

**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 eredményei

A Vasútépészet 2024. 2. számában és a neten (vasutgepeszet.hu/vasutgepeszet/) közzétett írás folytatása remélhetően a jelen után a remélt közeli jövővel írhatjuk meg.

Írásunk elsőként a kettős erőforrású jármű fejlesztésnek magyar valóságát idézi fel, az elmúlt közel egy év újdonságait is megemlíti. Sajnálatos nem a magyar vasutak vannak az élen.

A budapesti trolis-hálózaton is használják a felsővezetékes és az akkumulátoros üzemet kombináló hibrid rendszert. Jó példa erre a 72-es trolijárat, amelyen a felsővezetékes üzemmód mellett a középső szakaszon: a Nyugati-pályaudvarnál a Podmaniczky-utca sarkától a Calvin térig a Kiskörúton akkumulátoros üzemben közlekednek a hibrid trolibuszok (felsővezeték hiányában).

13. A kettős erőforrású jármű fejlesztésnek magyar valósága

Mi legyen kettős erőforrás esetén a szekunder erőforrása, akkumulátor vagy hidrogén, H₂ / dízelmotor?

Érdemes 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 üzemben	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-Trakciót megszüntette a MÁV, összevonva a MÁV Gépészettel és 2012-ben beágyazva mind kettőt a MÁV-START-Zrt-be.

Ma már MÁV START Zrt helyett MÁV Személyszállító Zrt. alakult meg, összevonva a VOLÁN-al.

Mielőtt feltárjuk melyik a leggazdaságosabb hibrid vontatójármű, dolgozzuk fel a környezetkímélő, károsanyag kibocsátás mentes vasúti személyszállító járművek témakört.

Akkumulátoros és hidrogén üzemmel rendelkező villamos motorvonatok

Az elmúlt években, évtizedben világszerte számos helyen vizsgálták milyen célú vontatójárműveket célszerű fejleszteni. Európa szerte folyamatosan figyelni célszerű, ismerni kell, a vasút üzem költségei továbbá a közút/vasút politikai gazdaági ár-költség viszonyait hogyan változtatják.

Ezek vizsgálatának eredményeire jelenleg nem térünk ki, arra igen, ami az akkumulátoros erőforrás és a hidrogén üzem működési feltételeiről szól.

A Vasútépészet 2024. évi 2. számában részletesen megírtuk cikkünket egyrészt az európai, másrészt a magyar kettős erőforrású vasúti járművek múltjával, tervezésével és a 2020-ig ismert folytatásával.

A következőkben az akkumulátoros és hidrogén üzemmel rendelkező villamos motorvonatok fejlődésével, várható jövőjével foglalkozunk.

Feladatunk tehát a zéró emissziós (akkumulátoros és hidrogén üzemű) vasúti személyszállító járművek sajátosságai és a járművek közlekedtetésének bevezetéséhez szükséges feltételek.

I. Környezetkímélő, károsanyag kibocsátás mentes vasúti járművek alkalmazásának célja:

- **Zöld vasút koncepció:** EU 2009/30/EK irányelv – üvegházhatású gáz (ühg), elsősorban szén-dioxid (CO₂) kibocsátásának korlátozása.
- Levegőszennyezés területén kritikus probléma a dízelmotorral hajtott mozdonyok és motorvonatok légszennyező anyag kibocsátási határértékeinek betartása a szigorodó környezetvédelmi követelmények mellett.
- 2017. január 01: hatályba lépett **EU Parlament és EU Tanács 2016/1628** számú rendelet a vasúti járművek károsanyag kibocsátási értékekről.
- 2021. május – elfogadásra és megjelenésre került a **MAGYARORSZÁG NEMZETI HIDROGÉNSTRATÉGIÁJA** (u.n. Fehér Könyv)

II. Akkumulátoros (hibrid üzemi) vasúti járművek és azok rendszerei:

Akkumulátoros üzemi motorvonatok (BEMU) – olyan vasúti személyszállító járművek, amely járművek a felsővezeték alatti üzem mellett alkalmasak a nem villamosított vasútvonalakon történő üzemre is. A BEMU motorvonatok, a beépített vontatási akkumulátoros tároló kapacitás függvényében, alkalmasak lehetnek akár a több száz kilométeres hatótáv megtételére is akkumulátoros üzemben. BEMU típusú motorvonatot már jelenleg is több vasúttársaság kínál a potenciális megrendelők részére, folyamatosan fejlesztve az újabb típusú BEMU motorvonatok és növelve a gyártásban lévő BEMU motorvonat típusok akkumulátoros üzemben elérhető hatótávját.

Akkumulátorral a zöld jövőért

A Tesla kutatói 2020-ban ismertették új teszt eredményeiket. Az általuk fejlesztett cellákkal elméletben olyan akkumulátorok építhetők, amik **10 ezer töltési-kisütési ciklust is kibírnak**, azaz életük során lehetővé teszik mintegy 3,2 millió kilométer megtételét. Kanadai Akkumulátorkutató Intézet mérnökei szerint egy speciális adalékanyag hozzáadásával 3,5 millió kilométerre növelték a cellák élettartamát, amik ugyanakkor cserébe egy feltöltéssel 350 kilométer hatótávot biztosítanak.

Ha a cellákat kíméletesen használják, azaz nem merítik le, majd töltik fel őket teljesen, akkor akár 15 ezer ciklust is kibírnának. A Tesla egy új fejlesztőközpont felállítását tervezi Kína Hajnan tartományában. A létesítményben elektromos járművek és elektromos hálózatba integrált akkumulátorokkal kapcsolatos kutatásokat folytatnak – olvasható az [electrivedev.com](https://www.electrivedev.com) oldalán.

Jelenleg nagyon messze van az előzőekben felvázolt akkumulátor eredményeitől, a villamos-akkumulátoros hibrid vontatás, de a 224 km-es két feltöltés közötti akkumulátoros üzem a magyar vasúthálózaton lényegében mindenütt használható.

Jelenleg gyártásban lévő BEMU üzemmóddal rendelkező európai villamos motorvonat típusok (a felsorolás a világban ennél teljesebb, de európaiként fontos):

1. **ALSTOM:** Coradia Polyvalent (Regeolis); Class 1440.4 Coradia Continental
2. **CAF:** Civity
3. **PESA:** REGIO 160
4. **ŠKODA:** Regio Panter
5. **SIEMENS:** Desiro ML Cityjet; Mireo Plus B
6. **STADLER:** FLIRT, KISS Akku



1. ábra: FLIRT Akku a világrekorder (Forrás: Stadler)

A dízelvontatású személyszállítás jelenben is lényegében motorkocsis vontatású. Az áruszállítás túlnyomóan a villamosított fővonalakon zajlik.

A Stadler világrekordot állított fel a FLIRT akkumulátorral. Lásd 1. ábra.

A Stadler beállította a tiszta akkumulátoros üzemmódu akkumulátoros üzemmódban érte el az utazás rekordját, amelyet hivatalosan a Guinness Rekordok Könyve is dokumentált.

