



### KISTELEKI MIHÁLY

Okleveles arany, gyémánt,  
Baross Gábor és Mikó Imre díjas  
gépészmérnök  
Ny. MÁV igazgató

### KOVÁCS KÁROLY

Okleveles, Mikó Imre díjas,  
gépészmérnök  
Ny. MÁV-START szakértő  
Ügyvezető Igazgató,  
EDKOPRESS Kft.



## A hibrid vontatású vasút vontatójárműfejlesztés, múltja, indokai, okai, eddigi eredményei.

### Tisztelt Olvasó!

Sok éve várok arra, hogy a magyar vasúti járműipar és a MÁV látványos, sikeres fejlődése elavulttá tegye több évtizedes álmaimat, vágyaimat. Egyetértve Kisteleki Mihály alapítószerkesztő barátom örök igazságú gondolataival, azaz a magyar vasút fejlesztése jó irányban van, de ahhoz nekünk sokáig kell élnünk, hogy vasutasálmaink megvalósulást megélhessük. Mi vasútgépészek elsősorban a magyar vasúti járműipar és a MÁV fejlődéért küzdünk. A címben, amely a hibrid vontatású vasút vontatójárműfejlesztés indokait tárja fel, eddig közel ötven év küzdelmeit, tennivalóit kellett összefoglalni. Kérem ne várja el egy olvasó se, hogy felsoroljuk mind azt, amit egy összetett vasúti rendszer jobbítása igényelne. A következőkben ezért a hibrid vontatójárműről a tervezéstől kezdve, az akadályokon át, napjainkig tartó öt évtizedét elevenítjük fel.

### I. Bevezetés:

Az következménye a személy és áruszállítás szétválasztásának, hogy a korábban vásárolt vontatójárművek szétosztása, a tulajdonosok elkülönítése számos új feladatot okozott.

- A MÁV START alapvetően a személyszállítás fejlesztésére koncentrált, ezért az LCC azaz az élettartam

alapú totál költség figyelembevételével történjen a járműfejlesztés.

- A szétválasztott járműpark optima más, mint a korábbi, egységes MÁV-é.
- Az utazási igények fenntartása, utasszám növelése új, korszerűbb, kisebb utaskapacitású motorvonatokkal oldható meg.
- Az utasokért folytatott küzdelem sokrétű, gazdaságosabb, gyorsabb, gyakoribb közlekedésű vasútat igényel.
- A személyszállító vasút versenyképessége a gyakrabban kisebb egységekkel közlekedés alapvető igazsága alapján kell, hogy megvalósuljon.
- A társaság vezetői nem nélkülözhetik az üzemben tartott járműpark felhasználásának, korszerűségének, az utazási igények folyamatos felmérésének vizsgálatát, értékelését és döntéshozó munkák alapján a jövő helyes irányát meghatározni.
- A személyszállítás súlypontjának korszerű motorvonatokra átállítása többek között több, új kisebb kapacitású karbantartó műhelyeket igényel.
- A modern személyszállítás sokkal kevesebb tolatási feladatot jelent, tolatómozdonyokra pl. elsősorban havária idejében lesz szükség.
- Az áruszállítás MÁV-on kívül helyezése a MÁV-os tolatási igényeket töredékére csökkenti.

- A magyar vasúthálózatot igénylő áru fuvarozás elsősorban határtól határig történő továbbítást, vagy időnként elegy osztás, egyesítés esetén gurító, tolató szolgáltatást igényel. Az elegy mozgatót a vasúttársaság gyakran saját hibrid – azaz egy villamos, és egy dízelmozdony – együtt közlekedésével végzi el, nem igényelve a MÁV költségesebb tolatási szolgáltatását.
- A magyar vasúthálózaton az áru fuvarozás súlypontja a villamosított vonalhálózatra helyeződött át, a nem villamosított vonalakon alig maradt áru fuvarozás.

### Következmények:

Sok évtizede a bölcsőbb MÁV vezetőink igazságát elsajátítva a következők fontosságát magunk előtt tartva törekedtünk a vasúti jármű fejlesztésre, a jármű üzemeltetésre, karbantartásra:

A MÁV-START közismert előregedett, felújításra, vagy selejtezésre váró, a vontatójármű és személykocsipark sorsáról gyors döntést kell hozni és a modernizációt felgyorsítani.

Még 1999-ben megfogalmazott és a MÁV személyszállítási, valamint a Fejlesztési főosztálya által elfogadott MÁV FKI tanulmányt a MÁV vezetése támogatta, jóváhagyta. Ez a személyszállítási koncepció közel 25 éve a motorvonati közlekedésre helyezte a hangsúlyt. A MÁV 2002 évben a

konceptiót elfogadta és a motorvonatok beszerzését felgyorsította, kiterjesztette a villamos motorvonatokra. A német Desiro és az orosz Uzsgyi dízelmotorvonat beszerzése után a dízelvontatású személyszállítás jelentős részben motorvonatokkal dolgozott. Változott a helyzet a villamos vontatásnál is. 2007-től a tendergyőztes Stadler FLIRT-ek révén több szerződés alapján 123 villamos motorvonat lépett üzembe 2007-2015 között, majd 40 KISS nagy kapacitású emeletes villamos motorvonat lett, beszerezve. Ezt követve 5 évig egyetlen új motorvonat sem állt üzembe.

Emlékeztetésül, a 2001-ben jóváhagyott személyszállítási járműkonceptió alapján 250 villamos motorvonatra van igény, ezzel szemben 2024. év nyaráig 123 FLIRT és 40 KISS + 10 TALENT, azaz 173 az összes MÁV villamos motorvonat beszerzés.

Az elhúzó motorvonati program miatt tehát közel 80 villamos motorvonat beszerzésére nincs érvényes tender kiírás. A célszerűen 80 FLIRT és ezen belül 50 FLIRT Akku beszerzésére még nincs új tender kiírva. Várjuk, hogy a MÁV-START Zrt, mikor kezdi meg az egy-két kocsis V 43-assal vontatott személyvonatokat 140-200 fős ülőhely kapacitású villamos, illetve hibrid motorvonatokra cserélni?

Néhány vasúton kívüli gazdaságpolitikai és biztonságjavítási kérdés:

- A modern vasút érdekéit a gazdaságpolitika támogatja-e vagy nem?
- A modern, olcsóbb üzemű vasút kiépítésére ad-e megfelelő anyagi támogatást országunk és az EU?
- A KTI a Levegő munkacsoport bevonásával 2010-ig elkészített KTI-s tanulmány kimutatta-e, hogy mikor és milyen infrastruktúrával, járművekkel lesz gazdaságosabb a vasúti személyszállítás a közúthoz képest?
- Visszakapja-e MÁV azokat az elsősorban 2011-től elvett forrásokat, így a járműinnovációt, amely alapvető fontosságú és szükséges

ahhoz, hogy a vontatójárművek kocsikról leválasztása félautomatikus un. SAKU kapcsolóval történjen, azaz a tolatás biztonsága javuljon?

