

Vasúti pályák terhelés alatti nyomtáv-változás mérése

Gonda Evelyn
MSc diplomamunka

Konzulensek: Dr. habil. Fischer Szabolcs, egyetemi docens, SZE Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék
Posgay György, ügyvezető igazgató, Metalelektro Méréstechnika Kft.

Tartalom

- Mérőeszköz
 - Előkészületektől a megvalósulásig
 - Bemutatás és tesztelés
- Mérés
 - Előkészítés és kivitelezés
- Kiértékelés
 - A módszer kidolgozása
 - Mérések kiértékelése
 - További vizsgálatok
- Összefoglalás



Mérőeszköz

Előkészületektől a megvalósulásig - A téma indokoltsága



Mérőeszköz

Előkészületektől a megvalósulásig - Vonatkozó szabályozások 1.

D. 12/H. utasítás

Hézagnélküli felépítmény építése, karbantartása és felügyelete,

3.5.2 fejezet, Zúzottkő ágyazat nélküli vágány:

„A felépítményszerkezettel szemben támasztott legfontosabb követelmények: [...] a sínfej járműteher alatti rugalmas kihajlása ne legyen 1,5 mm-nél, a rugalmas nyombővülés 3 mm-nél nagyobb [...]”.

Mérőeszköz

Előkészületektől a megvalósulásig - Vonatkozó szabályozások 2.

Szövetségi Vasúti Igazgatóság (**FRA**) 49 CFR § 213.110 számú **szabályozás** a GRMS járművel* mért nyomtávra.

- **Terheletlen nyomtáv: legalább 3,05 m (10 láb) távolságra a terheléstől.**
- **Terhelt nyomtáv: az oldalsó terhelés alkalmazási helyétől legfeljebb 304,8 mm (12 hüvelyk) távolságban.**
- Tervezetten terhelt nyomtáv: a mért terhelésekből és elhajlásokból számított extrapolált érték.
- Előre jelzett nyomtáv bővülés: a terhelt és a terheletlen nyomtáv közötti különbség.



*kapcsolószerek oldalirányú leszorítását mérő jármű

Mérőeszköz

Előkészületektől a megvalósulásig

- Használatban lévő eszközök vizsgálata



ABTUS
TrackSpread Gauge

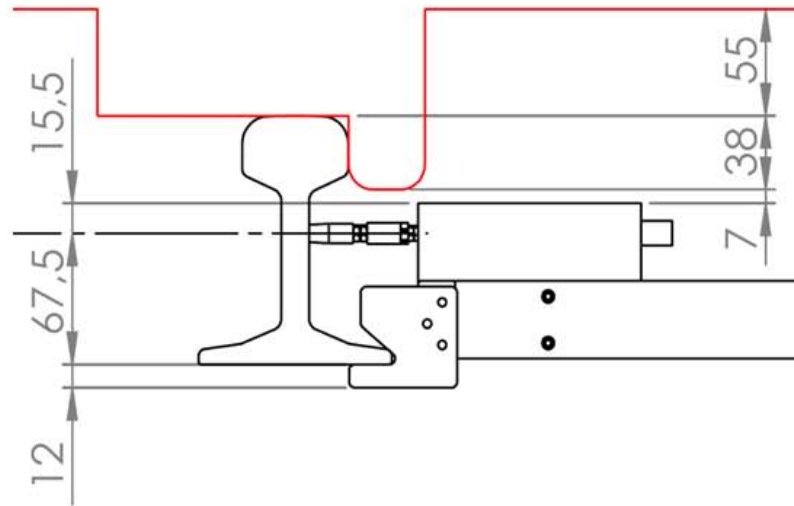


Industry-Railway Suppliers, INC.
Dynamic Track Gauge Analyzer

Mérőeszköz

Előkészületektől a megvalósulásig - Közreműködés a tervezésben

- Geometriai korlátok meghatározása
- Mérési tartomány, pontosság és felbontás meghatározás
- Mérésindítás és üzemidő meghatározás



A MÁV Zrt. vonalain alkalmazott úrszelvény alsó része (piros) és a behelyezett mérőműszer MÁV34,5 típusú sínrel

Mérőeszköz

Bemutató és tesztelés

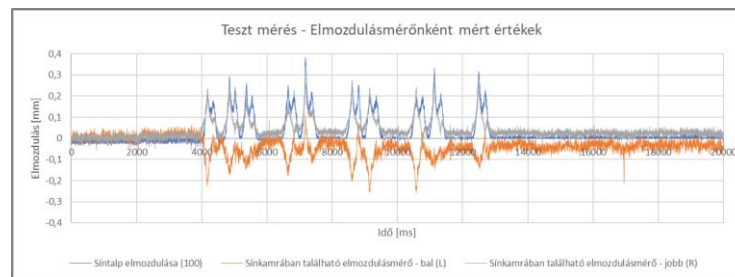


Mérőeszköz

Bemutató és tesztelés

- Az elkészült szoftver tesztelése, eredmények rögzítése;
- A „deszkamodell” geometriai korlátoknak való megfelelése;
- A felsővezeték hatásának ellenőrzése a mért eredményeken,

A1																	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
1		100	L	R	2021.07.29 15:40	39.8C	sensor	20000ms	4.12V	1520	2053	1403					
2	1	-0,024	0,037	0													
3	2	-0,024	0	0													
4	3	-0,024	-0,073	0													
5	4	0	-0,055	-0,037													
6	5	-0,024	0	-0,018													
7	6	0	0,055	-0,018													
8	7	-0,024	-0,055	0													
9	8	-0,024	0	0,018													
10	9	-0,024	-0,092	-0,018													



A szoftver

Szolgáltatott adatok és grafikus ábrázolásuk
MAÚT Közgyűlés - Budapest, 2023. május 12.

Geometriai ellenőrzés

Mérés

Előkészítés és kivitelezés

Olyan pályaszakaszok vizsgálata, ahol:

- a közlekedő jármű sebessége és tengelyterhelése közel azonos,
- a vizsgált szakasz állapota megfelelő/erősen használt,
- a geometriai kialakítása az egyes helyszíneknek azonos/hasonló,
- a felépítmény típusok különbözőek.

