

**ÚJ TECHNOLÓGIÁK ÉS ANYAGOK A PÁLYAÉPÍTÉSBEN ÉS FENNTARTÁSBAN
SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS
BÉKÉSCSABA, 2011. augusztus 31 - szeptember 2.**

A VASÚTI ALÉPÍTMÉNY KARBANTARTÁSÁNAK ÉS REHABILITÁCIÓJÁNAK EGYES KÉRDÉSEI



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

Dr. Horvát Ferenc
főiskolai tanár

TARTALOM

1. Bevezető gondolatok

- 1.1. A vasúti pálya műszaki teljesítőképessége
- 1.2. Az ÖBB „Strategie Fahrweg” projektje

2. Az alépítmény(i földmű) diagnosztikája

- 2.1. Az alépítmény diagnosztika céljai
- 2.2. Az alépítmény diagnosztika módszerei
- 2.3. Felépítményi mérővonati adatok elemzése
- 2.4. Helyszíni talajfizikai és teherbírás mérési adatok feldolgozása
- 2.5. Az alépítmény kutatása georadarral
- 2.6. A vágánygeometria és a georadaros mérési eredménylap együttes kiértékelése

3. Az alépítmény rehabilitációjának kivitelezése

- 3.1. Általában az alépítmény rehabilitációjáról
- 3.2. Az alépítmény rehabilitációjának kivitelezése földmunkás technológiával
- 3.3. Az alépítmény rehabilitációjának kivitelezése alépítmény-átépítő szerelvényekkel
- 3.4. A Cegléd – Kiskunfélegyháza vonal egyes szakaszai rehabilitációjának elemzése vágánygeometriai alapon

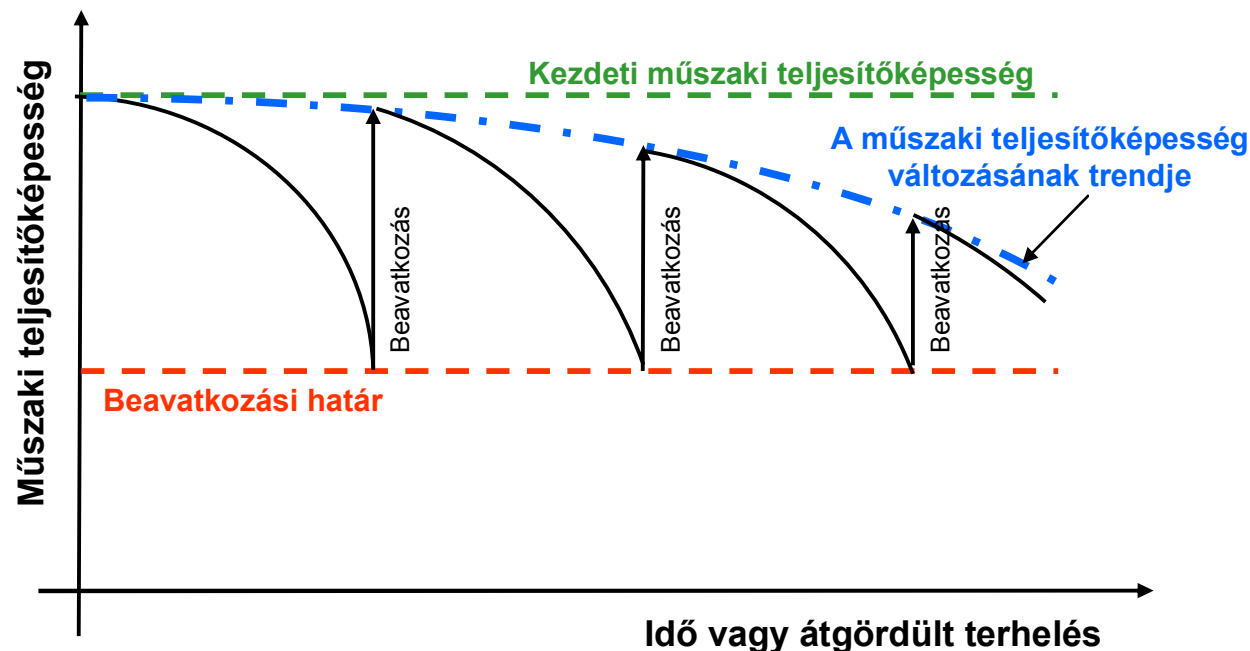
1. BEVEZETŐ GONDOLATOK

1.1. A vasúti pálya műszaki teljesítőképessége

Műszaki teljesítőképesség: a vasúti pálya milyen mennyiségi és minőségi szinten képes feladatát ellátni. Jellemzői: pályára engedélyezett sebesség és tengelyterhelés, elviselt forgalmi terhelés, a pálya geometriai és szerkezeti állapota).

A vasúti pálya az alábbi okok miatt nem tud változatlan műszaki teljesítőképességű maradni:

- szerkezeti bizonytalanságok (eltérő anyagú és viselkedésű szerkezeti elemek),
- járművek okozta igénybevételek, környezeti hatások \Rightarrow a pálya romló állapota,
- a túlhasználat és a túlterheltség kedvezőtlen hatása,
- a karbantartási és felújítási munkák elmaradása.



1.2. Az ÖBB „Strategie Fahrweg” projektje

Az ÖBB és a Grazi Műszaki Egyetem együttműködésének eredménye (1997-2004).

Cél: a vasúti pálya karbantartási és felújítási tevékenységéhez műszakilag és gazdaságilag optimális rendszer megalkotása volt, amely gyakorlatilag a teljes élelciklus költségek (LCC) optimalizálását jelentette.

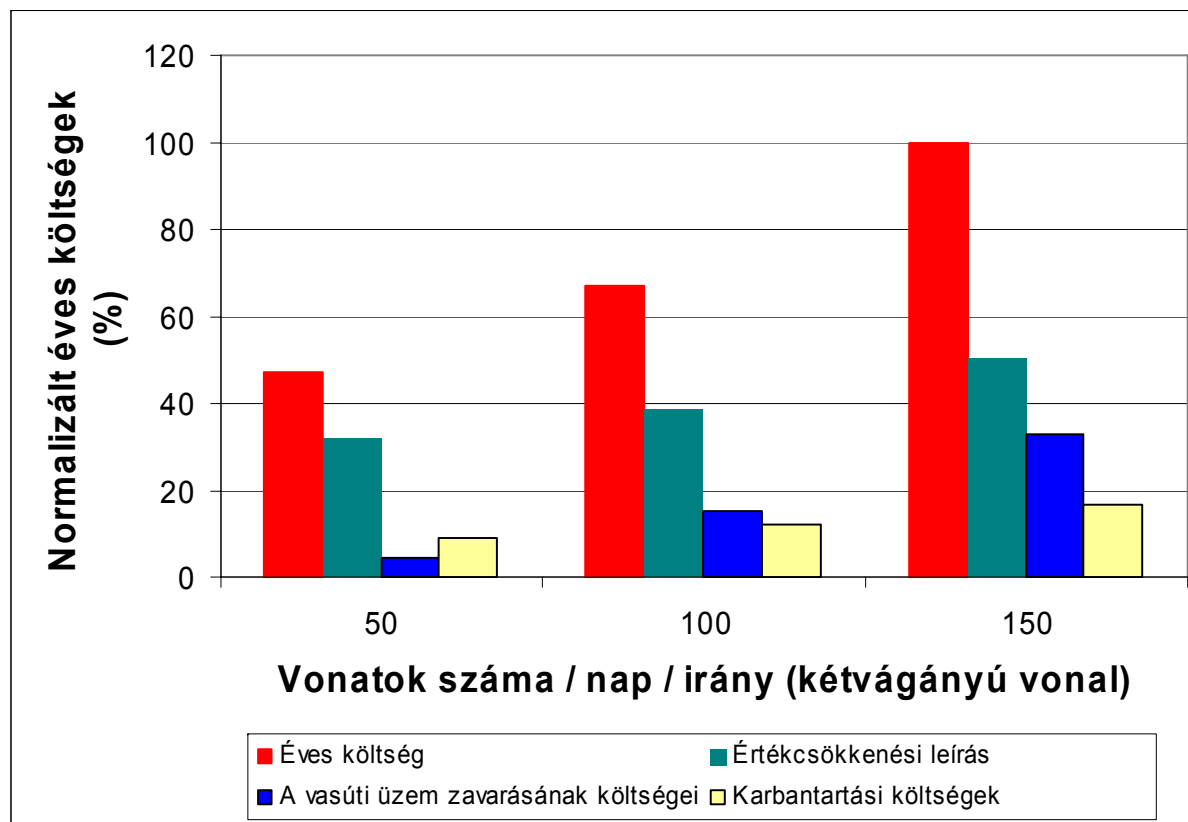
A gazdasági értékelés az élelciklus költségek áttekintésén alapult, a vizsgált időszak a mindenkor pályaelemek fekvésideje volt. A karbantartási mellett a beruházási költségeket és az esetleges maradékértékeket, valamint a vágányban végzett munkák és a felépítmény nem megfelelő állapota miatt fellépő üzemzavarás (lassújelek, vágányzárak) költségeit is figyelembe vették.