A Berlin-Gesundbrunnen és Warnemünde közötti rekordhosszúságú úton, független szakértők kíséretében, a FLIRT akkumulátoros tesztjármű pontosan 224,00 kilométeres hatótávot ért el téli viszonyok között, mínuszban és havazásban.

A rekord utazáshoz használt három részből álló FLIRT akkumulátort a Stadler 2016 óta fejlesztette helyileg CO₂-semleges mobilitási megoldásként a nem villamosított vasútvonalak klímabarát üzemeltetéséhez. 2018-ban a járművet a Német Szövetségi Vasúti Hatóság jóváhagyta, és először mutatták be a nagyközönségnek. A Stadler szerint azóta a FLIRT akkumulátoros tesztjármű körülbelül 15 000 kilométert tett meg tiszta akkumulátoros üzemben, és felállította a tiszta akkumulátoros üzemmódban, további töltés nélkül végzett regionális vonatút világrekordját.

A gyártó cég véleménye: 80 kilométeres üzemi hatótávra terveztük és kalkuláltuk a járművet az adott hálózat útvonaligényeitől függően. A különböző technológiai

tesztutak során azonban lényegesen nagyobb hatótávokat tudunk elérni, így a világrekordot elérni megkíséreltük még téli hőmérsékleten is. A járműnek ugyanis a tesztelés során különféle forgatókönyveket kellett teljesítenie, például a rendkívül hideg időjárási viszonyokat, a túlzottan hideg üzemelést, elviselte az akkumulátornak a Stadlernél.

„Megerősíthetjük, hogy a FLIRT akkumulátorteszt jármű pontosan 224 kilométert tett meg tiszta akkumulátoros üzemmódban a Berlin-Gesundbrunnen és Warnemünde közötti útvonalon anélkül, hogy az akkumulátorokat felsővezetékéről vagy bármilyen más külső energiaforrásról töltötte volna” – nyilatkozta Heiko Hüserich, a TÜV Nord munkatársa.

Hozzáteesszük, az akkumulátoros motorvonatra két esetben írta ki a MÁV START pályázatát 2020-ban, majd visszavonta.

Villamos-dízel hibrid mozdony

A villamos vontatás esetén a villamos mozdonyoknak szüksége van az ún., utolsó mérföld a nem villamosított vonalrészen közlekedni. Pl., a vontatási telepen mozo, vagy nem villamosított állomási vágányra árut kivinni, behozni, azaz ne legyen igény dízel tolatómozdonyok használatára.

Az ún. utolsó mérföld tehát néhány km nem villamosított vonalon közlekedés miatt elterjedt a hibrid villamosmozdony, amelyben a dízel változat általában kisteljesítményű dízelmotor. Lásd a Vectron hibrid nagyteljesítményű villamos mozdony, felszerelve egy kis dízelmotorral. (bővebben a Vasútgépészet hírek 2018. október oldalon)



2. ábra: Vectron hibrid villamos-dízelmotoros mozdony a GYSEV tulajdonában 2018-tól. (Forrás GYSEV)

A 2. ábrán látható 471-005-ös pályaszámot viselő GYSEV Vectron esetében Sopronban elvégezték a szükséges hibridre átépítési munkálatokat: a vontatójárműbe egy 180 kW teljesítményű dízelmotor került. A beépített berendezések összátalma mintegy 3,6 tonna. Ebbe beletartozik a dízel segédhajtás, az ún. DPM modul, a tengelyterhelés kiegyenlítésére szolgáló ballaszt tömeg, és a 350 literes üzemanyagtartály is. A kipufogó kivezetés a jármű tetején van, a mozdonyt mindkét oldalon meg lehet tankolni.

A GYSEV a fenti hibrid Vectronnal eddig 7 évvel előzte meg a MÁV-ot. Mint tudjuk a MÁV visszamondta a Vectron villamosmozdony projektet.

Kérdés, tud-e ilyet bérelni a MÁV?

A hidrogén az akkumulátor konkurense?

Vasúti járművekben (BEMU) jelenleg alkalmazott vontatási akkumulátor típusok:

- **Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (LNMC)**
- **Lithium-titanate (LTO)**
- **Lítium-vasfoszfát (LiFePO4)**

Akkumulátoros motorvonatokkal szemben támasztott főbb követelmények (Magyarországi közlekedtetés esetében):

- **Hatótáv akkumulátoros üzemben: legalább 100 km**
- **Akkumulátorok feltöltési ideje: 15-30 perc felsővezetékes vonalszakaszon (25 kV) vagy fordulóállomáson kiépített felsővezetés töltőponton**
- **Akkumulátorok könnyű cserélhetőségének és újrahasznosíthatóságának biztosítása.**

(Szerk. megjegyzése: A Litium vasfoszfát és a többi Litium alapú akkumulátor mintegy 1000 (LNMC, LTO cellák) – 5000 (LiFePo4 cellák) Ez így nem pontos, a töltési ciklusok száma sokban függ az alkalmazott BMS működési programjától (battery management system). Épp ezért a gyártók az akkumulátor csomagoknál több cellát tartalmaznak nagyobb össz tárolókapacitással, mint amit hivatalosan a gyártó megad a csomag adatlapján, ezzel is támogatva a BMS hatékony működését (a cellák öregedése nem egyforma, ezért a nagyobb romlásnak indult cellát a BMS ideiglenesen akár ki is zárhatja a felhasználásból).

Közel azonos teljesértű feltöltést biztosíthat (min. 80%-os eredeti töltési kapacitás megtartásával), és az ismert legalább 100 km távolság megtétele újra töltés nélkül lehetséges.

(Szerk. megjegyzése: Ez is gyártó és jármű specifikus, pl. egy kis méretű (kétrészes) motorvonatban meglehetősen kevés a szabad hely ahhoz, hogy a 200 kilométerhez szükséges akkumulátor csomag elhelyezhető legyen. Ennek ellenőrzésére a FLIRT Akku pontos ismerete szükséges. Kovács Károly)

Ez a MÁV-Személyszállító Zrt. által elvárt min. 100 km hatótávolság kétszerese. Ebből kiindulva kétnaponta újra töltéssel minimum 100-500 ezer km tisztán akkumulátor élettartammal számolhatunk 80%-os eredeti töltési szint megtartásáig, amennyiben a hibrid vontatás 25 kV-os villamosított vonallal kezdődik, vagy azzal fejeződik be, és a MÁV-nál szokásos napi 250-350 km motorvonati üzemeltetést feltételezhetünk, akkor az akkumulátor csere legalább 700 ezer km közforgalom után várható (LNMC, LTO cellák). A két hetente egy karbantartási nap szükségességét hozzáadva, az akkumulátor csere legrosszabb esetben is