Vizsgált szakasz	Ágyazat típusa	Alj típusa	Kapcsolószér típusa	Sín típusa	Pálya geometria	Leerősítés távolsága
1. szakasz	Zúzottkő	B jelű vasbetonalj	H jelű síncsavar	Vg34	R = 560,0 m	0,6 m
2. szakasz	Zúzottkő	B jelű vasbetonalj	H jelű síncsavar	Vg34	R = 585,0 m	0,6 m
3. szakasz	Zúzottkő	LM jelű vasbetonalj	GEO rendszer	Vg48	R = 309,2 m	0,6 m
4. szakasz	Bebetonozott	Talpfa	GEO rendszer	Vg48	R = 160,0 m	0,6 m
5. szakasz	Betonlemezés	Ragasztott, ICOSIT aláöntés	SKL leerősítés	49E1	R = 600,0 m	0,2-0,3 m

Mérőeszköz

Előkészítés és kivitelezés

1. fázis

Nyomtáv
mérés



2. fázis

Sínmagasság
mérés



3. fázis

Nyomtáv-
változás mérés

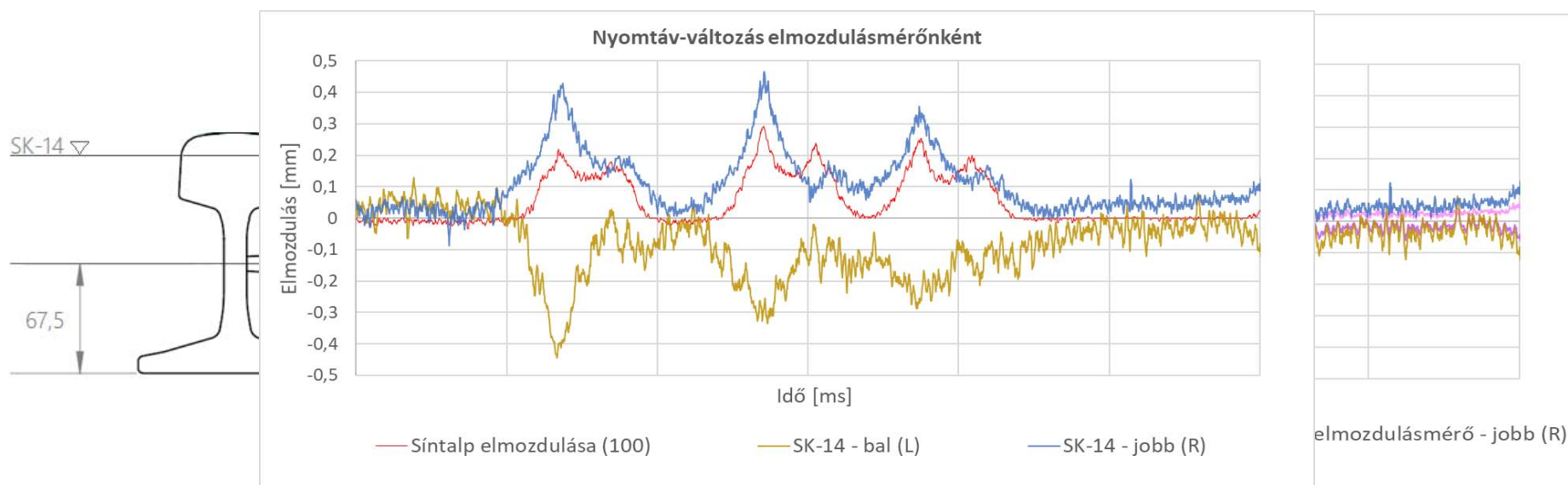


Kiértékelés

A módszer kidolgozása

Nyomtáv-változás elmozdulásmérőnként

1. A sínkamrában található elmozdulásmérők (jobb és bal) nyers mérési eredmények extrapolálása (SK-14).
2. A sín talpak között található elmozdulásmérő nyers eredményei.

