



**ELŐHEGYI
ISTVÁN**

Okleveles
közlekedésmérnök
Ny. GYSEV Főtanácsos



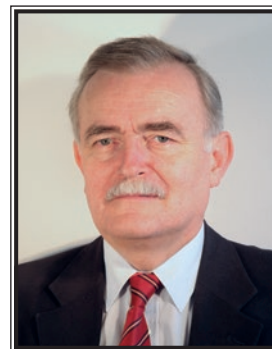
**KOVÁCS
KÁROLY**

Okleveles
gépészmérnök,
Ny. MÁV főtanácsos
Ügyvezető igazgató
EDKOPRESS Kft.



TÓTH BÉLA

Okleveles gépészmérnök
Ny. MÁV főtanácsos



**DR. ZOBORY
ISTVÁN**

Okleveles
közlekedésmérnök
Professzor Emeritus
BMGE,
Közlekedésmérnöki Kar

Az EnOpt, az energiatakarékos vonattovábbítás, egy a MÁV-nál a mai napig nem hasznosított szabadalom és a vontatási energetika aktuális kérdései

ISTVÁN ELŐHEGYI
Transportation engineer
Retired GYSEV chief counsellor

BÉLA TÓTH
Mechanical engineer
Retired MÁV chief counsellor

KÁROLY KOVÁCS
Mechanical engineer
Retired MÁV chief counsellor
CEO of EDKOPRESS Ltd.

DR. ISTVÁN ZOBORY
Transportation engineer
Professor Emeritus
BMGE, Faculty of
Transportation Engineering
and Vehicle Engineering

The EnOpt, the energy-efficient train operation system, a patent that has not been used by MÁV even today, and the current issues in traction energy

Summary

The actuality of the topic indicated in the title is given by the fact that Dr. István Zobory, who died on February 7 of this year, was the last great individuality of the creative trio of energy optimal train transmission (EnOpt). Remembering for EnOpt offers also an opportunity to commemorate the creators of the Hungarian patent and accepted in the field of railway traction energy, primarily the scientist István Zobory, István Előhegyi, who passed away 6 years ago in November 2016, and Béla Tóth, who died eight years ago in 2014.

Összefoglaló

A címben jelzett téma időzerűségét az adja, hogy ez év február 7-én elhunyt Dr. Zobory István az energia optimális vonattovábbítás (EnOpt) szabadalmi oltalomban részesült alkotó trió utolsó nagy egyénisége. Az EnOpt-ra emlékezés egyúttal arra is lehetőség, hogy megemlékezzünk a vasúti vontatási energetika tárgyában benyújtott és elfogadott magyar szabadalom megalkotóiról, elsősorban a tudós Zobory Istvánról, továbbá a 6 éve 2016 novemberében elhunyt Előhegyi Istvánról, a nyolc éve 2014-ben eltávozott Tóth Béláról.

Írásunk a vasútmérnök trió emlékének megőrzésére törekvéssel is készült, amelyben felelevenítjük az energiatakarékos vonattovábbítás legfontosabb tudnivalóit. Szerkesztőként és, egyben szerzőként megragadtam a lehetőséget arra, hogy a MÁV titokkör betartásával közre adjak olyan információkat is, amely az EnOpt szabadalom remélt, ám sajnos megghiúsult magyar vasúti hasznosításának körülményeiről is szól. A cikk számos idézetet tartalmaz azért, mert a legfontosabb információk hiteles, változtatás nélküli közreadására törekedtünk.

Előzményekről:

Előhegyi István – aki fiatal mérnökként gőzmozdonyt is vezetett – számos mozdonyvezetői, mozdonyfűtői trükk birtokában az ezredforduló után sokat mesélt arról a korról, a múlt század 60-as éveiről, amikor a gőzmozdonyvontatás még jelentős volt, így a vasút szénfogyasztása is. A jól dolgozó fűtő-mozdonyvezető páros kevesebb befektetett munkával, és szénrel továbbította a vonatot a célállomásig, mint kevésbé ügyes társaik. Akkor a vasúti pályák mentén elhelyezve a mozdony-

ról jól látható emelkedő-lejtőjelzők voltak telepítve. Így a mozdonyvezetőknek minden a pálya emelkedő-lejtő viszonyait tartalmazó információ a birtokában volt azért, hogy a vonatot hatékonyan, energiatakarékosan továbbítsa a célállomásra.

A mozdonyvezetők abban az időben jutalmazva voltak a szén és gázolaj takarékos felhasználásért. Az energiatakarékos vonattovábbításra törekvés fontos szempont volt. Érthető, hogy a helyes mozdonyvezetői gyakorlat kialakítását támogató oktatófilm is készült ebben a témában, amely jelenleg a

youtube.com-on megtekinthető. A film szaktanácsadói Kisteleki Mihály és Wiedermann Kornél voltak.

A film címe: *Gazdaságos vonatovábbítás*, amely itt tekinthető meg:

<https://www.youtube.com/watch?v=5uWETUSHQA8>

Az akkor még létező MÁV VATUKI-ban (Vasúti tudományos Kutató Intézetben) dolgozó mérnök-kutatók a 60-as években beszerzett vontatójárművek vizsgálatai során feltárták hogyan, miként lehet gazdaságosan vonatot továbbítani a különböző dízel és villamos mozdonytípusokkal, az eredményeket kutatási jelentésekben publikálták.

Akkortájt a mozdonyvezetőket energia prémiummal jutalmazták.

A vontatás korszerűsítése, a villamosítás folytatása a múlt század nyolcvanas éveiben új lendületet adott az energiatakarékos vonatovábbítás ügyének is. Ebben az időben a MÁV-nál Tóth Béla kutató mérnök ötleteit Dr. Várszegi Gyula a MÁV vezérigazgatója is felkarolta. Tóth Bélának a múlt század 80-as éveiben végzett kutatásai a *Gazdaságos vonatovábbítás* című oktatófilmhez hasonlóan a helyes mozdonyvezetési stílus alkalmazására helyezték a hangsúlyt.

A kifuttatás jelentősége

Tóth Béla kutatásai megerősítették azokat az ismereteket, amelyek a *Gazdaságos vonatovábbítás* című filmben is kulcsmondatok voltak. Azaz az intenzív gyorsítás fontossága, a kifuttatás jelentősége, az optimális vonatsebesség megválasztása a következő állomásra a korábban, vagy később érkezés elkerülése.

Tóth Béla 1988-ban Várszegi Gyula MÁV vezérigazgató idejében vezérigazgatói támogatással átalakított egy V43 sorozatú mozdonyt. Ezzel a mozdonnyal Budapest – Pusztaszabolcs vasútvonal mentén elhelyezett ún. balizokkal, vagyis a pálya helyzetének pontos azonosításával sikeres vonatovábbítási kísérleteket végzett az átalakított V43-assal. Mivel a pálya

menti helyzetazonosító balizok egész törzshálózatra történő kiépítése igen költséges lett volna, dr. Várszegi eltávolítása után, a rendszerváltás pénztelenségében a sikeres kísérleteknek nem lett folytatása.

A rendszerváltást követően a MÁV tartós forráshiánya miatt a pálya emelkedés-lejtéscímű jelzők leszerelésre kerültek a MÁV vonalain. E fontos információk nélkül a gazdaságos vonatovábbítás pálya alapinformációi hiányoztak, azaz nem volt ismert: milyen hosszú és milyen emelkedésű, esésű, pályaszakasz következik, ez a mozdonyvezetőnek nem volt előre jelezhető.

Az előzőek miatt a MÁV-nál háttérbe szorult a gazdaságos vonatovábbításra törekvés. A MÁV-nál megszűnt a mozdonyvezetők energiatakarékos vezetésének a jutalmazása is. Az energiatakarékos vonatovábbítás kérdése a MÁV-nál sok évre lekevert a napirendről.

Az ezredforduló után újra lendületben az EnOpt

Az energiatakarékos vonatovábbításra törekvésnek, mint azt az előzőekben leírtuk több évtizedes múltja van a magyar vasúton. A témának új lendületet az informatika fejlődése mellett a GPS alapú méteres pontosságú helymeghatározás civil szférára kiterjesztésének engedélyezése hozott. Ennek az ideje

az ezredforduló utáni években érkezett el. A GPS alapú helymeghatározás fontosságának vasúti alkalmazását az energiatakarékos vonatovábbításban a GYSEV gépészetének egyik közlekedésmérnöke Előhegyi István szorgalmazta. Így talált egymásra a GYSEV-nél dolgozó Előhegyi István a MÁV-os Tóth Bélával és a BME tanészke vezető egyetemi tanárával Dr. Zobory Istvánnal.

A méteres pontosságú civil GPS lehetőségei és a számítástechnika fejlődése tehát közel 20 évvel ezelőtt új lendületet adott az energiatakarékos vonatovábbítás ügyének is.

Dr. Zobory István, Tóth Bélával a MÁV ifjú nyugdíjasával, és Előhegyi István GYSEV gépészet munkatársával az ezredforduló után együttműködve egymást segítve, Heinczinger Istvánnak a MÁV akkori vezérigazgatójának 2006-ban tartott prezentációban bemutatták elképzelésüket immáron a GPS alapú helymeghatározásra és a műgyetemen fejlesztett EnOpt szoftverre alapozták. A három feltaláló 2006-ban szabadalmi oltalmi védeltséget kért, amelyet 2007-ben megkapott.

A szabadalmi oltalomról 2007-ben Zobory professzor úr alábbi levele tájékoztató:

*„Kedves Bélám! Pistám!
Mellékelten küldöm a »Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő« 2007/8-számában megjelent, 2006.02.08. dátummal benyújtott*



1. ábra: V43-as az EnOpt kísérletek MÁV mozdonytípusa (illusztráció) (fotó: Kovács Károly)

szabadalmunk tömör (szerkesztett) összefoglalóját.

Ez az a szöveg és információ, amely a potenciális hasznosítók rendelkezésére áll minden korlátozás nélkül A hasznosítók a hasznosításra vonatkozó „licencia szerződés” aláírása után megkapják a szabadalmi leírás teljesebb anyagát.

A beszekelt fájl mind a MÁV, mind a GYSEV érdekelt kollégái ta-

nulmányozhatják, de a szabadalom igénypontjai 2006.02.08.-tól jogi oldalon részeseülnek.

Baráti üdvözléssel:
Zobory Pista”

MÁV vezérigazgatói biztatásra 2005. után nagy lendülettel folytatták a szoftver fejlesztőmunkát az egyetemen.

Mielőtt az EnOpt MÁV-os történetére rátérek, elevenítsük fel az egyik alapművet, Tóth Béla 2006-ban elkészített írását, amely kifuttatásos vonattovábbítás fontosságára hívta fel a figyelmet.

Mivel ez a dolgozat nem olvasható az interneten, a cikket teljes terjedelmében ismertetjük.

Tóth Béla

Fedélzeti számítógép-támogatású vonatvezérlő rendszer a vonattovábbítási energiafogyasztás optimalizálására

I. Menetdinamikai alapok

I. Bevezetés

A menetdinamika fogalmi körébe tartozik a vasúti pályán való rendeltésszerű vonatmozgást előidéző és az azt befolyásoló erőhatások-, valamint az ezekkel összefüggő energia-folyamatok működési rendszere.

A vasúti közlekedés voltaképpen egy **egy-dimenziós közlekedési mód**, azaz a vonat mozgása csak egyetlen koordináta – az adott vonat meghatározott útvonalára, váltórendszerek által beállított út – mentén történhet. E tény alapján a vasúti jármű menetének dinamikai és energetikai vizsgálata – a két-dimenziós felszíni közlekedési módok lehetőségeihez képest – egyszerűbbé és eredményesebben elemezhetővé válik. Az elemzések leghatékonyabban **számítógépes menet-szimuláció** segítségével végezhető el, aminek révén valóságos pálya- és járműadatokra alapozott eredmények képezhetőek egy-egy menetfázisra, vagy bármely vonalon történő teljes, menetrend szerinti vonatmenetre.

A vonatmenet dinamikai és energetikai elemzése kapcsán meg kell gondolnunk, hogy amíg a dinamikai állapot a mindenkor **pillanatnyi** erők egyensúlyi feltételein alapul, addig az energetikai állapot egy meghatározott **időkeretben** megvalósuló ener-

gia-folyamatok egyensúlyát fejezi ki. Mindezen tényeknek azonban fontos következményei vannak:

Dinamikai vizsgálatok során menetellenállásként kell tekinteni minden olyan pillanatnyilag működő erőhatást, amely a vonatra a vonóerő irányában, azzal ellentétes értelemben hat (alapellenállás + ívellenállás + emelkedési ellenállás).

Energetikai vizsgálatok során azonban, menetellenállásként az előbbiektől csak az energiaveszteséget (disszipációt) közvetlenül előidéző összetevők (alapellenállás + ívellenállás) vehetők figyelembe. Az emelkedési ellenállás ugyanis, önmagában energiaveszteséget nem okozva, csupán a vonat **helyzeti energiáját** – pozitív vagy negatív (emelkedés vagy lejtés) értelemben – módosítja.