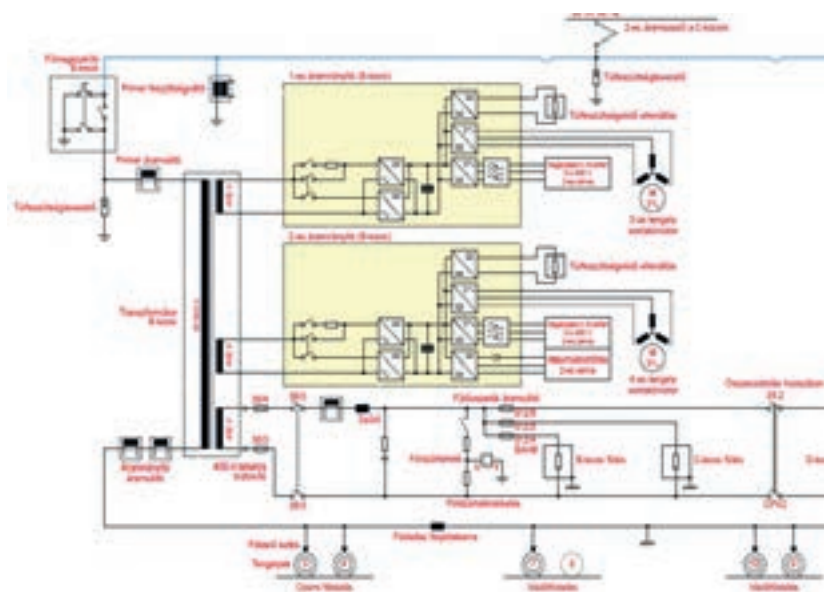
leghamarább 6 üzemévenként várható (LNMC, LTO cellák). Ha igaz az, amit a Tesla állít, hogy a Litium akkumulátorok kisebb teljesítménnyel további 1000 feltöltésre képesek, akkor remélhető, hogy 12 üzem év után, a motorvonatok amúgy is szükséges felújításával egyidőben új akkumulátorok üzembeállítására lesz szükség. A villamos akkumulátoros motorvonati üzem összesített hatásfoka tényszerű, magasabb, mint a dízelvonatása átlagos hatásfoka. A jövőben annak a vizsgálata is indokolt, hogy hatásfok és üzemköltség szempontjából melyik megoldás a jobb, a villamos-akkumulátoros, vagy a tisztán hidrogén üzemű, a hagyományos dízel motoros üzemmel szemben. További vizsgálat lehet, a sűrűn lakott településeken lévő állomásokon előírt zajmentesség és levegő szennyezés mentesség esetében a tiszta zöld üzem biztosítása, ami megvalósítható vagy felsővezetékes és akkumulátoros BEMU motorvonatokkal, vagy üzemanyagcellás, hidrogén üzemű motorvonatokkal, a dízel üzemű motorvonatok üzemben tartása esetén az állomásokon az akkus – dízel hibrid motorvonatok lehet alkalmazható megoldás, bár a vasúti járműgyártók ezen típusú hibrid járművek fejlesztését már erősen visszafogták. Annak kiderítése, hogy gösabb, valamennyi változat összedöntheti el LCC (élettartam) számíbeleértve a szükséges infrastruktúra tartási költségeit is.)

Villamos motorvonatok energiaellátó rendszereinek felépítése

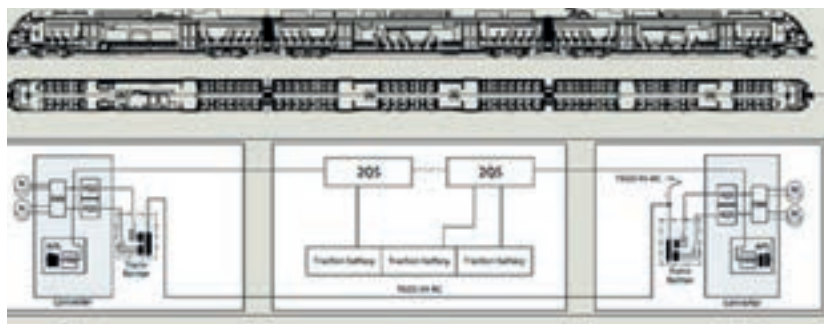
Kizárólag felsővezetékes üzemre alkalmas villamos motorvonatok energiaellátó rendszerének vázlatos felépítése (415 sorozatú Stadler FLIRT motorvonat egyik hajtott járműrész vázlati felépítése):

Akkumulátoros motorvonatok energiaellátó rendszereinek felépítése

Akkumulátoros hibrid motorvonatok hajtásrendszerének vázlatos felépítése (példánkban Siemens DESIRO ML Cityjet villamos motorvonat hajtásrendszerének vázlatos felépítése, lásd 3. ábra)



3.ábra: A Stadler FLIRT hajtófej vázlatos felépítése



4. ábra: Siemens DESIRO ML Cityjet villamos motorvonat



5.ábra: Rendsburg állomáson megépített új karbantartó műhely területén kialakított töltőpontot.

Akkumulátoros (hibrid üzemű) vasúti járművek és azok rendszerei

Vasúti járművek akkumulátorainak feltöltése felsővezetékkel nem rendelkező vasúti pályaszakaszokon: rövid (egy járműhosszáknak megfelelő) felsővezetékes rendszerek kiépítését teszi szükségessé egy vagy több jármű egyidejű feltöltése érdekében.

A példaként bemutatott Rendburg állomási töltőpontra a MÁV hibrid villamos-akkus motorvonatoknak a vontatási telepi töltőpontra nem lesz igény.

Célszerűen Dunántúl esetében elegendő a Pusztasabolcs/Székesfehérvár, valamint a Szombathely/Pécs állomásokra koncentrálni a villamosítás eredményeképpen megoldható a 25 kV alatt történő munkaszüneti tartózkodás, akkumulátor feltöltés.

III. Üzemanyagcellás (hidrogén üzemű) vasúti járművek és azok rendszerei

E cikk szerzői egyetértenek abban, hogy a hidrogén üzemű, üzemanyagcellás motorvonatok a magyar vasúthálózaton költséges, gazdaságos és elterjed alkalmazása a következők szerint lehetséges, de gazdaságossága vitatható. (Megjegyezzük Amerikában a villamosított hálózat nem elterjedt, ezért dominál a dízelvontatás az áru fuvarozás is. (Ismerve, hogy az USA kilépett a párizsi egyezményből, ezért a gázolaj felhasználás csökkentése se fontos, a zero káros anyagkibocsátású vasútüzem sem fejlődik gyorsan.)

Amennyiben a hidrogén üzemű motorkocsik karbantartása hazánk területén lenne, a következőkben részletesen olvasható, hogy a szükséges karbantartó bázisok speciális eddig a MÁV és GYSEV hálózatán sehol sem alkalmazott műszaki problémák miatt a költséges karbantartásra felkészülés elkezdődjen.

Elkerülhetetlen az üzemanyagcellás hidrogén üzemű vontatójárművekre átállás, hidrogén töltés és más műszaki konstrukciók alkalmazását, igényli. Pl., a zero emissziós motorvonatok karbantartó műhelyeinek speciális berendezéseinek megvétele, telepítése stb.