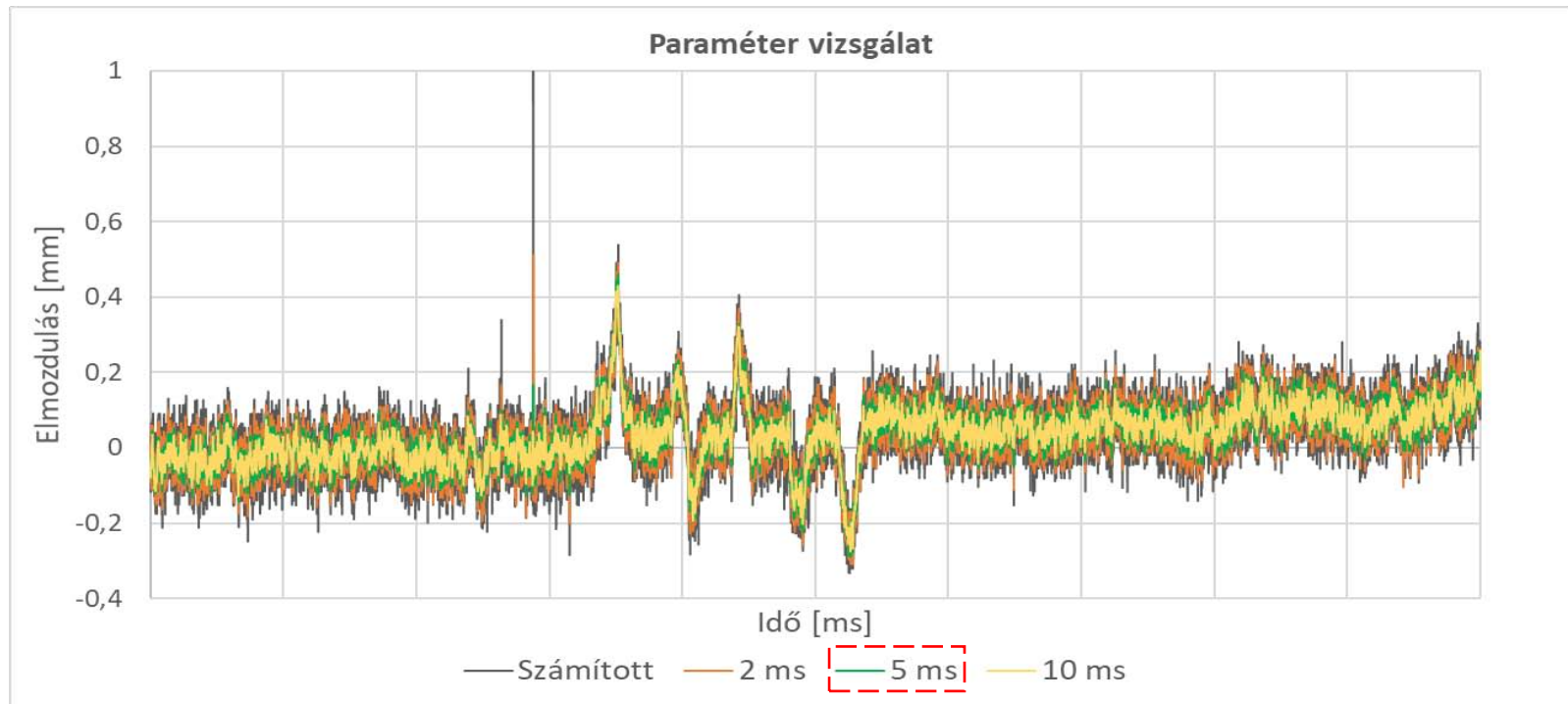


Kiértékelés

A módszer kidolgozása

Összesített, terhelés alatti nyomtáv-változás

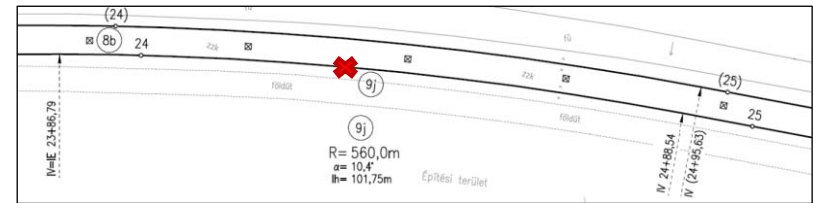
1. A számított és mért értékek összegzése.
2. 5 ms ablakszélességű mozgóátlagolás.



Kiértékelés

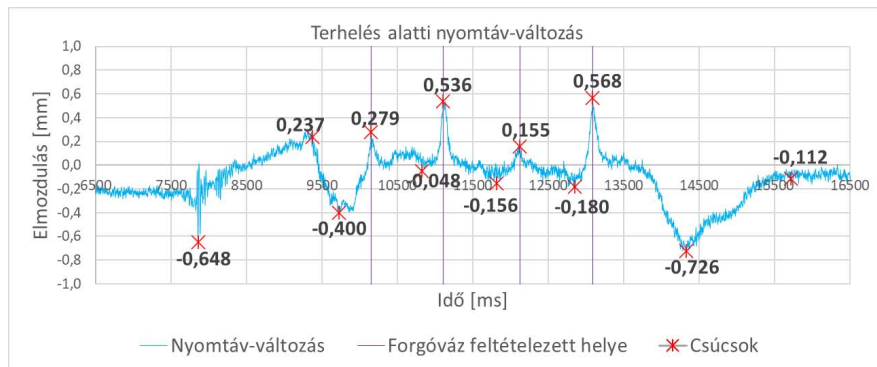
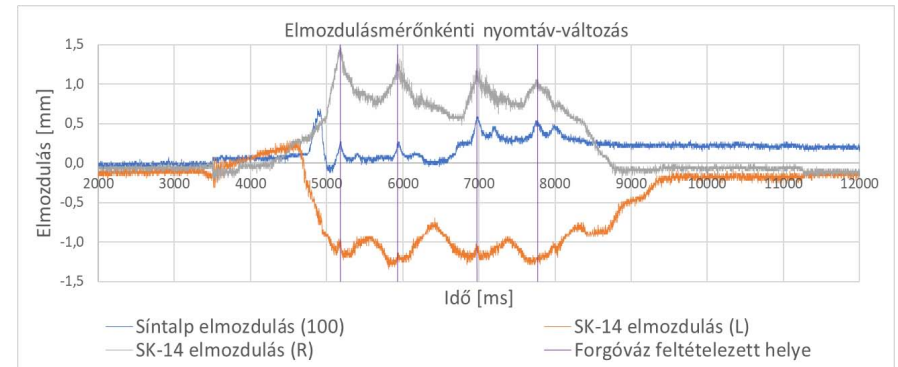
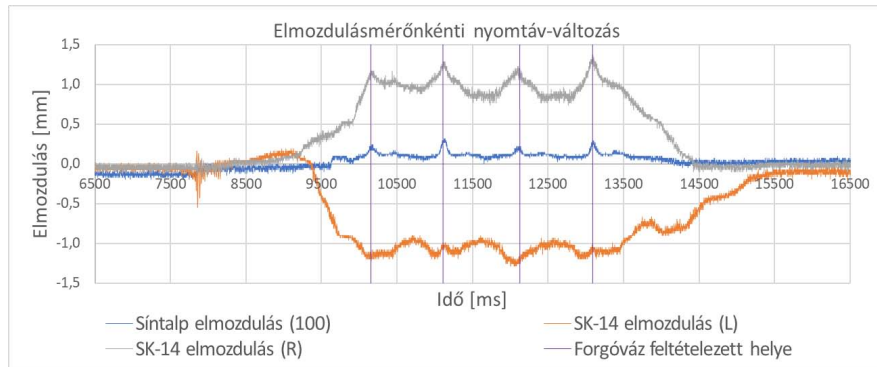
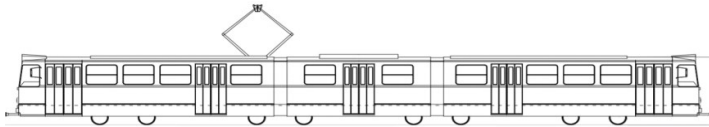
Mérések kiértékelése – 1. szakasz

- **Pályaadatok:**
Vg 34 sín,
H síncsavar, B jelű vasbetonalj,
zúzottkő ágyazat
- **Mért paraméterek:**
Nyomtáv: 1443 mm
Sínmagasság: 120 mm (ív belső),
123 mm (ív külső)
- **Megjegyzés:**
nyomtávtartó rudak 3-3 méterre