2. Dinamikai alaptörvény (SI alarendszerben)

A dinamikai alaptörvényt a tárgyi esetre alkalmazott Newton-egyenlettel lehet tömören kifejezni:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F_{\text{von}} - F_{\text{ell}} - F_{\text{fék}}}{(1 + \delta) \cdot m} \quad [2]$$

azzal, hogy:

$$F_{\text{von}} \cdot F_{\text{fék}} \equiv 0 \quad [2a]$$

ahol

F_{von} , F_{ell} , $F_{\text{fék}}$	vonóerő, menetellenállás, fékezőerő
m	vonttömeg
δ	forgótömeg együttható
v	sebesség
t	idő

Az **2a** kiegészítő egyenlet azt fejezi ki, hogy normális esetben vonóerő és fékezőerő egyidejűleg együtt nem létezhet.

3. Energetikai alaptörvény (SI alarendszerben)

Tetszőleges vonatmenetre vonatkozó energetikai folyamatot egy Bernoulli-típusú összefüggéssel lehet tömören kifejezni, ami a vizsgált vonalszakasz két (1 és 2 indexszel jelölt) végpontján létező helyzeti- és lendületi energiatartalom, valamint a két végpont közötti teljes vonalszakaszon belül bevezetett vontatási munka és az ugyanezen vonalszakaszon keletkezett ellenállási és fékezési energiaveszteség egyensúlyát fejezi ki:

$$m \cdot g \cdot h_1 + \frac{(1 + \delta) \cdot m \cdot v_1^2}{2} + W_{\text{von}} = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{(1 + \delta) \cdot m \cdot v_2^2}{2} + E_{\text{ell}} + E_{\text{fék}} \quad [3]$$

a bruttó vontatási energiafogyasztás pedig:

$$E_{\text{von}} = \frac{W_{\text{von}}}{\eta} \quad [3a]$$

ahol

h_1, h_2 az 1 és a 2 jelű pályapont földrajzi magassága egy alapszinttől

v_1, v_2 vonatsebesség az 1 és a 2 jelű pályapontban ($v \geq 0$)

W_{von} a vonóerő munkája

E_{von} bruttó vontatási energiafogyasztás

E_{ell} menetellenállási energia-vesztés

$E_{\text{fék}}$ fékezési energiavesztés

η mértékadó gépezeti hatásfok

g nehézségi gyorsulás

II. Vontatási energiafogyasztás optimalizációs (EnOpt) rendszer működési elvének rövid ismertetése

Az EnOpt rendszer – mint célszerű vonatvezérlési stratégia – a vonatmenet meghatározott fázisaiban megfelelő program szerint alkalmazott ún. kifuttatások (vonóerő-kifejtés nélküli szabad futás) végrehajtásán alapul. Ez a vezérlési módszer két különböző esetben eredményezhet különösen hatékony energia-megtakarítást.

1. A rövid távolságonként megálló személyszállító vonatok esete

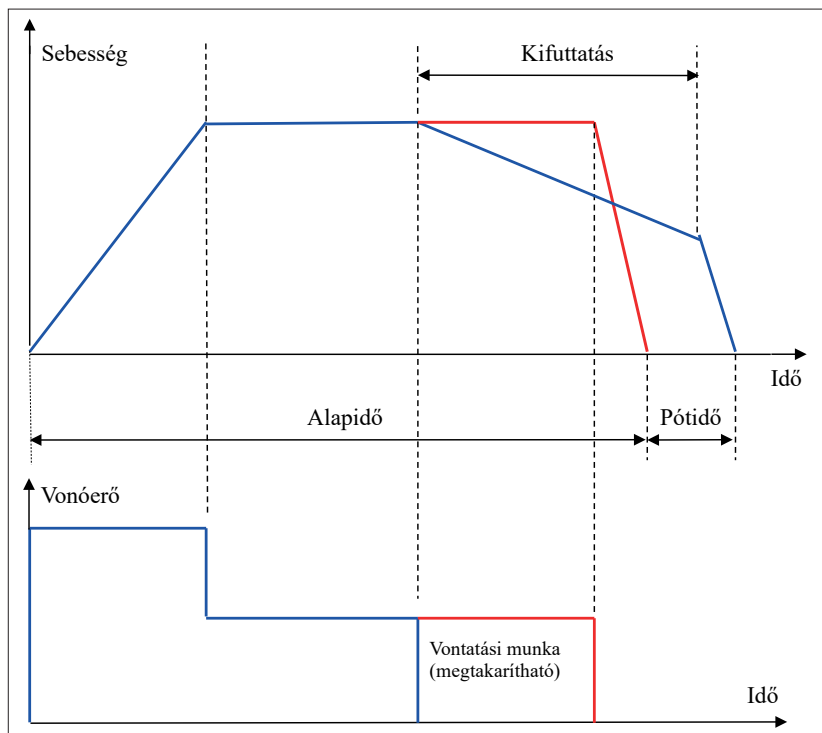
A menetfolyamat jellemzőit a 2. ábra szemlélteti.

Működési alapelv:

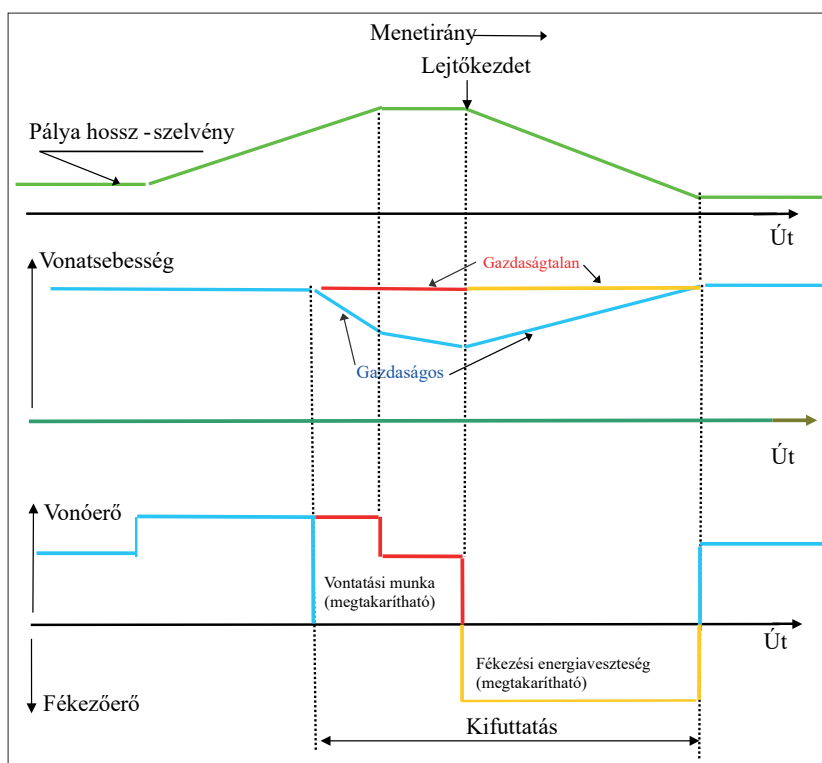
A megállító fékezést megelőzően, a menetrendi menetidő adatokból kiadódó ún. pótidők kihasználásával a **vonóerő kifejtés nélküli kifuttatások** révén jelentősen **csökkenhet a vontatási munka értéke**.

2. dombvidéki vonalszakaszokon közlekedő tehervonatok esete

A folyamat lényeges jellemzőit a 3. ábra szemlélteti.



2. ábra



3. ábra

Működési alapelv:

Egy-egy dombtetőhöz közeledve azon a pályaponton kapcsoljuk ki a vonóerőt, ahonnan a lejtő kezdetéhez érve, a vonat **arra a sebességre lassul**

le, amelyről a **gravitációs erő** – további szabad kifuttatás révén – a lejtő aljáig érve, pontosan az **előírt sebességre képes felgyorsítani** azt.

III. A fedélzeti berendezés aktív adattartalma és a legfontosabb funkciók

Statikus adattár:

- Pályaadatok
- Menetrendi adatok
- Vonatadatok

Fedélzeti program:

Legfeljebb egy szekundum ciklusidővel futó program, a pillanatnyi adatok folyamatos feldolgozására

A fedélzeti program funkciói:

1. Megállások előtti kifuttatás

Input-adatok:

- Pillanatnyi pályapont koordinátája
- Pillanatnyi időpont
- Pillanatnyi vonatsebesség
- Következő megállási hely koordinátája és érkezési időadata

Vezérlési alap-adatok:

- Maradék út meghatározása (a megállóhely- és a pillanatnyi pályapont koordinátái közti különbség)
- Maradék idő meghatározása (a megállóhelyre érkezés ideje és a pillanatnyi időpont közti különbség)

Vezérlési parancs képzése:

A távolsági- és időadatok alapján, a kifuttatás kezdőpontjának meghatározása

2. Sebességtartó fékezés kiváltása pályalejtőkben

Input-adatok:

- Pillanatnyi pályapont koordinátája
- Következő lejtő kezdőpontja és magassági adata
- Következő lejtő végpontja és magassági adata

Vezérlési alap-adat:

Elérendő sebesség-csökkentés a lejtő kezdőpontjára érkezésig

Vezérlési parancs képzése:

A gyorsító pályalejtő adatai alapján a kifuttatás kezdőpontjának meghatározása

Mint az köztudott, közlekedő a vonat sebességétől döntően függ az elfogyasztott energia. Ezért nagy jelentősége volt és van azoknak a vizsgálatoknak, számításoknak, amely a menetidő csökkentés és az a nagyobb vonatsebesség miatti nagyobb energiafogyasztás összefüggéseit tárja fel, és tesz javaslatot az optimális vonatsebességre és menetidőre. Tóth Béla ilyen jellegű vizsgálatából a következőt idézzük fel:

A következő Tóth Béla dolgozat a kifuttatással, vagy kifuttatás nélküli közlekedés energiafogyasztását illusztrálja, és a sebességnövelés nagyobb energiaszükségletét mutatja be.

Elővárosi villamos motorvonat

Műszaki-gazdasági elemzés

Bevezető

Ez a tanulmány a Budapest elővárosi vasúti közlekedés egyes műszaki-gazdasági kérdéseivel foglalkozik, ezen belül is az utazási sebesség és a vonattovábbítási energiaköltség alakulásával.

A közölt megállapítások és adatok egyrészt a MÁV vontatási szolgálatánál összegyűlt tapasztalatokon, másrészt a korszerű számítástechnikai eszközök révén lehetővé vált, megbízható menetszimulációs számítási módszer eredményein alapulnak. A jelenleg tizenemelő elővárosi forgalom tizenegy, Budapestről kiinduló vonalon bonyolódik le, amikből eddig csak kilenc vonal van villamosítva. A pályasebességek lehetővé teszik a legalább 100 km/h vonatsebességek alkalmazását, kivéve a 71-jelű, Bp. Nyugati pu. – Vácrátót – Vác vonalat, amelyen az engedélyezett sebesség – jelenleg – 80 km/h.

I. A budapesti elővárosi vasúthálózat adatai

A vonalhálózat teljes hossza: 714,1 km

Fejállomás	Vonal-azonosító	Vonalhossz km	Megállóhelyek száma	Átlagos megállóhely táv. km
Bp. Déli pu.	1	62,4	11	5,67
	30	67,1	17	3,95
	40	52,6	13	4,05
Bp. Nyugati pu.	2	52,8	17	3,11
	70	63,1	20	3,16
	71	48,0	21	2,86
	100	72,2	17	4,25
Bp. Keleti pu.	142	73,1	19	3,85
	80	66,2	16	4,14
	120	100,2	23	4,36
	150	60,4	12	5,03

Az alkalmazandó villamos motorvonat legfontosabb műszaki jellemzői

Vontatási teljesítmény: 2600 kW
 Ülőhely-foglaltsággal figyelembe vett vontatótömeg: 137 t

A vonat dinamikáját meghatározó fajlagos teljesítmény: ~19 kW/t

A motorvonat hajtási rendszere fékezés energiavisztaaplálást tesz lehetővé, ami legalább 40%-os vontatóvábbítási energia-megtakarítást tesz lehetővé, bármelyik villamosított vonalon. A megadott energiafogyasztási adatok erre a takarékos üzemmódra vonatkoznak.

Az elővárosi közlekedési üzemmód meghatározó jellemzői

1. Alap-üzemmód: a vonat minden állomáson és megállóhelyen megáll.
Zónázó üzemmód: a vonat meghatározott állomásokon megállás nélkül áthalad.
2. A műszakilag megvalósítható legrövidebb menetidők, alkalmazása Minden megálló fékezést megelőző – kb. 30-másodperces – kifuttatások, alkalmazása
3. Az egyes üzemmódok által meghatározott menetidők és vontatóvábbítási energia-fogyasztási értékek alakulása.

Egy adott alapsebességű vonat adott vonalon a kétféle üzemmód (1. pont) és a kétféle sebességszabályozási lehetőség (2. pont) mellett $2 \times 2 = 4$ féle változatot valósíthat meg. Ha a lehetséges kétféle menetirányt is figyelembe vesszük, az eredmény $2 \times 2 \times 2 = 8$ változatot ad, vonatonként és vonalanként. Az említett 9 villamosított vonalra tekintettel, egy adott alapsebesség esetén ez $9 \times 8 = 72$ változatot jelent.