- A vasúti pályaátépítés alapkövetelménye elfogadható-e, azaz a szintben épített útátjárók megszüntetése, ezáltal a közút-vasút biztonsága véglegesen megoldható legyen. A külön szintű közút-vasút, az útátjárómentes közlekedés évente számos közút – vasútkereszteződési baleset bekövetkezését megakadályozná. Kapunk-e érdemi forrásokat a vasút sebeségnövelését és a közlekedés biztonságát egyaránt javító pályafejlesztésre?
- A csendes vasút, a korszerű motorvonatok elterjedése számos balesetet okozott, a gyalogosok gyakran telefonálnak nem érzékelik a közeledő vonatot. A csendes vasút ténye ellenére a pálya mindenre kiterjedő átépítésével csökkenthetők a gyalogos balesetek. Akarjuk-e ezt?
- Kell-e erőltetni a karbantató bázisok, járműjavítók összevonását, a karbantató helyek számát csökkenteni, a karbantartást MÁV-on belül megszüntetni?
- Mi van veled vasút ipar? Egyrészt örömmel tapasztaljuk a fejlődést, pl., Alstom mátranováki forgóvázkeretgyár fejlesztését, a Stadler

pusztaszabolcsi karbantatóbázis a Szolnoki kocsiszekrénygyár és fogóvázfelújító megszüntetésének eredményességét.

- Másrészt még sikeres a Ganz Motor Kft szolid életben tartása, a magyar járműjavítók összevonása, Szolnok és Székesfehérvár közös MÁV Vagon Kft-re átszervezése, illetve a járműjavítók megszüntetése, Istvántelek, Északi, valamint MÁV Járműjavító Kft-k eladása, Miskolc, Debrecen. Dunakeszi, Szombathely. Mi a további terv?
- Az elmúlt évben bekövetkezett átalakulás, a Siemens Mobility Kft., vagy az újabb átalakítások, a Ganz MAVAG megjelenése, vagy az MVJ Szombathely jövője, hogyan tovább?

Az előzőek múltjáról és jelenéről, remélhető a magyar járműjavítók életben maradásáról a jövőben bővebben írhatunk, ezért várjuk olvasóink véleményét.

## 2. A kettős erőforrású vontatójárművek múltja

Egy svájci példát kiemelve a második világháború idején is villamosított SBB-nél dolgozott az 1. ábrán



1. ábra: A gőz-villamos hibrid mozdony az E 3/3

látható gőz-villamos hibridmozdony. A villamos-gőzmozdony egy olyan gőzmozdony volt, amely nem égetett el azért szenet, hogy gőzt fejlesszen, ennek fő oka a szén hiány volt. A 2. világháború idején szén és fa hiánya miatt tény, hogy Svájcban kedvező áron rendelkezésre állt a villamos energia. Ezért a korábban megépített gőzmozdony átalakítása sikeres megvalósult. Lásd 1. ábrát. A gőz-villamos kettős-erőforrású mozdony működése úgy volt, hogy a felsővezetékéről levett villamos energiából a gőzkazánban vizet melegítettek fel, így gőzt termeltek. Közismert, hogy a gőzmozdony határfoka töredéke (7-8%) a villamosmozdonynak. A svájciak is képesek minden öreg gőzmozdonyt (később akár 50 éves villamosmozdonyt) felújítva életben tartani. Az 1. ábra képen látható E 3/3 gőzmozdonyt, ha kell, áramszedővel látják el és villamos áramból nyert energiával termelnek gőzt és így közlekednek.

A svájci 15 kV, 16 2/3 Hz-es felsővezetékéből nyert villamos energiát a gőzmozdonyba beépített 480 kW teljesítményű transzformátoron át táplálták, töltötték fel a gőzmozdonyt. A gőzüzemben, áramnélküli állapotban képes volt a hibridre átépített E3/3, ún. tűznélküli üzemre, azaz hibrid, kettős erőforrású mozdonyként dolgozni. A svájciak arra is figyeltek, ha van szén, akkor a nem villamosított vasútvonalon klasszikus gőzmozdonyként is működhessen.

### Európában több hibrid mozdony épült meg közel 50 éve.

Lásd az 1977. évi szakdolgozat 3. táblázatának kivonatát:

Gyártó	AEG	AEG	AEG
Menetkész tömeg (tonna)	40	60	80
Tengelyelrendezés	Bo	Co	BoBo
Felsővezeték feszültség (V)	15000	15000	15000
Teljesítmény (kW)	360/1000	540	720
Villamos fék t. (kV)	400	100	100
Villamos fék jellege E+V	E	E	E
TC motor fesz. (V)	750	750	750
Max. vonóerő (kp)	13000	19500	26000
Max. sebesség (km/h)	50	50	50
Hossza: (mm)	8850	10200	15200
Akkumulátor kapacitás (Ah)	500	500	500
Akkumulátor feszültség (V)	200	200	200

A táblázat adataiban olvasható információk szerint a feltüntetett villamos teljesítmények az ORE által ajánlott tolatómozdony teljesítménykategóriának felel meg (226-720 kW)

Amennyiben második erőforrásul választott dízelmozdonyt vizsgáljuk az teljesíti az ORE kiírásait a könnyű tolatószolgálatban.

Kétségtelen, hogy az akkumulátoros erőforrás is rendelkezik olyan előnyökkel, ami bizonyos vasútiüzemi feltételek esetén életképesnek bizonyul. *(Szerzők kiegészítése: Az elmúlt évtizedekben az akkumulátorok fejlődése látványos és a vasúti célú akkumulátorok felhasználását támogatja, lásd bővebben később.)*

1978-ban már létezett a BBC és a Thyssen-Henschel cégcsoport EDE 100/100 hibridmozdonya, amelyet elsősorban vonali szolgálatra gyártották. A nagy tengelynyomású és nagy tömegű mozdony teljesítette a megrendelő által kiírt feltételeket, 3500 tonnás tehervonatokat mind felsővezetékes mind pedig dízelmozdonyos üzemben képes vonatni. A kettős erőforrás egyik úttörője Svájcban volt, az 1. képen látható gőz-és villamosmozdony igazi kuriózum volt.

### A következőkben idézzük fel a hibrid nagyvasúti vontatójárművek eddigi hazai történetét.

Kezdjük a 45 – 50 évvel ezelőtti magyar hibrid vontatás eseményeivel.

A hibrid vontatású, azaz kettős erőforrású vontatójárművek fejlesztésének közel 50 éves története van Magyarországon. 1977-ben a MÁV járműfejlesztésével foglalkozók, az ún. „jövőbelátó csoport” tagjai Almási Miklósné, Kisteleki Mihály, Kocsis József javaslatára egyetemi diplomamunkának írtak ki a BME Vasúti Járművek Tanszékén egy kettős erőforrású mozdony fejlesztése tárgyú szakdolgozatot. Ezt Kovács Károly elvállalta, a BME-n sikeresen vizsgázott ebből a témából 1978-ban. Egyetemi konzulensek: Dr. Balogh Vilmos és Stráner Pál voltak. Ezzel a MÁV-ot érintő hibrid, azaz kettős erőforrású vontató járművekkel vontatás gondolatának kezdete napjainkban már 47-48 éves, vagy több. (Pl. a MÁV VTKI javaslatára.)