Kiértékelés

Mérések kiértékelése – 1. szakasz (sebesség hatása)



Kiértékelés

Mérések kiértékelése – 1. szakasz (sebesség hatása)

Szakasz - mérés	1-1	1-2	Eltérés
Ágyazat típusa	zúzottkő		nincs
Alj típusa	B jelű vb. alj		
Kapcsolószer típusa	H síncsavar		
Sín típusa	Vg 34		
Pálya geometria	R = 560 m		
Jármű típusa	GANZ ICS	TATRA T5C5 (2)	van
Tengelyterhelés (becsült) [kN]	42	41,25	1,8%
Jármű átlagsebessége [m/s]	6,21	8,64	28,1%
SL-14 (L) maximum [mm]	-1,197	-1,197	0,0%
Síntalp elmozdulás (100) maximum [mm]	0,293	0,562	47,9%
SK-14 (R) maximum [mm]	1,344	1,459	7,9%
Elmozdulás iránya	ívsugár közepe		nincs
Terhelés alatti nyomtáv-változás maximum [mm]	0,568	0,694	18,2%
Jármű hatása áthaladás előtt [m]	14,5	14,8	2,0%
Jármű hatása áthaladás után [m]	16,3	15,8	3,1%

Kiértékelés

Mérések kiértékelése – 5. szakasz

- **Pályaadatok:**

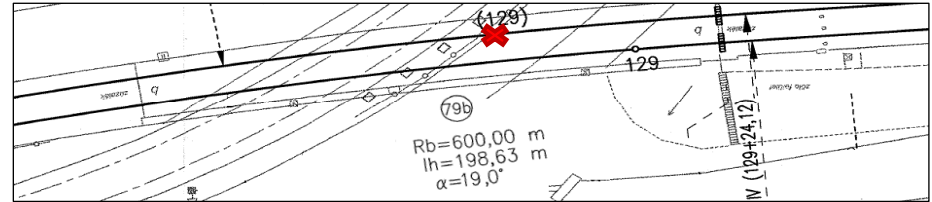
49E1 sín,
SKL leerősítés, ICOSIT aláöntés,
vasbeton lemez;

- **Mért paraméterek:**

Nyomtáv: 1438 mm
Sínmagasság: 145 mm (ív belső),
144 mm (ív külső)

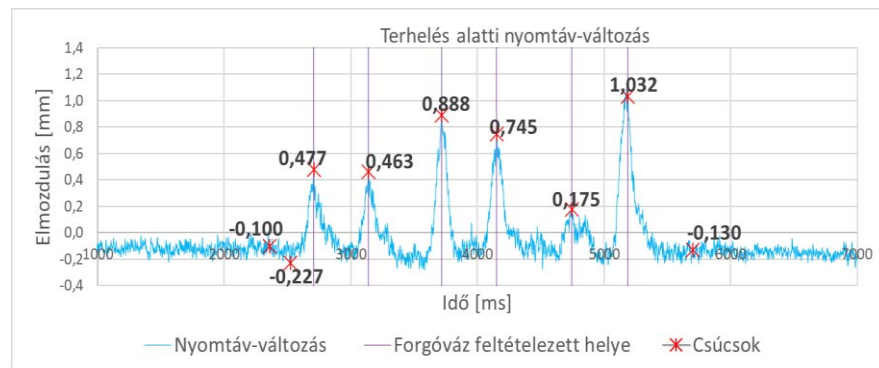
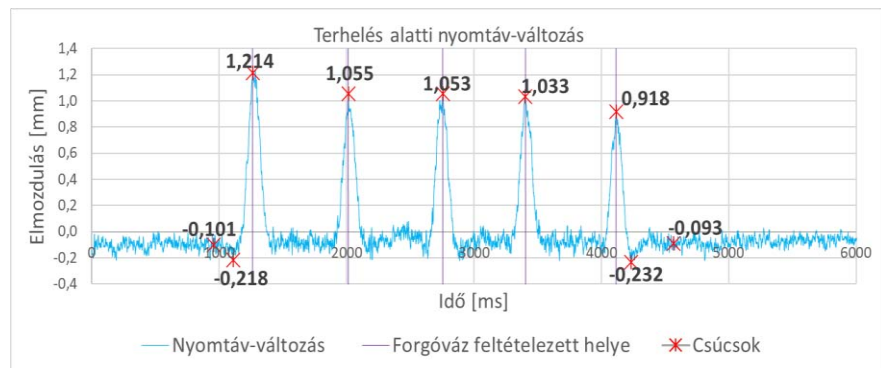
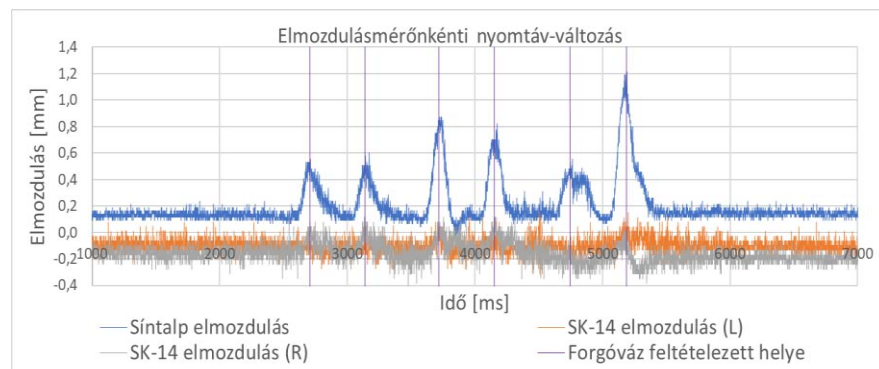
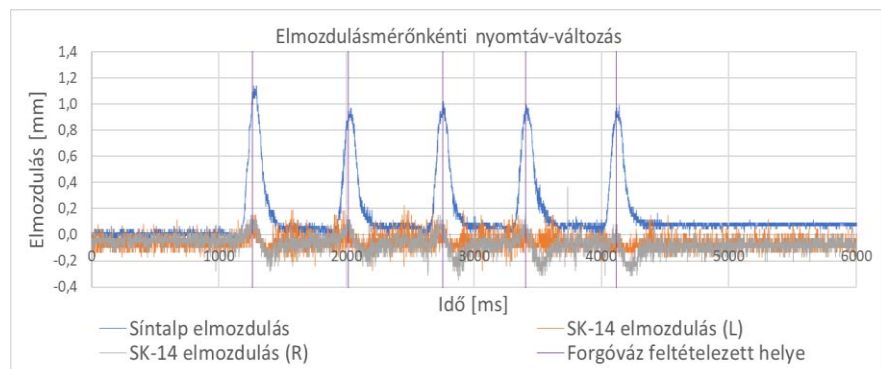
- **Megjegyzés:**

régebbi ICOSIT kiöntések kitöredezése
sűrű, rugalmas lefogatás (0,2-0,5 m);
nyomtávtartó rúd távolsága 1,5 méter



