

A vasúti vontatás energia-megtakarítási lehetőségei

A VINTER kutatási projekt eredményei

Dr. Bécsi Tamás PhD egyetemi docens, BME

2015. November 18.



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

SZÉCHENYI  2020

NEMZETI KUTATÁSI,
FEJLESZTÉSI ÉS
INNOVÁCIÓS ALAP

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A VINTER projekt (KMR_12-1-2012-0154)

„A PROLAN Irányítástechnikai Zrt. pályázatával a Kutatási és Technológiai Innovációs Alapból 165.906.212- Ft vissza nem térítendő támogatást nyert, amely célul tűzte ki, hogy a magyar vasúttársaságok villamosenergia felhasználását kutassa. A projekt célja, hogy olyan energia-megtakarítási megoldások készüljenek, melyek a jelenleg is működő irányítástechnikai rendszerek és technológiák tovább fejlesztésével és összekapcsolásával már rövidtávon kimutatható megtakarítást jelentsenek a villamosenergia felhasználás területén.” (Prolan sajtóközlemény, 2012.)

A Prolan Zrt. a kutatás-fejlesztési projekt keretében az alábbi vasúti technológiák energia-megtakarítási potenciálját vizsgálja meg:

- **váltófűtés,**
- **térvilágítás,**
- **vonatközlekedés, villanymozdonyok energia felhasználása,**
- energia-kereskedelem támogatása, olcsóbb energia-beszerzési lehetőségek,
- ingatlanok energia ellátása.

