrehajtható,
- a cseretalaj kellő tömörséggel beépíthető,
- a kiemelt föld elhelyezése megoldható.

Nagy figyelmet kell fordítani a gazdaságossági, a környezetvédelmi és a minőségellenőrzési szempontokra.

Sűrű mérési hálózattal (kb. 100 m<sup>2</sup>-enként), megbízható módon (pl. dinamikus szondázással) kell igazolni, hogy a teljes talajcsere megvalósult.

Talajvíz alatti talajcsere csak különleges indokkal tervezhető.

# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

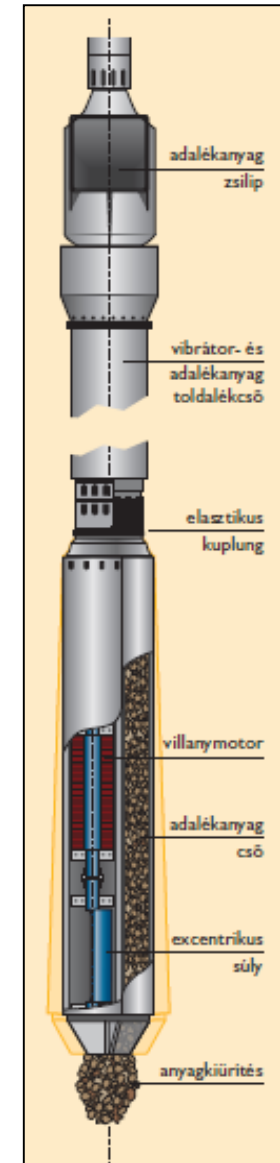
## 12.2. Vibrált kavicscölöpözés

A vibrált kavicscölöpözés esetében a környező talaj tömörödésével csak kis mértékben számolunk. A javulás a talajban létrehozott vibrált kavicscölöpök nagyobb merevségének és nagyobb nyírószilárdságának köszönhető.

Az alulról tápláló száraz eljárás során sűrített levegő segítségével durva szemcséjű adalékanyagot juttatunk a vibrátor csúcsán keresztül a talajba.

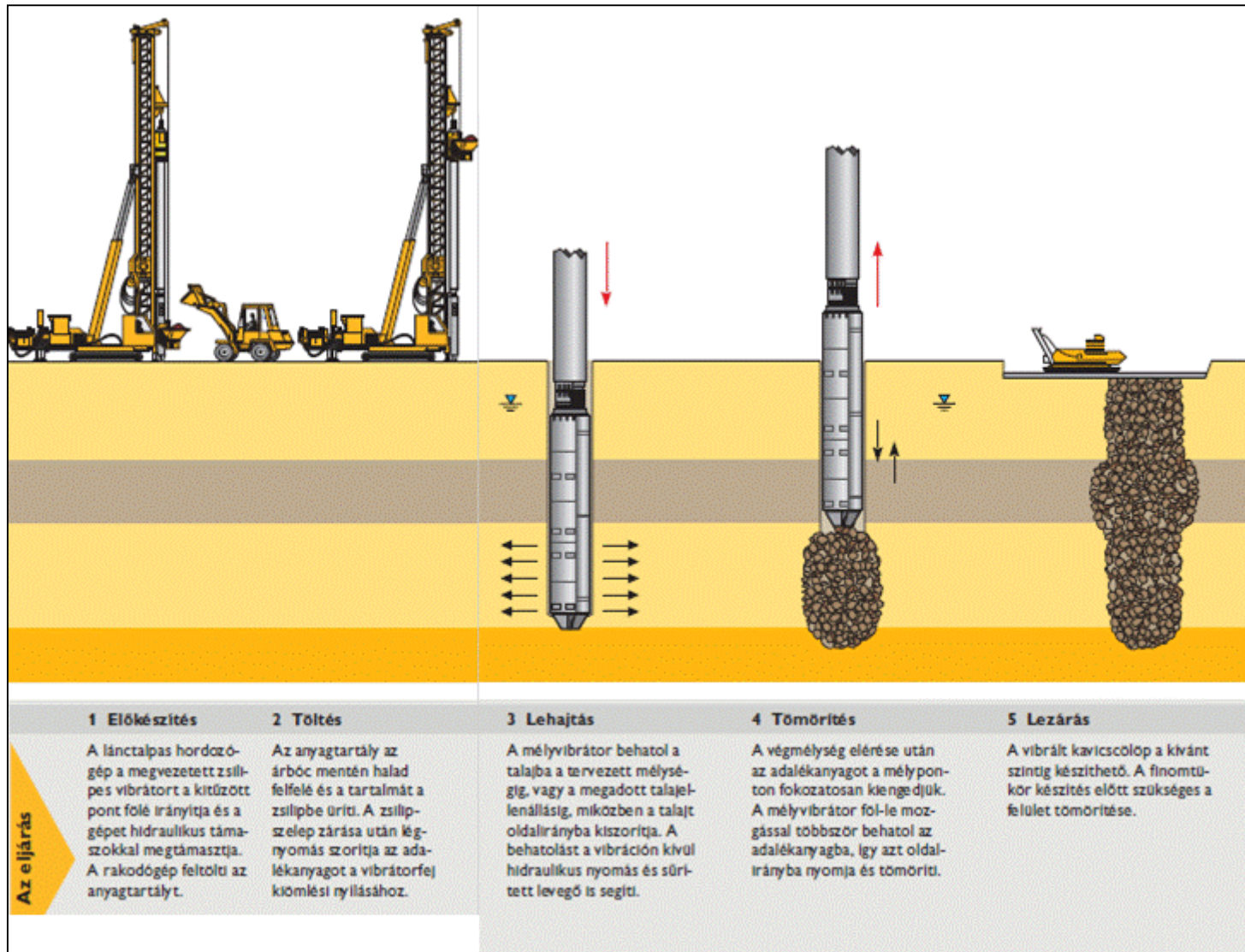
Zsilipes hordozógéppel általában kb. 20 m mélységig lehetséges a munkavégzés.