Üzemanyag (tüzelőanyag) cellás motorvonatok (HMU) Európában:

1. **ALSTOM:** iLint 54; Coradia Stream HMU 214
2. **SIEMENS:** Mireo Plus H
3. **STADLER:** FLIRT H
4. **FCH2Rail teszt projekt**

(technológia vizsgálati célokat szolgál):

CAF, DLR, Toyota, Renfe, Adif,
CNH2, IP és Stemann-Technik kon-
zorcium

A nehéz kezdés időszaka az LNVG társaság hidrogén-re vált

Jelenleg az Európai Unióban csak egy vasúttársaság üzemeltet hidrogén üzemű, üzemanyagcellás villamos motorvonatokat menetrendszerinti vasúti személyszállításban, ez a német Alsó-Szászországi Tartományi Közlekedési Vállalat (LNVG) vasúttársaság.

Az LNVG vasúttársaságot az alábbi főbb indokok vezérelték a hidrogén üzemű, üzemanyagcellás motorvonati üzem bevezetésénél:

– Alsó-Szászországban a vonalaknak mindösszesen csak 54%-a villamosított. Különösen a kisebb forgalmú vonalakon, mint például Buxtehude és Cuxhaven között, a villamosítás gazdaságilag nem megvalósítható, ezért a villamosítást a járműbe kellett beépíteni. Mivel az Alsó-Szászországi Tartományi Közlekedési Vállalat (Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen, LNVG) azt a döntést hozta, hogy nem vásárol több dízelüzemű járművet, és megvizsgálták a dízel üzemű vontatás lehetséges alternatíváit.

– Az LNVG 14 darab Alstom iLint 54 tip. hidrogén üzemű, üzemanyagcellás villamos motorvonatot állított forgalomba. A motorvonatok egy hidrogén feltöltéssel megtehető hatótávja 800-1000 km, a járművek hidrogénnel történő feltöltését a Linde Cas által megépített és üzemeltetett Bremervörde-i töltőállomáson végzik.

– A hidrogén üzemű, üzemanyagcellás meghajtás mellett különösen három ok miatt döntött az LNVG:

- Szén-dioxid-kibocsátás csökkentése: a projekt révén évente mintegy 4.400 tonnával kevesebb szén-dioxidot bocsát ki a vasúttársaság. Egy elektrolízis-üzem létesítésével és saját hidrogén előállításával ezt a számot több mint kétszeresére tudják majd növelni. Ezzel évente körülbelül 9.000 tonnával csökkenthetik a vasúttársaság szén-dioxid-kibocsátását.

- Foszforszerű tüzelőanyagok kiváltása: Az LNVG a hidrogén üzemű, üzemanyagcellás motorvonatokkal kiváltotta az éves szinten felhasznált kb. 1,6 millió liter gázolajat, amelyet többé nem kell előállítani vagy beszerezni. Ha a hidrogént helyben tudják majd előállítani, akkor nemcsak teljes mértékben szén-dioxid-mentesen, hanem energetikailag önellátó módon is megvalósul a vonatközlekedés lebonyolítása. A hidrogén üzemű, üzemanyagcellás vasúti személyszállítási közlekedés bevezetésével az LNVG már nem függ a foszforszerű üzemanyagok ellátásától, ezzel is nagymértékben hozzájárulva Németországban ezen energiahordozók általánosságban szükséges kiváltásához is.

- Gazdaságosság hosszú élettartam mellett: Az első évi üzemeltetési tapasztalatok alapján az LNVG azt feltételezi, hogy az üzemanyagcellás meghajtás a járművek teljes élettartama alatt gazdaságos lesz, annál is inkább, mivel nem lehet tudni, hogy a jövőben a dízel-üzemanyag költségek a foszforszerű energiahordozók termelésének csökkenése és az energiahordozók árának emelkedése miatt még milyen magasak lesznek (figyelembe véve a várható adóemeléseket, környezetvédelmi díjakat és egyéb költségeket is).

Üzemanyagcellás (hidrogén üzemű) vasúti járművek és azok rendszerei

A következőkben részletesen ismertetjük az üzemanyagcellás (hidrogén üzemű) motorvonatok üzemanyagcella típusait, az Alstom cég iLint 54 típusú motorvonatját.

Üzemanyagcella (másnéven: tüzelőanyag cella) típusok:

Az üzemanyagcellák elektrokémiai elven működő áramforrások, amelyek képesek a hidrogénben tárolt kémiai energiát elektromos energiává alakítani, miközben melléktermékként hő és víz keletkezik.

Az üzemanyag-cellák a folyamatos üzemű Galván elemek csoportjába tartoznak, azaz egy üzemanyag-cella mindaddig képes folyamatosan villamos energiát szolgáltatni a fogyasztó(k) felé, amíg a tüzelőanyagok (járműveknél ez dominánsan tiszta H₂) és az oxidálószer (a levegőben lévő oxigén) folyamatos betáplálása megtörténik.

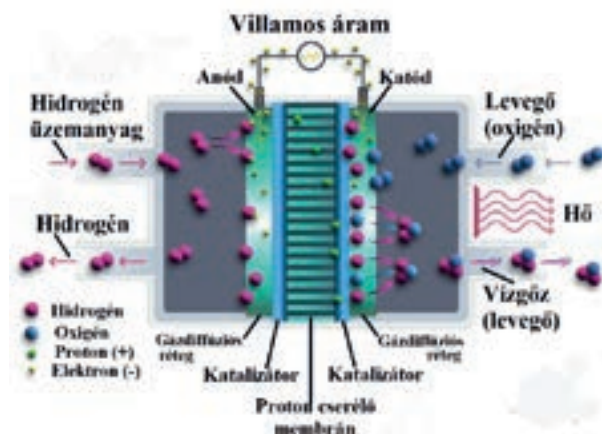
Üzemanyagcella típusa	Elektrolit	Működési hőmérséklet	Elektromos hatások	Üzemanyag	Felhasználási terület
AFC alkalikus elektrolitos cella	30% kalium-hidroxid oldat, gél	80 °C	elérhető: 70% gyakorlati: 62%	- tiszta H ₂ - O ₂	- járműpar - hadipar
PEMFC protonátvezető membrán cella	protonátvezető membrán	80 °C	elérhető: 60% gyakorlati: 50%	- tiszta H ₂ - O ₂ - levegő	- hőkezelő - járműpar - hadipar
DMFC direkt metanol membrán cella	protonátvezető membrán	80 °C-130 °C	elérhető: 30% gyakorlati: 20%	- metanol - O ₂ - levegő	- mobiltelefon, - légzőg., orb. - áramforrás
PAFC foszforsavas cella	sűrűség foszforsav	200 °C	elérhető: 65% gyakorlati: 60%	- tiszta H ₂ - O ₂ - levegő	- hőkezelő - erőmű - áramforrás
MCFC alkalikus-karbonátos cella	litium-karbonát, kálium-karbonát	650 °C	elérhető: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - szénhid. - szénhid. - biogáz - levegő - O ₂	- gőzturbinák, - hőerőforr. - hőkezelő - áramforrás
SOFC oxidkerámia cella	yttrium-oxidok oxidkerámia	800 °C-1000 °C	elérhető: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - szénhid. - szénhid. - biogáz - levegő - O ₂	- gőzturbinák, - hőerőforr. - hőkezelő - áramforrás

6.ábra: Az üzemanyag típusai táblázat

Üzemanyagcellák típusai (lásd

6.ábra)

A **járműiparban** – így a vasúti járműveknél is – a protoncsere membrános (PEMFC) üzemanyagcellákra épülő energiaellátó berendezéseket alkalmazzák:



7. ábra: Hidrogén üzemű PEMFC üzemanyagcella elvi felépítése

Hidrogén üzemű PEMFC üzemanyagcella elvi felépítése (forrás: Dr. Varga Vilmos: 'Hidrogén alkalmazása erőgépek hajtására', Gépmax-2022/VI., 2022 december 11., <https://gepmx.hu/hir/gep-hidrogen-hajtasok-mezogazdasag/> 2023. május 6.)