Az ún. normakilométerekre vetített összes költség legfontosabb meghatározói az alábbiak voltak:

- a vágány vonalvezetése (elsősorban az ívviszonyok),
- a felépítmény kialakítása,
- **az alépítményi viszonyok,**
- a forgalmi terhelés.

1. BEVEZETŐ GONDOLATOK

A normalizált éves költségek összetevői



Az éves költségeket elsősorban az értékcsökkenési leírás dominanciája jellemzi, de a forgalom növekedésével együtt az üzemzavarási költségek is erőteljesen növekszenek. **Vagyis a kiinduló jó minőség és a megfelelő szintű műszaki állapot tartóssága döntő tényező.**

Amennyiben a forgalmi terhelés 10 000 et/nap értéknél nagyobb, úgy a karbantartási munkák elvégzése helyett bevezetett lassújelek a lehető leggazdaságosabb megoldást jelentik, ezen a módon költséget megtakarítani nem lehet.

1. BEVEZETŐ GONDOLATOK

A projekt más vasutak számára is nagyon hasznos eredményei a következők:

- 1.) A vasúti pálya kiindulási minőségének döntő szerepe van a működtetés műszaki és gazdasági vonatkozásaira.
- 2.) Törekedni kell a pályaelemek fekvésidejének meghosszabbítására.
- 3.) A lassújelek bevezetése a gondok gazdaságtalan kezelését jelenti.
- 4.) **Közepes és nagyobb forgalmú (12 000 et/nap feletti) pályákon az alépítmény felújításának gazdasági előnyei is vannak.**

Az alépítmény állapota a forgalmi terhelés mellett kihat a felépítmény élelciklus költségére. A jó és a rossz alépítmény költségkihatásának aránya gyenge forgalmú pályán 1:2, 1:3, de nagyon forgalmas pályán akár az 1:8-at is elérheti.

2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

2.1. Az alépítmény diagnosztika céljai

A vasúti alépítményi földmű diagnosztikája:

- új földmunkák minősítése,
- általános állapotminősítés,
- lokális hibák feltárása,
- felújítási munkák előkészítése.

A diagnosztikai vizsgálatok jelentős része pontszerű vizsgálat és általában talajazonosításra, talajfizikai tulajdonságok meghatározására, illetve a rétegszerkezet tömörségi és teherbírási értékeinek meghatározására szolgálnak.

Tehát az adatgyűjtés sohasem folyamatosan a teljes rétegekben. A mérések rendszerint 0,5 * 0,5 m alapterületű és legfeljebb 0,5 m mélységű anyaghalomra vonatkoznak és azután a mérés eredményét lehet kiterjeszteni az adott térfogatú (pl. 100 m hosszú, teljes földmű-keresztmetszetű, 50 cm mély) anyagra.

A vasúti földművek diagnosztikája során támogatni kell azokat a talajmechanikai és geofizikai vizsgálati módszereket, amelyek alkalmazása esetén a pontszerű feltárási helyek mellett a földmű minőségének és összetételének folyamatos, vagy „kvázi” folyamatos meghatározására nyílik mód.

2.2. Alépítmény diagnosztikai módszerek

Gyalogbejárás megfigyelések.

Felépítményi mérővonati adatok elemzése.

Helyszíni hossz- és keresztirányú talajfelderítés:

- vágatolás,
- mintavétel, talajminták laborálása, talajazonosítás, talajfizikai jellemzők meghatározása,
- talajvíz adatok meghatározása,
- feltáró fúrások, rétegszelvények készítése,
- az eredmények kiértékelése.

Helyszíni tömörség és teherbírás mérések.

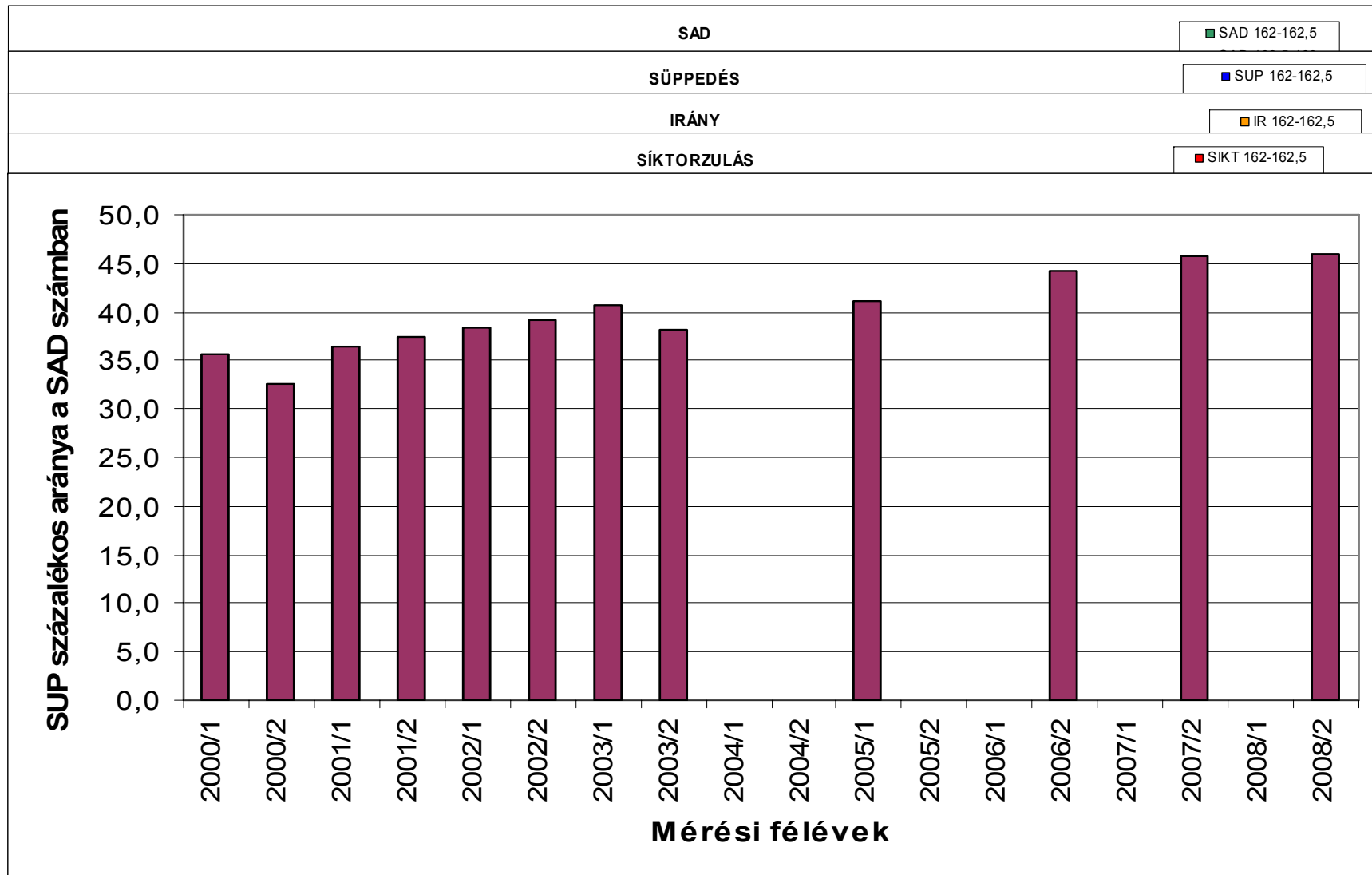
Mérés georadarral.