A részletek nélkül érdemes olyan „hibridfordulatokat” megemlíteni, amelyek nem segítettek elő a MÁV kettős erőforrású vontatójármű fejlesztés sikerét.

A Ganz-MÁVAG-ban 1977-ben kigondolták, hogy neki állnak a V46-os villamos mozdony tervezésének.

A modern tirisztoros villamos erőátvitel tömegszegénnyé, azaz könnyűvé tette volna a V46-ost. Ám a szükséges indító vonóerő érdekében a tengelyterhelést a 20 tonna/tengelyre, azaz 80 tonna össztömegre tervezték. Az acélban, öntöttvasban gazdag V46-os tehát így született, az 5 db-os prototípus sorozat, 1983-ban készült el.

### Részlet a magyar hibrid vontatójárműtervezési dokumentumból:

Magyarországon 100 állomás van, amelyeken az oda állandón kivezényelt gőz és dízelmozdonyok végezték a tolatószolgálatot. Az állomásokon összesen több mint 220 gőz és dízel tolatómozdony dolgozott 1974. év végén.

A gőz és dízelüzemű tolatás villamosítását mi indokolja?

- a vegyes üzemű tolatás fenntartása gazdaságtalan,
- a gőz és kisebb mértékben a dízelvontatásnál a felső vezetőék és a szigetelők fokozottban elszennyeződését tapasztalhatjuk,
- a tolatásban fellépő gyakori gyorsítás energiakihasználása igen rossz hatásfokú, fokozottabb a zaj és a káros kipufogógáz kibocsátás,
- a tolatómozdony összhatófoka rendkívül kedvezőtlen a sok üresjárat miatt. Ez annál inkább is megfontolandó,

mert a becslések szerint a villamosítás befejezésekor a dízelvontatójárművek 50%-a tolató és gurító feladatokat lát majd el,

- a villamos mozdonyok fenntartási igénye kisebb.

A fentiekből nyilvánvaló, hogy érdemes egy új típust kialakítása. Célszerűnek látszik ezt az új mozdonyt a már kipróbált és üzemelő mozdonyok fődarabjaiból – esetleg korszerűsítése után -megépíteni. A mozdony univerzális jellegét, az üzemeltetés gazdaságosságát fokozni lehet, elmaradhat egy középkelet-kategóriájú villamosmozdony fejlesztése azáltal, hogy ezen mozdonyt alkalmassá tesznek közepes tehervonatok, illetve könnyű személyvonatok továbbítására.

Az előnyök és hátrányok pontos megítélésére célszerű gazdasági számítások útján eldönteni, hogy a következő megoldások közül melyik a legmegfelelőbb:

1. változat: Dízel mozdony – mint tolatómozdony a tervezendő mozdony elsődleges átállító szolgálatra készülne (Az 1978-ban üzemeltetett V41 és V42. típusú mozdonyok helyett)

2. változat: Nagy állomásokon mind villamos mind dízel tolatómozdony alkalmazása.

3. változat: Villamos tolatómozdony kiegészítve második erőforrással.

*(Szerzők megjegyzése: A V 46 megalkotása, a jármű-szekrény, a főkeret és a forgóváz építése, túlméretetett konstrukció. Ezért akár 100 évig életképes, vasból túlméretezett tolató-átállító funkciójú V46-os sorozatú villamos mozdonytípus 60 járműve napjainkban is alkalmas arra, hogy hibrid vontatására átalakítsák.)*

Az 1978-as diplomaterv újabb részlete:

### Tolatómozdonyok gazdasági összehasonlítása:

A gazdasági számításnak akkor van értelme, és akkor ad értékelhető összehasonlítást, ha azonos körülmények közötti üzemelő járműveket hasonlítunk össze.

A diplomatervi adatok szerint: 1kW beépített teljesítmény szerint a villamosmozdony ára 38-68%-a, a dízel mozdonyoknak. MÁV-nál végzett felmérések szerint a villamos mozdonyok ára 60%-a dízelmozdonyokénak

Kivonat a szakdolgozat 4. táblázatából.

Vontató-jármű	Járműtömeg (tonna)	Teljesítmény (kW)	Beszerzési ára (millió Ft)
M44	62	441	10
V41/42	74	1013	7,5

(adat: 1977. MÁV)

A különböző ár-képzési formákat mérlegelve a tervezendő villamos tolatómozdony árát 14-16 millió Ft-ban határozhatjuk meg. Az így megállapított ár tartalmazza azt a tendenciát, amit a villamosmozdonyok árainál tapasztalhatunk, nevezetesen az energiaválság okozta konjunktúra,

valamint a korszerű elektronika világszerte felverte a villamosmozdonyok árát.

A közel ötven évvel ezelőtt az ismert akkumulátor kapacitás, üzemképesség nem volt alkalmas arra, hogy egyetlen mozdonyt érdemes legyen normális villamos akkumulátoros kapacitással legyártani. Az akkumulátor hely és tömegigény miatt akkortájt egy 2 tengelyes akkumulátorral teli teherkocsit a hibrid mozdonyt is mozgathatta volna, de ez nem volt gazdaságos.

Maradt egy kis dízelmotoros változat.

### 3. A kettős üzemű mozdony előtervezése: (Az 1978-as diplomaterv 2. részlete)

Főadatok:

Nyomtáv: ..... 1435 mm

Úrszelvény: ..... UIC 505

Tengelyszám ..... 4

Vezetőállás ..... 1

Tengelyelrendezés: ..... Bo' Bo'

Legkisebb járható pályáiv: ..... 90 m

A tervezendő mozdony általános jellemzői:

Jellege: ..... tolató-átállító szolgálat

Max. tengelyterelés: ..... 18 tonna

Felsővezeték alatt max. sebesség ..... 80 km/h

Felsővezeték nélkül max. sebesség ..... 30 km/h

Saját tömege: ..... 72 tonna

A tolató-átállító szolgálat teljesítéséhez szükséges dízel erőforrás teljesítménye 130 kW, a felsővezeték hálózat alatti átállító szolgálathoz pedig 1208 kW vontatási teljesítmény szükséges.

### 4. A kettős erőforrású vontatójármű fő elemeinek kiválasztása (1978. évi szakdolgozat alapján):

A járműszerkezet, a mozdony főkerete lehet a Ganz-MÁVAG DHM-7, vagy VM11 mozdony.

A szekrény új konstrukció lesz a közepén kialakított vezetőállással.

A kerékátmérő 1040 mm.

A forgóváz célszerűen az UFB3.

