

Kerék és sín állapot kapcsolatának vizsgálata a budapesti Nagykörúton



dr. Kiss Csaba László
szolgálatvezető

Kelemen Zsolt
járműtechnológiai mérnök

Tartalom

- Bevezetés, a cél kijelölése
- Siemens Combino Supra NF12B bemutatása
- Padló alatti kerékeszterga ismertetése
- Járműkerék jellemző elhasználódásai
- Kopási minősítő számok bevezetése
- A nagykörúti villamosvonal ismertetése
- A mérővillamos bemutatása
- Dinamikai Minősítő Szám (DMSZ)
- Sínprofil vizsgálata
- Hullámos kopás
- Eredmények értékelése
- Összefoglalás, kitekintés



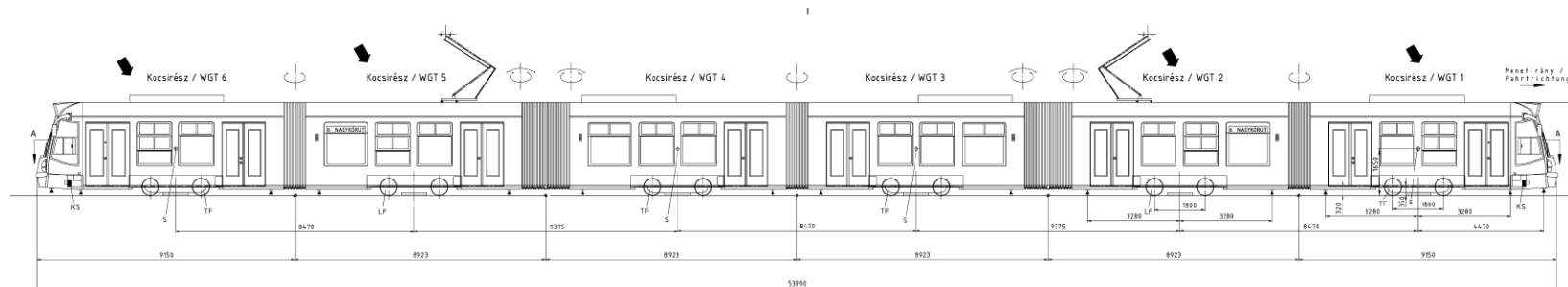
Bevezetés

- Kerék–sín kapcsolat: az egyik legkomplexebb, legnehezebben vizsgálható, mégis kulcsfontosságú jelenség.
 - Az elméleti összefüggések mennyiségei: nehezen mérhetőek és meghatározhatóak → gyakorlatban mérhető paraméterek használata.
- Legnagyobb forgalmú viszonylat: 4-es és 6-os.
- 40 Siemens Combino 2006 óta.
- Ø más típus, Combino nem jár máshol (kivéve 1-est) → egyszerre valóságos, nagy igénybevételű üzem és többé-kevésbé „laboratóriumi” körülmények.
- A cél: mérhető, számszerű összefüggések feltárása a pálya és a jármű kölcsönhatásának leírására.
- Cél továbbá: olyan paraméterek keresése, amelyekkel a pálya és a járművek tervezett karbantartásának ütemezése, illetve tartalma optimalizálható.



Siemens Combino Supra NF12B bemutatása

- Beszerezve: 2006 – 2007 (40 kocsi)
- 100 %-osan alacsonypadlós → ∅ hagyományos forgóvázak tengelyes kerékpárokkal, ∅ Jacobs-forgóvázak
- Rövidcsuklós megoldás
- 6 modul, 6 forgóváz
 - 2 – 2 – 2 modulból álló rövidcsuklós egységek duplacsuklóval összekötve
 - Szabadságfok > 1! → becsuklógátló, szekunder rugó torziós merevsége
 - Jobb úrszelvénykihasználás, jobb futásjószág, de nagy terelőerő → fokozott igénybevétel a pályára
- A járműszerkezeti tulajdonságai miatt a Siemens Combino nyomkarimáin fokozott terelőerő ébredhet.