Egyéb vizsgálatok (pl. CPT szonda, szeizmikus mérés).

2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

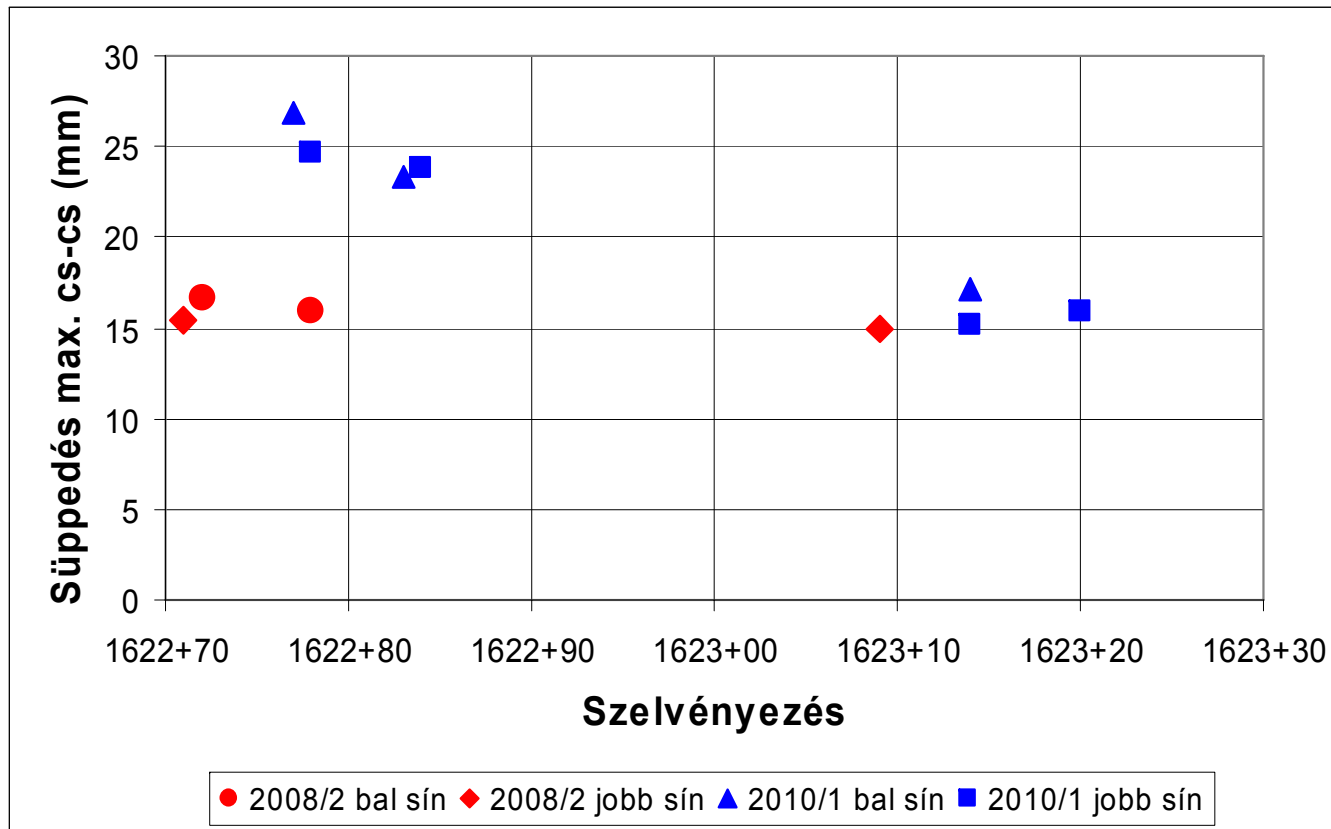
2.3. Felépítményi mérővonati adatok elemzése

Budapest - Hegyeshalom vonal,
1620/1630 szelvények között (Lébény - Kimle), jobb vágány



2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

Lokális hibák, süppedés cs-cs alakulása 2008/2 illetve 2010/1 mérések alapján a hibákkal legjobban terhelt 50 méteren