Ha – mint a jelen esetben – háromféle: 100, 120 és 140 km/h alapsebesség viszonyait kellett vizsgálni, akkor ez összesen legalább $3 \times 72 = 216$ szimulációs futtatás végrehajtását teszi szükségessé.

Minden egyes menetszimulációs futtatás kimeneti adatai tartalmazzák – a menetrend szerkesztéshez szükséges menetidő adatokat, – a vonatvábbítással összefüggő energetikai adatokat.

Az itt bemutatott „2. Menetidő- és energiafogyasztás” táblázat a 100 km/h sebességű menetekre vonatkozó eredményadatokat, valamint a 71-jelű vonalon megvalósuló 80 km/h esetét tartalmazza. Külön táblázat áttekintést ad a 100 km/h se-

2. Menetidő- és energiafogyasztás

8 vonal, 100 km/h alapsebesség

Vonal	Írány	Menettípus	Mindenütt megálló		Zónázó	
			perc	kWh	perc	kWh
1	Páros	Kifuttatás nélkül	47,0	199	43,5	183
		Kifuttatással	47,0	192	43,6	179
	Páratlan	Kifuttatás nélkül	46,9	186	43,5	169
		Kifuttatással	46,9	182	43,6	165
30	Páros	Kifuttatás nélkül	52,1	221	48,8	204
		Kifuttatással	52,3	212	48,9	198
	Páratlan	Kifuttatás nélkül	52,3	230	49,0	213
		Kifuttatással	52,5	186	49,1	206
40	Páros	Kifuttatás nélkül	40,9	169	36,9	150
		Kifuttatással	41,2	158	37,0	144
	Páratlan	Kifuttatás nélkül	41,5	183	36,8	162
		Kifuttatással	41,8	170	37,0	157
70	Páros	Kifuttatás nélkül	54,9	218	48,5	188
		Kifuttatással	55,2	203	48,7	181
	Páratlan	Kifuttatás nélkül	54,9	215	48,4	186
		Kifuttatással	55,1	198	48,6	176
80	Páros	Kifuttatás nélkül	50,6	225	46,5	208
		Kifuttatással	50,9	213	46,6	203
	Páratlan	Kifuttatás nélkül	50,7	219	46,7	198
		Kifuttatással	50,9	208	46,7	192
100	Páros	Kifuttatás nélkül	56,2	230	52,0	212
		Kifuttatással	56,3	220	52,1	205
	Páratlan	Kifuttatás nélkül	56,1	234	52,1	215
		Kifuttatással	56,3	224	52,1	208
120	Páros	Kifuttatás nélkül	76,4	319	68,6	279
		Kifuttatással	76,9	306	68,6	274
	Páratlan	Kifuttatás nélkül	76,5	334	68,5	295
		Kifuttatással	76,8	321	68,6	289
150	Páros	Kifuttatás nélkül	45,3	188	40,6	165
		Kifuttatással	45,4	182	40,6	164
	Páratlan	Kifuttatás nélkül	45,3	192	40,6	169
		Kifuttatással	45,5	183	40,6	166

3. Menetidő- és energiafogyasztás

71-jelű vonal

Menetirány	Menetsebesség	Menetidő perc	Energia-fogy. kWh
Páros	80 km/h	49,3	155
Páratlan		49,2	134

4b. A sebességnövelés következményei

Bp. Déli pu. – Székesfehérvár

Sebesség km/h	Menetidő		Energia-fogyasztás	
	perc	%	kWh	%
100	52,1	0	221	0
120	48,3	-7,3	277	+25
140	46,1	-11,5	329	+49

4a. A sebességnövelés következményei

Vonal	100 km/h		120 km/h		Menetidő csökkenés %	Energia- fogy. növekedés %
	M.idő perc	Fogy. kWh	M.idő perc	Fogy. kWh		
1	47,0	199	42,7	246	-9,15	+23,62
30	52,1	221	48,3	277	-7,29	+25,34
40	40,9	169	37,7	211	-7,82	+24,85
70	54,9	218	50,8	274	-7,47	+25,69
80	50,6	225	46,4	282	-8,30	+25,33
100	56,2	230	52,2	285	-7,12	+23,91
120	76,7	319	70,5	401	-8,08	+25,71
150	45,3	188	41,5	235	-8,39	+25,00

5. Sebességnövelés a zónázó szakaszon

Bp. Déli pu. – Tatabánya

Menettípus	Menetirány	Menetidő	Energia- fogyasztás
Végig 120 km/h	Páros	37,9 p	226 kWh
	Páratlan	37,8 p	214 kWh
120-160-120 km/h	Páros	34,4 p	307 kWh
	Páratlan	34,6 p	294 kWh



4. ábra: A FLIRT 2007-ben (Fotó: Stadler)

bességnek 120 és 140 km/h értékre növelésével együtt járó adatmódosulások jellegéről és arányairól.

Következtetések

A szimulációs futtatások adataiból levonható legfontosabb statisztikai következtetések:

1. Kifuttatással

- a teljes menetidő növekedése kisebb, mint 0,5 perc
- megtakarítás az energiafogyasztásban

- 100 km/h sebességnél: 2 ... 7 %
- 120 km/h sebességnél: 4 ... 9 %
- 140 km/h sebességnél: 5 ... 14 %

2. Alapsebesség-növeléssel

– 100 km/h-hoz viszonyítva –

- a menetidő 6 ... 12%-kal csökkenhet
- az energiafogyasztás jelentősen megnövekszik
 - 120 km/h sebesség esetén: ~ 25 %-kal
 - 140 km/h sebesség esetén: ~ 50 %-kal

Az előzőekben közölt eredményeket a MÁV személyszállítási üzletág vezetésének a kutatást megrendelő VMMSZK (Vasúti Mérnöki és Mérésügyi Szolgáltató Központ) megküldte.

A MÁV vezetése tehát 2006-ban tehát birtokában volt az energiatakarékos vonattovábbításban rejlő gazdasági előnyökkel.

Eközben a feltalálók szabadalmi oltalmi oltalmat szereztek az EnOpt-ra. A szabadalmi oltalom birtokában a feltalálók megkeresték a MÁV-ot, majd a GYSEV-et, hogy szabadalmukat elsőként magyar hasznosításra ajánlják fel.

EnOpt, remények és kudarcok a MÁV-nál

Heinczinger István MÁV vezérigazgatói biztatására felgyorsult fejlesztés MÁV-os hasznosítására, felhasználására 2008-ban nyílt lehetőség. A MÁV csoportban akkor ún. BPR racionalizálási munkacsoportban külsős tanácsadók rendszeresen újabb és újabb a MÁV hatékonyabb működését elősegítő javaslatokat vártak a csoport tagjaitól. Kovács Károly javaslatára így került be a kidolgozandó feladatok közé a MÁV vonattovábbítási energiafogyasztás lehetséges csökkenése is. A kitűzött cél, évi 700 millió Ft energia hatékonyság javulással számolt. Ez a hatékonyságjavulás a vontatójárművek tulajdonosánál a MÁV Trakciónál tervezték realizálni.

Szerződéstervezet készült 2008-ban a vontatási energiafogyasztás csökkentésére, amelyben a megrendelő a MÁV Trakció a teljesítő BME Vasúti Járművek és Járműrendszerek Tanszéke lett volna. A szerződés előkészítése idejében, azzal párhuzamosan számos részfeladatot megoldottak a feltalálók. Így pl.,

Előhegyi István 2008-ban elkészítette a járműfejlesztés ún. „deszkamodelljét”, továbbá GPS adatokat

gyűjtött több vasútvonalról azért, hogy a vasútvonal pályaemelkedő lejtő adatait pontosítsa, felmérje, és azokat az EnOpt szoftver számára hasznosítsa.

Ám ezek az elvégzett munkák most már tudjuk feleslegesnek bizonyultak, mert a MÁV Trakció Zrt és a BME között – itt nem részletett okok miatt – meghiúsult a szerződés-kötés.

Megjegyzem, hogy a szétszervezett MÁV-ban a költségek és hasznok ellenérdekeltséget szültek. A BPR projektben elindított EnOpt megvalósulása esetén a vontatási szolgáltatónál, azaz a MÁV-Trakció Zrt-ben eredményezett költségmegtakarítást, viszont a MÁV-Trakció Zrt haszonnal továbbháríthatta a vontatási költségeit a MÁV-START Zrt-re és a többi vonatást igénybevevő cégre. Sajnos a nyereségérdekeltség miatt a MÁV-Trakció Zrt nem volt érdekelt az energiafogyasztás csökkentésében. Az EnOpt projektnek a MÁV csoporton belül újgazdát kellett volna keresni, de nem lett belőle semmi.

Az előzőek bizonyítására következzen egy levélrészlet a BPR tevékenység korából:

„A MÁV TRAKCIÓ Zrt. akkori vezetése 2008 nyarán eldöntötte, hogy szabaddalmi jogvitákba nem kíván bocsátkozni, és e projektekre saját pénzt áldozni. Véleményünk változatlan, az energiaoportimalizálás javasolt megoldása a végfelhasználókat támogatja, mert a vonattovábbítási energia-megtakarítással elérhető előnyök az üzemeltetőknél, kiemelten MÁV Start Zrt-nél, a MÁV Zrt-nél, vagyis a MÁV TRAKCIÓ Zrt megrendelő partnereinél jelentkeznek a várhatóan kisebb vonattovábbítási energiafogyasztás miatt.

Tekintettel arra tehát, hogy a BPR 10. munkacsoport munkáját a MÁV Zrt és a MÁV START Zrt. és más a vontatójárművek üzemeltetői költség csökkentése érdekében fejti ki, vagyis annak eredményeit is e csoporttagok élvezik, ezért álláspontom szerint a költségeiket is nekik indokolt viselni. Ezt 2008 őszén a munkacsoport vezető jelzete, a MÁV Zrt.-nek javasolva,

hogy az ő K+F költségtervében szerepeljen ez a téma. A közös K+F témák indíthatóságáról máig nem kaptunk tájékoztatást.

A jövőbeni prototípusfejlesztés, valamint ehhez kapcsolódóan az 500 MFt-ra becsült beruházás költségét ezért csoportszinten látjuk megoldhatónak megfinanszírozni, a csoporttagok között, olyan arányban megosztva, ahogyan azok a fejlesztés várható haszonélvezői lesznek.”

E levél MÁV Zrt-nek elküldése után csend következett a MÁV csoportban.

A szabadalmasok ezt követően a GYSEV-nél is kopogtattak, de akkor a GYSEV sem mutatott azonnali érdeklődést.

Mivel sem a MÁV sem a GYSEV nem tudta, vagy nem akarta a feltalálónak a licencia díjat megfizetni ezért az EnOpt szabadalom 2013-ban a Knorr-Bremse világcég tulajdonába került.

A Vasútgépezet időről időre szakcikkkel közreadásával hívta fel figyelmet a téma fontosságára, így Dr. Zobory István és Tóth Béla tollából több cikket olvashattunk.

Ezekből idézünk néhány fontos részletet.

A vonattovábbítás energetikájának három főfeladata

A tudós Dr. Zobory professzor úr vontatási energetika tárgyában a Vasútgépezetben megjelent írásának rövid összefoglalója:

Bevezető:

„A vonattovábbítás energiaigényére az alkalmazott járművek dinamikai és energiahasznosítási jellemzői, a pályatopológiai jellemzők, a pálya mentén megengedett sebesség adatai, a menetrendi előírások, valamint a járművezetők vezérlési tevékenységének jellemzői gyakorolnak döntő befolyást. A cikk bemutatja az adott vonattovábbítási feladat energiaigé-

nyének minimalizálásához szükséges három alapvető fontosságú feladatot, nevezetesen: 1.) a vontatási feladathoz a legkedvezőbb járműtípus hozzárendelést, 2.) az energiaoportimalis menetrend kidolgozást és 3.) az adott jármű és adott menetrend esetén a vontatójármű optimális vezérlésének feladatát. Bemutatásra kerül a harmadik főfeladat három lehetséges megoldása, melyek mindegyike a vonatmozgás fedélzeti számítógépes vezérlésére támaszkodik, eltérő automatizálási fok mellett.