Az adott talajtól és a felhasznált anyagtól függően akár 600 kN-ig terjedő teherbírás is elérhető.



# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## Az eljárás



Az eljárás



## 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

Jellegzetességek:

- hatásmechanizmus a talajtípustól függ,
- talajkiszorításos eljárás – vibrációs célszerszám,
- üreg kiemeléses technológia (folytonosság),
- munkaeszköz átmérő : 40 cm, cölöp : 50 – 100 cm,
- kavicscölöp anyaga  $\phi = 35 \dots 40^\circ$  (homokos kavics, tört anyag),
- kavicscölöpök fölött georácsos erősítés az átboltozódás végett.

# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## 12.3. Döngölt kötömszök

Felszín közeli, néhány méter vastag, különösen gyenge talaj javítására alkalmas eljárás. A rendszer 1,5 – 2,5 m átmérőjű, gömb- / hengerszerű alakú, 8 – 10 tonna tömegű súlyok ismétlődő leejtését alkalmazza, 8 – 12 m ejtési magasságról, tervezett kiosztási formációban.



## 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

A talajra 0,5 – 1,5 m vastag zúzottkő vagy homokos kavics anyagot terítenek. Ezt fogja az ejtegetések során a nagy energiával becsapódó tömeg az altalajba bepréselni. Egy-egy kötömsöt 3...6 fázisban, fázisonként 5...6 döngöléssel érdemes előállítani.

A becsapódó súly energiája lökeshullámokat kelt, amelyek 8 – 10 m mélységig hatolnak le. Ezek a lökeshullámok laza talajokban folyós állapotot idéznek elő, amit nyomban követ a talaj tömörödése, illetve a kohéziós talajokban igen nagy pórusvíz nyomást hoznak létre, amit a talaj konszolidációja követ.

Az ütés helyén kráter képződik, amely 2 m mély is lehet. A kráter feltöltése történhet a kiszorult talajjal vagy adalékanyaggal (homokkal, nagyszemcsés kavicccsal, bányameddővel, zúzottkővel, vagy akár betontörmelékkel). Így jönnek létre a drénező tulajdonsággal is bíró kötömsök.

Általában 5-10 méter mélységig, de természetesen a mélységgel csökkenő hatásokkal alkalmazható. A geotechnikai körülmények és az elérni kívánt hatás függvényében kell meghatározni a kötömsök átmérőjét, egymástól való távolságukat, mélységi kiterjedésüket.

A kötömsök elkészítése után 0,5 vastag szemcsés feltöltést terítenek.

A döngölési hatás térfogati és határfelületi hullámokat indít el a talajban, illetve annak felszínén. A dinamikus hatás helyétől, mint forrásponttól a továbbhaladó energia nagysága ugyan a távolsággal csökken, azonban elsősorban épületekkel beépített környezetben egy több tíz méteres sugárú biztonsági zónát kell létrehozni a károsodások elkerülése érdekében.

# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## 12.4. Töltés mélykeveréses stabilizálása

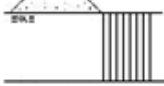
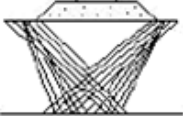
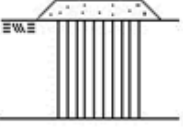
A mélykeverés célja a talaj jellemzőinek javítása, azaz a nyírószilárdság növelése és/vagy az összenyomhatóság csökkentése azáltal, hogy összekeverik a talajt valamilyen vegyi adalékanyaggal, amely reakcióba lép vele.