### 5. A kettős erőforrású mozdonyok különböző változatainak ismertetése az 1978. évi szakdolgozat alapján:

Az alapmozdony tirisztoros vezérlésű villamos mozdony. A V63-tól a tolatószolgálat sajátosságainak megfelelően tér el. A tolatómozdonyok gyakori indítása és kissebességű üzeme miatt a tirisztoros berendezés köve-

tő vezérlésű kapcsolása nem biztosítja a kedvező primer fázistényezőt. Az átlagos fázistényező nagymértékben javítható és a zavarjelenségeket gerjesztő üzemiállapotok időtartalma jelentősen csökkenthető. Feltétel, a trakciós motorokat páronként soros, páronként párhuzalos kapcsolatban üzemeltetjük. Ebben a kapcsolatban a trakciós motorok félfeszültséggel és félteljesítménnyel (600 kW) dolgozhatnak, ami azonban a tolatásnál általában elegendő.

## 6. Dízelmotoros erőforrással építendő változat

A második erőforrás a dízelmotor, amely egy 3 fázisú szinkron generátort hajt meg, állandó fordulatszámon. Ez a váltóáram jut a tirisztoros egyenirányító egységekre. Lehet úgy is, hogy az üzemben lévő dízel-villamos erőátvitel hagyományos vezérlésével készül el a majdani hibrid mozdony.

Ugyancsak két hajtási mód és vezérlési megoldás merült fel az akkumulátoros erőforrás alkalmazására.

## 7. Az akkumulátoros erőforrással kiegészített villamosmozdony

A villamos erőátviteli lánc alapján a villamos akkumulátoros mozdony többlet beruházási költségei:

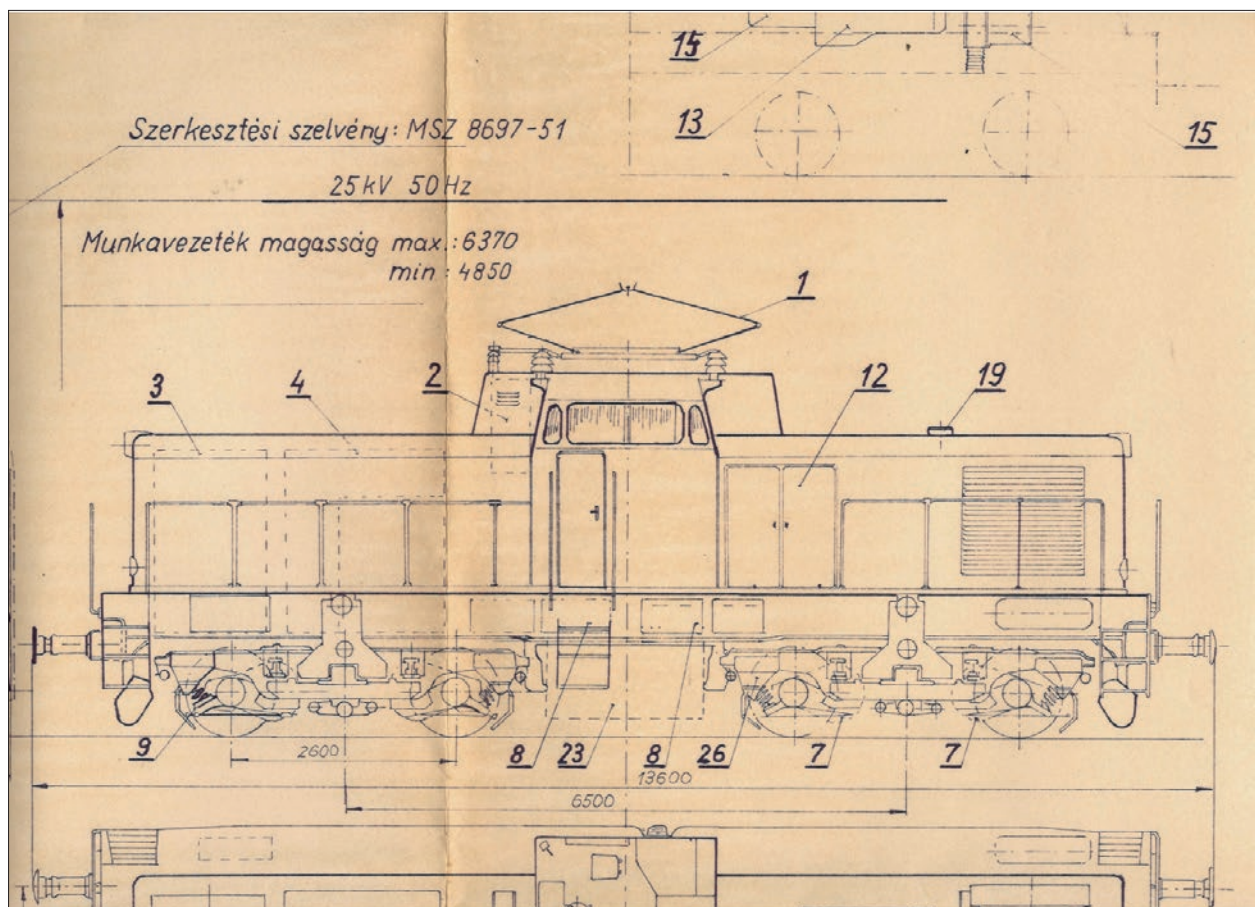
- Akkumulátor telep
- Akkumulátor töltőberendezés
- Szaggató szabályozó
- többlet kontaktorok, egyébek voltak.

A fő kérdés az akkumulátor milyen kapacitású, élettartamú legyen és mennyibe kerül, feltételezve 30 éves élettartamot. 1977. évi árakból és adatokból kiindulva.

A 2. ábra méretei a később megépített V46-oshoz képest a 14400 mm hossz helyett, kisebb 13600 mm ütközőtől ütközőig méretezett hosszra tervezett mozdony volt.

Lásd alább, forrás a MÁV VTKI 1975 és 1977 évi vizsgálatai.

A kutatásokból megállapítható volt, hogy a raktári vágányok, kisebb iparvágányok kiszolgáláshoz 20 kWh napi vontatási munkaigény elegendő. Célszerű volt 30 kWh napi vontatási munkaigényre méretezni. A méretezésnél figyelembe kell venni, hogy az akkumulátorok kapa-



2. ábra: Kettős erőforrású, „hibrid” villamosmozdony terve 1977-1978 május (a rajzot Kovács Károly)

citása – akár a lúgos, savas, vagy más – évek múltjával csökkenni fog a kWh tárolási képességek. Szükséges ezért az akkumulátorok számának, energiatároló kapacitásának növelése.

Ezt figyelembe véve: 1977-ben a VBKM által gyártott magyar akkumulátor 6 készlet 504 ezer Forint volt.

### 8. A dízel-villamos erőátvitel jellemzőinek meghatározása:

A beépítendő dízelmotor teljesítménye kb., 260 kW.

Ugyanakkor a 260 kW dízelmotor teljesítményűnél kisebb teljesítmény igény esetén az akkumulátoros változat lenne a gazdaságosabb.