A vonattovábbítás energiaszükségletére számos tényező van befolyással. Ezen tényezők között szerepelnek a továbbítandó vonatra jellemző vonó és fékezőerő függvények a sebesség és a vezérlés (mint két független változó) függvényében, a megvalósuló vonó- és fékezőerőtől és járműsebességtől függő kétváltozós hatásfok függvények, a vonatban szereplő járművek járműterheléstől és sebességtől függő menetellenállás függvényei, a vasúti hálózat emelkedési és irányviszonyait leíró adatrendszer, valamint a vonat közlekedés időrendjét rögzítő menetrendi követelmények. A fentiekben említett tényezők közül a vasúti pálya és a továbbítandó vonat műszaki jellemzői, valamint a menetrendi előírás mint peremfeltétel-rendszer határozza meg az energiaszükséglet statikus részét, míg az energiaszükséglet fennmaradó dinamikus része a mozdonyvezető által megvalósított vezérlés (kontrollerhelyzet és fékkar állás) időbeli alakulásától döntő mértékben függ. Ezen rövid gondolatmenet is mutatja, hogy az adott műszaki feltételek és időrendi előírások mellett a mozdonyvezető vezérlési tevékenysége véglegesíti a vonattovábbítás során felhasznált összenergia nagyságát. Amennyiben egy vasúttársaság adott regionális domborzati viszonyok közt létező vasúti pályáit – a vasúti hálózatot – rögzítettnek tekintjük, továbbá, ha feltételezzük, hogy a vasúttársaság meghatározott tulajdonságú vontató és vontatott járművekkel rendelkezik, és az adott

hálózaton a meglévő járműparkkal kell energiaoportimális közlekedési rendszert kialakítani, akkor a következő három fő feladat megoldása szükséges. A vontatójárművek energiaátviteli tulajdonságai alapján hozzá kell rendelni az egyes járműtípusokat a fellépő vontatási feladatokhoz, és pedig oly módon hogy a tervezett közlekedés menetábrái alapján a vontatójármű választékból kiválasztjuk a vontatási feladat ellátásához relatíve legkedvezőbb járműtípust. Az 1. pont szerint meghatározott járműtípus és vonattovábbítási feladat hozzárendelés után a vasúti hálózat minden egyes viszonylatára meghatározandó azon energiaoportimális menetrend változat, amely figyelembe veszi, hogy a menetdinamikai alapon megfelelő tartalékidők hozzávételével tervezett utazási idő mellett a vonat továbbításához a lehető legkisebb energiafelhasználás legyen szükséges. A 2. pont szerint megtervezett menetrend ismeretében a vontatójárműveket (motorvonatokat) energiaoportimálisan kell vezérelni az adott – mindenkor bizonyos mértékű zavarral terhelt – forgalmi viszonyok között. Ez a mozdonyvezető tevékenységét érintő kérdés. Tekintettel arra, 1. 2. 3. hogy a vezetési tevékenységével az energiaszükségleti funkcionál minimalizálását kellene elérnie, korszerű megoldásként a megfelelő vezérlés kialakítását legalább részben, de a közeljövőt tekintve egészében folyamatirányító fedélzeti számítógépre célszerű bízni. A fentiekben körvonalazott három fő feladat mindegyikének megoldásában alapvető szerepet játszik a vonatmozgás számítógépes szimulációját felhasználó technika. Ez a technika az 1. fő feladat megoldásában a kívánt vonatmozgások szimulációjával szolgáltatja a tervezett vonatmozgás jellemzői (adott max. sebesség, megengedett max. gyorsulás és legintenzívebb lassulás, előírt menetidő, stb.) mellett jelentkező üzemi terhelésállapot eloszlásokat. Másrésztől a vontatójárművek hatások jellegfelületei ismeretében egyszerűbb esetben

lineáris programozással, összetettebb esetben nemlineáris optimálással meghatározható az adott vontatójármű üzeme esetén az energiafelhasználás minimumát jelentő ideális terhelésállapot eloszlás. Az 1. feladat megoldása ez után úgy történik, hogy az adott vonattovábbítási üzemi terhelésállapot eloszlással jellemzett vonatmenetek megvalósításához azon vontatójármű fajtát választjuk ki (rendeljük hozzá), amelynek az ideális terhelésállapot eloszlása az eltérés-négyzetek minimuma értelmében a legközelebb fekszik a vonattovábbítás során megvalósítandó üzemi terhelésállapot-eloszláshoz. A 2. fő feladat megoldásában ismét kulcsszerepet játszik a vonatmozgás számítógépes szimulációja. A szimulációt adott műszaki feltételekkel meghatározott vonatokra, és adott emelkedési és irányviszonyokkal bíró vasútvonal topológiára egyrészt erőltetett menetre, másrészt a megállító fékezések előtt különböző nagyságú kifuttatások, továbbá az eső pályaszakaszokon alkalmazott kifuttatások beiktatásával kell végrehajtani. Az így nyert vonattovábbítás vezérlési változatok mindegyikéhez meghatározott energiafelhasználás és menetidő adódik. Itt nem részletezett megfontolások (költségre vetített súlyozás) alkalmazásával meghatározható mind a társasági szempontból, mind az össztársadalmi szempontból költségoptimális vezérlés változat. Ezek a változatok képezhetik az alapját a menetrend kialakításának, ahol természetesen az energetikai szemponton kívül az utascseréhez és a vonatcsatlakozással kapcsolatos átszállásokhoz szükséges állomási tartózkodási idők, az utazási célpont elérési idővel kapcsolatos, ill. vonatgyakorisági szempontok is nagy súllyal közrejátszanak. A 3. fő feladat az adott pálya és az adott vonat előírt menetrendi idő betartása mellett legkisebb energia felhasználást eredményező vezérlésének meghatározása ismét számítógépi szimulációra támaszkodva végezhető el. A vonat vezetése a csupán a mozdonyvezető kiképzésén alapuló, a mozdonyvezető képzettségét, érzékelési és

reakcióidőbeli egyedi képességeit, üzemi gyakorlatát és a pillanatnyi pszichikai állapotát tükröző vezérlésválasztásával eleve nem vezethet egy, az energiafelhasználást egzakt módon minimalizáló vezérléshez. A vonatmozgás adott lokális és temporális környezeti feltételeknek megfelelő dinamikai viszonyait csak gyorsműködésű fedélzeti számítógépre bízva lehet oly módon irányítani, hogy a kialakuló vonatmenet állomásközönként a legkisebb energiafelhasználást eredményezze. A mozdonyvezetői tevékenységet ezek szerint részben vagy csaknem teljesen számítógépre kell bízni, hogy biztosítható legyen az adott vonat, adott pályatopológia és adott menetrend melletti minimális energiafelhasználása és ezzel minimális vontatási energiaköltség igénye. Ehelyütt nincs mód részletesen ismertetni a 3. fő feladat megoldását biztosító vezérlési rendszer részleteit, csupán annyit jegyzünk meg, hogy három – fejlettségi szint szerint egyre előnyösebb – változat kialakítása jelenti a feladat fokozatos, teljes megoldását. Az első változat a fedélzeti tanácsadó rendszer, amelynél a menetdinamikai számítás a folyamatirányító számítógép végzi, azonban az optimális vezérlésre vonatkozó eredményeket utasításként egy, a mozdony kezelőpultján lévő display-ra vezérli ki, a kontroller és fékkar mozgatót már a mozdonyvezető végzi a display-ról leolvasott utasításoknak (és esetlegesen részben saját elhatározásának) megfelelően. A második változat a félautomatikus vezérlő rendszer, amelynél a menetdinamikai számítás a folyamatirányító számítógép végzi, az optimális vezérlésre vonatkozó eredményeket egy aktuátorrendszer viszi át a mozdony kezelőpultján lévő kontrollerre és fékkarra. A mozdonyvezető csak szemléli és ellenőrzi a vezetési folyamatot, személyes manuális beavatkozásra csak rendkívüli forgalmi helyzet vagy balesetveszély esetén van szükség, de ez a beavatkozás az eredeti kezelőszervekkel mindig lehetséges. A harmadik változat az automatikus rendszer, amelynél a menetdinamikai

számítást a folyamatirányító számítógép végzi, és az optimális vezérlésre vonatkozó eredményeket közvetlenül az a) b) c) korszerű mozdony (motor-kocsi) saját fedélzeti számítógépébe vezeti. A mozdonyvezető ebben az esetben is csak ellenőrzi a vezetési folyamatot, személyes manuális beavatkozásra csak rendkívüli forgalmi helyzet vagy balesetbeszély esetén van szükség, de ez a beavatkozás az eredeti kezelőszervekkel mindig lehetséges. A fentiekben a vasúti közlekedés energetikai optimalizálásával kapcsolatosan röviden bemutatott három fő feladat megoldása a tárgyalásban közölt sorrendben a legcélszerűbb, azonban olyan eset is realitással bír, hogy a nagyobb lélegzetű 1. és 2. főfeladat ideiglenes átugrásával az adott, jelenlegi jármű-hozzárendelési és a meglévő menetrendi viszonyok között kerül sor a 3. fő feladat megoldására. Ezen utóbbi eset annyiban is elfogadható problémakezelést jelent, hogy a kialakított „vezérlésvéglegesítő” számítógépes eljárás (a.), b.) vagy c.)) minden további nélkül alkalmazható marad az

1. ill. a 2. főfeladat további energetikai előnyöket jelentős, de később realizált megoldása esetén is. A 3. fő feladat megoldására szabadalmaztatott megoldás áll rendelkezésre.”

Energiaoptimális vonatvezérlés – az „EnOpt” – a gyakorlatban.

A számítógépes program nyújtotta gazdasági előnyök gyakorlatban bizonyítottak. A BME VJT megbízási munka keretében 2005-ben a MÁV Zrt. a vilamos motorvonati tender pályázatainak energetikai ellenőrzését végeztette el, amelyben a menetszimulációs programmal elvégzett ellenőrző számítások igazolták a később győztes pályázó vonatvábbítási energiafogyasztási ajánlatának helyességét.

„A GYSEV Zrt. a BME Vasúti Járművek Tanszék közreműködésével 2009-ben megkezdte az energiaminimális vonatvábbítás elvi és szerkezeti kialakításának vizsgálatát. A Vasúti Járművek Tanszék által kidolgozott

szimulációs módszerrel nyert eredmények szerint a mozdonyok hagyományos gyakorlaton alapuló vezetéséhez képest az optimalizált vezérlés személyvonati üzemben mintegy 12%, gyorsvonati üzemben pedig mintegy 15% energiafelhasználási megtakarítást biztosít. Az energiaoptimális vezérlési rendszer megvalósítása évi százmillió forint nagyságrendű vontatási költség megtakarítását teszi lehetővé a GYSEV vasúttársaság számára.” (Előhegyi István)

A tudós Dr. Zobory professzor úr vontatási energetika tárgyában „A vasúti közlekedés energetikai optimalizálásának három fő feladata” című írása a Vasútgépészetben a 2010. 2. számban jelent meg.

http://vasutgepeszet.hu/wp-content/uploads/2010/07/201002_25-27_jav.pdf

Idézzük fel Dr. Zobory István e témában 2017-ben megjelent második írását.

„A VONTATÁSI ENERGETIKA ELSŐ FŐFELADATÁNAK MEGOLDÁSA

Prof.Dr. Zobory István

ABSTRACT

A vonatvábbítás költségei között jelentős hányaddal szerepelnek az energiaköltségek. Valamely vontatójármű teljes élettartam költségében (LCC = Life Cycle Costs) kb. 30...35 %-os súllyal szerepelnek a vontatás megvalósítása során elfogyasztott energiával kapcsolatos költségek (villamosenergia költség vagy gázolajköltség). A vasúttársaságok természetes törekvése ezért olyan vontatójárművek beszerzése és üzemeltetése, melyek hatásfoka és névleges teljesítménydotációja lehetővé teszi az energiatakarékos vonatvábbítás megvalósítását. A vontatójárművek alapvető konstrukciós jellemzője az energiaátviteli hatásfok, mely ismert módon a jármű V sebességétől és a kifejtett F_v

vonóerőtől függő kétváltozós függvénnyel adható meg. Ismeretes, hogy a nagyobb névleges teljesítményű járművekkel megvalósított vonatvábbítás kisebb energiaköltséggel jár, mivel az intenzív gyorsítás rövidebb idő alatt vezet el a kívánt haladási sebességhez, és a megállító fékezések előtt jelentős hosszúságú (esetleg 2 km-es) vonóerő-mentes – és így vontatási energiafogyasztás-mentes kifuttatás realizálható az előírt menetrend betartásának megvalósulása mellett is. A jelen tanulmány a vontatási energetika 1. főfeladatának megoldásával foglalkozik, amely adott tervezett vonatmenethez (adott vonal, adott megálló- és állomásközök, előírt menetsebesség, megadott indítási- és fékezési gyorsulások, a megállító fékezések előtti kifuttatási hosszak és az előbbiekhöz kapcsolódóan ki-

adódó tiszta menetidő) mellett keresi a rendelkezésre álló vontatójármű fajták közül azt, amellyel a tervezett vonatmenet a legkedvezőbb energiahasznosítással valósítható meg. A jelzett feladat megoldásához a vonatvábbítás dinamikájában és energetikájában ismert alapelveket összekapcsoljuk a vontatójárművek hatásfokfüggvényében lévő információval, és a tervezett vonatmenet során kialakuló „megkívánt terhelésállapot-eloszlást” vetjük össze a rendelkezésre álló vontatójármű fajtákhoz a saját hatásfokfüggvényük és a tervezett vonatmenet során szükséges vonóerőeloszlás figyelembevételével az egyes vontatójárműfajtákhoz legkedvezőbb energiahasznosításhoz tartozó terhelésállapot-eloszlásokkal. Mármost azon vontatójárművet célszerű hozzárendelni a tervezett vonat-

menethez, amelyre a vonatmenethez megkívánt terhelésállapot-eloszlás a legközelebb fekszik a vontatójármű legkedvezőbb energiahasznosítását megvalósítani képes terhelésállapot-eloszláshoz. A feladatmegoldás során számítógépes szoftverek alkalmazása szükséges, melyek részben vontatási mechanikai és energetikai, részben pedig többváltozós szélsőérték-feladatok numerikus megoldásához szükségesek.