Működési elv: az üzemanyag-cellába hidrogéngázt vezetnek, ami egy platinaötvözzel bevont negatív elektródára érkezik. A katalizátorként működő platinaötvözet arra kényszeríti a hidrogént, hogy leadja a negatív töltésű elektronját, ami az elektródán keresztül megindul a fogyasztó (elektromotor) felé. A pozitív töltésű hidrogén ion (proton) áthalad egy speciális membránon (ezeket nevezik protonátvezető membránoknak), és elérkezik a

szintén katalizátorral bevont pozitív elektródához, amelynek a másik oldalára körülbelül 1,7-2 bar nyomással levegőt fújnak. A pozitív töltésű hidrogén ion itt egyesül a levegő oxigénjével és eközben felveszi a pozitív elektródán a fogyasztótól érkező elektronokat. A hidrogén és az oxigén egyesülésekor vízpára keletkezik, ami a jármű „kipufogócsövén” keresztül távozik.

A protonátvezető membrán egy speciális polimer.

A fenti működési leírásból következik, hogy az üzemanyagcellák esetében a lezajló reakció Gibbs-féle szabadentalpia-változása (ΔG) határozza meg a hatásfok értékét.

Az üzemanyagcellák legfőbb előnyei közé tartozik a relatíve magas hatásfok és a zéró vagy ultra-alacsony károsanyag-kibocsátás. Amennyiben a tüzelőanyag-cella üzemanyaga tiszta hidrogén, akkor a kibocsátás mindössze vízgőz lesz.

A PEMFC üzemanyagcellában végbemenő reakciók az alábbi képletekkel írhatók le:

Anód reakció: $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$ **Katód reakció:** $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

Teljes cella reakció: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

Az üzemanyagcella 1,16V-ot állít elő, amely közel sem elég egy jármű meghajtására, így ezeket a cellákat sorosan és párhuzamosan kapcsolva cellatelepeket alakítanak ki a nagyobb teljesítmény elérése érdekében.

Hidrogén üzemű üzemanyagcellás (zéró emissziós) **villamos motorvonatok vázlatos felépítése** (Alstom iLint 54 típusú hidrogénüzemű motorvonatok hajtásrendszerének és

üzemanyagcellás energiaellátó rendszerének vázlatos felépítése):

Hidrogén üzemű üzemanyagcellás (zéró emissziós) **villamos motorvonatok vázlatos felépítése** (Alstom iLint 54 típ. hidrogénüzemű motorvonatok hajtásrendszerének és üzemanyagcellás energiaellátó rendszerének vázlatos felépítése): lásd 8. és 9. ábrát.



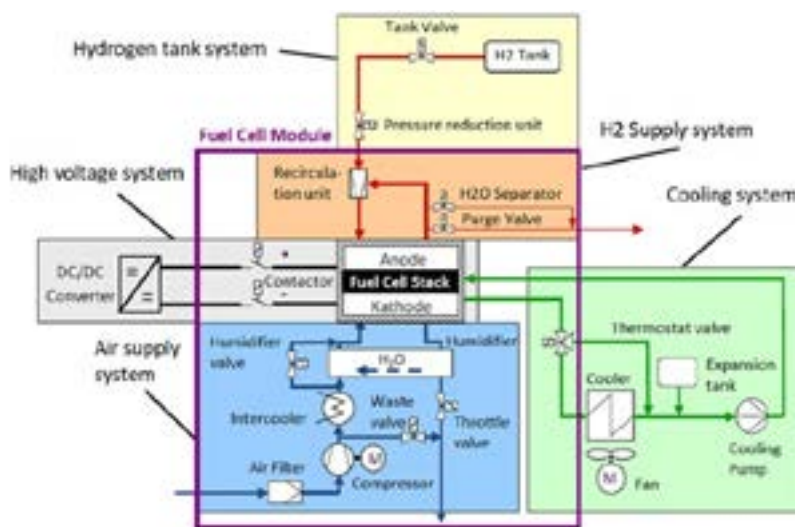
8. ábra: iLint

A bemutatott ábrák alapján az is megállítható, hogy mind az akkumulátoros hibrid, mind az üzemanyagcellás villamos motorvonatok alapján a klasszikusnak tekinthető, csak felsővezetékűs üzemre alkalmas villamos motorvonat további fejlődésének is tekinthetőek.

A hidrogén üzemű villamos motorvonatok esetében az üzemanyagcellás energiaellátó berendezés működési sajátossága az, hogy maga az üzemanyagcellás berendezés több protonáteresztő membránok tartalmazó üzemanyagcella részelemből (stick-ből) áll össze, és az üzemanyagcellás berendezés teljesítményszabályozása is ezen részelemekből álló csoportok ki/be kapcsolásával történik, ami *nem teszi lehetővé a rugalmas teljesítményszabályozást a terhelés változása során*. Az üzemanyagcellás berendezés működéséhez elengedhetetlen a megfelelő légnyomást előállító levegő kompresszor egység és a berendezés hűtését biztosító hűtőegység, ezért a protonáteresztő membrános cellás elméleti 50%-os hatásfokát ezen kiegészítő berendezések energiaigénye tovább rontja, ezáltal egy üzemanyagcellás berendezés hatásfoka megközelítőleg 30% körüli.

Az üzemanyagcellás berendezés „rugalmatlanságának” ellensúlyozása és a rövid idejű csúcsteljesítmény igények energia forrásának biztosítása érdekében, a hidrogén üzemű üzemanyagcellás villamos motorvonatok is rendelkeznek egy – az akkumulátoros hibrid motorvonatokhoz képest – kisebb vontatási akkumulátor csomaggal, így az üzemanyagcellák által előállított pillanatnyilag „felesleges” energiát az akkumulátorok töltésére fordítják.

Egy hidrogén üzemű üzemanyagcellás villamos motorvonat összesített hatásfoka közel 20-25% körüli, ami megközelítőleg megfelel a hagyományos szénérőműves villamos energiával üzemeltetett villamos vasútvonalak és villamos motorvonatok közel 18-20%-os összesített hatásfokával.



9. ábra: Hidrogén üzemű üzemanyagcellás villamos motorvonat Alstom iLint 54 vázlatos felépítése

Mint látható, a hidrogén üzemű üzemanyagcellás villamos motorvonatok műszaki felépítésük alapján sokkal bonyolultabbak egy tisztán felsővezetékűs üzemre alkalmas villamos motorvonatokhoz vagy az akkumulátoros üzemre is alkalmas hibrid villamos motorvonatokhoz képest, ami kihatással van a járművek beszerzési és üzemeltetési költségeire.