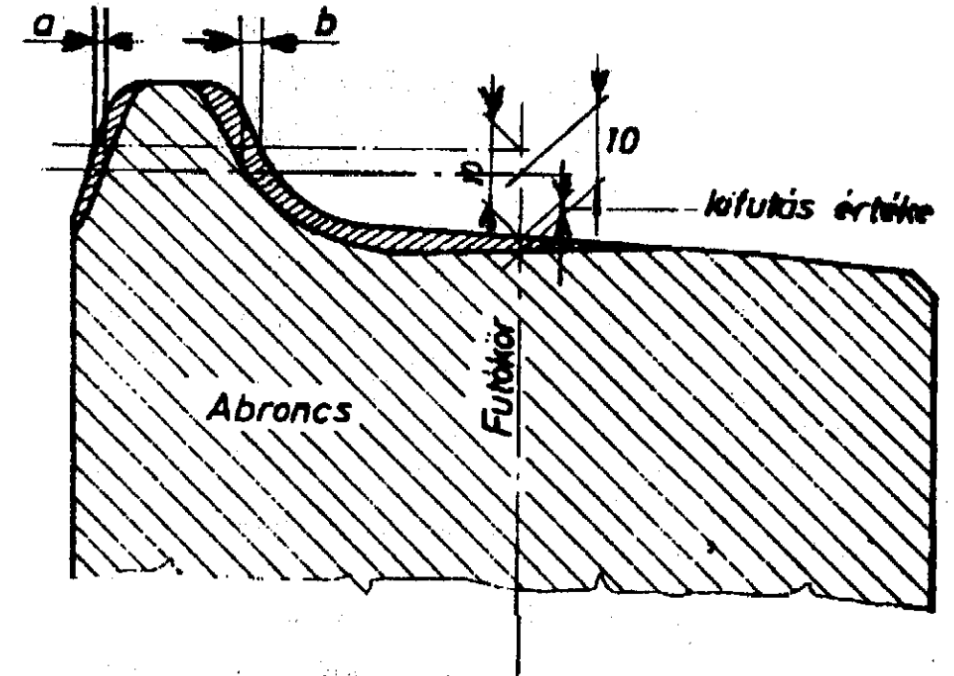
Padlóalatti kerékeszterga

- Feladat: eredeti kerékprofil helyreállítása
- Napi üzem része (1-2 üzemnap kiesés, minimális előkészítési és utószerelési igény)
- BKV Zrt. Villamos Üzemigazgatóságnál kettő berendezés üzemel:
 - Hungária kocsiszín: SCULFORT TF-2000 (2007 óta)
 - Elsősorban alacsonypadlós típusok
 - Baross kocsiszín: Rafamet UGE-180 (2023 óta)
 - Elsősorban hagyományos típusok
- Kerékszabvány → kerékpáron és forgóvázon belül, valamint a forgóvázak között mekkora kerékátmérő-különbsége
- Rendszeres esztergálás ciklusrend szerint ↔ rendkívüli esztergálás keréklaposodás vagy egyéb sérülés miatt
- Jegyzőkönyv (előtte és utána jellemző méretek)



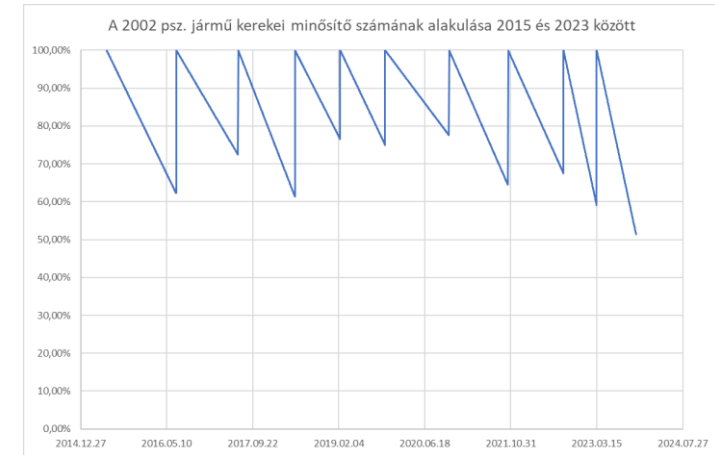
Járműkerék legjellemzőbb elhasználódásai

- Kifutás: futófelület sugárirányú kopása a futókör síkjába eső tengelyű ív alakjában ← egyenes és íves pályán egyaránt jelentkezik, elsősorban a futásteljesítmény függvénye.
- Nyomkarima-vékonyodás: nyomkarima két oldalán anyagcsökkenés (elsősorban futófelület felölin)
 - Látszólagos „negatív” kopás a kifutás miatt → korrekciót igényel.
- Laposodás: fékezéskor történő kerékcsúszáskor a kúpos futófelületen anyagleválás. Poligonkopás: mikroprocesszoros csúszásgátló miatt.
- Kifutásra és nyomkarima-vékonyodásra (valamint a kapcsolódó méretekre) megadott határértéke → két esztergálás között nem szabad az engedélyezett tartományból kikerülni.
- További két fogalom: üzemi elhasználódás és esztergálási veszteség.



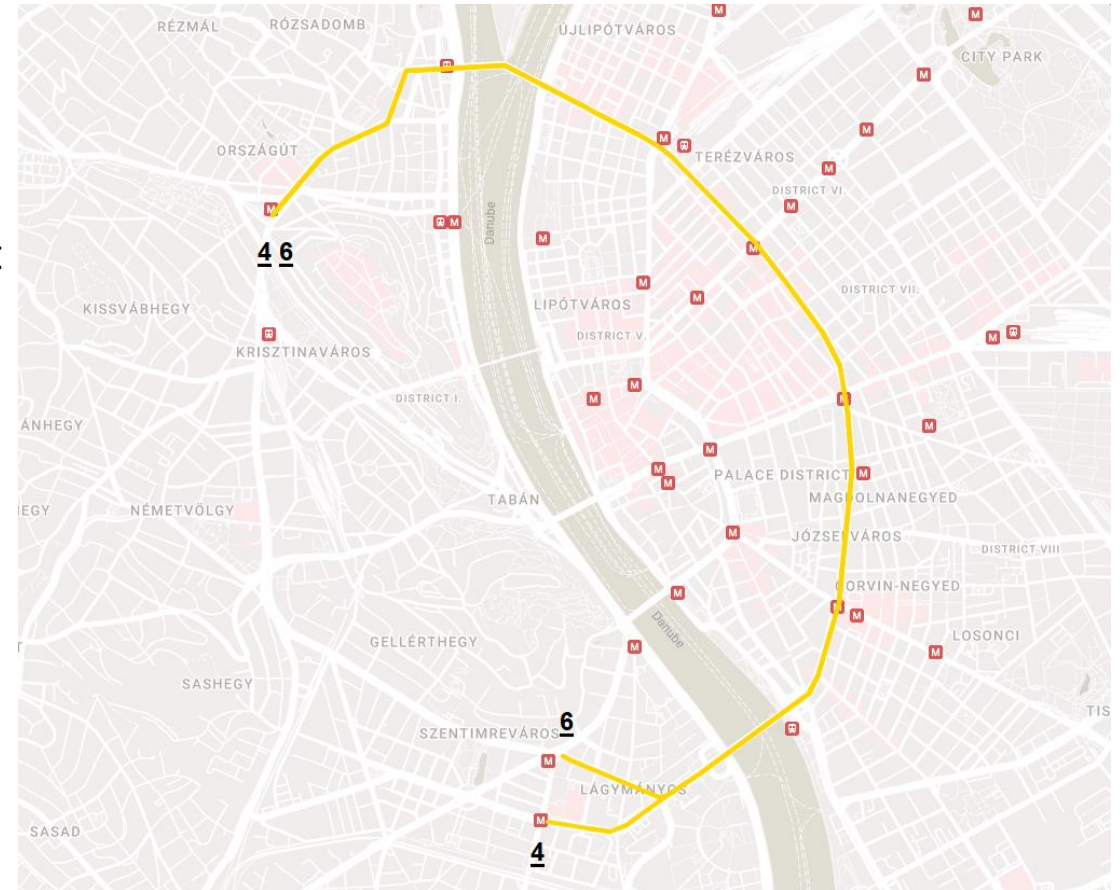
Járműpark minősítése a kerekek elhasználódása szempontjából