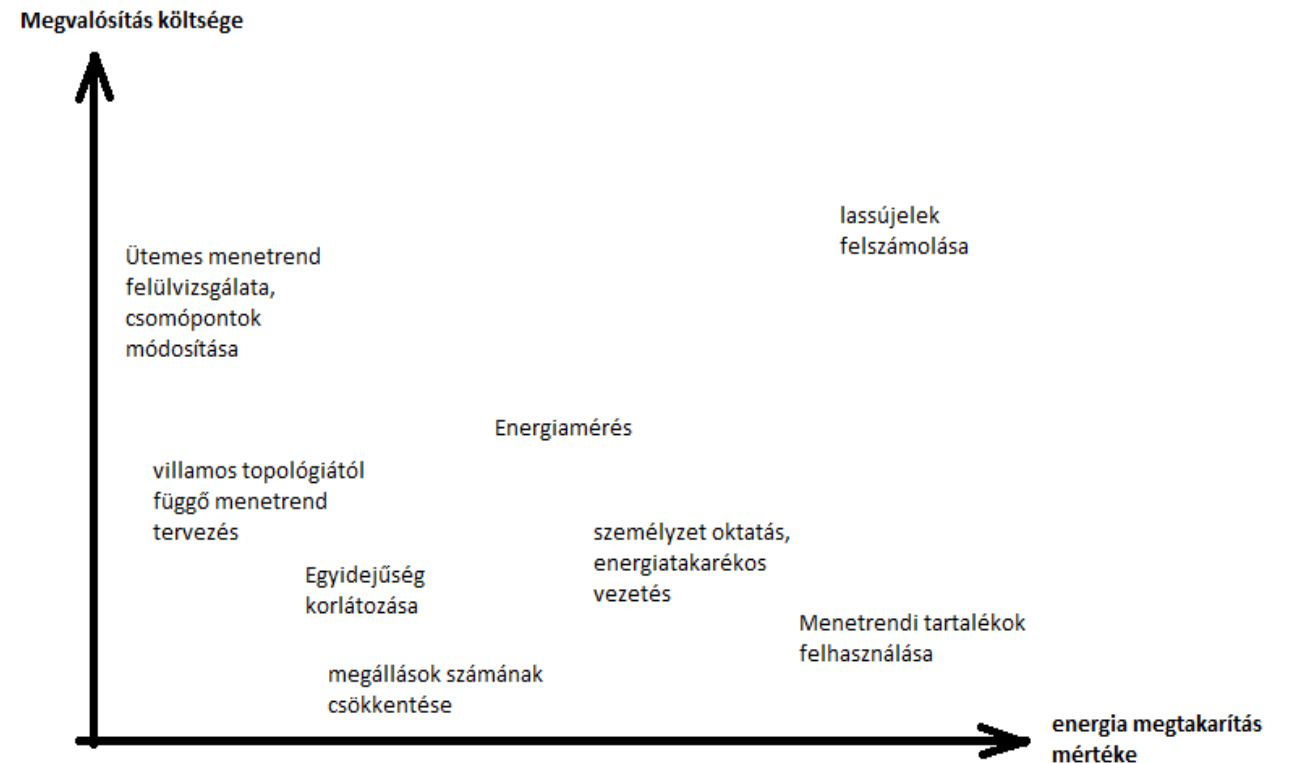


Tartalomjegyzék

- Bevezetés, problémafelvetés
- Megtakarítási potenciál statisztikai vizsgálata
 - Futások fogyasztási eltérései az elméletihez viszonyítva
 - Mozdonyvezetők közötti fogyasztási eltérések
 - Kiválasztott szakaszok vizsgálata
 - A fékezések számának és a elveszített sebesség hatásai a fogyasztásra
 - Egyedi esetek vizsgálata
- Fogyasztáscsökkentési lehetőségek (az eredmények hasznosíthatósága)
 - az oktatásban
 - a mozdonyon

Bevezetés

- Személyzet oktatás
 - Energiatakarékos vezetés támogatása és ösztönzése
 - Menetrendi tartalékok kihasználása
- ↓
- A MÁV gyakorlatában nem alkalmazzák



Az energia-megtakarítás mértéke és a beavatkozás költsége

Energiafogyasztási eltérések vizsgálata

- Cél: A Megtakarítási potenciál, és helyek meghatározása
- Adatforrás: Mozdonyfedélzeti Berendezés
- Elemi vizsgálat: Két szolgálati hely közötti közlekedés vizsgálata
- Összehasonlíthatóság, közös ismérvek, csoportosítás