Hidrogén üzemű motorvonat H2 töltőanyag cellás berendezései (Alstom iLint 54 típ. motorvonat példáján):

H2 üzemanyagtartályok: lásd 10. ábra.

H2 üzemanyag cellák: lásd 11., 12. ábra.

H2 betöltő csatlakozó: lásd 13. ábra.

Hidrogén meghajtású vasúti járművek közlekedésének előnyeinek, hátrányai:

A hidrogén üzemű, üzemanyagcellás villamos motorvonatok **legfőbb előnye** az, hogy a járművek potenciálisan alkalmasak a dízel vontatású személyvonatok



10. ábra: H2 üzemanyagtartály



11. ábra H2 üzemanyag cellák – légkompresszorok:



12. ábra: Légkompresszor



13. ábra: H2 betöltő csatlakozó

kiváltására legalább 21 tonnás tengelyterhelésű nem villamosított vasútvonalakon, potenciális lehetőséget biztosítva a vonalvillamosítás elkerülésére), továbbá a korszerű hidrogén üzemű motorvonatok magasabb kényelmet és szolgáltatási színvonaljavulást biztosítanak az utasok számára.

Ahhoz, hogy a korszerű hidrogén üzemű motorvonatok által biztosított magasabb közlekedési sebességet – a régi dízelmozdonyos vagy dízel motorkocsis személyvonatokhoz viszonyítottan – ki tudjuk használni, szükség lehet a vonalak teljes- vagy részbeni felújítására, amennyiben a közlekedésre kijelölendő vonalak műszaki állapota ezt indokolta teszi: a pályarekonstrukciós munkák során meg kell szüntetni vagy legalább jelentősen csökkenteni kell az adott vasútvonalnál meglévő lassújelek darabszámát, és lehetőség esetén biztosítani kell a vonali sebesség megemelésének lehetőségét legalább 100 km/h (optimális esetben 120 km/h) vonatközlekedési sebességre.

A hidrogén üzemű, üzemanyagcellás villamos motorvonatok **legfőbb hátránya** a járművek relatíve magas beszerzési értéke (egy dízel üzemű motorvonathoz viszonyítva).

A dízelvontatás leváltása hidrogén vontatásra:

Tekintettel arra, hogy sok éves folyamatos beruházási munkák, feladatok tervezése, költséges megvalósítása **alap követelmény**, és feltétele a H2 vontatásra átállásnak:

A fontosabb tennivalók:

- A vasúti pálya teherbírása legalább 21 tonna/tengely legyen,
- A dízelüzemű, jövőben nem villamosítandó vonalak személyszállító vonatjai 100-120 km/h sebességű közlekedésre engedélyezett legyen.
- Hidrogén infrastruktúra kiépítése, létesítése:
- Vasúti Hidrogén töltőállomások kialakítása és berendezései
- H2 töltőállomás létesítése
- Hidrogén gáz beszállító közúti félpótkocsik használata
- Hidrogén kompresszor alállomások építése, üzemeltetése
- Folyékony nitrogént tároló tartály

- Töltőkút vasúti járművek H₂-vel történő feltöltéséhez és vezérlőegység
- Zéró emissziós motorvonatok karbantartó műhelyeinek speciális berendezései
- További a cikkben leírt eszközök, berendezések szükségesek a H₂ típusú vontatási telepeken

A meglévő dízel vontatáshoz képest hátrányt jelent az új H₂ töltőállomás létesítési feladata és költsége is (ami előzetes becslések alapján több milliárd Ft/töltőállomás becsült építési/létesítési költséget jelent egy H₂ töltőállomás létesítésénél), és a hidrogén gáz (mint üzemanyag) – főként a zöld hidrogén esetében az elektronizáló és a zöld energiát előállító telepek magas beruházási költségei miatt – magas fajlagos előállítási költsége is.

Megegyezés: várhatóan a jövőben a zöldhidrogén gáz termelésének felfutásával csökkenni fog a jármű üzemanyagként használható tisztasággal rendelkező „zöldhidrogén” gáz beszerzési ára.

(Linde Gas bremerördei vasúti H₂ utántöltő állomás példáján): lásd 14. ábra.

- Hidrogén gáz beszállítása jelenleg pótkocsikkal történik;
- Napi 12 db motorvonat feltöltéséhez 5 db 250 vagy 350 bar nyomású tartályokkal rendelkező pótkocsi biztosítja a napi fogyasztási igényt;
- Tárolótartályok – fekvő szabaddugattyús munkahengerrek;
- Négy töltőfejjel egyszerre két összekapcsolt motorvonat összesen négy kocsi tankolható;
- 1 motorvonat töltési ideje nagyjából negyed óra;
- A motorvonatok töltésének vezérlését a járművezetők végzik, nem kell külön kút személyzet;
- A kúton elhelyezett kijelzőn keresztül nyomon követhető a motorvonat H₂ tárolótartályok töltöttségi állapota.

Vasúti Hidrogén töltőállomások kialakítása és berendezései (Linde Gas bremerördei vasúti H₂ utántöltő állomás példáján): **500 r-os H₂ tárolótartályok** (olajdugattyús nyomás szabályozókkal); lásd 15. ábra.

Hibaelhárítás vagy biztonsági beavatkozás esetén a hidrogén helyére nitrogént gázt töltenek.

Hidrogén gáz beszállító közúti félpótkocsik: lásd 16. ábra.



14. ábra: H₂ utántöltő állomás. Forrás: Linde Gas.



15. ábra: 500 báros tárolótartályok

Hidrogén kompresszor alállomás: lásd 17. ábra.

Folyékony nitrogént tároló tartály (biztonsági és karbantartási feladatok elvégzéséhez): lásd 18. ábra.

Töltőkút vasúti járművek H₂-vel történő feltöltést vezérlő berendezés kezelőfelülete: lásd 19. ábra.

Töltőkút – vasúti jármű H₂ töltő csatlakozó: lásd 20. ábra.



16. ábra: Hidrogéngáz beszállító félpótkocsi



18. ábra: Folyékony nitrogént tároló tartály

Zéró emissziós motorvonatok karbantartó műhelyeinek speciális berendezései:

A karbantartó műhelyt fel kell szerelni az új motorvonatok javításához szükséges gépészeti berendezésekkel, mint pl. a jármű megemeléséhez szükséges csoportemelők, legalább 10 tonna (egy hajtott forgóváz súlya meghaladja a 6 tonnát) emelésére alkalmas műhelydaruval, padlóalatti kerékpáreszterga berendezéssel, automata kerékpárdiagnosztikai berendezéssel, automata járműmosó és vákuum WC ürítő és tisztító berendezéssel.

H2 szivárgást észlelő, hordozható berendezés:

H2 szivárgást észlelő: lásd 21. ábra.

H2 szivárgást észlelő, adatokkal: lásd 22. ábra.