- Kifutás-minősítő szám: a kifutás pillanatnyi értékének és a megengedett legnagyobb kifutásnak a hányadosa egy adott keréken. [%]
- Nyomkarima-vékonyodás minősítő szám: A kiinduló (legnagyobb) nyomkarimavastagság és a pillanatnyi, (a „negatív” kopás szempontjából) korrigált nyomkarimavastagság különbségének, valamint a legnagyobb és legkisebb megengedett nyomkarimavastagság különbségének a hányadosa egy adott keréken. [%]
- Egy keréken a két minősítő szám átlaga → egy portáltengelyen a két kerék átlaga → egy járművön a kerékpárok átlaga → a teljes járműparkon az átlagos, pillanatnyi kerékállapot.
- Időbeni folyamat: kerékesztergálás: 100 % → esztergálás előtti kerékmérés: < 100% → közelítés: lineáris kopás → kopási ütem adódik a két esztergálás között eltelt időből/futásteljesítményből → tetszőleges időpillanatra számítható pillanatnyi kopási állapot
- Teljes járműpark jellemezhető ezzel.



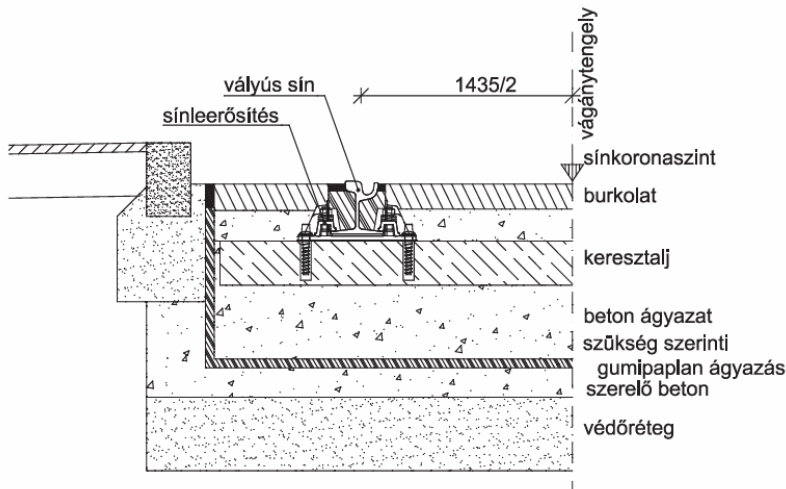
A nagykörúti vonal bemutatása I.

- Egyik legforgalmasabb villamosviszonylat a világon
 - 330...350 ezer utazás egy munkanapon
 - Csúcsidőben összesen 30 indulás/óra/irány
 - Széll Kálmán tér M és Margit híd M között fonódva a 17-es viszonylattal
 - Folyamatos üzem
- Történet:
 - 1868-tól lóvasút (Szent István körút – Széna tér)
 - 1887-től villamosvasút (Nyugati pu. – Király utca)
 - 1892-ig megépül a Boráros térig
 - 1937-ben átadják a Petőfi hidat
 - 1942 – 2006: Siroki – Váli utcai hurokvágány
 - 1960-tól: Október huszonharmadika utca (4-es)

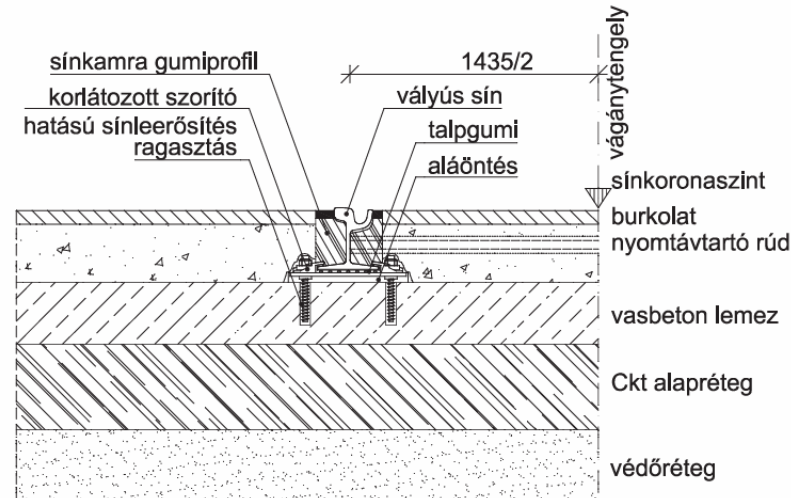


A nagykörúti vonal bemutatása II.