Összesített



Mozdonyvezetői



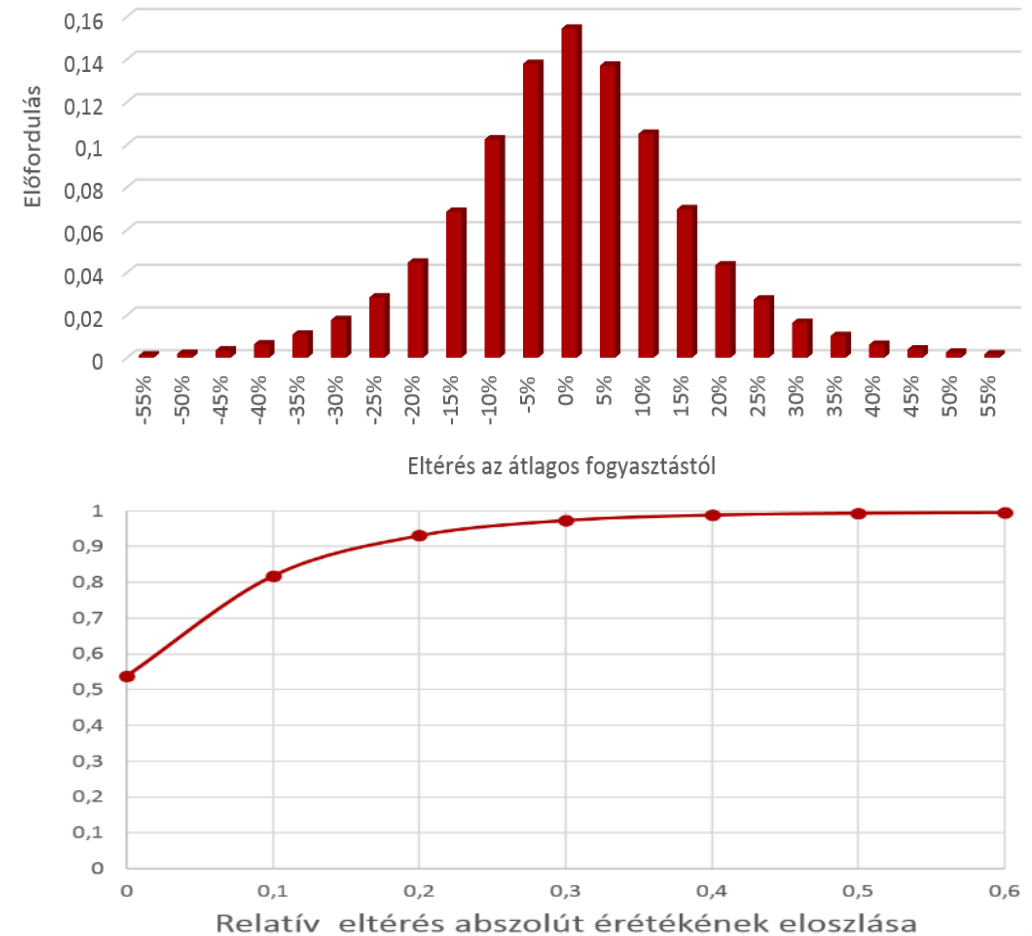
Egyedi futások

Adatok előkészítése

- Egy hónapnyi adat villamos vontatójárművekre szűrve.
- Közel azonos vontatójárművek kiválasztása: 431, 432, 433.
- A futások elemi szakaszokra bontása elindulások és megállások között.
- Az átlagos fogyasztás és az elegytömeg közötti függvénykapcsolat meghatározás regresszióval.
- Megjegyzés: a forgalmi körülmények különbözőségével nem tud mit kezdeni egy nagymintás statisztika, de a nagyszámú adat esetén ezek a jellemzők – néhány kiugró véletlent leszámítva - ki kell, hogy egyenlítődjenek.

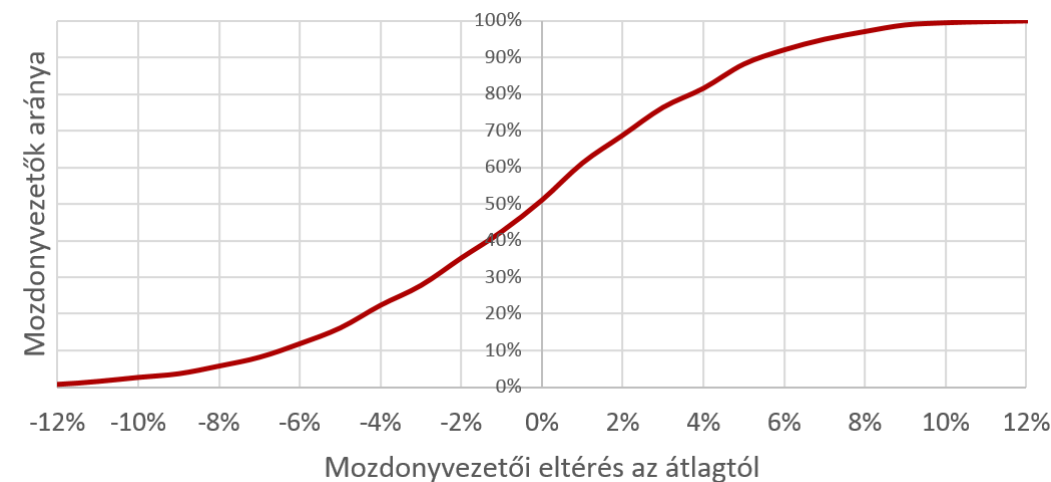
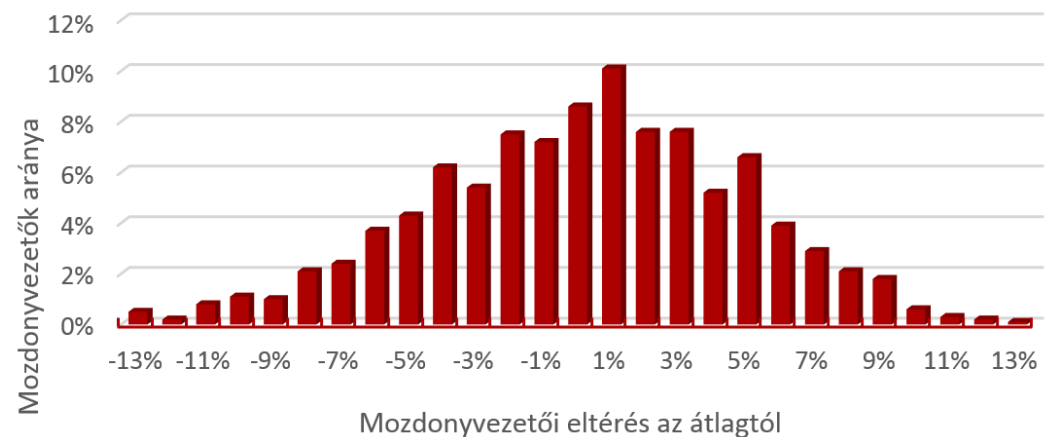
Összesített eltérések

- A tényleges futás által megadott elegytonna értékhez tartozó elméleti átlagos fogyasztás meghatározás.
- Az egyes futások elméletihez viszonyított fogyasztásának relatív eltérésének meghatározása.
- Az eltérések sűrűségfüggvények kiszámítása.
- **Eredmény:** a fogyasztás értékek 90%-ban $\pm 20\%$ -os eltérésen belül található