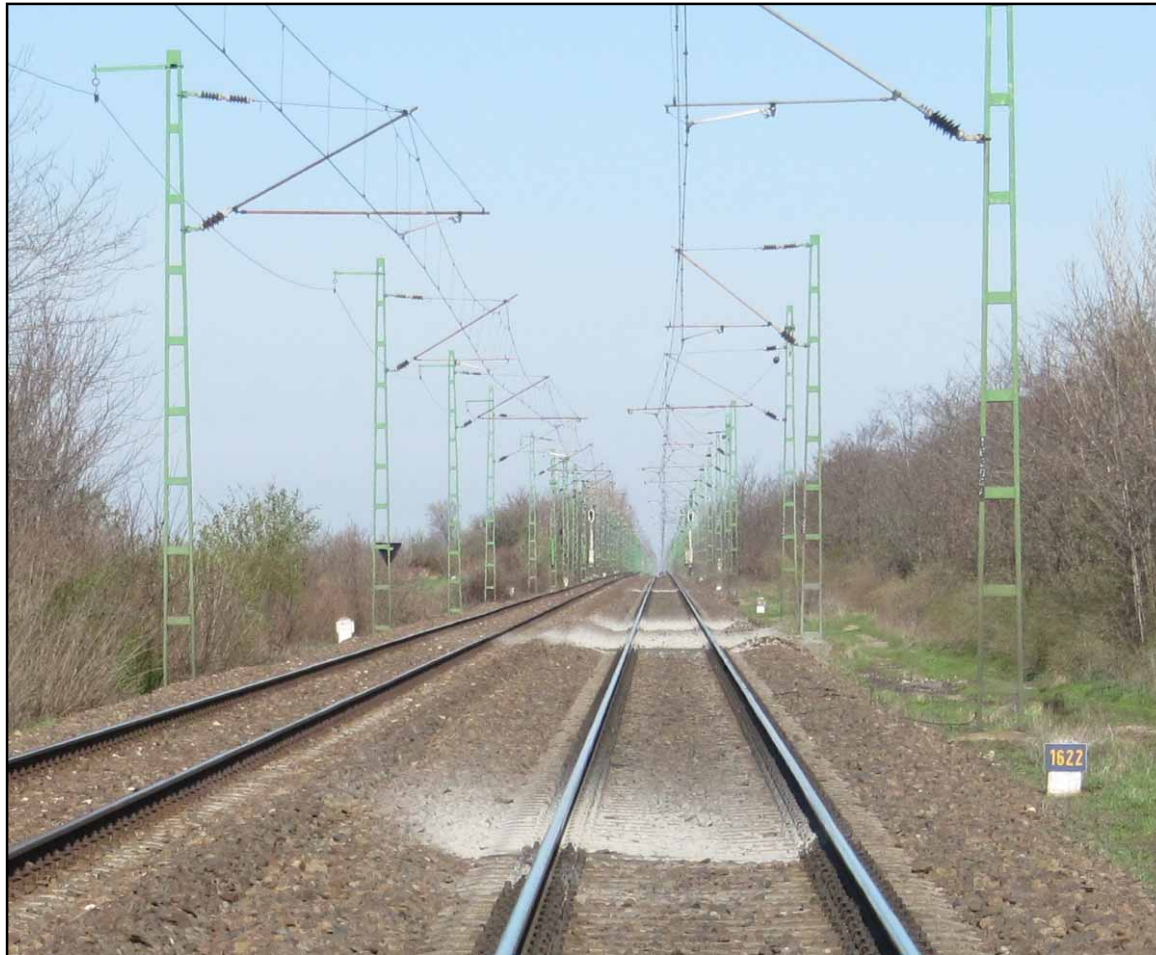


2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

Jellemző	Vágat szelvénye			
	1620+50	1621+29	1621+70	1622+58
Talaj neve	iszap	sovány agyag	iszap	sovány agyag
Víztartalom: w (%)	22,4 / 22,5	20,9 / 20,0	20,9 / 25,5	21,6 / 23,1
Folyási határ: w_L (%)	33,6	35,5	33,9	35,8
Plaszticitási index: I_p (%)	13,3	15,2	14,1	15,4
Hézagtényező: e	0,65	0,60	0,61	0,61
Relatív telítettség: S_r	0,93	0,94	0,93	0,96
Összenyomódási modulus: E_s (MPa)	3,7	3,7	3,1	3,2
Statikus teherbírasi modulus: E_2 (MPa)	13,6	19,6	16,9	15,2
Jellemző	Vágat szelvénye			
	1623+05	1624+00	1624+95	1625+50
Talaj neve	iszap	iszap	iszap	iszap
Víztartalom: w (%)	22,4 / 20,8	19,4 / 21,1	20,8 / 18,5	20,7 / 20,8
Folyási határ: w_L (%)	34,5	31,0	32,6	37,9
Plaszticitási index: I_p (%)	12,8	12,4	13,3	13,9
Hézagtényező: e	0,65	0,57	0,57	0,61
Relatív telítettség: S_r	0,93	0,93	0,98	0,92
Összenyomódási modulus: E_s (MPa)	2,8	2,6	3,6	3,0
Statikus teherbírasi modulus: E_2 (MPa)	15,1	19,6	18,6	21,1

2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

Állapot (2010. 04. 01.) az 1622 szelvénytől

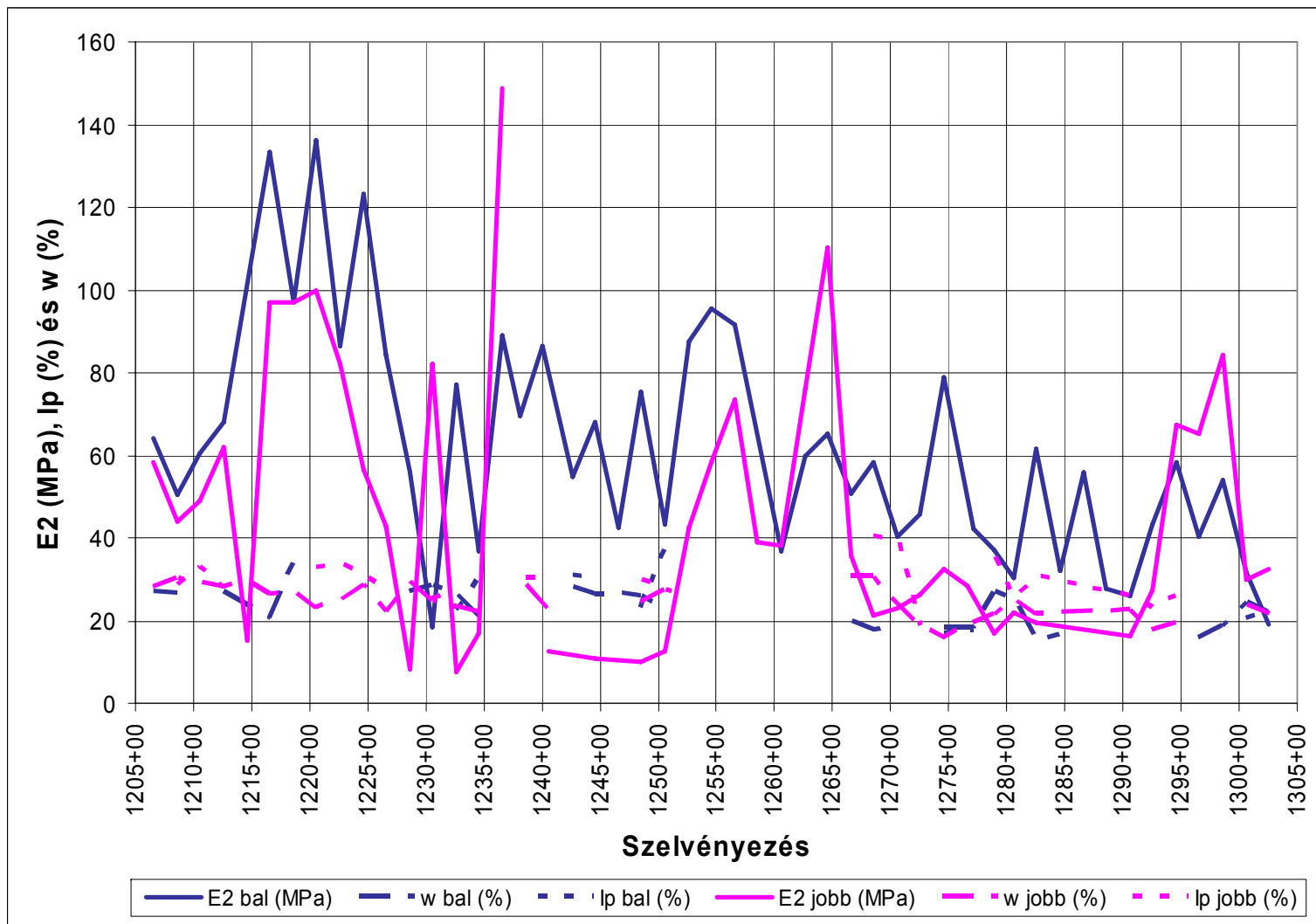


Kísérleti szakasz kialakítása 2010. májusában: ágyazatrostálás és ágyazat alá georács illetve georács és geotextil beépítése.

2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

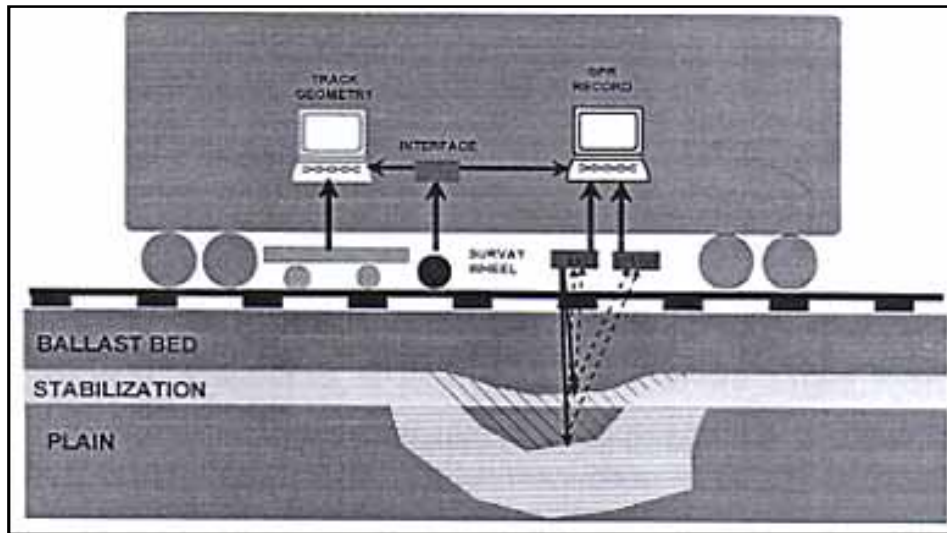
2.4. Helyszíni talajfizikai és teherbírás mérési adatok feldolgozása

Törökszentmiklós (kiz.) – Fegyvernek-Örményes (kiz.)
1204+00 – 1303+50 szelvények közötti pályaszakasz



2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

2.5. Az alépítmény kutatása georadarral







A georadaros rétegfelvétel eljárási rendje: megelőző feltárás vágatokkal, mintavételekkel \Rightarrow laboratóriumi vizsgálatok és talajazonosítás \Rightarrow georadaros mérés és kiértékelés.