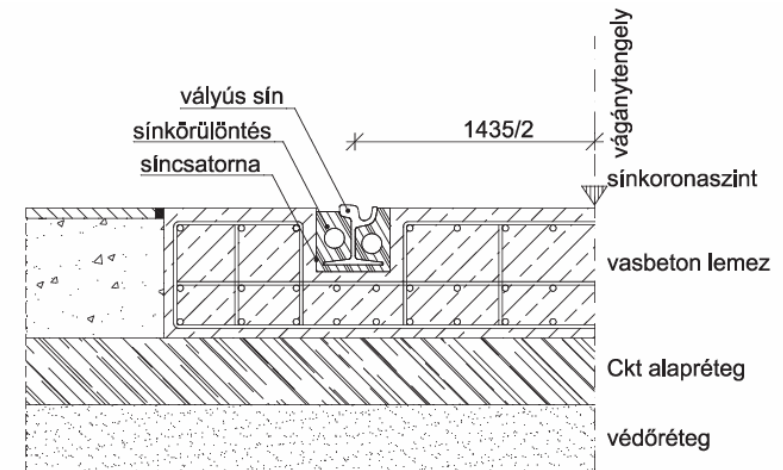
- Felépítmény:



59R2 sínrendszer GEO sínleerősítéssel
bebetonozott ágyazatú



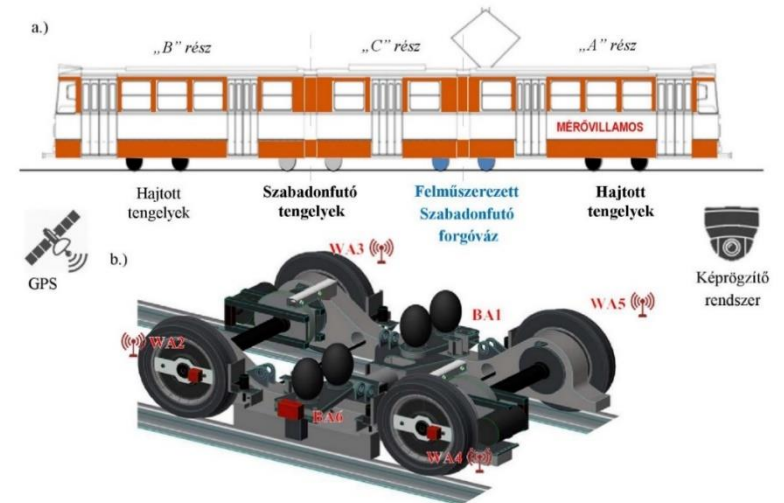
59R2 sínrendszer gumiprofilokkal,
Gantry leerősítéssel (RAFS I.)



59R2 vagy 51R1 sínrendszer Edilon
Corkelast sínkörülöntéssel vasbeton
lemezben (RAFS III.)