A mélykeveréses technológia alkalmazása során gyakorlatilag talajbetont állítanak elő, csak a kötőanyagot nem hidraulikusan (mint a jethabarcosítás esetében), hanem mechanikus energiával viszik be és keverik el a talajjal. Eszköze olyan fúróberendezés, mely 1-6 szárból állhat, s amely(ek)nek a végén egy vagy a szár(ak) mentén több speciális lapát van.



# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## Az eljárások jellemzői

Vázlat	Eljárás és elv	Készítése a forgalmat zavarja-e?	Alkalmazható talajfajta	Stabilitás növelése	Süllyedés csökkentése
	Mélykeverés, alkalmazás a felépítményen kívül  Helyszíni talaj és cementes anyag keveréke, függőleges merev cölöp készítése az altalajban	Nem	Vizes (nedves) eljárás: a legtöbb lágy talajfajta esetében  Száras eljárás: lágy, finomszemcsés talajok esetén	Igen	Nem
	Mélykeverés, kivétel ferde vonalban a felépítmény alatt  Helyszíni talaj és cementes anyag keveréke, ferde merev cölöp készítése az altalajban	Nem	Vizes (nedves) eljárás: a legtöbb talajfajta esetében  Száras eljárás: lágy, finomszemcsés talajok esetén	Igen	Igen
	Mélykeverés, kivétel a felépítményen keresztül  Helyszíni talaj és cementes anyag keveréke, függőleges merev cölöp készítése az altalajban	Igen	Vizes (nedves) eljárás: a legtöbb talajfajta esetében  Száras eljárás: lágy, finomszemcsés talajok esetén	Igen	Igen

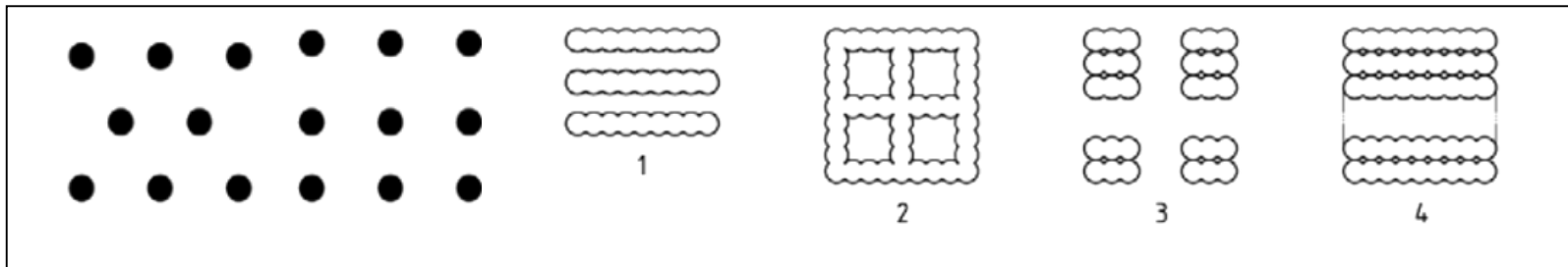
## 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

A mélykeverés céljától függően a kezelési pontok sokféle elrendezése lehet indokolt.

Egyedi oszlopokkal akkor dolgoznak, ha az elsődleges cél a süllyedések csökkentése, míg a stabilitás növelése másodlagos.

Oszlopcsoportokat főleg töltések és épületalapok süllyedésének csökkentésére és a teherbírásuk növelésére használják. Az oszlopcsoportok, melyekben az oszlopok vagy összeérnek, vagy egymásba metsződnek, lehet rácsszerű, U-alakú és kör alakú.

Tömbszerű kiosztás akkor kell, ha nagy talajzónát kívánnak nagymértékben megszilárdítani, ami stabilitási célt szolgálhat.



# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## *A kötőanyag kiválasztása a talajtípus függvényében*

Kötőanyag	Iszap	Agyag	Sáros szerves agyag	Tőzeg
Cement	++	+/(+)	+/(+)	++/+++
Cement + gipsz	+	+	++	++
Cement + salak	++/++(+)	++/++(+)	++	++/+++
Mész + cement	++	++	+	-
Mész + gipsz	++	++	++	-
Mész + salak	+	+	+	-
Mész + gipsz + salak	++	++	++	-
Mész + gipsz + cement	++	++	++/++(+)	-
Mész	-	+++	-	-
+++legtöbbször hatékony      ++ többnyire hatékony + néhány esetben hatékony      - nem használható				