A MÁV VTKI elkészítette egy a beépítendő motorteljesítmény szerinti javaslatát a MÁV tolató mozdonyainak teljesítményére az 1977-ig villamosított, illetve 1990-ig villamosítandó vonalakon.

motorteljesítmény P (kW)	tolatómozdony (db)	A tolatómozdonyok%-ában
200	15	8,5
275	58	30,5
350	20	10
460	93	48,9
630	7	2,1
Összesen:	190	100

Tolatási sebesség: 5 km/h

Amennyiben a tolatási sebességet felemeljük 15 km/h-ra, akkor elegendő 140 tolatómozdony üzemeltetése.

Ebben a cikkben nem térünk ki a mozdonytervezés valamennyi szempontjára. Nem is lehet egy 45 éves

mozdonytervezésről bővebben rabolni olvasóink idejét. Érdeemes visszatérni azonos alapmozdonyból kiindulva akkumulátoros, illetve dízelmotoros változatú hibridmozdony saját, illetve menetkész tömegére.

A tervezett hibrid vontatójárműnél, a MÁV igénye miatt a fentieknél nagyobb tömegű V46-os mozdony készült el.

A tervezett 62 530 kg helyett 80 000kg lett az elnyúlhatetlen, túlméretezett V46-os mozdony tömege. Ennek egyik előnye, átépíthető kettős erőforrású mozdonná, mert a balaszt helyére a 2. erőforrás építhető be.

### 9. Energia visszatáplálású fékezés:

Feltétele: egyenáramú szaggatós mozdony épüljön, továbbá

- a vontatómotorok villamos fékezésre alkalmasak,
- az akkumulátor a fékezési energiát a töltőáramtól függetlenül képes felvenni.

A MÁV akkor sem élt mindig olyan időket, amikor a vasút gazdaságossága első helyen áll.

A kettős erőforrású mozdony fejlesztés a konstrukció élettartam (az LCC) költsége alapján döntendő el.

Az élettartam főbb költségelemei:

- Mozdonytervezési fejlesztési költség
- Mozdony és akkumulátor, vagy dízel erőforrás vételi, beépítési költsége
- A mozdony üzemeltetési költsége
- Karbantartás, felújítás költsége a tervezett élettartam felénél,
- A selejtezés költsége

Mozdonytömeg max. 21 tonna/tengely, azaz 84 tonna lehet (1977. évi tervezési adat)

Megnevezés	Villamosmozdony	+ dízel erőforrás	+ akkumulátor
Járműszerkezet	Tömeg adatok (kg)	(kg)	(kg)
főkeret	8675		
kerékpárok	7320		
forgóvázak	7700		
védházak, vezetőfüle	2900		
fék	2300		
ütköző-vonókészülék	1020		
egyéb járműsz., összesen			
Villamos berendezés			
Vontató motorok	7200		
Főtrafó	4600		
egyéb villamos			
Akkumulátor	1000		
Vontatási akkumulátor			9200
Dízelmotor		1600	
3 f.generátor		2000	
Tartályok		1350	
Kipufogó, hűtő stb			
<b>Összesen</b>	<b>62530</b>	<b>71700</b>	<b>72600</b>

NoBo  
DeBo  
AsBo

A VASÚT MINDEN TERÜLETÉN





VASÚTI MEGFELELŐSÉGÉRTÉKELÉS ÉS  
FÜGGETLEN KOCKÁZATÉRTÉKELÉS

FORDULJON HOZZÁNK  
BIZALOMMAL!  
**RailCert Hungary Kft.**  
[www.railcert.hu](http://www.railcert.hu)  
[info@railcert.hu](mailto:info@railcert.hu)



Idézzük fel a tervezési évek után, később megtapasztalt valóságait.

### 9.1 A mozdony üzemeltetési költsége

Ennek fontos része a mozdonysemmélyzet költsége. Ismert, hogy a gőzvontatás korában az utazószemélyzet a mozdonyon csak két személyzettel volt engedélyezett. A modern dízel és villamos mozdonyoknál ettől eltekinthetünk. (Kivétel a vonali szol-

gálat, amikor az F1 és a biztosítóberendezés akkor előírta bizonyos sebesség felett a vonatvezető mozdonyon utazását.)

A vonatvezetők biztosítóberendezés miatti mozdonyon tartózkodására ne térjünk ki, de arra igen, hogy a MÁV akkor előírása miatt egy kettős erőforrású tolató-átállító mozdony esetében szükség volt két mozdonyvezető, utazó személyzet jelenlétére.

Amennyiben valaki dízel mozdonyvezető jogosítványú, akkor ő dízel üzemben vezesse a hibrid mozdonyt. A villamosított vonalon a villamos vontatás miatt a mozdonyon tartózkodó, másik mozdonyvezető legyen villamos mozdonyvezető.

Az ok, a dízel és villamos mozdonyvezető képzés szétválasztása volt.

*(Ha egy kettős erőforrású vontatójármű akkortájt elkészült és MÁV hálózatán megjelent volna, akkor annak a vezetéséhez kettő, egy dízel és egy másik villamos mozdonyvezetőre volt a MÁV szabály szerint szükség. Forrás: Kisteleki Mihály)*

### A mozdonyvezető képzés változásának ideje és okai:

- 1984-ben megszűnt a MÁV gőzmozdony közforgalomban üzemeltetése.
- A MÁV vonalhálózat villamosítása ezért folyamatosan igényelte a villamos mozdonyvezetők képzését
- A rendszerváltozás idején hamarosan korszerűsítette a MÁV a mozdonyvezetőképzést.
- A rendszerváltozáskor egyre több MÁV mozdonyvezető kétnormás-azaz villamos és dízel moz-



3. ábra: V46 01 az első 1993-ban üzembe helyezett mozdony

donyvezető lett.

- Napjainkban a korszerű villamos vontatójárművek vezetése elérte a női egyenjogúság kiterjesztését, a korszerű ún. „FLIRT vezetők” között elismert tudás esetén lehet nő. Egészségügyi gondok nem jelentek meg, és vonóhoroggal vonat kapcsolást a korszerű FLIRT mozdonyvezetője nem igényelt.

### 9.3 Az 1978-ban tervezett mozdony általános leírása:

A szekunder erőforrás gépcsoportot úgy kell kialakítani, hogy a mozdonyba építés után a súlypontja a mozdony konstrukció tengelyével essen egybe.

A dízelmotor gázolajtartálya a segédüzemi akkumulátor telepek közé a mozdony súlypontja alá kerüljön.

A csak villamosmozdonyként épített vontatójárműben a szekunder erőforrás helyére egy megfelelő tömegű ballasztot építünk be.

A rajz alapján látható a tervezett kettős erőforrású vontatójármű (röviden hibridmozdony) szerkezeti elemiben a Ganz MÁVAG-ban és a Ganz Villamossági Művekben gyártott mozdonyokéhoz hasonló.

A típus család alapmozdonya egy villamos mozdony, amely vegyes tehervonati és tolatószolgálata készül.

Lényeges eltérés a másik erőforrással kiegészített tervvel szemben, hogy az akkumulátorok a jobboldali géptérbe, továbbá a mozdonyba ballasztok épültek be.