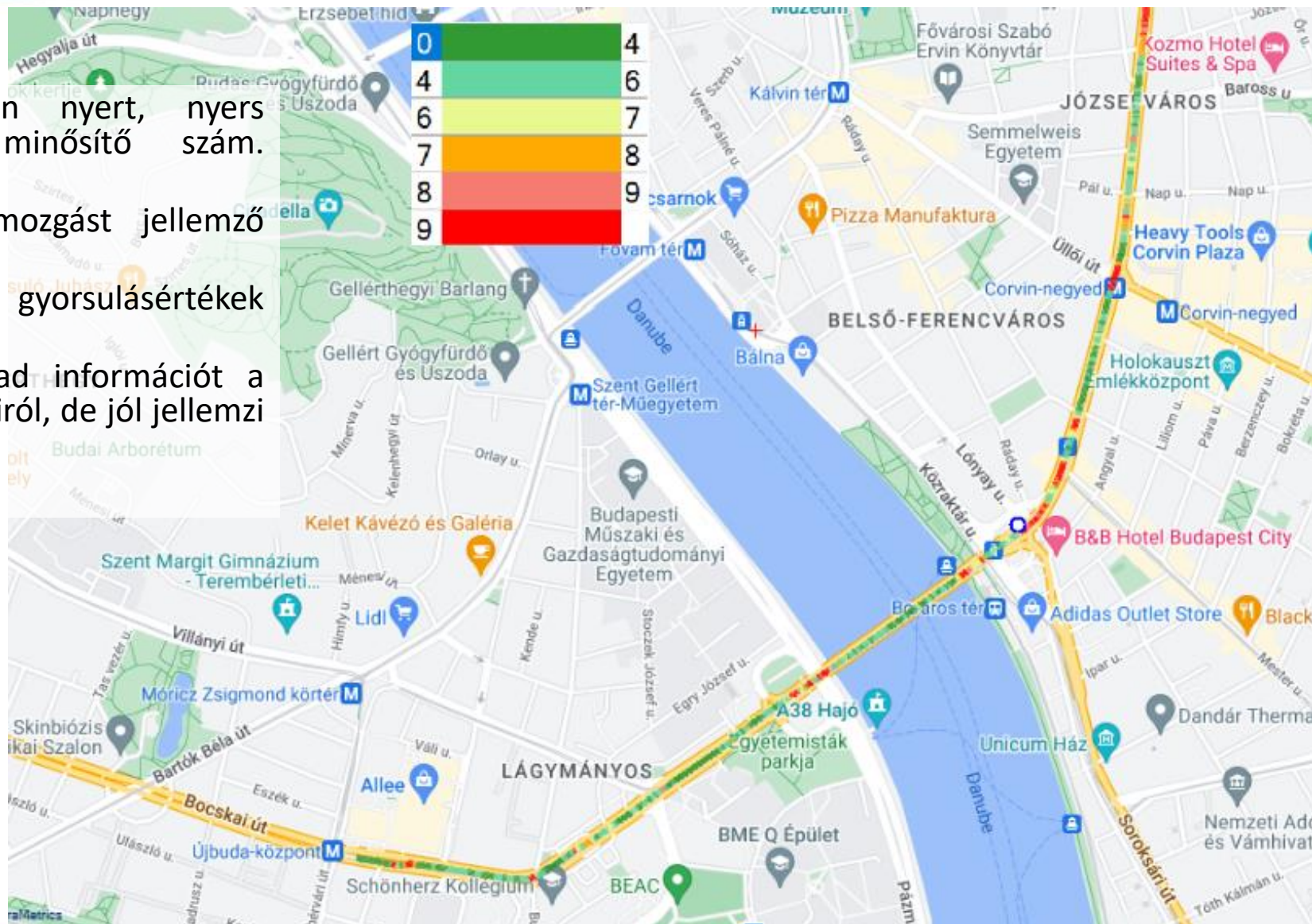
A mérővillamos bemutatása

- A mérővillamos kialakítása után a mérések kezdete: 2018
- Évente kétszer a teljes, budapesti villamoshálózatot bejárja
- Eredeti pályaszám: 1476 → 7476 (üzemi jármű)
- Mérőrendszerek
 - Járműdinamikai (inerciális szenzor alapú)
 - „A” végi futó forgóvázon 6 db háromtengelyű gyorsulásmérő szenzor
 - 1 db háromtengelyű gyorsulásmérő szenzor a „C” kocsirészben
 - Háromtengelyű giroszkóp
 - Geometriai (lézerprofilozó egység)
 - Felsővezeték-mérőrendszer
- GPS-alapú helymeghatározás, kamerarendszer
- Eredmény: a gyorsulásértékekből képzett járműdinamikai jellemzők, a pályaállapotot minősítő mérőszámok



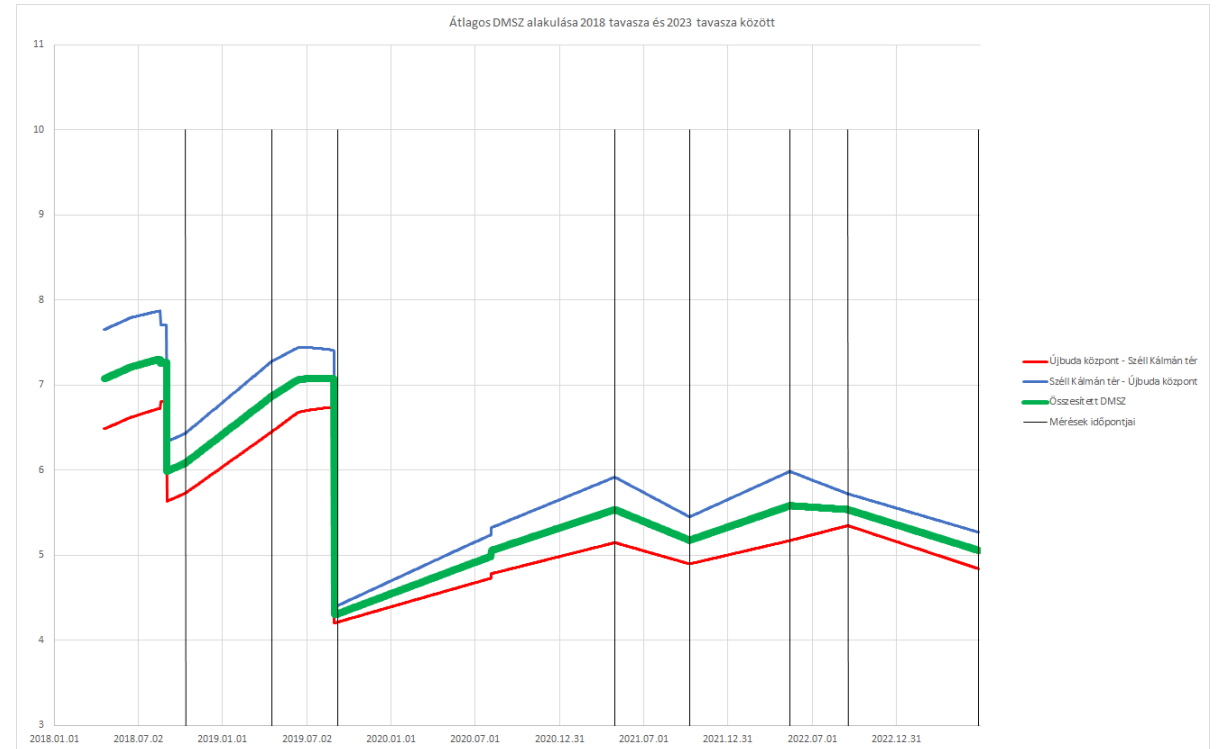
Dinamikai Minősítő Szám (DMSZ) I.

- Járműdinamikai mérések során nyert, nyers adatokból képzett additív minősítő szám. Tartalmazza:
 - a kigyózó és támolygó mozgást jellemző paramétert
 - a mért függőleges gyorsulásértékek összegzését.
- Empirikus képlet, amely nem ad információt a járműmozgás sajátosságainak okairól, de jól jellemzi a pálya általános állapotát.
- Minél kisebb, annál kedvezőbb.