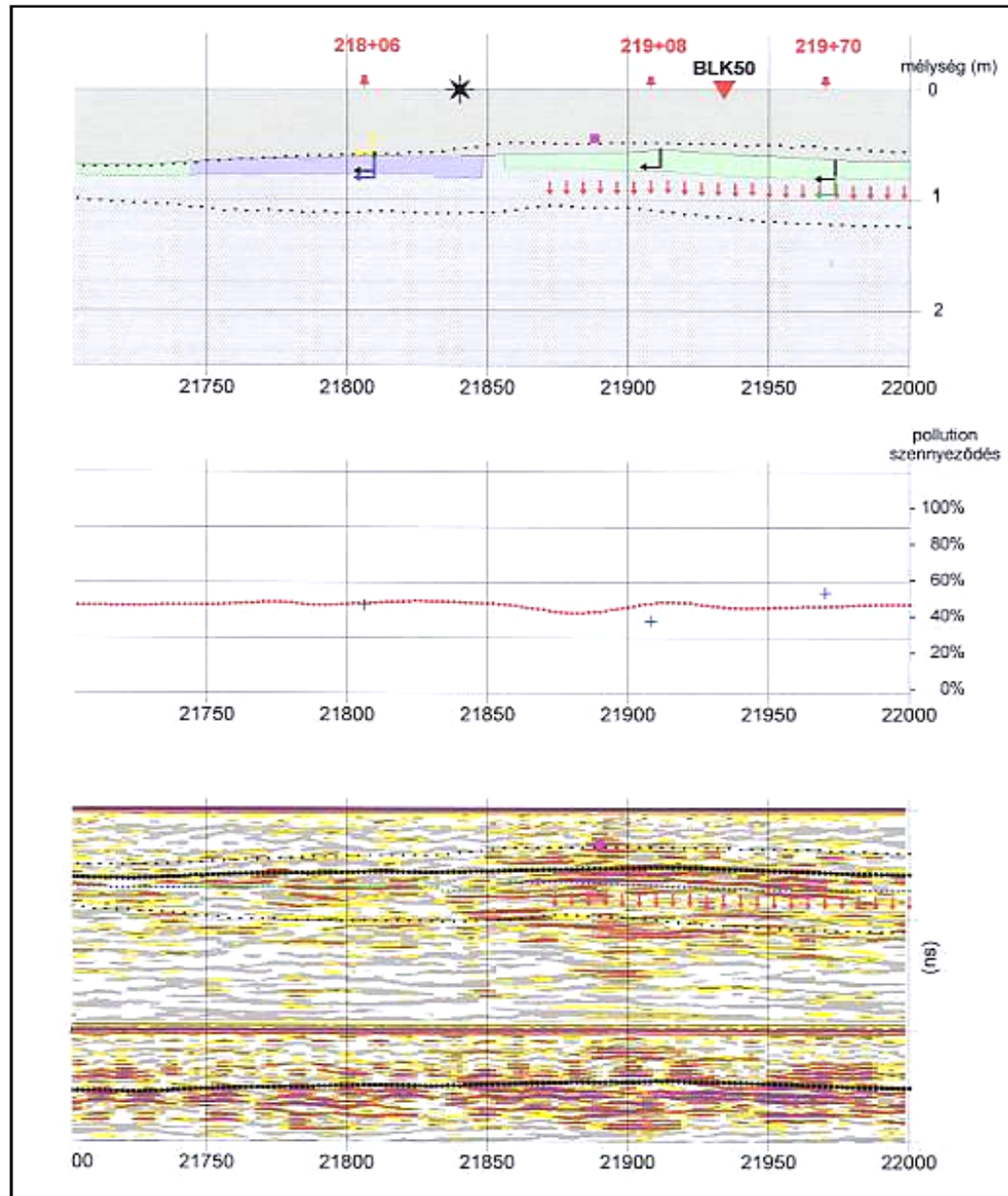
A **georadaros eredmények** – jellegüknél fogva – nem alkalmasak a talajfizikai jellemzőkkel és a teherbírással kapcsolatosan konkrét értékek megállapítására, de annál nagyobb segítségünkre lehetnek meglévő pályák rehabilitációja során nagyon értékes kiinduló információik által. A mérési eredménylap kiértékelésével folyamatos adatsorok határozhatók meg az alábbiakra:

- a szerkezeti és a természetes rétegek pályahossz menti elhelyezkedése,
- a szerkezeti és a természetes rétegek vastagságai,
- a rétegkeveredések helyei, hossza,
- az ágyazati anyag szennyezettsége,
- a hídszerkezetekhez csatlakozó földmű állapota,
- kijelölhetők a további részletes feltárást kívánó helyek,
- behatárolhatók a rossz állapotú szakaszok.

2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

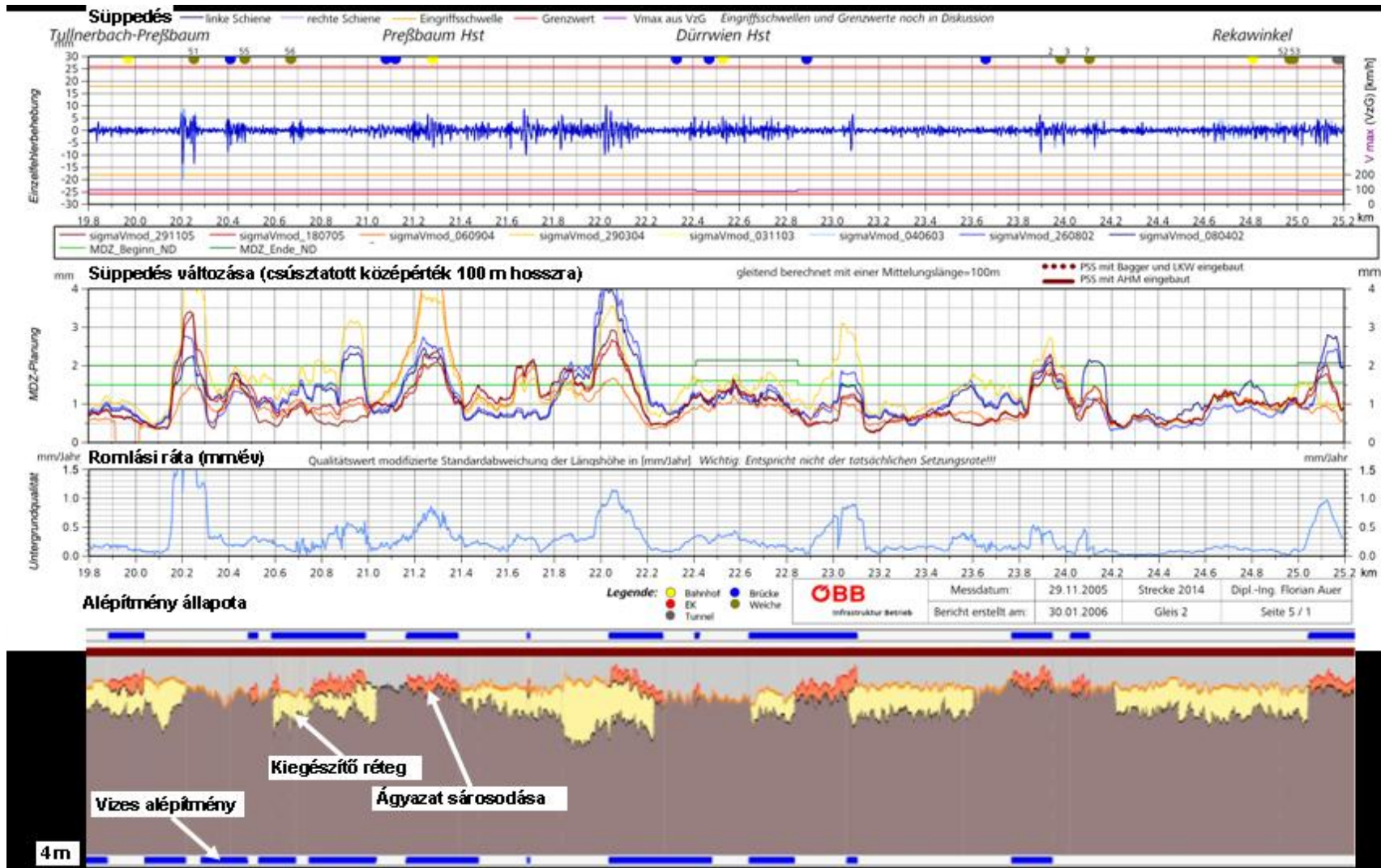
Radargram, mérési eredménylap és jelmagyarázata