Kiértékelés

Mérések kiértékelése – 5. szakasz (tengelyterhelés hatása)



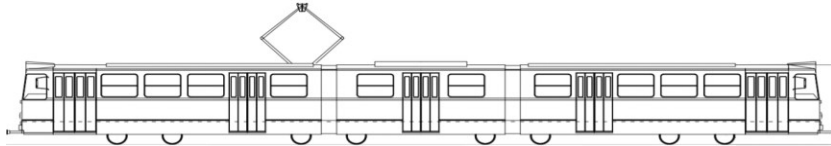
Kiértékelés

Mérések kiértékelése – 5. szakasz (tengelyterhelés hatása)

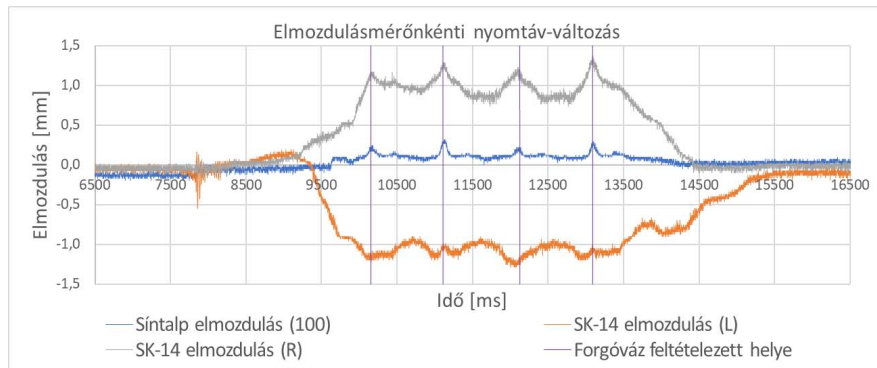
Szakasz - mérés	5-1	5-4	Eltérés
Ágyazat típusa	betonlemez		nincs
Alj típusa	ICOSIT aláöntés		
Kapcsolószer típusa	SKL leerősítés		
Sín típusa	49E1		
Pálya geometria	R = 600 m		
Jármű típusa	CAF Urbos (9)	TATRA T5C5 (3)	van
Tengelyterhelés (becsült) [kN]	105	70	33,3%
Jármű átlagsebessége [m/s]	15,53	15,32	1,4%
SL-14 (L) maximum [mm]	0,08	0,01	87,5%
Síntalp elmozdulás (100) maximum [mm]	1,093	1,068	2,3%
SK-14 (R) maximum [mm]	0,116	0,116	0,0%
Elmozdulás iránya	talpak szétcsúszása		nincs
Terhelés alatti nyomtáv-változás maximum [mm]	1,214	1,032	15,0%
Jármű hatása áthaladás előtt [m]	4,6	5,5	16,4%
Jármű hatása áthaladás után [m]	7,2	7,8	7,7%

Kiértékelés

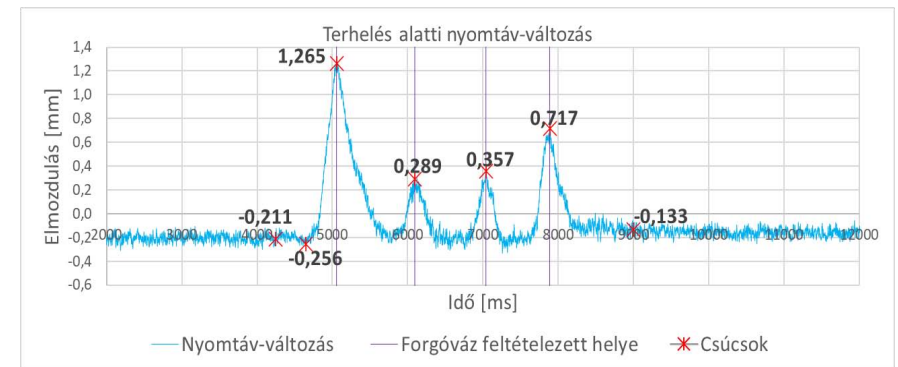
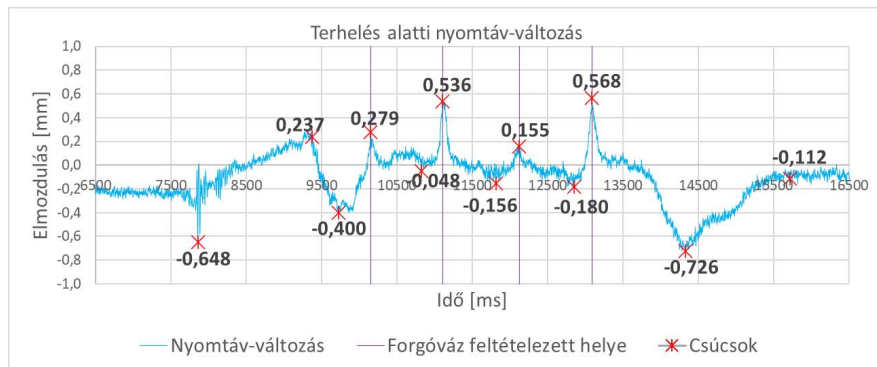
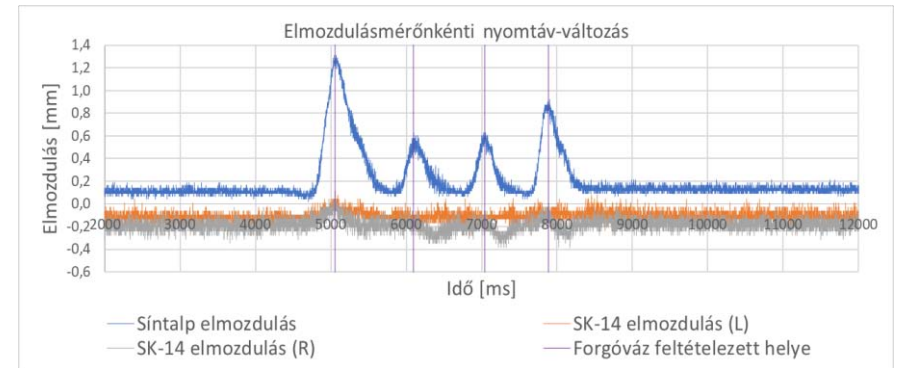
Mérések kiértékelése – 1. és 5. szakasz (pályatípus és állapot hatása)