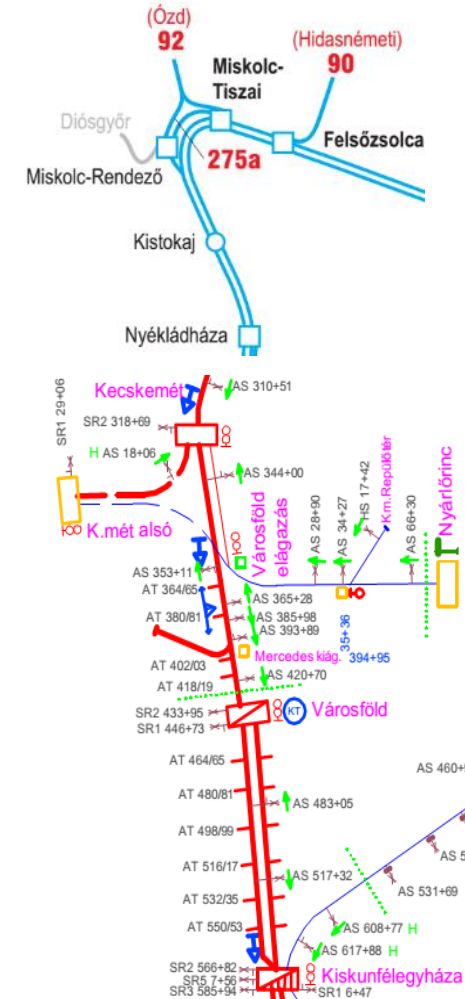
Eltérések mozdonyvezetőként

- Előszűrés: kiugró értékek szűrése és a legalább 100 mintával rendelkező mozdonyvezetők kiválasztása.
- 1005 mozdonyvezető került az elemzésbe.
- Sűrűség- és eloszlásfüggvények meghatározása.
- **Eredmény:** a mozdonyvezetők 90%-a $\pm 7-8\%$ eltérésen belül található.
- További bizonyítás lehetne, ha ugyanezt a vizsgálatot egy más időszakot lefedő adatsoron elvégeznénk, korrelációt keresve ugyanazon mozdonyvezetők fogyasztási adatai között.



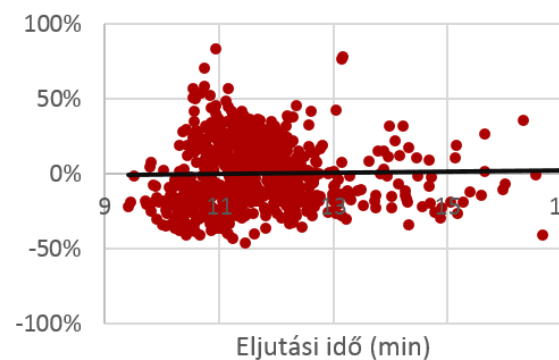
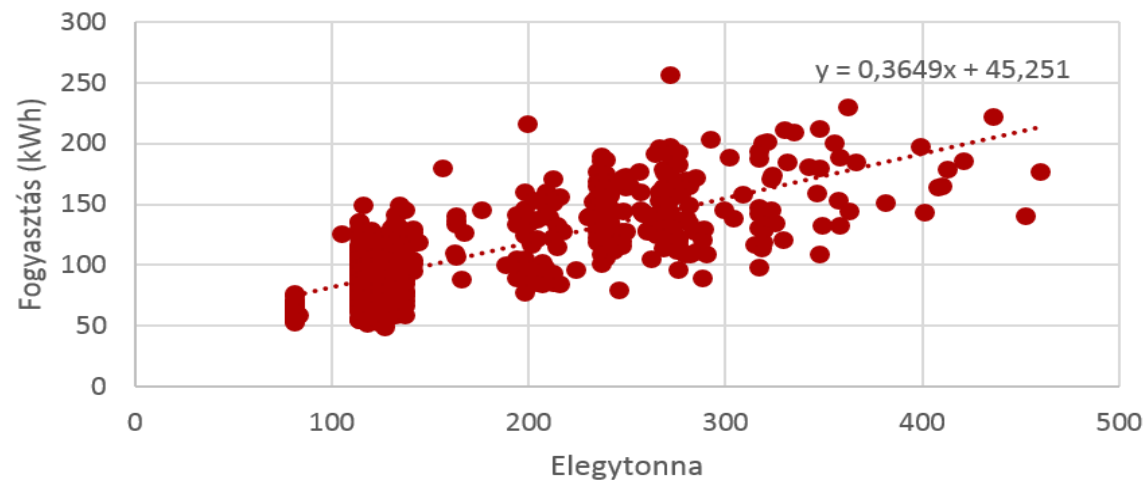
Kiválasztott szakaszok vizsgálata