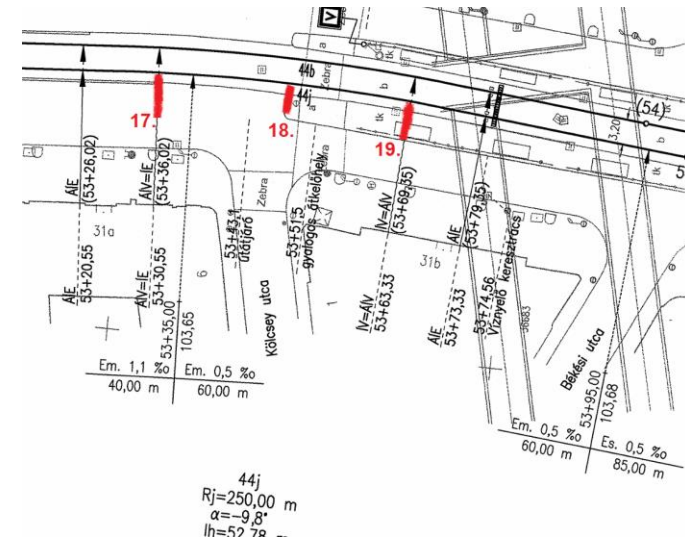
Dinamikai Minősítő Szám (DMSZ) II.

- 2018-tól kezdve 10 mérési adatsor lett feldolgozva (Covid járvány miatt kimaradt mérések), amelyek a pályahálózat pillanatnyi állapotát jellemzik
- Feltevés: a köztes időszakokban a DMSZ-szel jellemezhető pályaaállapot változása lineáris.
 - Valójában a rendkívül sok összetevő és nagyon kevés rendelkezésreálló információ miatt nehezen leírható a tényleges elhasználódási folyamat.
- Ugrásszerű változások: síncserével járó vágányzárak idején. Ezek nem estek egybe a mérésekkel.
- Alkalmoszerű pályakarbantartás nem figyelembevehető, ami adott esetben torzíthatja a lefolyást („spontán javulás”).
- Így a járművekhez hasonlóan megkaptuk a pályaaállapot időbeli alakulását.



Sínprofil vizsgálata

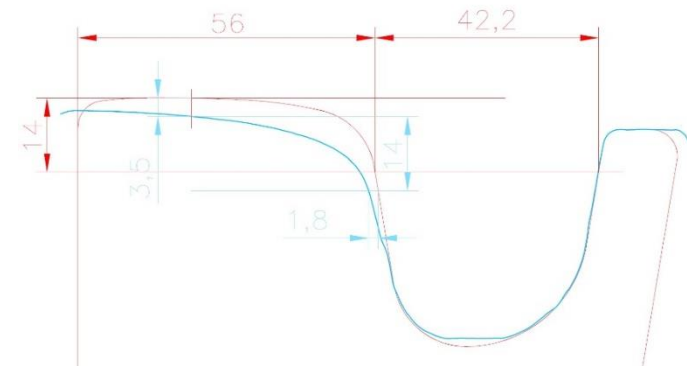
- Előzmények: együttműködés MVK Zrt-vel, Kossuth Lajos téri ívek
- Mérőeszköz: Calipri C40 lézeres szkennер
- Alkalmazott fő sínprofil-típusok:
 - Vignol (pl. 49E1)
 - Phoenix (pl. 59R2)
 - Tömbsín
- Jellemző kopási képek:
 - magassági kopás
 - oldalkopás
 - hullámos kopás (ezzel az eljárással nem mérhető)
- A vizsgált pályaszakaszon 22 db mérési pont lett kijelölve a jellemző ívekben (és néhol egyenes szakaszokon)
- Sínprofil-vizsgálat eddig nem történt rendszeresen → 2023 őszől kezdve évente kétszer újramérés → a sín kopási folyamatának időbeli lefutása kimutatható.
- Távlati cél: mérővillamos sínprofilmérése.