4. ábra: Akkus Bz terve (Forrás: Kékesi Márton)

Az akkumulátortelegek cseréje emelővillás targoncával a kikötés után könnyen és gyorsan megoldható. A villamos vontatási telepen egy helyen karbantartható a „hibridmozdony” ez időben és ráfordításban kevesebb, előnyösebb, mint a dízel erőforrású hibrid mozdony karbantartása.

Az alapmozdony, egy villamosmozdony alkalmassá tehető személyvonatok továbbítására, amennyiben villamos fűtéssel kiegészítjük és a sebességét legalább 100km/h-ra felemeljük.

A tervezett hibrid mozdony alaptípusa az 2. ábrán látható.

A Ganz-MÁVAG által fejlesztett és gyártott V46-os sorozat protótípusa a 3. ábrán látható.

## 10. A hibrid vontatás

	Hagyományos savas ólom akku	LiFeYPO <sub>4</sub>
Élettartam (ciklus)	1000-1400	3000-5000
Energiasűrűség (Wh/kg)	28-38	100-110
Térfogati energiasűrűség (Wh/dm <sup>3</sup> )	95-100	150-170
Töltési idő	8 óra	3 óra
Terhelhetőség	0,2 C	0,5 C
Üzemi hőmérséklet	-20 ... +55 °C	-45 ... +85 °C
Névleges cellafeszültség	2 V	3,2 V
Karbantartási időszak	7-200 nap	Nem igényell
Beszerzési ár (Ft/Wh)	30-40	110-130

### tervezési kísérletei, újabb diplomatervek hazánkban.

*Bz motorkocsi akkumulátoros üzemben*

Feltételezzük, hogy a környezetbarát, tiszta akkumulátoros Bz motorokkal nem váltható le egyik évről a másikra a gázolaj üzemű és más dízel erőforrású motorkocsi.

Sajnálatos, hogy a fejlődést az innovációkat megálmoldva, a környezetbarát „zöld” mellékvonali motorkocsik megvétele, elterjedése sem valósul meg egyik évről azonnal. A 2008- utáni hazai innovációs tervek közül elsőként idézzük fel Kékesi Márton tervét, aki az akkumulátoros Bz motorkocsi tervét fogalmazta meg.

Mielőtt bárki arra gondolna, hogy csak akkumulátoros Bz-k közlekednek hamarosan a MÁV hálózatán kijelenthetjük, hogy ennek az esélye közel nulla.

Az is nagy előrelépés lenne, hogy néhány leharcolt, elavult dízel Bz-nek a MÁV-START felújítását tervezné és a következő képen látható Bz-Akku prototípusa elkészülne.

#### 10.1 Innovációs cél:

- Versenyképesebb, gazdaságosabb mellékvonali személyszállítás.
- Üzemanyagköltség csökkentése
- Karbantartási költségek csökkentése



- A villamos erőforrású járműdinamika alkalmazása hatásfokjavulást ér el
- A környezetkímélő villamos rendszer eredménye az éjszakai olcsóbb villamos energiával feltöltés csökkenti az üzemeltetés energia-költségét.

Az akkumulátorok fejlődését és vele együtt drágulását elfogadva az akkumulátorok elsődleges felhasználása akár 8-10 ezer feltöltésre alkalmas, azaz akár 25-30 évig se igényelne akkumulátor cserét.

A magyar mellékvonalak igényei szerint, amennyiben napi egy feltöltést alapul véve, max. 200 km-t közlekedne naponta a Bz, vagy más akkus motorkocsi, és utána 23-04 óra között újból feltölthető lesz, akkor 8000 feltöltési ciklust és évente 330 üzemnapot számítva 24 évet nagyjavítás és akku csere nélkül dolgozhatna.

Az elmúlt években a Lítium-ion és más korszerű, nagyteljesítményű vontatási akkumulátor beszerzési ára az elmúlt 15 évben miként drágult, Lehet akár **300 Ft/Wh**.

A vételezhető villamos energia ára 2020-ban elérte az **50-153 Ft/kWh** árszintet ÁFA nélkül.

A gázolaj, mint tudjuk egy éve 600-650 Ft/literre drágult, ÁFA-s áron. (**360 Ft/liter nettó** áron)

A MÁV elért-e ekkora kedvezményt?

### 10.2.A következő két ábra terve egy átépített Bz motorkocsi innovációs megvalósítása.

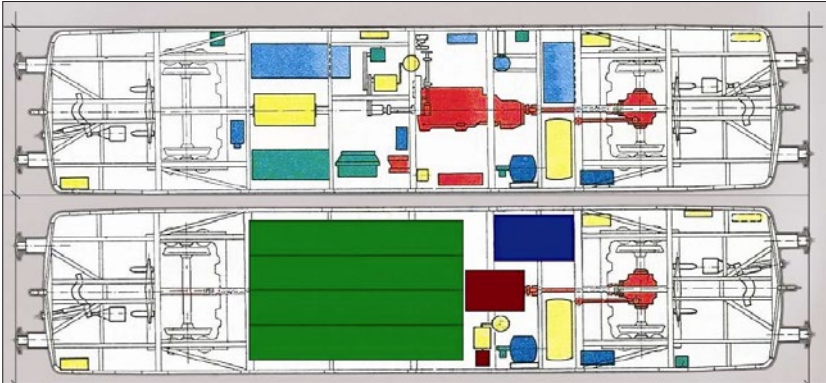
Mint korábban utaltam arra az akkumulátor technika elmúlt évtizedekben megvalósult fejlődése sokat segített a hibrid erőforrás fejlődéséhez, sőt a magyar mellékvonalai személyszállítás Bz-s flotta túlélheti a dízelerőforrású vontatást.

Nyilvánvaló egy elgyengült 2010-ben már élete végén járó Bz járműszekrény felújítása, megerősítése lehetővé teszi, hogy a Bz-k egy része még sok évig üzemben tartható legyen.

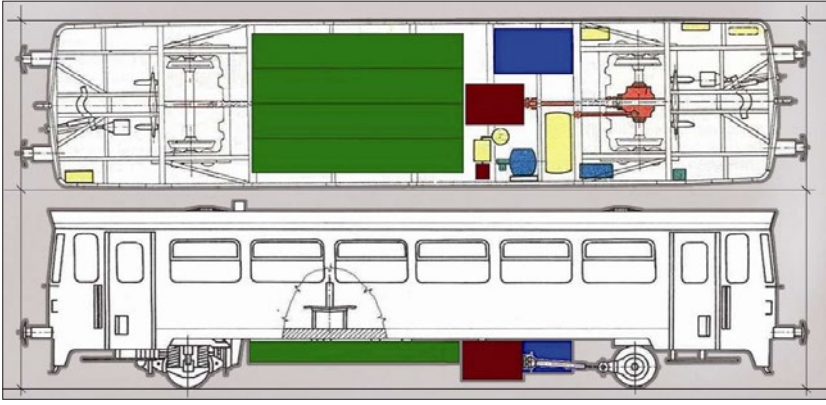
**Az alvázra függesztve van elhelyezve**

Eredeti kivitelű járműnél	Új kivitelű járműnél
• Dízelmotor és hajtómű	• Villamos vontatómotor
• Hőntartó	• Inverter
• Üzemanyagtartály	• Akkumulátorok
• Kipufogóberendezés	• Sűrítettlevegő-ellátás
• Sűrítettlevegő-ellátás	
• Akkumulátorok	
• Segédüzemi generátor	

**A géptéri rész lényegesen leegyszerűsödik**



5. ábra: A felső képen a dízelerőforrású Bz klasszikus rajza, alatta pedig a BzAkku terve látható.