1. szakasz, 1 mérés – GANZ ICS



5. szakasz, 5 mérés – TW6000



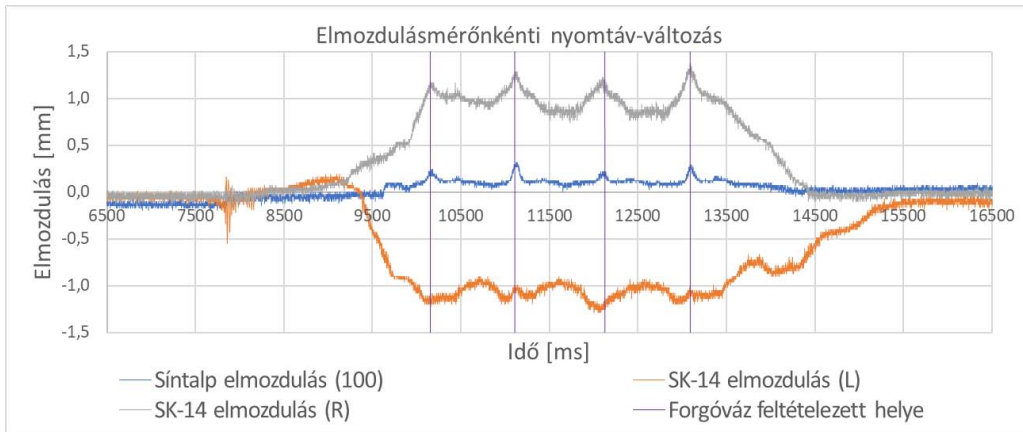
Kiértékelés

Mérések kiértékelése – 1. és 5. szakasz (pályatípus és állapot hatása)

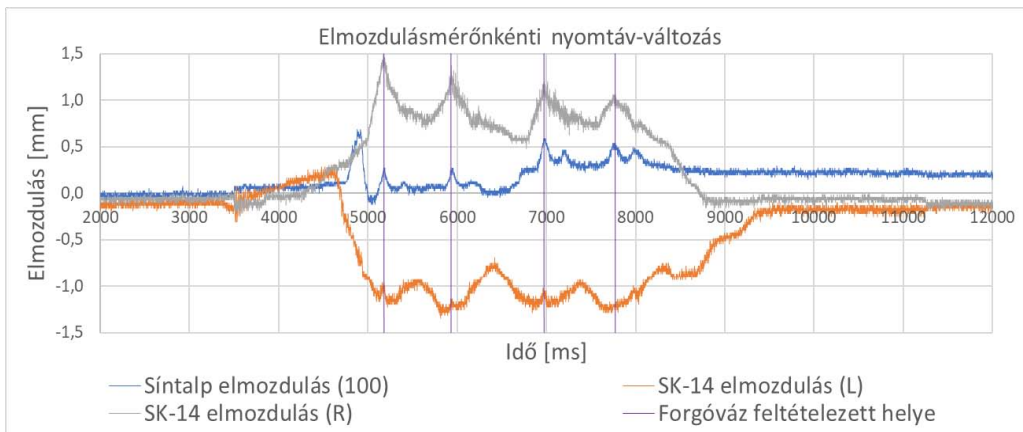
Szakasz - mérés	1-2	5-5	Eltérés
Ágyazat típusa	zúzottkő	betonlemez	van
Alj típusa	B jelű vb. alj	ICOSIT aláöntés	
Kapcsolószer típusa	H síncsavar	SKL leerősítés	
Sín típusa	Vg 34	49E1	
Pálya geometria	R = 560 m	R = 600 m	7%
Jármű típusa	GANZ ICS	TW6000	van
Tengelyterhelés (becsült) [kN]	42	48,5	13,4%
Jármű átlagsebessége [m/s]	6,21	6,83	9,1%
SL-14 (L) maximum [mm]	-1,197	0,114	109,5%
Síntalp elmozdulás (100) maximum [mm]	0,293	1,263	76,8%
SK-14 (R) maximum [mm]	1,344	0,045	96,7%
Elmozdulás iránya	ívsugár közepe	talpak szétcsúszása	
Terhelés alatti nyomtáv-változás maximum [mm]	0,568	1,265	55,1%
Jármű hatása áthaladás előtt [m]	14,5	5,0	65,5%
Jármű hatása áthaladás után [m]	16,3	8,4	48,5%