- Két forgalmas szakasz kiválasztása
 - 80-as vonal: Miskolc-Tiszai – Nyékládháza
 - 140-es vonal: Kecskemét – Kiskunfélegyháza
- Előfeldolgozás, kiegészítő adatok számítása
 - Nettó eljutási idő
 - Megállások száma
 - Fékezések száma (lassítás >10km/h)
 - Fékezésekkel veszített összes sebesség

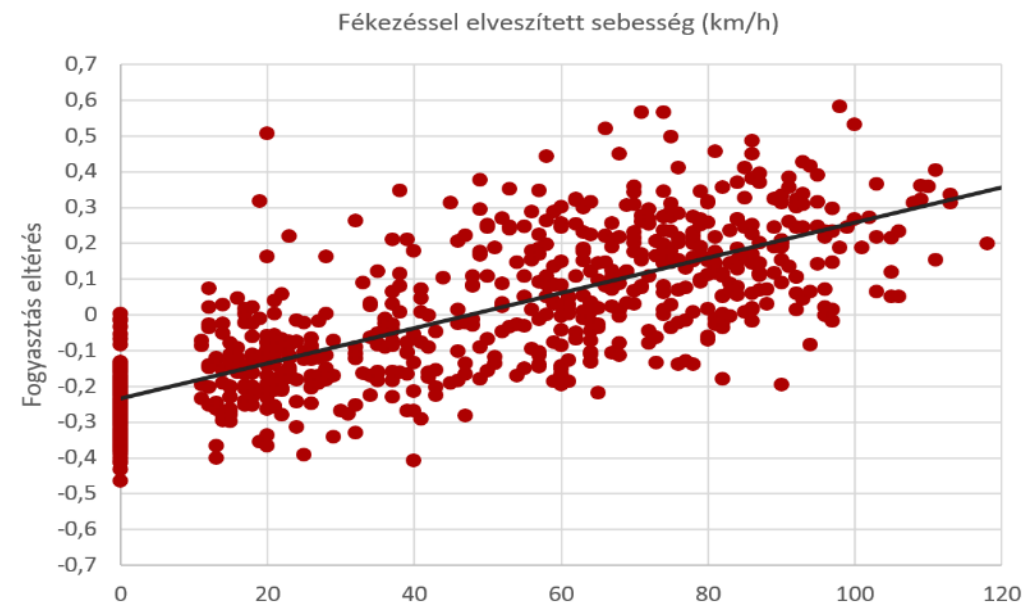
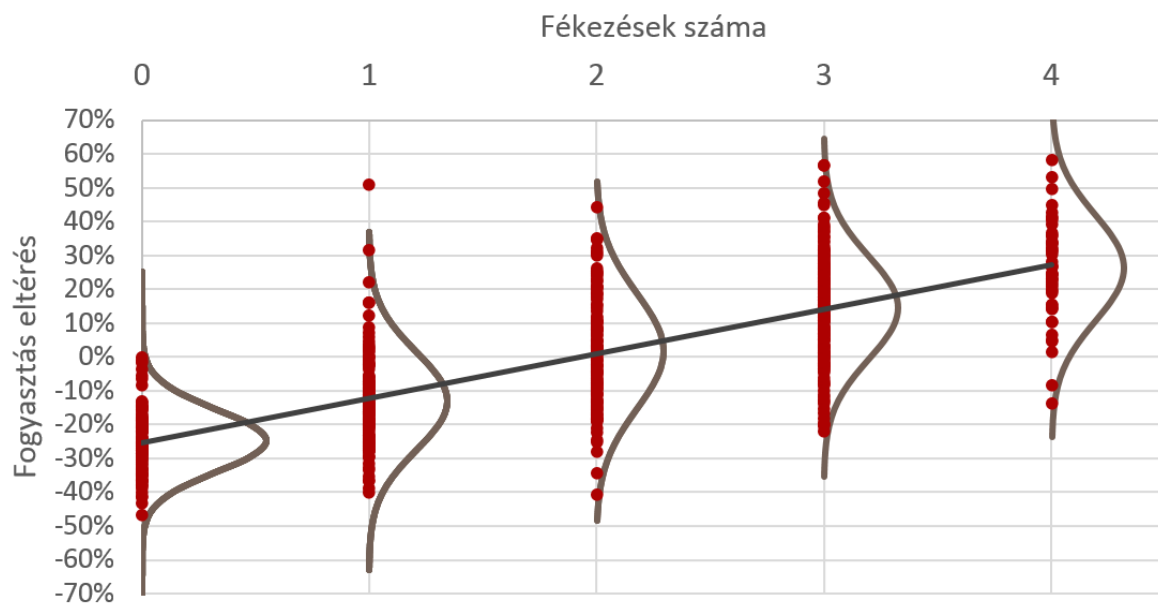