## 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

Speciálisan a vasúti pályák alatti talajkeverésre lett kifejlesztve a SPRINGSOL eljárás, mely lehetővé teszi a talpfák között az ágyazaton keresztül is, anélkül, hogy az ágyazat anyagát károsítaná. Először egy 168 mm átmérőjű furatot készítenek az ágyazaton keresztül, majd egy összezárható talajkeverő fej segítségével készítik el a talajkeveréses oszlopot monitoring-rendszer használatával



*Az elkészült oszlop*





# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## 12.5. Jet grouting eljárás

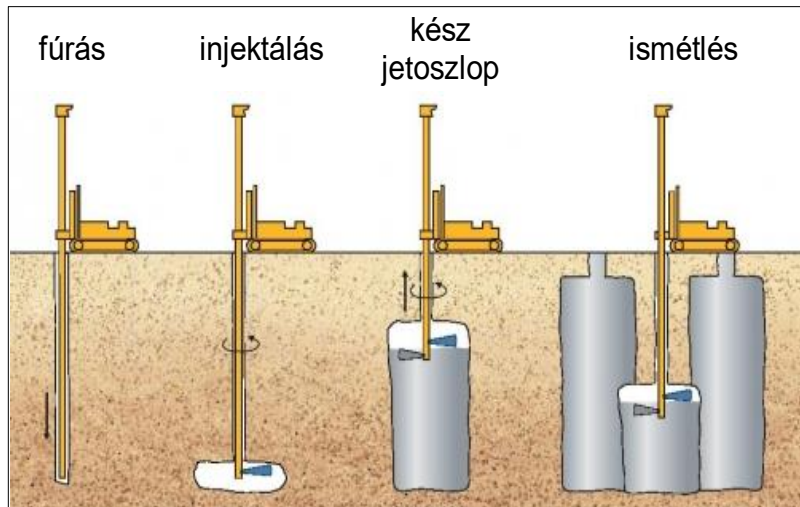
A jet grouting eljárás talajhabarcsosítást jelent.

Lehetőség van akár ferde, akár függőleges „javított” talajoszlopok létrehozására.

A célgép csövét a kívánt mélységig hajtják le, majd visszahúzása és forgatása közben a cső alján levő szelepeken 300-600 bar nyomással cementhabarcsot juttatnak a talajba. Ez átkeveri a talajt, és 0,6-2,0 m átmérőjű, 10-15 MN/m<sup>2</sup> nyomószilárdságú, 10<sup>-7</sup>-10<sup>-9</sup> m/s áteresztőképességű talajoszlopot hoz létre. Szemcsés talajban lesz nagyobb az átmérő, a szilárdság és az áteresztőképesség is.

A módszer előnye, hogy agyagok kezelésére is képes, amire a többi talajszilárdító eljárás nem, vagy alig.

**A jet grouting eljárás technológiai lépései**



**Jetelés hídfőnél**



# 12. GEOTECHNIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

## A gyenge altalajt erősítő megoldások értékelése

technológia - konstrukció		stabilitásnövelés			deformációcsökkentés		kivitelezés			
		alaplörés	szétcsúszás	oldalkitérés	süllyedés nagysága	konzolidációs idő	költségcsökkentés	időmegtakarítás	környezetvédelem	
építés-szervezés	lépcsős építés	++	+	+	0	-	++	--	++	
	töltés	--	--	-	0	++	+	-	+	
célszerű töltéskezelés	töltésmagasság optimalizálása	+	+	+	+	+	+	+	0	
	töltésrézsű laposítás	+	+	+	0	0	+	+	-	
	padkásítás	+	+	+	0	0	+	+	-	
	töltéstömeg csökkentése	+	+	+	+	+	+	+	+	
	geoműanyagos erősítés	++	++	+	0	0	+	0	+	
előzetes talajjavítás	mélytömörítési módszerek	vibrációs mélytömörítés	++	+	++	++	++	-	++	-
		vibrált kőoszlop (kavicsölöpezés)	+	+	+	+	++	--	++	-
		dinamikus konzolidáció	++	+	++	++	++	-	++	-
		dinamikus talajcsere (kötömzs)	++	+	++	++	++	-	++	-
	talajjavítás kötőanyagbevitellel	oszlopszerű mélykeverés	+	+	+	++	+	-	++	0
		tömegstabilizálás	++	++	++	++	+	-	++	0
		betonoszlop	+	+	+	++	+	--	++	0
	egyéb módszerek	talajcsere	++	++	++	++	+	--	++	0
		szalagdrénezés	0	-	0	0	++	++	++	0
			++ nagyon kedvező	+	0 közömbös	- kedvezőtlen	-- nagyon kedvezőtlen			