17. ábra: Hidrogén kompresszor állomás



19. ábra: Töltőkút veérlőberendezés kezelő felület

Megjegyzés: a hordozható H₂ szivárgást észlelő berendezések mellett szükség van továbbá a tetőbe beépített biztonsági szenzorokra és H₂ szivárgás észlelése esetén az automatikusan kinyíló tetőtéri szellőztetőkre.

A különböző karbantartási és javítási feladatok több járművön történő egyidejű elemezhetőségéhez a műhelynek több, megfelelő aknarendszerrel ellátott vonatfogadó vágánnyal kell rendelkeznie, amely vágányok hosszának és kialakításának biztosítania kell a karbantartáson ill. javításon lévő motorvonatok akadálymentes és biztonságos megközelíthetőségét pl. gépi emelők (targonca) által.



20. ábra: vasúti jármű H2 töltő csatlakozó



21. ábra: H2 szivárgást érzékelő



22. ábra: H2 szivárgást érzékelő adatokkal



23. ábra: Motorkocsitető javítási pódium

Speciális, járműkarbantartást segítő műhelyi berendezések:
Motorvonatok tetőberendezéseinek javítását segítő pódium rendszer: motorkocsitető javítási pódium, lásd 23. ábra.

IV. Hidrogén üzemű motorvonatok potenciális alkalmazási területei:

A hidrogén üzemű, üzemanyagcellás villamos motorvonatok tervezett felhasználási területe első sorban Magyarország nem villamos fővonalai és a nagyobb teherbírású (21 tonna) mellékvonalai, beleértve a szomszédos országok nem villamos vonalain történő potenciális EU Régió közlekedést is. Lásd: 24. ábra.

Megjegyzés: A térképen nem szerepel minden olyan MÁV vasútvonal, ahol szükség lenne zéró emissziós villamos motorvonat üzemeltetésére.

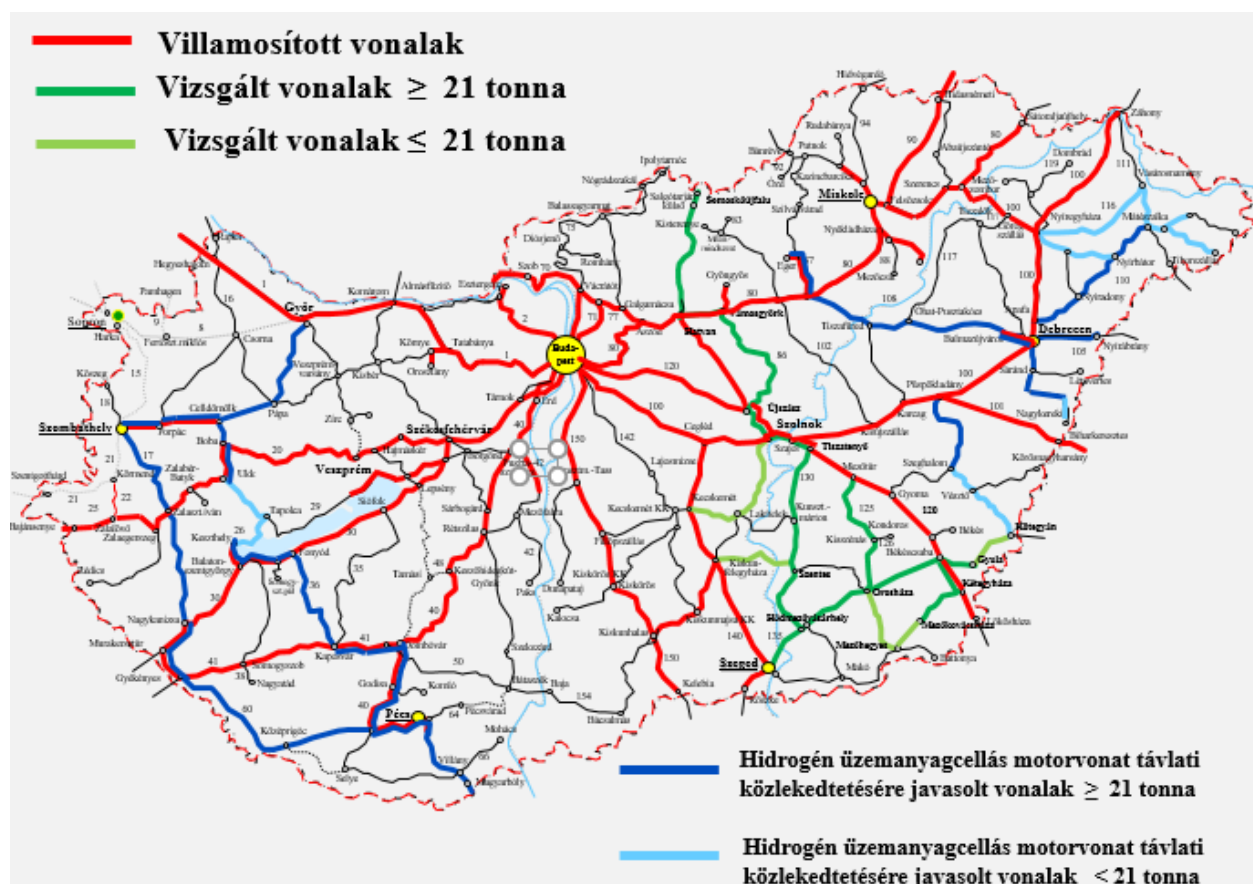
A térkép a GYSEV villamosított hálózata nélkül. 2025. februári állapot szerint a Szombathelyről induló valamennyi vonal villamos vontatású vagy villamosításra tervezett Celldömölk-Győr, a Zalaszentiván-Nagykanizsa.

V. A jelenlegi állapotú vasúthálózaton a zéróemissziós villamos motorvonatok közlekedése aktuális cél lehet

Kérdés: A villamosított vonalak összekötő jelenleg dízelvontatású vonalain miért lenne gazdaságosabb a dízelvontatást leváltó akkumulátoros vontatás.

Először kizárhatjuk a GYSEV vonalait, amelyek közforgalomban vannak azok mind villamosítottak, illetve a Szombathely-Kőszeg vonal villamosításra előkészítve.

A MÁV vonalhálózatának közel 40%-a 2017-ig villamosított volt. A villamosított hálózat 2019-ben éltépte a 40%-ot, ekkor villamosított lett a 80c Mezőzombor-Sá-



24.ábra Vasúthálózat helyzete 2025-ben

toraljaúj hely, majd 29. vonal Szabadbattyán-Balatonfüred és a 101. a Püspökladány-Biharkeresztes vonalat beleértve a villamos vontatás tovább nőtt 147 km-rel.

A villamosításra tervezett Zalaszentiván-Nagykanizsa és Balatonfüred-Tapolca-Ukk vonalak villamosítása várhatóan 2030-2035-ig befejeződik.

Az **1-es táblázatban** azokat a MÁV vasútvonalakat soroljuk fel, amelyek összekötnek villamosított vasútvonalat, illetőleg azok a vonalak, amelyeknek **kiinduló/végállomása állomása villamosított (Vastagon jelölt)**.