Miskolc-Nyékládháza

- 725 db futás került kiértékelésre.
- A fogyasztás jól korrelál a terheléssel.
- Az eljutási idők és a megállások száma viszont nem korrelál.
- Megvizsgáltuk a fékezések számának és a veszített sebesség hatását is.



Miskolc-Nyékládháza: fékezések hatása

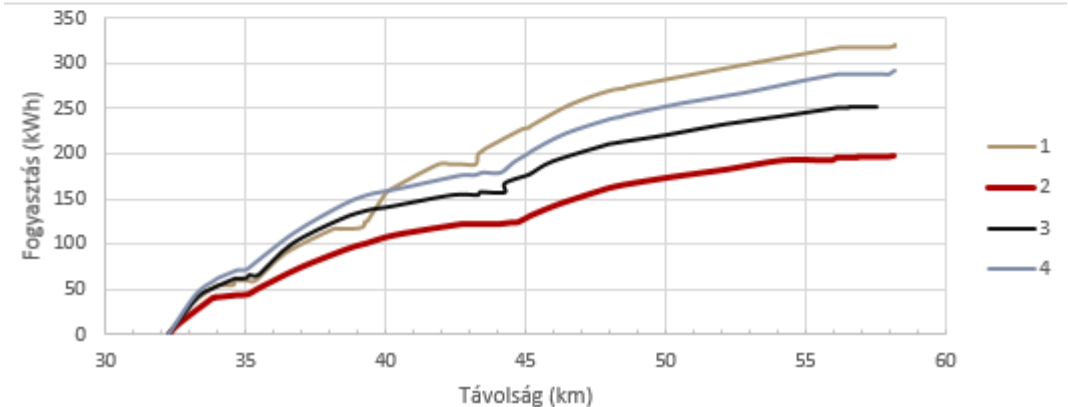
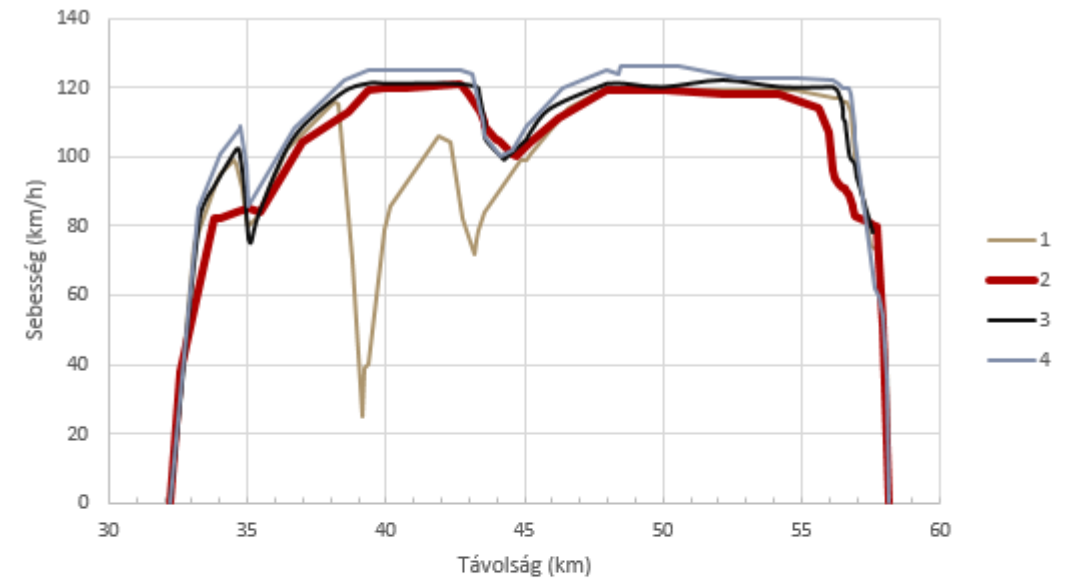


- A fogyasztás növekményben a fékezésekkel veszített, majd gyorsítással újra felhasznált energia jelentős szerepet tölt be.
- A fékezések száma, illetve a fékezésekkel elveszített sebesség, és így közvetve mozgási energia és a tényleges fogyasztástöbblettel korrelációja jól látható.
- A másik vizsgált szakasz eredményei is ugyanilyen jellegűek.