2023.10.25

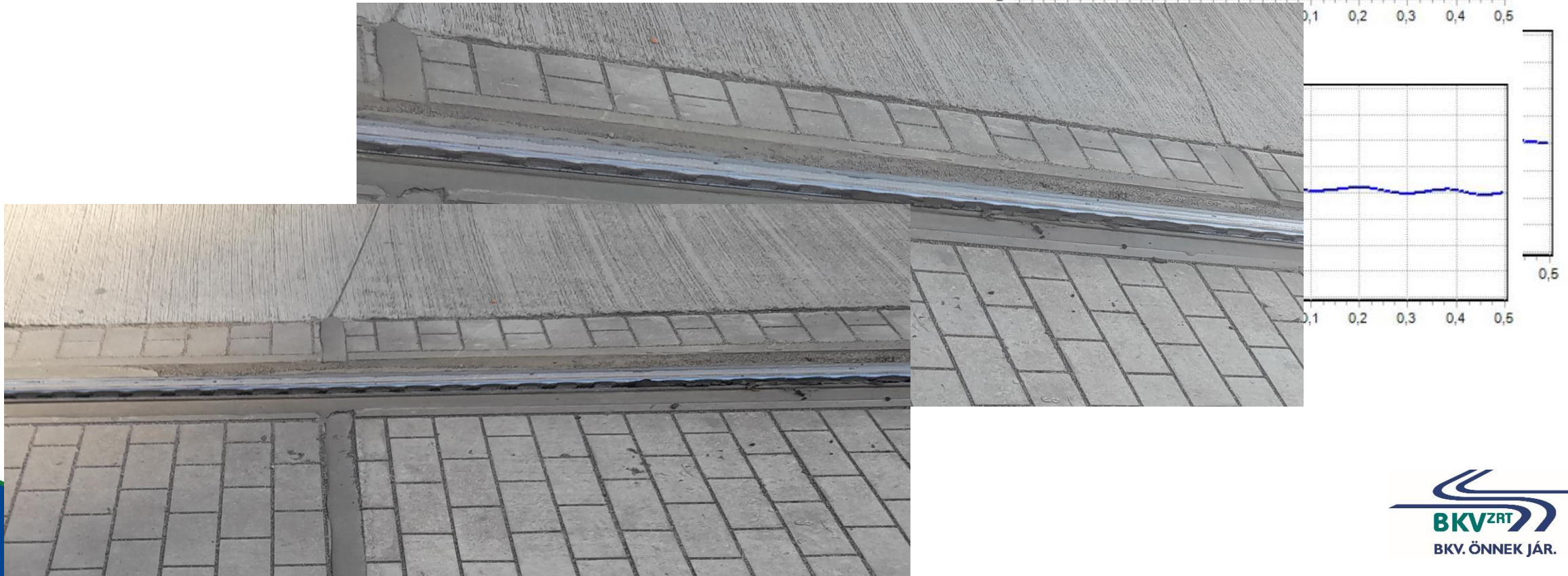
59R2 szabványos

Rákóczi ív 19.pont R = 250 m



Hullámosos kopás

- Sínef futófelület jellemző, szinuszhullámhoz hasonló alakú kopása egyenes és íves pályán egyaránt a sínszál hossz tengelye mentén.
- Nagyságrendje: 1/1000 mm-től a több mm-ig.



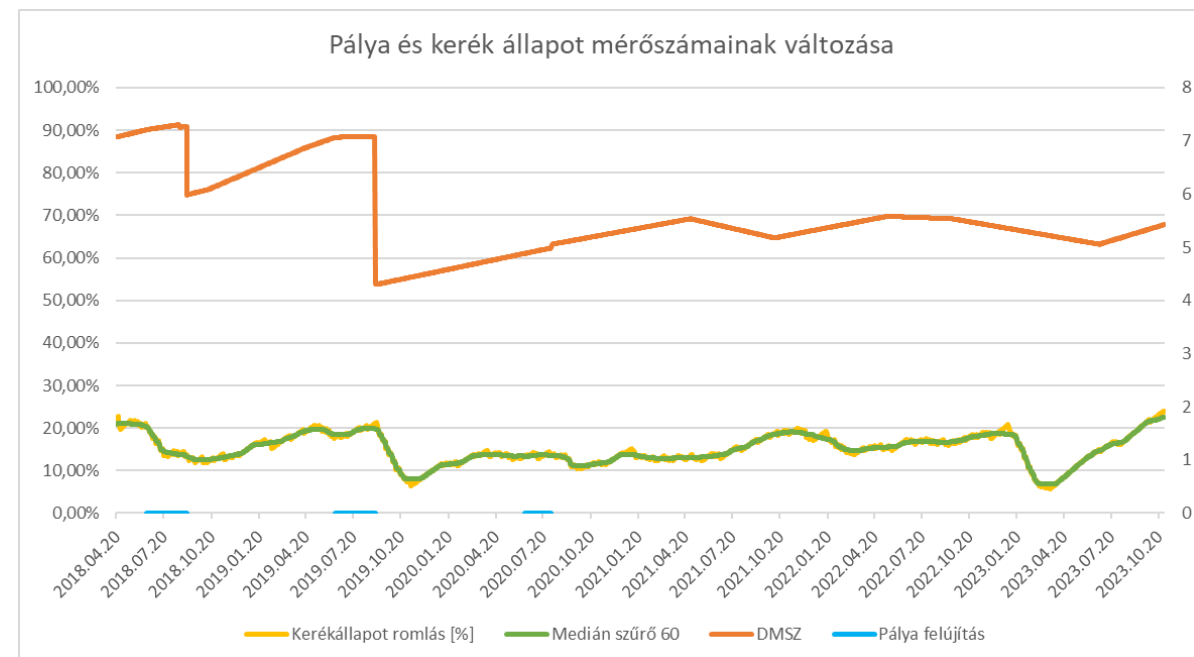
Hullámos kopás

- Sínefej futófelület jellemző, szinuszhullámhoz hasonló alakú kopása egyenes és íves pályán egyaránt a sínszál hossz tengelye mentén.
- Nagyságrendje: 1/1000 mm-től a több mm-ig.
- A jármű futásjóságát jelentősen rontja, és rendkívüli járulékos zajhatás.
 - A futó- és hordművön fellépő többletgyorsulások miatt bizonyos alkatrészek igénybevétele jelentősen megnő, élettartama jelentősen lecsökken (pl. fékberendezés elemei, perselyek stb.)
- Kialakulása más ütemben történik, mint a többi, üzemi elhasználódás.
- Kezelése síncsiszolással (köszörüléssel) lehetséges.
- Kiemelt fontosságú jelenség, ezért a további vizsgálatok során nagyobb szerepet kap. Cél: a síncsiszoló ciklusrend optimalizálása.