I. BEVEZETÉS

A vasúti közlekedés alapja a menetrend. A vonatot adott emelkedési és görbületi viszonyokkal bíró vasúti pályán kell továbbítani az állomásközlőként ill. megállóhely-közlőként a pályára előírt sebességhatárok betartása mellett. A vonat megindításai, ill. megállításai során megvalósítható gyorsulásértékek előírhatók ugyan, de egy ilyen előírásnál már figyelembe kell venni a vonó- és fékezőerő kifejtési viszonyokat, elsődlegesen a maximális megvalósítható vonóerőt és fékezőerőt, ill. a legnagyobb kifejthető vontatási és fékezési teljesítmény értéket. Mindez azt jelenti, hogy a vonattovábbítás előírható pusztán mozgástani feltételei is bizonyos kapcsolatban (függőségben) állnak az alkalmazásra szóba kerülő vontatójármű műszaki paramétereivel. Valamely vontatójármű esetén a vontatási feladat ellátása során megvalósuló energiahasznosítási viszonyokat alapvetően a realizálható sebesség-vonóerő értékpárok, valamint a vonóerőtől és a sebességtől függő hatásfokfüggvény specifikál-

ja. Természetesen bizonyos további adatok is szükségesek a kielégítő folyamat-leíráshoz, hiszen ismerni kell a vontatójármű és a mozgatni tervezett kocsisor tömegét és a forgó tömegeket jellemző arányszámokat, mint a mozdonyra mind a kocsisorra, továbbá a vontatójármű és a kocsisor sebesség függvényében másodfokú polinommal megadott alapellenállás-erő függvény együtthatóit. A vonattovábbítás során befutandó vasúti pálya jellemzése a pályáivhossz függvényében megadott emelkedési iránytényező és görbület függvényel történik. Ezen adatok birtokában az adott vonalon az adott vonóerőgörbével és hatásfokfüggvénnyel bíró mozdonyal megvalósuló vonatmozgás sebesség = $f(\text{befutott úthossz})$ menetébrája és ehhez szükséges vonóerőmunka-bevezetés meghatározható a vonatmozgás differenciálegyenletének numerikus megoldásával, illetve a kialakult menetábrára, az ismert vonóerőgörbe és a hatásfokfüggvény adta információra támaszkodó utófeldolgozással. A most említett szimulációs eljárással elvileg lehetőség nyílik a rendelkezésre álló vontatójárművek mindegyikével az adott vonatterhelés és pályaviszonyok mellett „leszimulálni” a vonattovábbítás energiafelhasználási folyamatát és a szimuláció eredményeképpen kiválasztani a legkisebb energiafelhasználást biztosító vontatójármű típust és ezt a típust hozzárendelni az adott vonat továbbítására. A vonóerőkifejtés természetesen nem csak mozdonyos vontatással, hanem motorvonat esetében is megvalósul. A következőkben, amikor vontatójárművet említünk, akkor az ottani állítások a motorvonatokra

is érvényesek. A jelen tanulmányban általánosabb keretekben vizsgáljuk az energetikai szempontból kedvező vontatójármű hozzárendelését a vonattovábbítási feladathoz. A tervezett vonatmenet menetábrájához első lépésben meghatározásra kerül a szükséges vonóerő ábra, mint a befutott pályahossz függvénye, és kiértékelhető az összetartozó sebesség-vonóerő párok előfordulásának relatív gyakorisága, ill. az ezekre támaszkodva kiadódó sebességtől és a kifejtett vonóerőtől függő kétváltozós terhelésállapot-eloszlásfüggvény. Második lépésben a tervezett vonatmenethez tartozó adatokra és az egyes szóba jött vontatójármű típusokra jellemző hatásfokfüggvények ismeretében minden egyes típushoz alkalmas feltételes szélsőérték-keresési eljárással meghatározásra kerül az a menetsebességtől és a kifejtett vonóerőtől függő kétváltozós terhelésállapot eloszlás, amelynek érvényesülése esetén az illető vontatójármű típus a szerkezeti felépítéséből következően a lehető legkedvezőbb energiahasznosítást mutat. A hozzárendelési feladat megoldását azon vontatójármű típus kiválasztása jelenti, amelynek saját legkedvezőbb energiahasznosítást adó terhelésállapot-eloszlásfüggvénye a legközelebb esik a legkisebb négyzetes eltérések értelmében a vonattovábbítási feladat során megvalósítani szükséges terhelésállapot-eloszlásfüggvényhez.”

A teljes cikk a Vasútgépészet 2017/ 2. számában olvasható: http://vasutgepeszet.hu/wp-content/uploads/2017-2_zobory.pdf

Szerkesztő, szerző kiegészítő gondolatai:

Az előzőekben említett vontatási energetikai szabadalom szerzői e sorok írójával együtt minden lehetséges szakmai fórumon kifejtették, hogy a vontatási energetikának fontos kitűn-

tett szerepe van a vontatójárművek gazdaságosságos üzemeltetését tekintve.

Az élettartam költség alapú vasúti járműbeszerzés fontosságát hirdető, közbeszerzési eljárás szerepe hazánkban az ezredforduló után kezdődött. A MÁV 2002 utáni vezetése szakít-

va a korábbi koncepciókkal, célként fogalmazta meg és azt a beszerzési eljárás kiírásához mellékelt értékelési szempontrendszerben nyomatékosan meg is követelte az ajánlattevőktől, hogy a járművek teljes élettartamára vonatkoztatva a legkedvezőbb, azaz legkisebb összköltségű – élettartam

költségű – szállítási ajánlatot nyújt-
 sanak be. Az élettartamra számított
 költségek elemei a beszerzési költ-
 ség, a jármű üzemeltetési költsége, a
 tervszerű karbantartás, az élettartam
 felénél indokolt javítások, műszaki
 felújítások és a jármű élettartamá-
 nak végén a selejtezés a forgalomból
 kivonás költsége, azaz a felsorolt
 költségelemek összessége. A tender
 előkészítés részként az ajánlatkérő
 MÁV Zrt. először a hazai járműbe-
 szerzés történetében a tender győztes
 gyártó cégtől megkövetelte a karban-
 tartás és tisztítás elvégzését 15 évre
 és opcióval további 15 évig.

Kérdezhetjük, ha a villamos mo-
 torvonat tendernél a MÁV majd a
 MÁV-START a legjobb eredményre
 vezető élettartam költségre alapozott
 beszerzési eljárást folytatott le, akkor
 2008 után miért tért le erről az útról?
 Ezek boncolgatása, kifejtése egy má-
 sik cikket megtöltene. Röviden össze-
 foglalva a 2008-tól MÁV csoportban
 létrehozott Zrt-k, a Gépészet, a Trak-
 ció és a START érdekei közötti érde-
 kellentétre vezethető vissza. 2010.
 szeptember elején a MÁV 2010. jú-
 liusában kinevezett elnöke Szarvas
 Ferenc ezt úgy fogalmazta meg, lát-
 ja, hogy a részek optimuma (vagyis a
 Gépészet, a Trakció és a START) op-
 timuma nem adja ki a MÁV csoport
 optimumát. Köztudott, hogy minden
 leány Zrt-től, tehát a Takciótól és a
 Gépészettől egyaránt elvárás volt
 a nyereséges gazdálkodás. A vesz-
 tese ennek a nyereségre kötelezés-
 nek a MÁV-START Zrt volt, amely
 2008-tól a nyereségesre orientált
 leányok miatt újabb veszteségeket
 szenvedett el. Köztudott, hogy a sze-
 mélyszállítás árbevételét a jegyárak
 hatósági árain keresztül az állam be-
 folyásolja. A MÁV-START bevétele
 tehát a személyszállítási tarifáktól,
 díjak mértétől függött, a vontatási
 szolgáltatást, a járműkarbantartást,
 valamint a személyszállítást terhelő
 pályahasználati díjat pedig nyereség-
 gel képezték. Következmény, hogy
 a MÁV-START bevételei évről évre
 kisebb mértékben, kiadásai évről
 évre nagyobb mértékben nőttek.



5. ábra: A MÁV Taurus villamosmozdonya 20 éves



6. ábra: A 2010-ben beszerzett TRAXX (Fotó: Kovács Károly)

Ezt a csoporton belül érdekellen-
 tetet, noha a diagnózis tökéletes volt,
 Szarvas Ferencnek sem sikerült fel-
 oldania. MÁV csoport veszteségét
 csökkentő változások 2013 január-
 jától a Gépészetnek és a Trakciónak,
 a MÁV-START Zrt-be olvasztásával
 kezdődhetett el. Ám a 2008-2012
 évek MÁV csoporton belüli széthú-
 zásának öt éve „sok áldozatot” köve-
 telt. Íme, néhány példa:

- A MÁV Trakció 2008-ban elindí-
 tott villamos mozdony beszerzése
 2011-ben megbicsaklott. A terve-
 zett 25+25 villamos mozdonyok
 csak a felét sikerült beszerezni,
 a 25 mozdonyos opciót nem le-
 hetett hívni. Ennek egyik oka a
 TALENT vita, amelynek lezárásig

a MÁV elnöke nem engedélyezte
 a 25 db-os TRAXX opció lehívá-
 sát. Megjegyzem, hogy a TRAXX
 opció 24 mozdonyt kellett volna
 kifizetni, a 25.-et ingyen kaptuk
volna! A 25 kifizetett mozdony
 77350 ezer Euró volt, vagyis akko-
 ri árfolyamon kb.21658 millió fo-
 rintért vette meg a Trakció. Az 50.
 mozdony ára, azaz a beszerzési
 költség 3.094 ezer Euró reménybe-
 li megtakarítása elmaradt, mivel a
 Trakció nem hívhatta le az opciót.

Fontos megjegyezni, hogy a
 Trakció vezetése a saját érdekei
 szerint jól gondolkodott, amikor
 a gépészet által korábban meg-
 rendelt beszerzés hatékonysági
 vizsgálat eredményeit nem vet-

te figyelembe, hiszen a TRAXX beszerzési költsége vélhetően kisebb volt, mint vetélytársáé. Ám a BME Vasúti Járművek Tanszékén Dr Zobory István vezetésével elvégzett vizsgálat kimutatta, hogy hosszú távon a magasabb beszerzési költségű TAURUS, vagy utóda a Vectron a gazdaságosabb, ha az egész élettartamra vetítjük a költségeket. Csak, hogy az akkori „szereposztás szerint” a Trakció az energiafogyasztást, haszonnal továbbszámolhatta a MÁV-START-nak. A kevésbé takarékos vontatás értékesítése tehát nagyobb haszonnal járt a Trakciónak, és kárt okozott a START-nak. A Gépészetben elvégzett karbantartások költségeinek haszonnal áthárítása a MÁV-START-ra szintén „büntetlenül” lehetséges volt. Vélhetően ez volt az indoka, hogy a Trakció nem kívánta saját költségéből megfinanszírozni egy V43-as mozdony átalakítását, amellyel a villamos vontatás energiatakarékosabb vonattovábbítását lehetett volna kimutatni. (Mint korábban megírtuk a szerződés nem kötetett meg a MÁV-Trakció Zrt és a BME között.) Az akkor közel 20 milliárdos vontatási áramszáma 1%-os csökkenése 200 millió Ft éves szintű költségcsökkentést hozott volna a MÁV-START-nak, ám mint azt korábban megírtuk, ebben a Trakció nem volt érdekelt, mert az energiaköltséget 8% haszonnal továbbszámolhatta a személyszállításra és a vontatási szolgáltatás többi megrendelőjére.

- A Trakció arra törekedett, hogy teljes körű vontatási szolgáltatást nyújtson partnereinek, azaz mozdonyvezetőt és mozdonyt egyaránt tőle rendeljenek. Ám ez nem tetszett a költségérzékeny magánvasutaknak. A következmény ismert, a hazai magánvasutak fokozatosan kiépítették saját vontatójármű kapacitásukat és a MÁV-os mozdonyvezetők elcsábításával saját vontatási szolgáltatást építettek ki. Emiatt a MÁV csoportot ért kár

sok milliárd forintra tehető évente.

- A Gépészet Zrt 2008 végén költséghatékonyság javítására törekedve bezárta az Északi Járműjavítót, ezzel sok szakembert elvesztett, majd az üresen maradt járműjavító őrzésére felállított vagyonvédő szervezet a következő évtől felemésztette a Északi Járműjavító rezszi megtakarításának jelentős részét. Akkori áron kb. 300 millió Ft/év volt az őrzés szolgáltatása, ennyivel csökkent a MÁV csoport hatékonyság javulása. Ennek már 14 éve.
- A MÁV-START Zrt-ben, 2011-ben a 70+18 db-os nagykapacitású villamos motorvonat beszerzése hiúsult meg, amelynek előkészítése során, Szolnokon az állomás területén a Pusztaszabolcsihoz hasonlóan a gyártói karbantartást tervezett a MÁV-START Zrt. Monzpart Zsolt a cég akkori vezérigazgatója 2011 év nyarán, optimistán azt írta a projektben résztvevőknek, „lányok, fiúk kitarítás, még néhány hét és sínen lesz a projektünk”. Novemberben már nem ő vezette a MÁV START-ot. Mint tudjuk optimizmusa ellenére nem valósulhatott meg álma, és Monzpart Zsolt távozott a MÁV-START éléről...