Kiértékelés

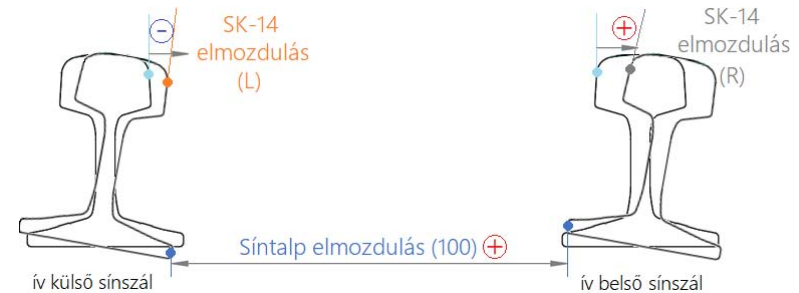
További vizsgálatok - túlemelés hatása



1. szakasz – 1. mérés



1. szakasz – 2. mérés



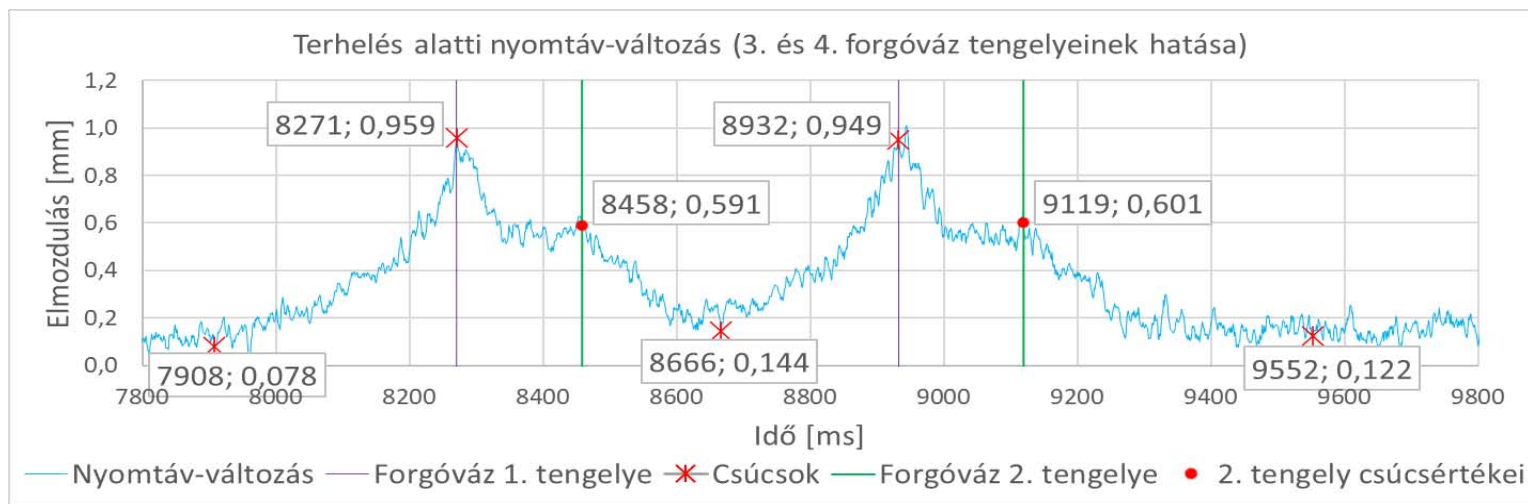
Szakasz-mérés	
1-1	1-2
Átlagsebesség [km/h]	
22,339	31,091
Körívsugár [m]	
560	
Túlemelés (mért) [mm]	
45	
Szabad oldalgyorsulás [m/s^2]	
-0,225	-0,161

Kiértékelés

További vizsgálatok - tengelyek távolsága

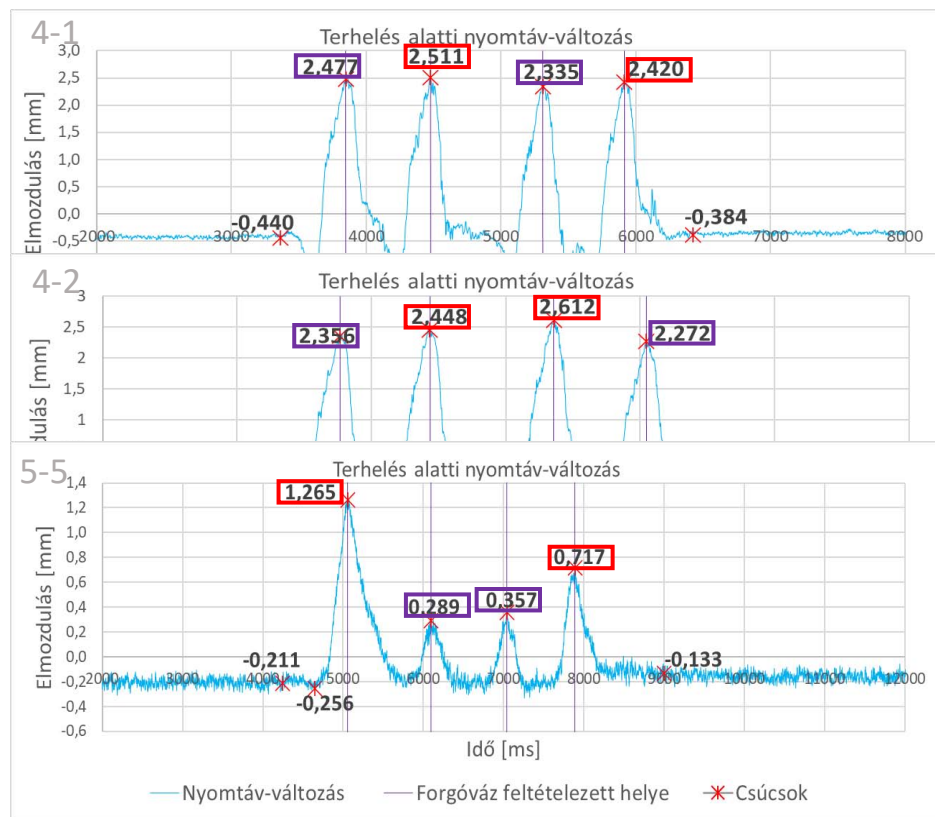
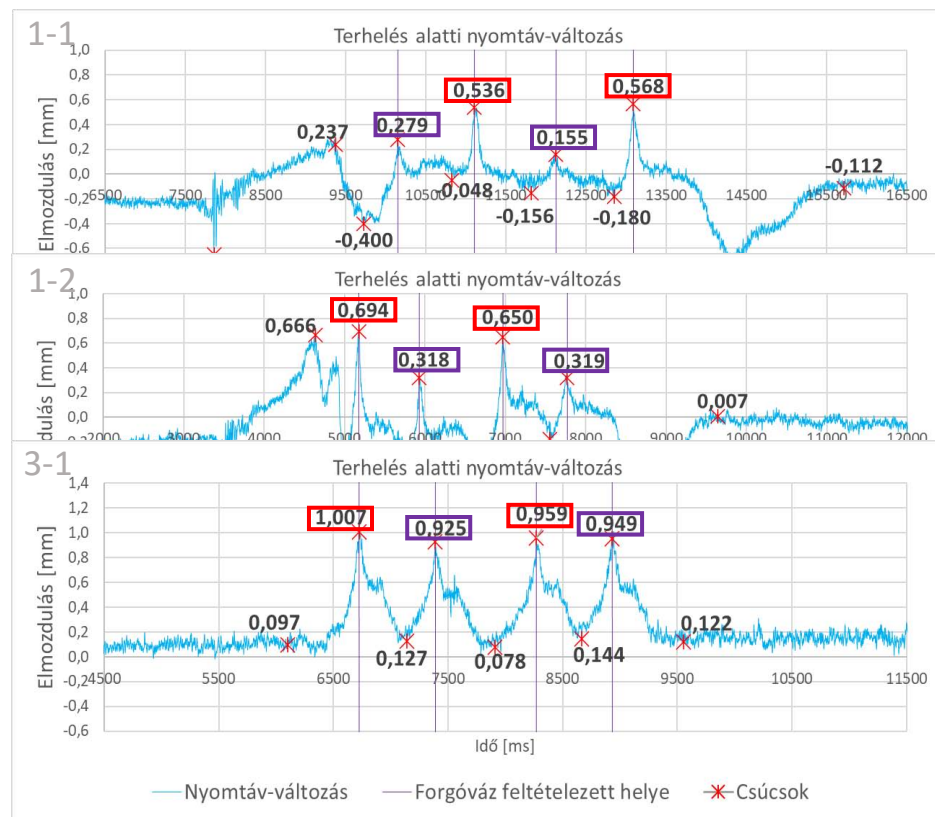
3. szakasz, 3. mérés – TATRA T5C5 forgóvázak