Egyedi futások vizsgálata, Kecskemét – Kiskunfélegyháza

- Négy késett IC vonat elemzése, 16 perces elméleti mentidővel
- Kecskemét-Kiskunfélegyháza szakasz
- Azonos elegytonna: 350-354 tonna
- Kiemelt figyelmet érdemel a 2. vonat

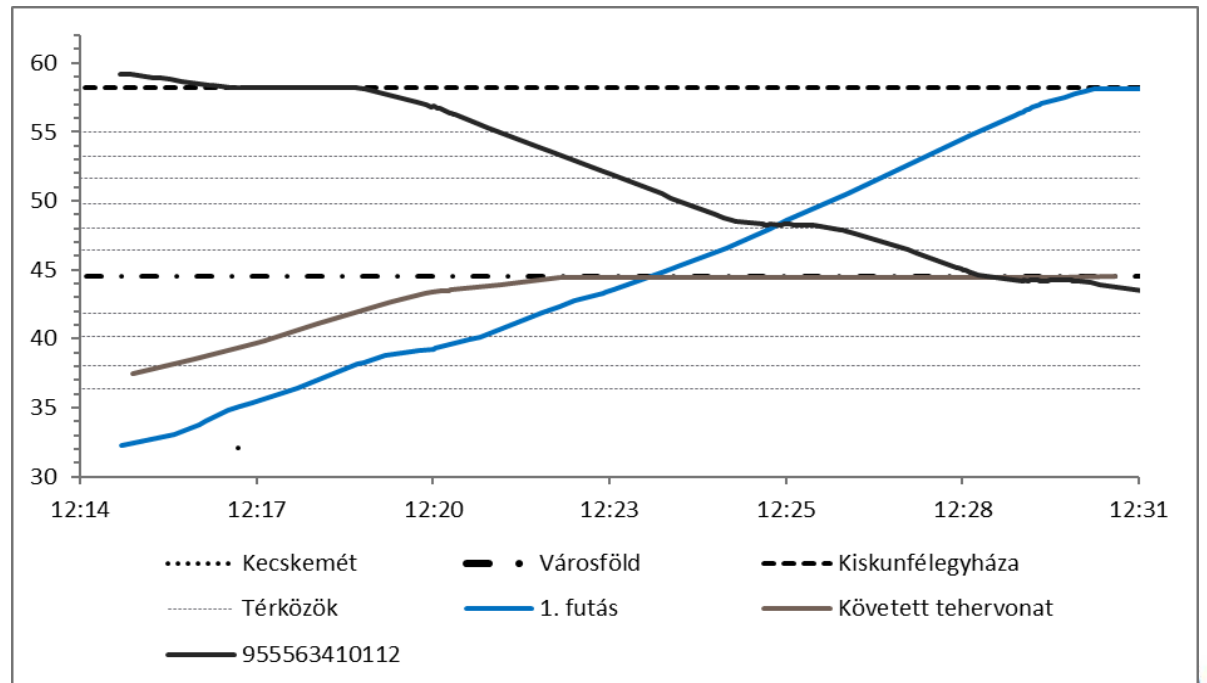
Sorszám	Fékezések száma	Fékezéssel veszített sebesség (km/h)	Fogyasztás (kWh)	Idő (mm:ss)	Késés induláskor (min)
1	3	72	320	16:19	4
2	1	17	198	15:12	9
3	2	35	253	14:37	7
4	2	38	293	14:13	5



Kecskemét – Kiskunfélegyháza

- A 2. vonat az első szakaszon csak 80 km/h-ra gyorsított 100-110 km/h helyett. Ez csupán fele annyi energiát igényelt.
- Az 1. vonat a második szakaszon lassítani kényszerült, ennek energiavesztesége a harmadik szakaszon realizálódott a visszagyorsítás formájában.
- A negyedik szakaszon a különböző sebességkülönbségekből adódó energiakülönbségek figyelhetőek meg.
- Az ötödik szakasz esetén megfigyelhető a 2. és 3. vonatok kifuttatásának hatása.