A következő nagy változás 2012. novemberben a MÁV-START, a Trakció és a Gépészet összevonásához kapcsolódott.

Akkor érkezett új vezérigazgató, a helyettese, továbbá a személyzeti vezető és az új biztonsági főnök maradt a helyén, mindenki más, az összes vezető beosztású szakember helyét pályázattal töltötték be. 2021 vezetői állásra lehetett pályázni. A MÁV-START szerint mindez annak érdekében történik, hogy „olyan vezetők legyenek a személyszállítás élén, akiknek van jövőképük, tenni akarnak a vasúttért és az utasokért”.

Ezt követően 2013. januártól a három MÁV leány egyetlen cégben a MÁV-START Zrt-ben folytatta munkáját.

Járműbeszerzés új koncepció mentén

A MÁV csoport járműbeszerzési politikájában 2008 után váratlan fordulat állt be.

Vontatójármű beszerzés elbírálásánál nem lett fontos szempont az élettartamra történő költségoptimalizálás. Visszatérve a vontatójármű beszerzés az **élettartamköltségek minimalizálásával célkitűzéshez, azt sajnálattal kellett megtapasztalnunk, hogy a MÁV csoport 2008 utáni felelős vezetői szakítottak ezzel, a véleményem szerint egyedüli és legtakarékosabb, legjobb eredményre vezető LCC alapú beszerzési célkiűzéssel.**

Pedig a kezdet tökéletesre sikerült.

A MÁV Zrt által 2006-tól elindított, majd a MÁV START Zrt által 2008-tól folytatott 30+30 villamos motorvonat beszerzését az élettartam alatti költségek minimalizálására törekvés célkitűzésével valósult meg.

Ez a költséghatékonysági szemlélet a magyar vasúti jármű közbeszerzések újdonsága volt és az eltelt több mint 15 év bebizonyította, hogy időtálló és jó döntésnek bizonyult, mert az adófizetők pénzével takarékos gazdálkodás iskolapéldáját teremtette meg. (A gazdaságos vonattovábbítás és optimális költséghatékony karbantartással elért eredményekről a Vasútgépészetben, több cikkben is tudósítottunk. A MÁV-nál az élettartamköltség (LCC) alapú jármű beszerzésének meghonosításában elévülhetetlen érdemei vannak a 2021-ben elhunyt Lékai Gusztávnak, aki a MÁV szolgáltatási vezérigazgató helyette volt 2003-tól, 2007-ig.

Szükséges arra is emlékeztetni, hogy az Uniótól 2012 után megkaptuk utó finanszírozva az a 2007-2010 között beszerzett FLIRT-ekhez az uniós támogatást.

Büszkék lehetünk a 2007-től megújult vasútvonalakra és a beszerzett járművekre.

**Mozdonybeszerzés
miért másként?**

A MÁV motorvonatoknál 2006-tól megvalósult LCC (Teljes Életciklus Költség) alapú beszerzések logikus folytatása lett volna a MÁV Gépészeti Üzletága által 2007-ben kezdeményezett villamos mozdony tendere. Ennek megalapozását a Gépészet a BMGE Vasúti Járművek Tanszékétől rendelte meg. A korábban említett urak közül Tóth Béla és Dr Zobory István részt vett az összehasonlító vizsgálatban, amelyet a megrendelő kérésére a BME Vasúti Járművek tanszékén végeztek el és ennek eredményeit 2008-ban átadták a megrendelő jogutódjának a MÁV-Trakció ZRT-nek.

**Idézzük fel e tanulmány
néhány fontos adatát és a
számítások eredményét**

Az összehasonlított két vontatójármű típus a 2002-ben beszerzett Taurus, és a később 2010-ben vásárolt TRAXX villamos mozdony volt.

A BME szakértői számára feladatként fogalmazták meg, hogy a két vontatójárművet hasonlítsák össze, és határozzák meg a két mozdonytípusnak azonos vonterhelés mellett mekkora lesz a vontatási energiafogyasztása.

A feladat, először TRAXX-al, majd Taurussal vontatott 8 kocsis személyszállító vonattal teljesíteni a Hegyeshalom-Budapest Kelenföld távolságot, 3 megállással (Mosonmagyaróvár, Győr, Tatabánya). Feltétel: lezzük, hogy a vonalon nincs lassújel, ezért ideális 140 km/h legyen a pályára engedélyezett sebesség mellett 135 km/h sebességgel történjen a vonattovábbítás.

Az elérhető legrövidebb menetidő és a 60 sec-nyi kifuttatás alkalmazása a menet során 6 perc eltérést eredményezett. A számítás eredménye szerint a TRAXX a 6 perc menetidő csökkentést 65 kWh többlet vonattovábbítási energia felhasználással tudja teljesíteni. A TAURUS esetében ez

Megnevezés	Mozdonytípus	
	TAURUS	TRAXX
Hajtókerék-átmérő 1150 mm	1150 mm	1 250 mm
Indító vonóerő 300 kN	300 kN	
Engedélyezett legnagyobb sebesség (MÁV: 160 km/h)	230 km/h	160 km/h
Ütközők közötti hossz 19280 mm	19280 mm	18900 mm
Forgócsaptávolság 9900 mm	9900 mm	10400 mm
Tengelytáv forgóvázon belül 3000 mm	3000 mm	2600 mm
Legnagyobb tengelyterhelés	215 kN	215 kN
Áramnem	15 kV / 16,7 Hz AC	15 kV / 16,7 Hz AC
	25 kV / 50 Hz AC	25 kV / 50 Hz AC
Teljesítmény		
Rövid idejű	7000 kW	5 600 kW
Állandó	6400 kW	5600 kW
Vontatómotorok száma	4	4
Járműadatok		
Szolgálati tömeg új kerékpárok-kal 2/3 homokkiszerezéssel	86 tonna	85 tonna
Tengelyrendezés	Bo'Bo'	Bo'Bo'
Kerékkerületen leadott teljesítmény Állandó Maximális, rövididejű	6400 kW	5600 kW
Legnagyobb vonóerőhöz tartozó sebességtartomány	0-92 km/h	
Kifejtett vonóerő 92km/h-ig	250 kN	
Legnagyobb indító vonóerő (μ= 0,36-esetén)	300 kN	300 kN
Legnagyobb villamos fékerő	150 kN	150 kN
Villamos (visszatápláló) fékteljesítmény	6400 kW	5600 kW

1. táblázat: A TAURUS és a TRAXX főbb műszaki adatai

TAURUS		TRAXX	
Vonóerő-munka:	1823,6 kWh	Vonóerő-munka:	1820,5 kWh
Fékerő-munka:	507,8 kWh	Fékerő-munka:	506,8 kWh
Bruttó energiafogyasztás:	2100 kWh	Bruttó energiafogyasztás:	2099 kWh
Visszatáplálható energia:	89 kWh	Visszatáplálható energia:	84 kWh
Nettó energiafogyasztás:	2011 kWh	Nettó energiafogyasztás:	2015 kWh
Kifuttatással			
Vonóerő-munka:	1751,0 kWh	Vonóerő-munka:	1754,4 kWh
Fékerő-munka:	441,6 kWh	Fékerő-munka:	445,7 kWh
Bruttó energiafogyasztás:	2024 kWh	Bruttó energiafogyasztás:	2023 kWh
Visszatáplálható energia:	83 kWh	Visszatáplálható energia:	73 kWh
Nettó energiafogyasztás:	1941 kWh	Nettó energiafogyasztás:	1950 kWh

2. táblázat: A BME vizsgálat eredményei

a szám 70 kWh. A két mozdonytípus nettó energiafogyasztása 91,2 perces menetidő teljesítésekor a Taurus esetében 1941 kWh, a TRAXX-é pedig 1950 kWh lesz. A nagyobb teljesítményű vontatójármű azonos vonata-

tási sebesség és vonattömeg esetén kisebb nettó energiafelhasználást eredményez. Esetünkben ez a 91 perces rendes menet esetén 9 kWh/menet vontatási energia megtakarítást jelent. Nyilvánvaló, hogy a MÁV-START

Zrt tervezett Vectron villamos mozdonybeszerzése is jó döntés. A 115 db-os új mozdonyflotta optimális felhasználása számottevő energia megtakarítást eredményez a V43-as flottához és a TRAXX mozdonyokhoz képest. A számításokat az EnOpt programmal Tóth Béla végezte el.

A MÁV 2008. évi mozdonytenderhez a döntés előkészítését támogató BME tanulmány főbb megállapításai a következők.

Célul kitűzött feladat volt pl., a Railjet 91 perces menetidő teljesítése. Ennek ellenőrzésére szolgált BME-ben fejlesztett EnOpt program. A 91 perc és az ahhoz legközelebbi szimulációk eredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze.

Nézzük a 6,4MW-os Taurus erőltetett és kifuttatásos menete során hogyan alakulnak az a példánkban szereplő vonat vonattovábbítási energiafogyasztási adatai.

Fontos, hogy a 91 perces menetidőt a nagyobb teljesítményű Taurus a legkevesebb fékerő munkával teljesíti, vagyis a jól megszerkesztett menetrend, és a helyes vezetési stílus a súrlódó fékek számottevő 12-15%-os kímélését eredményezi.

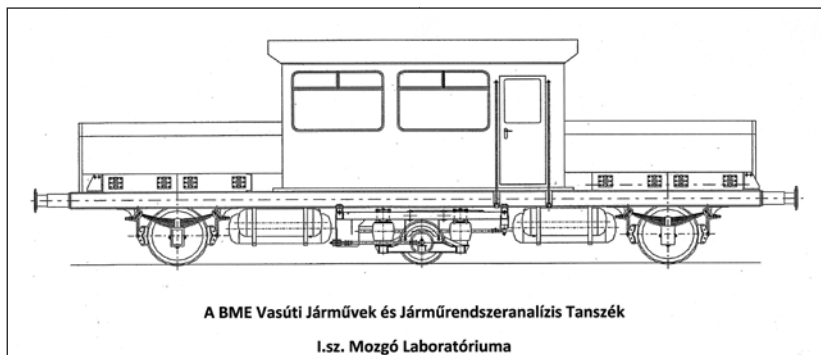
Az a számításokból kiderült, hogy a magasabb beszerzési árú és nagyobb teljesítményű vontatójármű a Taurus az energetikailag gazdaságosabb és gyorsabban megtérülő beszerzés volt.

Az a számításokból kiderült, hogy a magasabb beszerzési árú és nagyobb teljesítményű vontatójármű a Taurus az energetikailag gazdaságosabb.

Véleményem szerint az előzőekben ismertetett gondolatok, a tudós Zoborytól és alkotótársaitól idézettek örök érvényűek, a gazdaságos vasútüzem alapszabványai, a jövőbeni járműbeszerzések döntésének meg-
alapozásául kell, hogy szolgáljon.

Zárszó

Dr. Zobory István és alkotótársai közös jellemzője, hogy életük utolsó napjaiban is alkottak. Befejezésül há-



7. ábra: A BME mozdgólabor

rom személyes történetet idézek fel.

Előhegyi Istvánnal utoljára 2016. év nyarán, Szombathelyen találkoztam a Mozdony és Vasúti Járműjavítóban, hogy átadjam neki néha Mezei István kezdeményezte vontatójármű könyv tervét és a kiválogatott szakmai hagyatékunk egy részét. Pista akkor már gyenge volt, a felesége hozta el Sopronból. A járműjavítóban Varga Miklós főmérnök fogadott bennünket a földszinten, mert az emeletre mászás nehézséget okozott Előhegyi számára. Mikor Miklós meglátta a lesoványodott Istvánt a következő tartalmú párbeszéd zajlott le közöttük: Pistám Te igen csak megcsappantál? Tudod, Miki ez azért van, hogy ket-tőnk átlaga két normális súlyú embert adjon...

Tóth Béla 2014. január hóban, telefonban arra kért, hogy látogassam meg, mert van néhány cikk ötlete és szeretné velem megbeszélni, melyik lenne aktuális a Vasútgépészetbe. Türelmet kértem tőle, majd tavasz közeledtén lakásán felkerestem. A mobil telefonját nem vette fel, a kaputelefonba felesége szólt bele és közölte, hogy Béla elhunyt. Döbbenet volt számomra. Örökre megtanultam, hogy ha valaki megszólít és hív, azt ne halogassam.

Dr. Zobory István hozzáállását a szakmához a következő velem folytatott párbeszéddel is jellemezhetjük: Professzor úr, szép lesz a mérő kocsis. (lásd a 7. ábrát). Ám, ha 2011 óta nincs innovációs forrásotok és ezért nincs pénz folytatni az építést, akkor miből fogjátok befejezni? Tu-

dod Karcsikám, eddig is sok segítőm volt, ki ezt ki azt intézte el, és ott van a nyugdíjam is, azt nem tilthatja meg senki nekem, hogy azt mire fordítsam, ezért én a mérőkocsi befejezésére fordítom. Professzor úr ezen álmának megvalósulást nem élhette meg. Azt kívánom, hogy a mérőkocsi befejezése utáni hatósági próba sikeres legyen.