6. ábra: Az AkkusBz terve.

Számítás ideje	2008. év	2020. év
Gázolaj ára MÁV nettó	200 Ft/liter	350 Ft/liter
Villamos áram vételezés	27 Ft/kWh	50 Ft/kWh (éjszakai csökkentett áron)
Akkus üzem megtérülése	8 év	?
Új akku. telep beépítés ára	57 millió Ft	???
Akku telep csere ciklusa	8 év	10-12 év?

Gondolhatunk arra, az iker Bz 2006-ban új járműszekrényben valósult meg, továbbá 2010-ben az iker Bz innovációs gondolatokat Szombathelyen is támogatták. Ismerve, hogy az iker Bz prototípusának járműszekrény szilárdsági vizsgálatát az akkor még létező MÁV FKI, Szolnoki mérőállomásán végezheték el, és a BME Vasúti Járművek Tanszéke jóváhagyta. Ezek alapján készült el az iker Bz prototípus.

A 2009-2011-ben megálmodott innovációs terv egyik fordulója az 5. ábrán látható szülő Bz átépítésére lett tervezve.



7. ábra: M44 és V46-os együtt

Elevenítsük fel a Bz Akku előnyeit:

- Környezetvédelem, városon településen áthaladó mellékvonali motorvonat károsanyag mentesen közlekedhet, mert:
- A működés helyén nincs károsanyagkibocsátás, nem szennyez az akkumulátoros Bz,
- A villamos erőátvitel fajlagos üzemanyagfogyasztása is kedvezőbb, mert energia visszatáplálású a Bz Akku.
- Csökken a zajterhelés, a pálya elszennyezése
- A villamos energia vételezés a vonatfordító állomásokon olcsóbb villamos energia vételezésével lehetséges
- A több ezer újra töltés után, 8-10 év múlva szükséges az elgyengült akkumulátorok cseréje, erre fel kell készülni.

Ez sem okozhat a vasútvonalakon károsanyagkibocsátást.

Az akkumulátoros erőátvitel összehasonlítása a gázolajos dízelvontatás költségeire nem lehetnek napra kész információk, marad a becslés, a 15-20 éves adatokból is csak úgy érdemes, hogy beszerzési árakat, továbbá a gázolaj és a vontatási áram díja naprakészen és a közel jövőben miként alakul. Ennek feltárása külön tanulmányok és rendszeres elemzések után lehetséges.

A hibrid témáról bővebben a Vasútgépészet következő számaiban olvashatunk.



8. ábra Dunakeszin a hibrid vontatás egy dízel és egy villamosmozdony együtt (fotó: Murárik László)



9. ábra: Dunakeszin a „hibrid vontatás” egy másik dízel és egy villamosmozdony (fotó: Murárik László)



10. ábra: Kőszeg intermodális vasút-közút állomás

## 11. A közelmúlt évtizedei a hibrid vontatásról

Az üzemképes alulfoglalkoztatott tolató-átállító célú MÁV vontatójárművek feladatának csökkenését az áruszállítás MÁV-tól elvétele gyorsította fel. Ez 2006-tól indult.

Bosnyák László 2008-ban a MÁV-Trakció Zrt-től kérte, hogy a V46-os egy M44-sel együtt közlekedjen. Konkrétan egy Debrecen-Szolnok közötti tehervonatot a Rail Cargo Hungaria Zrt. által megrendelt tolató szolgálatat személyzet takarékosan, azaz egy kétnormás mozdonyvezetővel végezze el tolatást a MÁV-Trakció. Nem részletezve, a pályahasználat költsége, továbbá a személyzet költség csökkentének igénye az operátorok, a cég tulajdonosok számára egyaránt fontos. Ismerve, hogy a MÁV Trakció mozdonybősége elsősorban a tolató-átállító üzemben mutatható ki.

A Bosnyák László által tervezett, illetve más okból ismert kényszerű hibrid vontatást képekben mutatjuk be.

## 12. A magyar vasúti forgalom hátrányos változása

1988 után az teherfuvarozás és a tolatás igény egyaránt csökkent.

A hibrid vasút fejlődése is lassú, ám a villamosítás eredményekép-

pen a villamosított MÁV hálózat tovább nőtt. Többek között azért, mert a GYSEV átvette a Sopron-Szombathely-Szentgotthárd a Szombathely-Csorna-Mosonszolnok-Rajka, a Szombathely-Zalaszentiván továbbá a Szombathely-Kőszeg üzemben tartott átvételkor mind dízelüzemű vasútvonalakat és azokat mind villamosította, a kőszegi vonal villamosítás alatt van.

A motorvonatok üzemeltetése nem igényel tolatómozdonyt, tolatást.

A 10. ábrán a felújított és intermodális, vasút – autóbusz kapcsolatra átépített Kőszeg állomás látható. A motorvonat irányváltásához két-három perc tartózkodási idő elegendő, és indul vissza Szombathelyre.

Az előzőek hazánkban egyre több villamos és egyre kevesebb dízelmozdonyvezetőt igényelnek.

A dízelmozdonyok igénye rohamosan csökkent, a mozdonyvetők egy részét át kellett képezni villamos mozdonyvezetőnek. A kettős mozdonyvezető szakma elterjedése a MÁV-nál megszüntette az akadályok egyikét.

Álmodozások tapasztalhatók, hogy a V46-os flotta miként hasznosítható, ha már olyan strapabíró, vasban gazdag, tartós vontatójármű.

Dr. Zobory István professzor irányításával a BME Vasúti jármű és Rendszer analízis tanszéke elkészített tanulmányában kimutatta, hogy a

MÁV Trakció Zrt 30 V46 mozdonyt alakítson át.

A Zobory, Tóth, Előhegyi munkássága emlékezve a hibrid vontatást nem elfelejtve rövid kitéréssel zárjuk írásunk sorait.

**Magyar találmánnyal zöldül a vasút.** Környezetbarátabbá teszi a vasúti személy- és teherszállítást a Knorr-Bremse Rail Systems Budapest és az anyavállalat közösen fejlesztett vezetőtájékoztató rendszere. Az iCOM Assist névre keresztelt szoftver használatával akár 15 százalékkal is csökkenhet a vasúti szerelvények energiafogyasztása és károsanyag-kibocsátása.