1. forgóváz		2. forgóváz		3. forgóváz		4. forgóváz	
1. tengely	2. tengely	1. tengely	2. tengely	1. tengely	2. tengely	1. tengely	2. tengely
Forgóvázak közötti átlagsebesség [m/s]							
10,075		10,111		10,142		10,136	
Tengelytávolságból számított időpillanat [ms]							
188,582		187,907		187,342		187,448	
A forgóvázakon található tengelyek elhaladásának időpillanata [ms]							
6725	6914	7390	7578	8271	8458	8932	9119



Kiértékelés

További vizsgálatok - tengelyterhelések hatása egy járművön belül



Kiértékelés

További vizsgálatok - tengelyterhelések hatása egy járművön belül

	Helyszín-mérés	1-1	1-2	3-1	4-1	4-2	5-5
	Jármű típus	GANZ ICS	TATRA T5C5	TATRA T5C5	TATRA T5C5	TATRA T5C5	TW6000
T0 terhelés [kg]	1. forgóváz	11831	10196	10196	9240	9240	12594
	2. forgóváz	6453	9240	9240	10196	10196	7770
	Eltérés	45,5%	9,4%	9,4%	9,4%	9,4%	38,3%
	3. forgóváz	6281	10196	10196	9240	10196	7430
	4. forgóváz	11994	9240	9240	10196	9240	12426
	Eltérés	47,6%	9,4%	9,4%	9,4%	9,4%	40,2%
Elmozdulás [mm]	1. forgóváz	0,279	0,694	1,007	2,477	2,356	1,265
	2. forgóváz	0,536	0,318	0,925	2,511	2,448	0,289
	Eltérés	47,9%	54,2%	8,1%	1,4%	3,8%	77,2%
	3. forgóváz	0,155	0,650	0,959	2,335	2,612	0,357
	4. forgóváz	0,568	0,319	0,949	2,420	2,272	0,717
	Eltérés	72,7%	50,9%	1,0%	3,5%	13,0%	50,2%

Kiértékelés

További vizsgálatok - tehermentesülés és a jármű hatása

Tehermentesülés

- A járműáthaladás során a terhelési pontok közötti legkisebb távolság 6 méter
- Pályaállapottól függő tehermentesülés:
 - nagy elfordulás esetén **nem tapasztalható tehermentesülés,**
 - amennyiben a **síntalpak eltávolodása** a mértékadó, a **tehermentesülés létrejön,** esetenként szűkülés figyelhető meg.

Jármű hatása

- Az áthaladás előtt és után minden mérésnél megfigyelhető a jármű hatása
- Pályaállapottól függő a hatás hossza:
 - **rossz, avult pályán** a jármű **érkezése előtt 13,8-16 méterre,** míg **elhaladás után 15,8-23 méterig ,**
 - **normál állapotú pályán** elhaladás **előtt 4,6-8,1 méter között,** **elhaladás után 4,5-8,4 méterig** érzékelhető a hatás.

(FRA) 49 CFR § 213.110 számú szabályozás szerint a terheletlen nyomtávot a terhelési ponttól legalább 3,05 méterre kell mérni (**feltételezi, hogy 3,05 méter után tehermentesül a pálya**).

A mért helyszínek alapján a gyakorlatban terheletlen pályaállapot a terhelési ponttól 1 méterrel meghaladja a szabvány által előírt minimális mérési távolságot.

Összefoglalás

- **Teljesített cél:** A nyitott pályaszerkezetű, vasúti pályán járatos szerelvények terhelés alatti, nyomtáv-változásának mérése a jármű áthaladása során digitális műszerrel.
- **Tervezett vizsgálatok elvégzése, feltételezések bizonyítása:**
 1. nagyobb tengelyterhelés – nagyobb elmozdulás;
 2. nagyobb járműsebesség – nagyobb elmozdulás;
 3. pálya típus és állapot – befolyásolja az elmozdulások jellegét.
- **További elvégzett vizsgálatok eredményei:**
 1. túlemelés hatása;
 2. tengelyek távolsága;
 3. járművön belül a különböző tengelyek hatása;
 4. tehermentesülés és járműhatás vizsgálata.
- **Javaslatok:** A hazai nyomtáv-változás mérésére egységes utasítás kidolgozása. A SpreadScan nyomtáv-változás mérő alkalmas a mérések rögzítésére, segítségével a határértékek nagy mérési bázisból, a mérések statisztikai kiértékelésével meghatározhatóvá válnak.

Köszönöm a figyelmet!