Dr. Zobory István szakmai önéletrajza

„1944. június 25-én születtem Budapestben. Általános- és középiskoláimat Budapesten végeztem. 1962-ben érettségiztem a Madách Imre Gimnázium humán tagozatán. 1962 és 1967 között az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemen tanultam. 1967-ben közlekedésmérnöki oklevelet szereztem.

1967-ben álltam munkába a Ganz-MÁVAG Mozdony-, Vagon és Gépgyárban, ahol a Hajtóműtervezési Osztályon tervezőmérnöként vasúti vontatójárművek erőátviteli be-
rendezéseinek fejlesztésével foglalkoztam, főként a hidrodinamikus erőátviteli rendszerek konstrukciója és üzemtani méretezése képezte feladatomban. 1968-tól az Eötvös Lóránd Tudományegyetem esti tagozatán matematikai tanulmányokat folytattam. Hat éves tervezőmérnöki gyakorlatom után felvételt nyertem hazai ösztöndíjas aspiran-túrára a BME Vasúti Járművek Tanszékére, aspiránsvezetőm Dr. Horváth Károly

tan-székvezető professzor úr volt. 1974-ben **alkalmazott matematikusi oklevelet** szeptemberben az ELTE -n. Mint aspiráns, kutatómunkám a vasúti vontatójárművek sztochasztikus terhelési viszonyainak vizsgálatára irányult. 1976-ban **műszaki doktori címet** szereztem a „Vasúti vontatójárművek terhelési folyamatának vizsgálatára és a terhelésállapot-eloszlás alkalmazása hidrodinamikus hajtásrendszerek tervezésében” c. értekezésem alapján.

1973 -tól a BME Vasúti Járművek Tanszékén dolgozom, előbb **ösztöndíjas aspi-ránként**, majd **tudományos munkatársi**, később **egyetemi adjunktusi** beosztásban. Tanszéki oktatómunkámat kezdetben a *Dízelmotordonyok* c. tárgy előadásainak és az *Általános Géptan* c. tárgy gyakorlatainak megtartása képezte. Kutatómunkám több irányban kiszélesedett, a járművek sztochasztikus terhelési viszonyainak kutatása mellett számos nemlineáris járműrendszerdinamikai, valamint hajtás- és fékrendszerekkel kapcsolatos ipari megbízások kutatási feladat megoldásában vettem részt. **A műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1981-ben szereztem meg** „Vasúti vontatójárművek terhelési viszonyainak vizsgálata és a terhelésállapot-eloszlás alkalmazása hidrodinamikus hajtóművek tervezésében” c. értekezésem alapján.

1983-ban neveztek ki **egyetemi docenssé**. 1985-től megbízást kaptam a Közlekedés-mérnöki Kar angol nyelvű képzésének **kari felelősként** való irányítására. **1986-ban tanszékvezetőnek** neveztek ki a BME Vasúti Járművek Tanszékére mely beosztást 2009-ig, 65-ik életévem betöltéséig elláttam. 1989-től a Közlekedés-mérnöki Kar idegen nyelvű képzésért és nemzetközi kapcsolataiért felelős **dékanhelyettesévé** neveztek ki. 1990-ben a Közlekedés-mérnöki Kar **dékanjává** választottak. A dékáni megbízást ezután két cikluson keresztül – 1991 és 1997 között – teljesítettem. **1993-ban szereztem meg a műszaki tudomány doktora** tudományos fokozatot a „Vasúti Vontatójármű-

vek Hajtásdinamikája” c. munkámmal. Ugyanezen évben pályázatom alapján **egyetemi tanári** kinevezést kaptam a BME Vasúti Járművek Tanszékére. 1991-től a Közlekedés-mérnöki Kar moduláris tantervének bevezetése óta 2009-ig elláttam a **gépészmérnöki szak** szak-vezetői teendőit. Hasonlóképp, 1996-tól elláttam a „Járműgépész szakmérnöki szak” szakvezetői feladatát egészen a 2014-júniusi nyugállományba vonulásomig. 2002-2014-ig vezetője voltam a **Kandó Kálmán Gépészeti Tudományok Doktori Iskolának**

Eddigi 44-éves egyetemi pályafutásom alatt számos tantárgy tananyagát dolgoztam ki. Így graduális képzésben a *«Dízelmotordonyok»*, a *«Mérnöki Fizika»*, az *«Általános Géptan»*, a 2 „Vasúti Járművek”, a *«Vasúti Járművek Tervezése és Vizsgálata»*, a *«Közlekedéstan II.»*, a *«Közlekedéstudományi Ismeretek»*, a *«Járműdinamika»*, a *«Hajtástechnika»*, a *«Vasúti Járműrendszerdinamika»*, a *«Gördülőkontaktusok»*, a *«Vasúti Járművek Üzemeltetéselmélete»*, a *«Járműrendszerdiagnosztika»* és a *«Közlekedési folyamatok környezetvédelmi optimalizálása»* c. tantárgyakat, a járműgépész szakmérnöki szak képzésben a *«Matematika»*, a *«Gépészeti Rendszertechnika»*, a *«Vasúti Járművek Üzeme és Diagnosztikája»* és a *«Vasúti Járműdinamika és Kontroll»* c. tantárgyakat, továbbá a doktorandusz képzésben a *«Járműrendszerdinamika I.-II.-III.»*, az *«Analitikus Módszerek a Rendszertechnikában I.- II.»*, a *«Sztochasztikus Folyamatok a Rendszerdinamikában I.-II.-III.»*, a *«Járműkutatás – Esettanulmányok I.-II.-III.»* és a *«Funkcionálanalízis Mérnököknek»* c. tantárgyakat alakítottam ki ill. adtam/adom elő. A kétlépcsős (Bolognai-rendszerű) képzésben 2006-tól a BSc szakon (szakokon) az *«Általános járműgép-tan»*, a *«Járműrendszerek»*, a *«Járművek és mobil gépek I.»*, a *«Járműdinamika és hajtástechnika»*, a *«Vasúti járműmechatronika»*, a *«Vasúti járműszerkezetek I.»* és a *«Vasúti járműszerkezetek II.»* c. tárgyakat

adtam/adom elő. Az MSc szakokon a *«Járműüzem, megbízhatóság és diagnosztika»*, a *«Mérnöki Matematika»*, a *«Rendszertechnika és rendszeranalízis»*, a *«Vasúti járműrendszerek tervezése»* és a *«Vonattovábbítás mechanikája»* c. tárgyakat adtam/adom elő. Választható tárgyként a *«Matematikai módszerek a mérnöki gyakorlatban»* c tárgyat adom elő.

1967 -től tagja vagyok a **Közlekedéstudományi Egyesületnek**, **1976-tól pedig a Gépipari Tudományos Egyesület Gördülőanyag Szakosztályában is dolgozom**. **1989-től a GTE Gördülőanyag Szakosztály elnöke vagyok**. A *Magyar Tudományos Akadémia Gépszerkezettani Bizottságának Tribológiai Albizottsága* 1987-ben tagjává választott, az *MTA Gép-szerkezettani Bizottsága* 1993-ban, az *MTA Közlekedéstudományi Bizottsága* pedig 1994-ben választott tagjává. 2002-ban az *MTA Szilárd Testek Mechanikája Szakbizottság* is tagjává választott. Az *MTA Doktori Tanácsa* (és előd szervezete a TMB) **Építészeti-, Építési- és Közlekedési Szakbizottságának** 1991-óta megszűnéséig tagja voltam. A **Magyar Akkreditációs Bizottság (MAB) Gépészeti Szakbizottságának** 1994-től 2002-ig voltam tagja, 1998-tól 2002-ig pedig ezen kívül a **MAB Műszaki Intézményi Szakbizottság** társ-elnöke voltam. 1994 óta alelnöke vagyok a **PAMM Alkalmazott- és Kompjüter-matematikai Egyetemközi Nemzetközi Hálózatnak**. 1997-ben a MÁV Rt., a BKV Rt. és a Ganz-Hunslet Rt. által megalakított **Vasúti Járműfejlesztési Tanács** elnökévé választott. 2008 és 2004 évek közötti időszakban elláttam az **MTA Gépszerkezettani Tudományos Bizottság** elnöki tisztét.

Számos nemzetközi tudományos konferencia szervezésében vettem részt, tudományos bizottsági tagként, titkárként vagy elnökként. 1988-óta szervezem a *«Járműrendszerdinamika, Identifikáció és Anomáliák»* c. kétévenként megrendezésre kerülő angol nyelvű nemzetközi konferencia sorozatot (VSDIA Konferenciák),

1989-től szervezőbizottsági tagként ill. a két utóbbinál elnökként működtem közre a „Nemzetközi Vasúti Forgóváz és Futómű Konferencia” c. háromnyelvű nemzetközi konferencia szervezésében, tudományos bizottsági tagként működtem közre. Tudományos bizottsági tagként működtem közre a „CM 2000, International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems” Tokióban megtartott, valamint a „CM 2003, International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems” Göteborgban megtartott világkonferencián. Elnöke voltam a szintén Budapesten 2004-ben megrendezett „6th International Conference on Railway Bogies and Running Gears”, és a „9th MINI Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies” nemzetközi tudományos konferenciáknak. Elnöke voltam továbbá a Budapesten rendre 2007-ben, 2010-ben, 2013-ban, 2016-ban és 2019-ben megrendezett *BOGIE '07, BOGIE '10, BOGIE '13, BOGIE '16 és BOGIE '19 c. Nemzetközi Vasúti Forgóváz és Futómű Konferenciáknak*. Hasonlóan, elnöke voltam a Budapesten rendre 2006-ban, 2008-ban, 2010-ben, 2012-ben, 2014-ben, 2016-ban és 2018-ban megrendezett VSDIA 2006, VSDIA 2008, VSDIA 2010, VSDIA 2012, VSDIA 2014, VSDIA 2016 és VSDIA 2018 c. *Nemzetközi Járműrendszerdinamika, Identifikáció és Anomáliák* c. tudományos konferenciáknak.

Az elmúlt 53 évben mintegy 80 ipari és minisztériumi kutatási-fejlesztési projekt téma-vezetője voltam. Az utóbbi években tudományos munkámat a *sztochasztikus járműrendszerdinamika* (járműegységek, járműfüzerek, forgóvázak, hajtás- és fékrendszerek dinamikája és kontrollja), a *vasúti „pálya-jármű” rendszer, a csúszó/gördülő kontaktusok súrlódásos erőátadási és kopási problémái* valamint a *sztochasztikus szimuláció-járműmegbízhatóság* témakörében végzem. Eddig több, mint

200 szakcikket publikáltam, az ezekre kapott ismert citációk száma több, mint 180.

1998-ban a BME Közlekedésmérnöki Kar felterjesztése alapján az Oktatási Miniszterium **Apáczai Csere János** díjban, 2000-ben pedig az MTA a **MÁV Rt.** által alapított **Mikó Imre** díjban részesített. 2004-ben a **MÁV Rt.** „**mérnök-professzori**” címmel tüntetett ki. 2008-ban a Magyar Köztársasági Elnöke a „**Köztársasági Érem Tiszti Keresztje**” kitüntetésben részesített. 2018-ban a Gépipari Tudományos Egyesület **Pattantyús Ábrahám Géza**-egyesületi díjban részesített.

2014-ben hetvenedik életévem betöltése napján nyugállományba vonultam. A Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar Tanácsa 2014-ben „**Professzor Emerituszi**” címmel ruházott fel. Így a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kara kötelékében tovább végzem oktatói és tudományos kutatói valamint konstrukció fejlesztői munkámat.

Budapest, 2020. augusztus 31.

Zobory István
Prof.Dr. Zobory István
professzor emeritusz”

Szerkesztő kiegészítése: Dr. Zobory Istvánt 2021. október 3-án, a Magyar tudomány ünnepén Eötvös József-koszorúval tüntették ki. Budapesten 2022. február 7-én hunyt el, a Rákosszentimrei Új Köztemetőben március 8-án helyezték örök nyugalomba.

Előhegyi István szakmai életútja

„1945. január 9-én születtem, Miskolcon, vasutas családból. Nagypapám mozdonyvezető,

Édesapám tengerész, később mozdonyvezető, fűtőházvezető volt. Az általános iskola után így természetes út vezetett a vasúthoz. Ehhez első lépés a Vasútgépészeti Technikum volt. A folytatást gőzmozdonylakatosként Jászapátin kezdtem el, majd

a mozdonyvezetői vizsgát 1964-ben lettem, és utaztam ebben a beosztásban. További tanulmányaimat az orosházi katonaelet után 1966-ban kezdtem meg az akkori Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemen, amit 1971-re fejeztem be. Ez az öt év különös módon telt el, fizetés nélküli szabadságot kaptam, és a mozdonyvezetői vizsgám birtokában bármikor jelentkezhettem szolgálatra, és ezzel élve is, a viszonylag laza egyetemi „katalógus” rendszer mellett közben mozdonyvezetéssel is foglalkoztam.