**A találmány tulajdonosai: Előhegyi István, Tóth Béla és Dr. Zobory István.**

Az ezt megvalósító algoritmus kizárólag magyar mérnökök munkájának az eredménye. A vezetőtájékoztatót már több külföldi vasúttársaság is használja. Az innovatív vezetőtájékoztató rendszer (DAS) használatával nemcsak a vasúti közlekedés környezetterhelése mérséklődik, hanem javul a menetrendi pontosság és csökken az amortizáció is. Nem csoda, hogy már több európai vasúttársaság – így a db-Cargo, a London Midland & Southern vasúttársaságok, valamint a Vossloh járműgyártó – is használja a rendszert. Sőt, könnyen lehet, hogy a találmány a vasút mellett más közlekedési ágakat is meghódíthat, hiszen a szoftver továbbfejleszhető közúti használatra is. A nemzetközi jelentőségű innováció nagyrészt magyar tesztlők, informatikusok, gépészmérnökök, villamosmérnökök, mechatronikai mérnökök és fizikusok közös munkájának az eredménye. Mátyás Attila, a Knorr-Bremse Rail Systems Budapest szoftverfejlesztési csoportvezetője elmondta: „Az iCOM Assist is bizonyítja, hogy a hazai mérnökök a világ kutatás-fejlesztésének élvonalába tartoznak. Az ilyen jelentőségű kreatív projektek kivételes szakmai tapasztalatot nyújtanak minden résztvevő számára. Ehhez biztosít stabil háttérrel egy olyan világcég, mint a Knorr-Bremse.” Az iCOM

Assist működésének lényege, hogy az út során folyamatosan információkkal látja el a vonat vezetőjét annak érdekében, hogy a szerelvény energiafogyasztása a lehető legalacsonyabb legyen. Az energiafelhasználást a lehető közlekedésben nagyon sok tényező befolyásolja. Az optimális sebesség megválasztásához a szoftver felhasználja a menetrend adatait, az aktuális vonat tömegét és hosszát, a gyorsítási és fékezési karakterisztikákat, a gördülési és légellenállást, valamint a pályaemelkedést. Az iCOM Assist képes megadni azt az optimális „gázkar” és fékár állást a vonatvezetőnek, amellyel a lehető legkisebb energiabefektetéssel érhet célba. Emellett arra is javaslatot ad, hogy az elektrodinamikus vagy a pneumatikus féket célszerű-e használni a fékezés során. Az állandó GPS kapcsolat biztosítja, hogy műholdak segítségével nyomon követhessék a vonatok haladását, a GSM adatkapcsolat pedig a forgalomirányítási adatokat teszi elérhetővé. Az iCOM Assist nem igényel drága szenzorokat és költséges telepítést. Üzemeltetéséhez csupán egy, az ablakra rögzíthető GPS antenna és egy tablet méretű kijelző szükséges. A szoftver számos, ezen a területen újdonságnak számító megoldást alkalmaz, ezért a Knorr-Bremse több szabadalmi bejelentést is benyújtott az Európai Szabadalmi Hivatalhoz. (Forrás: Knorr-Bremse)

A Knorr-Bremse hír előzményeiről: A hír bevezetőjében olvashattuk: „**Az ezt megvalósító algoritmus kizárólag magyar mérnökök munkájának az eredménye. A vezetőtájékoztatót már több külföldi vasúttársaság is használja.**” Sajnos a hír nem nevesítette a kérdésben fő szereplő kiváló magyar mérnököket. Három kiemelkedő elméleti és gyakorlati tudású vasútgépész mérnök nevét szükséges itt kiemelni, mint ezen szakmai eredmény alapjául szolgáló, a Knorr-Bremse Sfs GmbH által megvásárolt szabadalom megalkotóit: Néhai Dr Zobory István professzor emeritust (okl. közlekedésmérnök, okl. alkalmazott matematikus, az MTA doktora) a BME Vasúti Járművek Tanszékének ny. vezetőjét és tudományos tanácsadóját, néhai Tóth Bélát (okl. gépészmérnök, okl. dízel-és villamosvontatási szakmérnök) a Ganz MÁVAG és a MÁV egykori munkatársát, valamint néhai Előhegyi Istvánt (okl. közlekedésmérnök) a MÁV és a GYSEV egykori munkatársát.

Az ő tudásukra alapozva 2008-tól a MÁV-Trakció Zrt-ben a szabadalmi bejelentést követően innovációs együttműködés előkészítése kezdődött, sajnálatos tény, hogy az innovációs együttműködés megghiúsult, így sem a MÁV sem a GYSEV nem került e tudás birtokába.

A szabadalmi oltalommal védett tudásban rejlő hasznos szerencsére a Knorr-Bremse Vasúti Járműrendszerek Hungária Kft. felismerte, a szabadalmat a Knorr anyagcégével megvásároltatta, és ezért a történet nem a megszokott módon végződött, és kijelenthetjük, hogy szerencsére most

nem igazolódott a mondas, miszerint „Senki nem lehet próféta a saját hazájában”... Mindazonáltal felettébb elszomorító a tény, hogy a MÁV időhúzó, laikus hozzáállásának köszönhetően egyik szakkollégáink sem élhette meg e nagy horderejű szabadalom hazai hasznosítását.

(Megjegyzés: A történelem ismétli önmagát, egykoron Kandó Kálmán sem élhette meg a Kandó mozdonyok megszületését.)

A Vasútgépészet 2025. évi első számában Zobory István professzor úr „A vontatási energetika első főfeladatának megoldása” című írásával emlékezünk meg a 21. század elejének egyetlen magyar, vontatásenergetikai szabadalma szakmai előzményéről.

### 13. A kettős erőforrású jármű fejlesztésnek magyar valósága

Mi legyen kettős erőforrás esetén a szekunder erőforrása, akkumulátor vagy hidrogén, H<sub>2</sub>/dízelmotor?

Érdeemes visszatérni a hibrid vontatás feltételeire, (adatok 1977.)

	1977. év
Dízel tolatás költsége	11,32 Ft/km
Villamos tolatás költsége	4,29 Ft/km
Napi 6 órában a szekunder dízel üzem	6,2 Ft/km
Napi 6 órában akkumulátor üzemből	4,8 Ft/km

A vontatójármű fenntartási költsége, a dízel tolatás költsége 1977-ben 11,32 Ft/km

A villamos tolatás költsége 4,29 Ft/km.

Amennyiben hibrid üzemeltetésben gondolkodunk, akkor 22 órás napi tolatásból a szekunder erőforrás 6 órán át dolgozik. Ebből kiszámítható a hibrid vonatjárművel tolatás 6,2 Ft/km illetve akkumulátor esetében 4,8 Ft/km értéket adott volna 1977-ben.

A 2010. évi innovációs pénzből a V46-kettős erőforrásra átalakítás tudományát a MÁV-Trakció igényelte, a kutatást a BME elvégezte.

A V46 mozdonyok átépítését senki nem igényelte eddig, a kutatást megrendelő céget a MÁV-Trakció megszüntette a MÁV, összevonva a MÁV Gépészettel és 2012-ben beágyazva mind kettő a MÁV-START-Zrt-be.

Folytatás 2025. évben.

(Szerk. megjegyzése: A V46-os hibrid vontatójármű témában Surányi Sándor cikkét olvasóink figyelmébe ajánlom)