	kevésbé szennyezett ágyazat
	ágyazat / szennyezett ágyazat
	védőréteg – hom. kavics
	védőréteg - salak
	földmű – homok
	földmű – finom homok
	földmű - agyag
	földmű - iszap
	földmű - kavics
	nem meghatározott réteg
	hiba és/vagy anomália
	talajtömb-határ
BLK 01 (+/?/!)	talajtömb elnevezése (minőségi megjelölés)



2. AZ ALÉPÍTMÉNY(I FÖLDMŰ) DIAGNOSZTIKÁJA

2.6. A vágánygeometria és a georadaros mérési eredménylap együttes kiértékelése



Rehabilitációs munkák, nagyobb hosszúságú alépítmény javítások ne történhessenek meg előkészítő georadaros értékelés nélkül!

3. AZ ALÉPÍTMÉNY REHABILITÁCIÓJÁNAK KIVITELEZÉSE

3.1. Általában az alépítmény rehabilitációjáról

A vasúti alépítmény állapotának javítását (rehabilitációját) szolgáló beavatkozások megítélésének legfontosabb szempontjai:

- az elért minőség, annak egyenletessége és tartóssága,
- a vágányzári idő hatékony kihasználása,
- a költségek tekintetében optimalizált kivitelezés.

Kérdés: meddig lehet sokszor 100 évesnél is öregebb, kedvezőtlen anyagú és környezetű földműveken sebességet és tengelyterhet emelni? Mekkora anyagi áldozat árán szabad, s milyen műszaki tartalommal lehet ilyen körülmények között hosszabb időtávra (több mint 50 év) megfelelő alépítményt kialakítani?

$V = 160$ km/h tervezési sebesség felett egyre inkább meg kell barátkozni azzal a gondolattal, hogy új földművön lehet csak a megfelelő minőségű, hosszabb időtávra megfelelő vágányt kialakítani. Ezekben az esetekben minőségi váltás szükséges, nem a technikai minimumra kell törekedni. **A tartósan jó műszaki színvonalnak kell dominálnia, nem pedig kizárólag a bekerülési költségnek.**

Az egyes tervfázisokhoz tartozó geotechnikai előkészítés súlyát jelentősen növelni kell, nem ezen kell időt és költséget megtakarítani. Remélhetőleg az új D.11. Utasítás (Vasúti alépítmény tervezése, építése, karbantartása és felújítása) szellemisége ezt jól fogja szolgálni.

3. AZ ALÉPÍTMÉNY REHABILITÁCIÓJÁNAK KIVITELEZÉSE

Az utóbbi időben egyre élesebben vetődik fel a kérdés, hogy a nagy rehabilitációs munkák során a földmunkás technológia megfelelő-e vagy az alépítmény-javító nagygépes technológiát kell előnyben részesíteni. Természetesen a válasz számtalan műszaki és gazdasági szempont elemzése után hozható meg és mindig csak az adott projektre érvényes módon. A legfontosabb meghatározó tényezők:

- a helyszínrajzi vonalvezetési paraméterek (pl. ívsugár, túlemelés),
- a magassági vonalvezetési paraméterek (pl. lejtérték, bevágás mélysége),
- a rehabilitálandó alépítmény állapota; pl. a DB Ril 836 alépítményi előírás-gyűjteménye nagygépes védőrétegbeépítést csak $E_{v2} \geq 20$ MPa alépítményi teherbírás esetén engedélyez,
- a tervezett alépítményi rétegszerkezet jellemzői (pl. szükséges erősítő réteg vastagsága),
- a kétféle technológia előnyei illetve hátrányai,
- az üzemi alkalmazási körülmények (pl. tartós vágányzári lehetőségek),
- az építési logisztika lehetőségei.

3. AZ ALÉPÍTMÉNY REHABILITÁCIÓJÁNAK KIVITELEZÉSE

3.2. Az alépítmény rehabilitációjának kivitelezése *földmunkás technológiával*

ELŐNYÖK

- 1.) Az alépítménykorona jól tömöríthető.
- 2.) Könnyen fektethető és jól tömöríthető a kiegészítő réteg.
- 3.) A réteghatárokon a teherbírás folyamatosan ellenőrizhető.
- 4.) A kiegészítő intézkedések, válaszul az építés közben felfedezett hiányosságokra, végrehajthatók.
- 5.) A(z elbontott) vágány nem zavarja a munkákat.

HÁTRÁNYOK

- 1.) Relatív hosszú építési idő.
- 2.) Kétvágányú pályán korlátozott a kitermelés mélysége (határ kb. sk-1,10 m).
- 3.) A hosszirányú gép- és szállítójármű közlekedés károsít(hat)ja az alépítménykoronát.
- 4.) A minőséget erősen befolyásolják a kedvezőtlen időjárási körülmények.
- 5.) A tervezett vágányzári idő és a tényleges teljesítmény összhangja könnyen borulhat.

3.3. Az alépítmény rehabilitációjának kivitelezése *alépítmény-átépítő szerelvény*nel

Előnyök

- 1.) Nagy haladási sebesség.
- 2.) A földmunkás technológiához képest lényegesen kisebb vágányzári időigény.
- 3.) Anyagtakarékos.
- 4.) A vágányt nem kell elbontani. Minden művelet a saját vágányzónában történik.
- 5.) Nem sérül az alépítménykorona.
- 6.) Homogén beépítési minőség.
- 7.) A kedvezőtlen időjárási körülményekre kevésbé érzékeny.
- 8.) A szomszéd vágány megtámasztását nem igényli.
- 9.) A geotextília / georács egyidejű gépi fektetése is megoldott.
- 10.) Az anyagszállítások vasúton történnek.
- 11.) Kedvezőtlen pályakeresztmetszeti körülmények között is alkalmazható (hosszú bevágás, magas töltés).
- 12.) Környezetkímélő.

Hátrányok

- 1.) Az alépítménykorona tömörítése nem vagy csak alig megoldott.
- 2.) A beépítendő kiegészítő réteg vastagsága korlátozott, talajstabilizáció végrehajtása nem lehetséges.
- 3.) A kiegészítő intézkedések az építés közben felfedezett hiányosságokra válaszul csak korlátozott mértékben hajthatók végre.
- 4.) Az építési minőség (tömörség, teherbírás) ellenőrzése térben, időben korlátozott.
- 5.) Nagyon gyenge ($E_2 < 5...10$ MPa) alépítménykoronán nem alkalmazható.