1971-ben a folytatás Budapesten a Ferencvárosi fűtőházban jött el, ahova nejem, Budapesti lakos okán kerültem. Itt már teljes egészében lehetett a VGT előnyeit tapasztalni, itt az akkori reszortos, mozdonyvezető vagy akár a vasút fiatalabb felsőbb vezetői köreiből dolgozó személyek közül igen sokan, vagy előttem, vagy utánam, vagy velem végeztek a VGT-ben. A kialakult kapcsolatokra jellemző, hogy ez az eltelt negyven év során sem szűnt meg.

A megélhetés azonban felülír mindent, és Budapesten a lakásviszonyok ebben az időben enyhén kifejezve is kritikusak voltak. Ezért hirdetés útján Törökszentmiklóásra kerültem a Városi Tanács Műszaki Osztályára vezetőként. Az indulás itt nehézkesebb volt, mint Budapest Ferencvárosban, mert bát a vasút többségében „utasítás”-t ismert, és többé-kevésbé aszerint is dolgozott, de a polgári értelemben vett jogot nem, illetve csak a gépész, műszaki terület nem. Erre átállni csak a munkatársak segítségével és jóindulatával lehetett, amit teljes egészében meg is kaptam, és ennek eredményei is máig tartó kapcsolatok és más területekre mutató ismeretek bővülése lett.

1977-ben azonban lehetőség nyílt arra, hogy folytassam a vasutat, mégpedig a GYSEV, Győr-Sopron-Ebenfurthi Vasút keretein belül. A VGT-s, jó értelemben vett ismeretség itt is működött, a mozdonyvezetői állomány számos tagja végzett itt.

A GYSEV-nél feladatomból a vontatás osztrák dolgozóival való foglalkozás

volt. Hamar bizonyossá vált a vasút nemzetközisége és egymáshoz való hasonlósága is. Sikerült is az ÖBB-vel rendkívül jó kapcsolatot kialakítani, de hasonlóképpen működtek a kapcsolatok a hazai viszonyokban a MÁV-al, vagy más külföldi vasutakkal is, pl. a DB-vel.

A vasút ekkori bizonyos fokú monotonitása mellett nagy változás következett be a 90-es években, ami szorosan kapcsolódott a korábbi szakmai élethez, a VGT-hez, a BME-hez valamint a mozdonyvezetői gyakorlathoz is. A GYSEV egy átfogó mozdonyremotorizációs programba fogott és ebben az osztrák ügyek megtartása mellett ez lett a fő feladatom, ami átfogta a tervezést, kivitelezést, szervezést és ezzel kapcsolatosan minden egyebet. Bár nem kevés ellenállás mellett, de sikerült az M44–306 pályaszámú mozdonyral kezdődően a tizennégy darabos sorozat korszerűsítése, átépítése, és hazai viszonyok között az első digitális számítógépes irányítástechnikai berendezéssel ellátott mozdony kialakítása, amely teljes mértékben a GYSEV soproni műhelyében készült el. E sorozat folytatásaként készült el hasonló módon az M40–402, –401 pályaszámú mozdonyok korszerűsítése is, amelyből az átalakítás során csak az alváz, forgóvázak, valamint a mozdonysekrény maradt meg, és a mozdony többi részei teljesen új tervezés és gyártás során kerültek az előzőhöz hasonló módon átépítésre. Még nyugdíjazásom előtt új feladatként jelentkezett az M44-306 pályaszámú mozdony rádió-táirányításra való átépítésének tereztése, a kivitelezés vezetése. A Nyugat Európában már igen elterjedt rendszer mellett az ország első ilyen jellegű mozdonya ez lett.

Külön érdekessége volt a munkaterületemnek, hogy a GYSEV-nél az osztrák és magyar viszonyok mindig is kissé keveredtek, és mindez remek alkalmat nyújtott az ÖBB mozdony, kocsis és vontatási személyzeti oktatási stb. kérdéseibe történő betekintésre és a külföldi vasutak üzemi viszonyainak megismerésére.

Mindemellett a GYSEV is igyekezett új beszerzésű járművekkel is gazdagítani az állományát, így került sor az 5047- sorozatú motorkocsi, valamint a „Taurus” villamosmozdony beszerzésekre ezek lebonyolításában való műszaki tevékenységére.

Ennek kapcsán egy igen érdekes életút alakult ki, attól kezdve, amikor még a gőzvontatás volt az uralkodó vontatási nem, amit a dízelesítés és villamosítás követett. Ez a generáció egy átfogó technikatörténeti korszakot ért meg, amit talán „gőzmozdonytól a Taurus-ig” szavakkal lehet jellemezni.”

Előhegyi Istvánnak több könyve jelent meg: *Aszinkron vontatómotoros villamosmozdonyok; TAURUS korszerű villamos mozdonyok.*

Előhegyi Istvánt a vasút mellett a hajózás és a történelem is nagyon érdekelte, könyvet is írt. *Harcok a tengeri uralomért – Az angol királyi tengerészet története 1588-1805 címmel.* Kedvenc időtöltése volt a közlekedés mellett a történelem. A vele folytatott beszélgetések megunhatatlanul és sosem elég hosszan tartottak.

Előhegyi István 2016. november 6-án Sopronban hunyt el. Temetése 2016. november 18-án 11:30-kor Sopronban volt, a GYSEV mozdonyvezetők megható hosszú kürtjelzéssel búcsúztak tőle.

Tóth Béla szakmai életútja

Tóth Béla 1930. október 19.-én született Budapesten. A műegyetemre járt és Budapesten 1956-ban okleveles gépészmérnökként végzett.

Mérnöki pályafutását a Ganz-MÁVAG-ban kezdte, majd 1969 után a MÁV-hoz hívták át, és onnan ment nyugdíjba 1990. év végén.

Szarvas Ferenchez írt levelében 2010 októberében így mutatkozott be: Magamról: 1956-ban szereztem meg az első, gépészmérnöki diplomát (Budapesti Műszaki Egyetem) majd 1967-ben másodikként: a nagyvasúti dízel- és villamosvontatási szakmérnöki diplomát (Építési

és Közlekedési Műszaki Egyetem). Első munkahelyem 1956-tól az egykori Ganz Vagongyár (a későbbi Ganz-Mávag) volt. 1969-ben áthelyezéssel a MÁV Vezérigazgatóság Gépészeti Szakosztályára kerültem, amely intézményből 1990-ben (60 éves koromban) nyugdíjaztak. Ezt követően, egyéni vállalkozóként számos részfeladatot vállaltam a vasút számára egyéni kezdeményezésből vagy kifejezett megrendelésre

A Vasútgépészet számára készített közel 50 oldalas tanulmányából kiemeltük azokat életrajzi vonatkozású részeket, amelyekkel sok évtizedes pályafutása jelentős állomásai voltak.

Tóth Béla 1970. év elejétől a MÁV Vezérigazgatóság gépészeti szakosztályán dolgozott. Itt találkozott először a menetrend megszerkesztéséhez szükséges menetidő adatok meghatározásának feladatával. Lehetőséghez és persze, számítógéphez jutván – köszönhetően Csárádi János főosztályvezető úrnak – folyamatosan kidolgozta a szükséges részfeladatokat, valamint azok számítógépi kezelését. Ennek eredményeként a nyolcvanas évektől már használható adatokkal szolgált a MÁV forgalmi-menetrendi szakosztálya számára.

Tóth Béla munkáját az illetékesek elfogadták és rendszeresen felhasználták. A későbbiekben legértékesebb elismerést Csontos Endre forgalmi igazgató úr fogalmazta meg, amikor – az emberei eligazítása során – kijelentette, hogy a vasút üzemből „a Tóth Béla programjának menetidő adatai jók szoktak lenni.”

A 80-as évtized második felében Dr. Várszegi Gyula vezérigazgató úr által támogatott szimulációs programra Tóth Bélával együtt szabadalmi jogot kaptak, amit később a MÁV nem kívánt megvásárolni és lemondott a szabadalom alkalmazásáról is.

Tudomást szerezve a MÁV-nál folyó fejlesztések eredményéről, az 1980 év végén, a 90-as évek elején a svájci Stadler vasúti járműgyártó cég megkereste a MÁV-ot egy együttműködési javaslatral a TELOC sebességmérőnek energiatakarékos

funkciót is ellátó funkció kifejlesztésében. Az ügyben annyi történt, hogy hozzájutva a sebességmérő programjához, a MeDina szimulációs programunkat át kellett írni a MODULA-2 programnyelvre. Ezt követően egy működő energiatakarékos programra épülő TELOC sebességmérő készülék vált valósággá. Tóth Béla a MÁV-nál eltöltött hosszú évtizedek alatt egyetlen helyen dolgozott, gépészetben a Vezérigazgatóságon. A gépészetben elsőként használt számítógépet. Nyugdíjba vonulás után közel 2 évtizedig igen aktív volt és a MÁV FKI-t majd a MÁV VMSZK-t is segítette egyéni vállalkozóként.

Nyugdíjasként tevékenyen részt vállalt a vasút járműekkel kapcsolatos különféle fejlesztő munkákban. Az energiatakarékos vonattovábbítás volt a kedvenc szakterülete.

Nyugdíjaztatása után az 1990-es évektől továbbra is kapott megbízásokat a vasúti járműdinamika körében, amivel haláláig foglalkozott.

A MÁV FKI és a VMMSZK részére több kutatásban is részt vett. Ezek közül kiemelkedik a MÁV személyszállító vonatok optimális sebessége tárgyában készített tanulmánya Újító munkái közül kiemelkedik az energiatakarékos vonattovábbítás tárgyában Előhegyi Istvánnal és Dr. Zobory

Istvánnak közösen jegyzett, értékesített szabadalmuk.

A Vasútgépészetben rendszeresen jelentek meg írásai. pl., 1993/2 szám: A TELOC 2002 EnOpt mozdonyfedélzeti számítógép rendszer. 1995/3szám: Sebességkorlátozás vagy rendkívüli következményei a vasúti vontatásnál. 1997/1 és 2 szám: Villamos motorvonatok a MÁV üzemében 1998/2: Motorvonat, vagy mozdonyos ingavonat. Tóth Béla későbbi írásait lásd a <http://vasutgepeszet.hu/vasutgepeszet/> oldalon.

Tóth Béla Budapesten, 2014 tavaszán hunyt el.

HÍREK

115 új villamos mozdonnal bővíthet a MÁV-START járműállománya

2022. március 26.

A MÁV-START Zrt. még 2020. év nyarán indított 115 villamos mozdony beszerzésére kiírt közbeszerzési eljárása eredményesen lezárult. A MÁV-START ezt követően a nyertessel keretmegállapodást köt. Így 90 darab két és 25 darab három áramrendszerű Vectron típusú villamos mozdony beszerzésével újulhat meg a MÁV-START Zrt. villamos vontatójármű állománya. A szerződő felek 2022. április 13-án, szerdán aláírták a 115 mozdony beszerzési keretmegállapodást. Az ünnepségen jelen volt a Siemens részéről Dr. Ludvig László a Siemens Mobility kft. ügyvezetője, Arnulf Wolfram, Siemens Mobility Austria GmbH CEO, továbbá Dr. Palkovics László ITM miniszter, és Dr. Mosóczy László ITM államtitkár. A MÁV csoport részéről Homolya Róbert MÁV Csoport elnök-vezérigazgató, és Keresztes Péter MÁV-START Zrt vezérigazgató. A mozdonyok szállítása 2024 után várható.

A képen látható MÁV 1963-ban beszerzett V43-as mozdonya MIREL vonatbefolyásolóval felszerelve 2021-ben közforgalomban volt. A MÁV-START számára kiemelten

fontos, hogy utasait egyre magasabb színvonalon szolgálja ki. A fejlesztésnek köszönhetően lehetővé válik, hogy a vasúttársaság korszerű, és a környezetvédelmi követelményeknek is jobban megfelelő mozdonyokat szerezzen be. Az új, nagy teljesítményű mozdonyokkal elsősorban az előregedett, 1963-1982 között beszerzett V43 sorozatú, 2205 kW teljesítményű, 120 km/h maximális sebességű villamos mozdonyokat váltja ki.

Az új villamos mozdonyok 6400 kW teljesítményűek lesznek és 200 km/h sebességre is alkalmasnak kell lenniük, valamint energiafelhasználás szempontjából jobb hatásfokúak lesznek, mint a közel 50 éves átlagéletkorú V43-asok. Az új mozdonyokat a legkorszerűbb ETCS vonatbefolyásoló rendszerrel szerelik fel.

A MÁV-START Zrt új villamos mozdonyokat döntően az IC szolgáltatás megújítására és az IC+ szolgáltatás bővítésére használja fel.

A nyertes ajánlattevő a verseny eredményeként a becsült értékhez képest kedvezőbb végleges ajánlatot adott.

Az első Siemens Vectron típusú mozdonyok legkorábban 2024 után állhatnak a MÁV-START rendelkezésére.



A V43-asok jelenleg is a MÁV-START legnagyobb darabszámúban használt villamos mozdonyosorozata



A MÁV-START Vectron látványterve (Forrás: MÁV-START, Siemens)