Szakasz vége	Szelv-től	Szelv-ig	Megjegyzés
Városföld kiág.	323	353	Gyorsítási szakasz
Mercedes kiág.	353	393	
Városföld bejárat j.	393	433	Sebességcsökkentés 100 km/h-ra
Gyorsítási szakasz Városföld	433	480	Gyorsítás Városföld után
Kiskunfélegyháza, megállás	480	580	

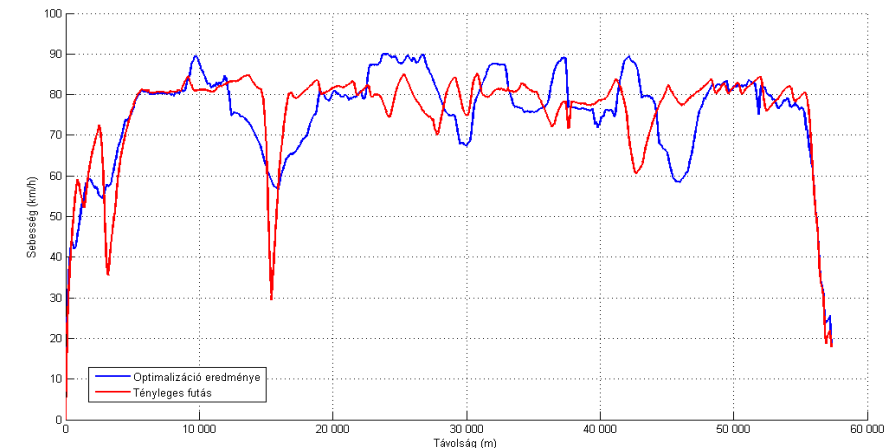
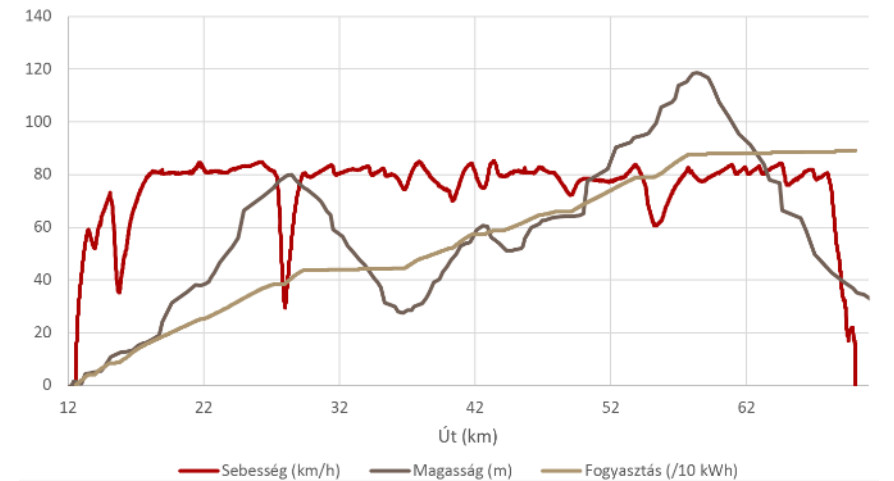


Optimalizációs lehetőségek

- Optimális sebességprofil meghatározása
 - Két állomás között
 - Sebességkorlátozásokat betartva
 - Előírt menetidő tartása mellett
 - Két verzió: a lejtviszonyok figyelembe vételével illetve anélkül
 - Előre kalkulált, statikus sebességprofil. A profil be nem tartása esetén esetén gyors újraszámolást igényel.
- Prediktív optimalizáció
 - Előretekintés néhány kilométeres horizonton
 - Visszacsatolás, folyamatos optimalizáció
 - Lejtviszonyok figyelembe vétele

Példa az optimalizációra

- Vontatómozdony pályaszáma: 915504311886
- Közlekedés dátuma: 2013-10-19 (15:31-16:20)
- Elegytonna: 557
- Tengelyszám: 100
- Vizsgált szakasz: Budapest-Kelenföld, Tatabánya
- Tényleges fogyasztás: 892 kWh
- Szimulált fogyasztás: 902 kWh
- **Eredmény**
 - **Optimalizált fogyasztás: 702 kWh**
 - **~20% megtakarítás**



Összefoglalás, javaslatok

- A statisztikai elemzések jól mutatják a vontatási energia-felhasználásban rejlő tartalékokat.
- Az oktatással, ösztönző rendszerrel és vezetéstámogatással komoly megtakarítás érhető el, gyors megtérülés mellett.
- Forgalom irányítás
 - Vonatmenesztés támogatás szakaszfoglaltság alapján.
- **Oktatás**
 - Szimulációs támogatás.
- **Mozdonyvezető támogatása**
 - Sebességajánlás pillanatnyi forgalom alapján, fékezés elkerülésére.
 - Teljes vezetéstámogatás a korábban felsorolt lehetőségek valamelyikével.