3. AZ ALÉPÍTMÉNY REHABILITÁCIÓJÁNAK KIVITELEZÉSE

3.4. A Cegléd – Kiskunfélegyháza vonal egyes szakaszai rehabilitációjának elemzése vágánygeometriai alapon

Átépítés 2004- 2005 években, $V = 120 / 160$ km/h sebességre és $Q = 225$ kN statikus tengelyterhelésre.

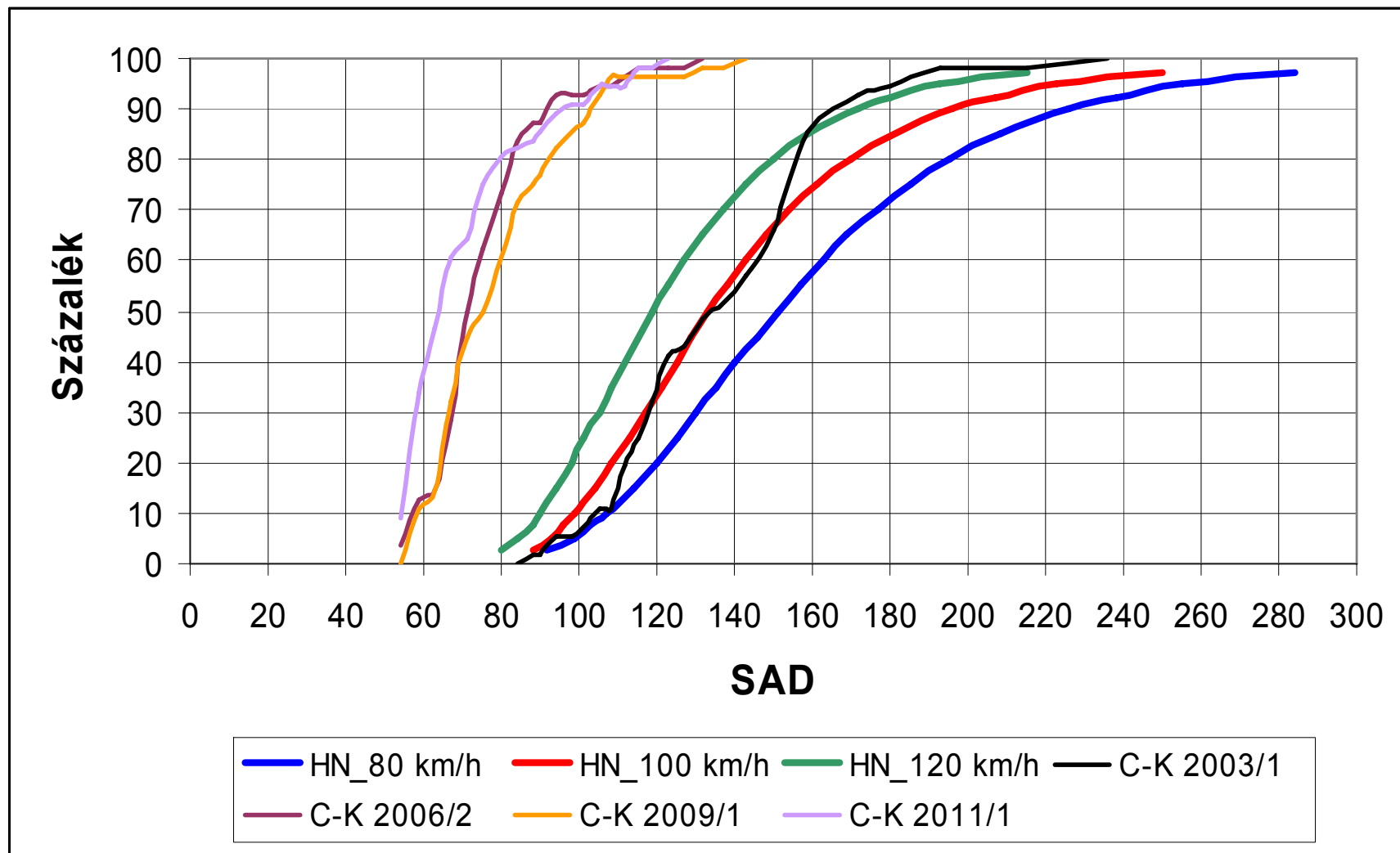
Alkalmazott átépítési technológiák:

Cegléd-Nyársapát elágazás (kiz.) – Kecskemét (kiz.) között földmunkás technológiával.

Kecskemét (kiz.) - Városföld (kiz.) között RPMW 2002-2 típusú alépítmény-átépítő szerelvénnel.

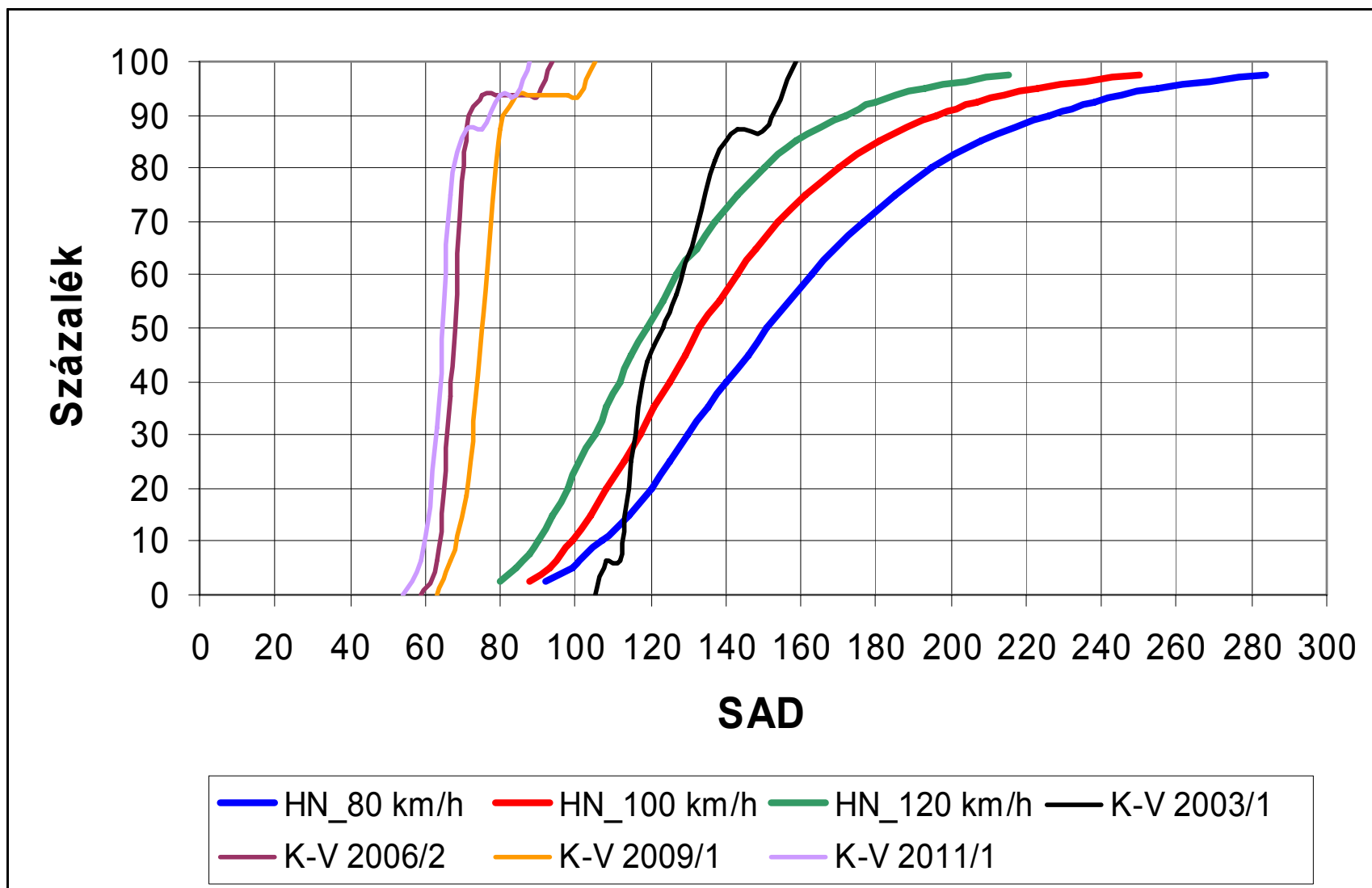
3. AZ ALÉPÍTMÉNY REHABILITÁCIÓJÁNAK KIVITELEZÉSE

A Cegléd – Kecskemét vonalszakasz SAD szám eloszlásgörbéinek változása a 20+00 – 300+00 szelvények között