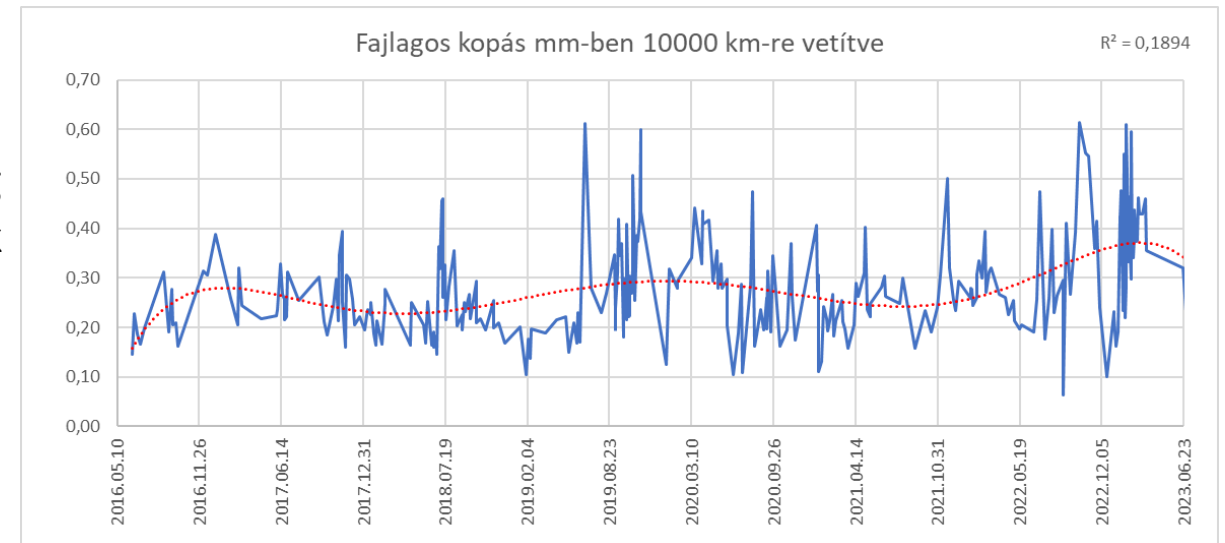
Az eddigi eredmények értékelése I.

- I. hipotézis: a pálya állapota és a járműkerekek elhasználódásának üteme között van kimutatható összefüggés. Eredmény: a **síncserés pályafelújítások** → **ugrásszerűen javuló általános pályaállapot** → **járműkerekek állapota javul**



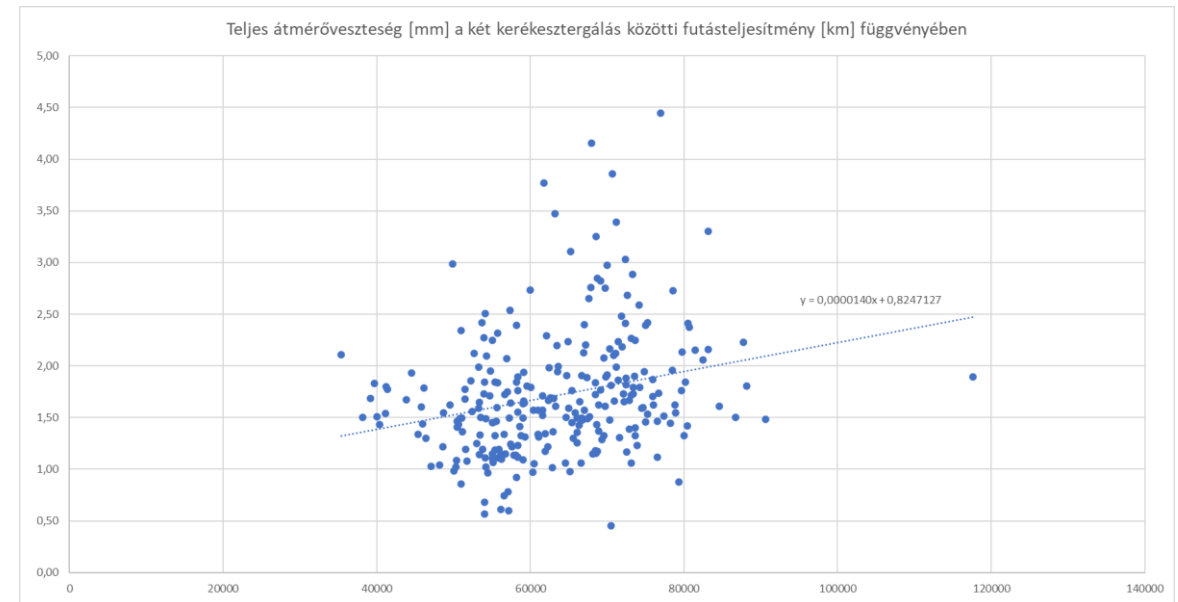
Az eddigi eredmények értékelése II.

- II. hipotézis: a síncserés pályafelújítások után a még nem bekopott sínszálak megnövelik a kerekek esztergálási veszteségét. Eredmény: **nem igaz.**



Az eddigi eredmények értékelése III.

- III. hipotézis: minél nagyobb a megtett futásteljesítmény két kerékesztergálás között, annál nagyobb a teljes átmérőveszteség (az üzemi elhasználódás és az esztergálási veszteség összege).
Eredmény: **enyhén emelkedő trend tapasztalható a futásteljesítmény növekedésével → célszerű betartani az előírt kerékesztergálási ciklusrendet**
- **Fontos!** Mindhárom hipotézis eredménye csak a Siemens Combinóra és a Nagykörútra igaz ebben a formában; más típusokon és viszonylatokon eltérő eredmények lehetnek!



Összefoglalás, kitekintés

- Az esztergálási ciklusrend betartása fontos.
 - Takaréprofil-rendszer → kerékabroncsok élettartamának növekedése
- Pályaállapot-minősítés továbbfejlesztése
 - Mérővillamos (síndiagnosztika, szakértői kiértékelő rendszer)
 - Calipri sínprofil-minősítő szoftvermodulok
 - Mágneses memória (MMM) vizsgálat
- Síncsiszolás (sínköszörülés) gyakoriságának növelése
- A kerékpár és a pálya együttes üzemeltetési határértékeinek felülvizsgálata, új kerékminősítési szabvány létrehozása (együttműködve a többi magyarországi üzemmel)
- Sok lappangó információ a rendszerben → kutatás kiterjesztése. Statisztikai összefüggések vizsgálata → analitikus elemzések → előrejelzések → optimális üzem
- → **A kutatás folytatódik.** 2024: CAF Urbos 3 ↔ 1-es, 3-as, 69-es viszonylat

Köszönjük a figyelmet!