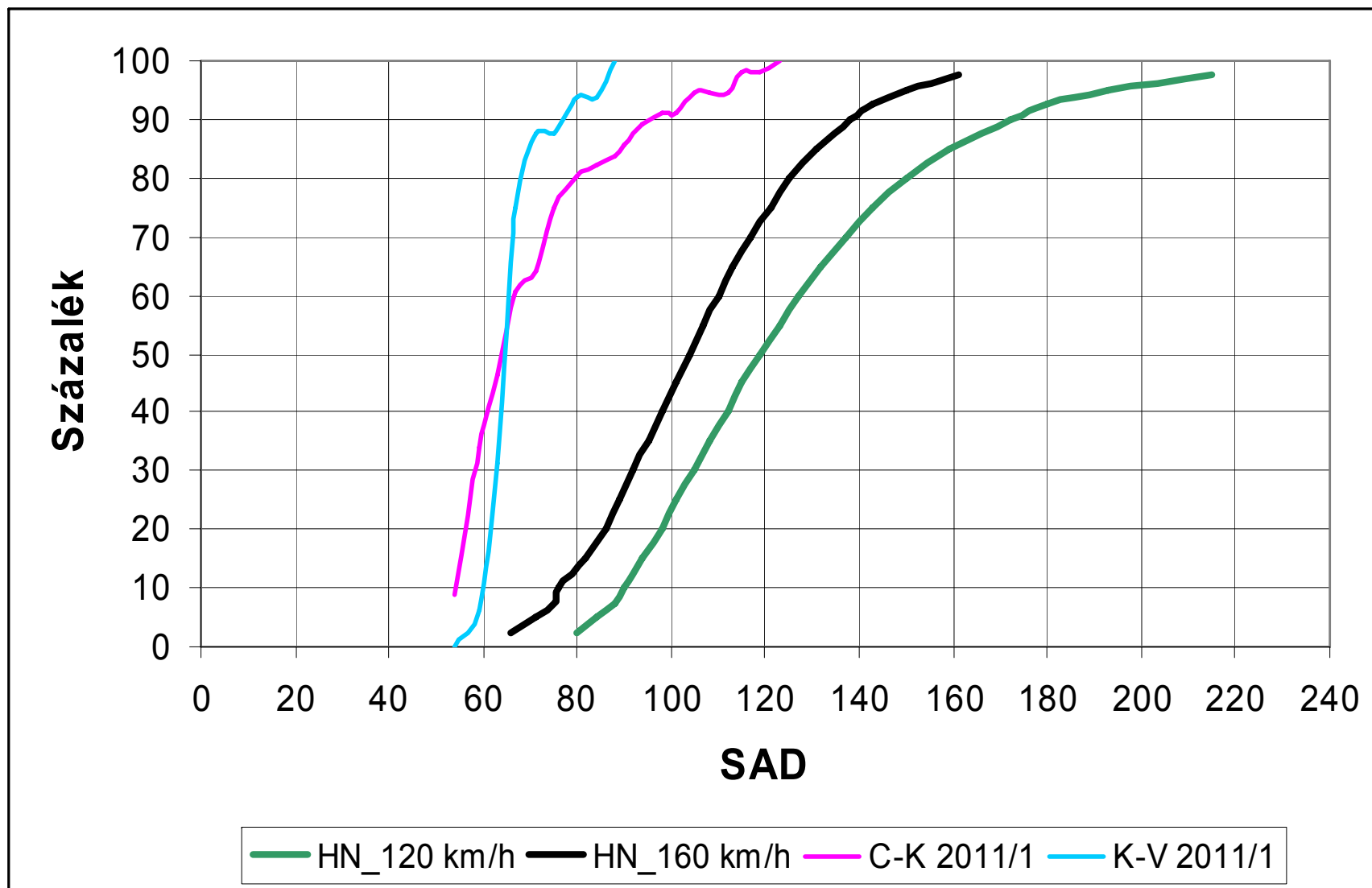
3. AZ ALÉPÍTMÉNY REHABILITÁCIÓJÁNAK KIVITELEZÉSE

A Kecskemét - Városföld vonalszakasz SAD szám eloszlásgörbéinek változása a 355+00 – 435+00 szelvények között

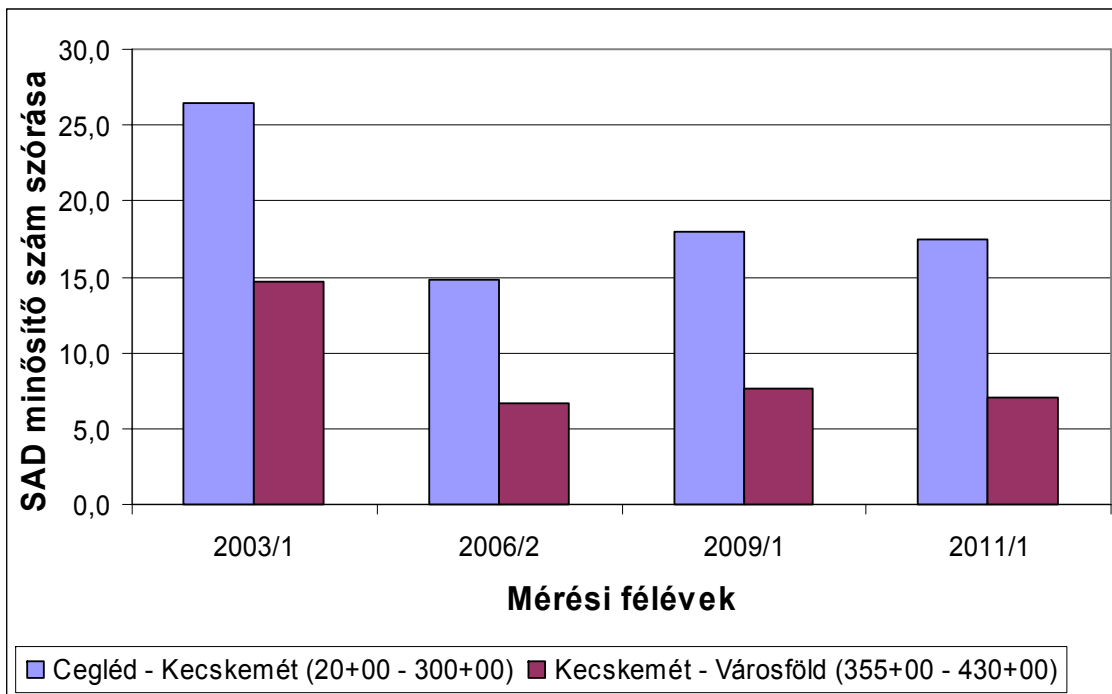


3. AZ ALÉPÍTMÉNY REHABILITÁCIÓJÁNAK KIVITELEZÉSE

A két elemzett szakasz SAD eloszlásgörbéinek összehasonlítása a legutolsó (2011. év tavaszi) FMK-004 mérés eredményei alapján



3. AZ ALÉPÍTMÉNY REHABILITÁCIÓJÁNAK KIVITELEZÉSE



A SAD minősítő és a SUP mérőszám szórásának alakulása