A magyar vasúthálózat nem villamosított, de villamosított kezdő vagy végállomású vasúthálózat hossza 1733 km. A jelenlegi dízelmotorvonatokat felváltó akkumulátoros villamos motorvonatok vonatfordulással, akkumulátor utántöltéssel képesek egész nap üzemképesen töltés nélkül dolgozni.

Amennyiben a táblázatból kivesszük pl., a Kaposvár-Siófok 100km-es vonalat, amelyet sok mással együtt át kell építeni, mielőtt időpocsékolás, azaz hosszú menet-idővel közlekednek az új motorvonatok. Az akkumulátoros erőforrás tudása, a felsővezeték alatti tartózkodás során feltölthető a motorvonat akkumulátora. **Ebből következik, hogy az akkumulátoros-villamos motorvo-**

natok, amelyek 25kV-ról táplált állomást, villamosított szakaszt érint, a személyszállító vonat indul, vagy visszafordul azok nem igényelnek sem beruházást, sem komolyabb karbantartóbázist szükségtelen létesíteni.

Felhívom a figyelmet a dízel, a hidrogén erőforrású, valamint a villamos vontatás, beleértve az akkumulátoros motorvonatok átlagos hatásfokát a 2. táblázat mutatja.

A magyar vasúthálózat villamosítása alapján kijelenthetjük, hogy nincs szükség a korábbiakban bemutatott Rendsburg állomáson megépített új karbantartó műhely területén kialakított töltőpontra, azaz egy 100-nél nem hosszabb felsővezeték szakaszra.

Tisztelt olvasó!

Cikkünk 2. táblázatának valósága szerint a villamos vontatás és a villamos-akkumulátoros vontatású személyszállítás a jövő. Amennyiben figyelembe vesszük és a vontatási módok LCC azaz élettartamvizsgálatát is elvégezzük, akkor tudhatjuk, mit szerezzen be a dízelvontatás leváltása céljából a magyar vasút. A komplex, azaz a jármű LCC-re, a jármű karbantartásra, a pálya infrastruktúrára kiterjedő vizsgálat egyaránt fontos.

Vonalszám	Nem villamosított vonal hossza km	Vezdő állomás	Végállomás
4	42	Komárom, Almásfüzitő	Esztergom
5.	82	Komárom	Székesfehérvár
10.	72	Celldömölk	Győr
11.	79	Győr	Veszprém
23.	49	Zalaegerszeg	Rédics
26.	53	Ukk- Tapolca-	Keszthely
29.	52	Tapolca	Balatonfüred
35.	100	Kaposvár átépítendő vonal	Siófok
36.	53	Kaposvár	Fonyód
44.	30	Pusztaszabolcs	Székesfehérvár
45.	95	Baja	Rétság
50.	60	Dombóvár	Bátaszék
60.	148 /100	Nagykanizsa-Gyékényes	Szentlőrinc – Pécs
61	24	Szentlőrinc	Selye
65	43	Pécs	Villány-Magyarbóly
75	70/68	Vác- Kisvác	Balassagyarmat
81	65	Hatvan	Somoskőújfalu
87.	34	Eger	Szilvásvár
92.	58/33	Miskolc-	Kazincbarcika-Ózd
102.	74	Kálkapolna	Kisújszállás
105.	30	Debrecen	Nyírábrány
106.	52	Debrecen	Sáránd-Nagykerek
108.	103	Debrecen	Füzesabony
109.	68	Debrecen	Tiszaörs
110.	78	Debrecen	Mátészalka
116.	59	Nyíregyháza	Vásárosnamény
135.	97/90	Szeged	Békéscsaba
145.	67	Kecskemét	Szolnok
147.	79	Kiskunfélegyháza	Szentes/Orosháza
154.	76	Kiskunhalas	Baja
Összesen:	1733		

1. táblázat: A vasúthálózat azon nem villamosított vonalai, amelyek induló, illetve végállomása villamosított, vastagbetűs

Vontatási nem	Vontatójármű átlagos üzemi hatásfoka	Megjegyzés
Gőzvontatás	5% -6% 2%-12%	1920-1940 években tervezett, gyártott, 100 évvel korábban 2-3%, a csúcs hatásfok 1960. 12%-os volt
Dízelvontatás	28% – 35%	Kezdetben, jellemzően évtizedeken át. Napjainkban a dízelmotor termikus hatásfoka 50%-ot meghaladta.
Hidrogénvontatás	30%	Protonáteresztő membrános cellás elméleti 50%-os hatásfok
H ₂ üzemanyagcellás villamos vontatás	20-25%	
Villamos vontatás	70-75%	A napjainkban használt V43-as, V63, V46, Taurus, BDVmot,
Villamos vontatás	85-90%	FLIRT, (TRAXX, Vectron energia-visszatáplálással)
Szénérőműves villamos energiatermeléssel számított hatások	18-20%	A villamosenergia vételára kifejezi az szén és az atomerőművi hatásfokot
Villamos-akkumulátoros motorkocsi	80-90%	pl., FLIRT Akku (energia-visszatáplálással)

2. táblázat: A vontatási nemek átlagos üzemi hatásfoka

Összefoglalás

A 2024. szeptemberi számban a hibrid vontatású vasút magyar vonatkozásait, múltját, jelenét mutattuk be. Amennyiben a 2006.-ban először a berlini InnonTrancon bemutatott, átépített V100 sorozatú akkumulátoros eredetileg dízelmozdonyt tekintjük a modern kettős erőforrású vontatójárművek elődjének, akkor is ez két évtized fejlesztésének a kezdete, amelyet párhuzamosan olyan világcégek, mint pl., az Alstom, a Siemens, a Stadler sikeresen fejlesztett, kijelenthetjük, hogy a károsanyag kibocsátástól mentes tiszta vasutak terjesztése megnyugtatóan halad előre.

A hibrid vontatású vasút iránt érdeklődők figyelmét a Vasútépészet korábbi és ez év számaiban több cikk dolgozta és dolgozza fel.

Jó olvasást kívánunk!

Ismerve e szakcikk írói és egyben a Vasútépészet alkotóinak álláspontját, az újdonságok közzétételének nehézségeit, ezért megismételjük a szokásos sorainkat.

A szerzők ismételten köszönetet mondanak a témában szakértő, tudásukat a köznek átadó, a cikk elkészítésébe bedolgozó „névtelen” barátainknak.

Köszönjük szerzőtársaink, anonimuszok szakmai véleményét, a cikk elkészítéséhez nyújtott hozzájárulásukat.

A jóért fogjunk össze ez a legfontosabb.

Anonimuszok, Kisteleki Mihály, és Kovács Károly szerzők.

A szerzők szakmai életútja a Vasútépészet korábbi számában olvasható.

Kisteleki Mihály

https://vasutgepeszet.hu/wp-content/uploads/vasutgepeszet_2021_2_belivek-1015-04-kisteleki.pdf

Kovács Károly

https://vasutgepeszet.hu/wp-content/uploads/18-28_csarady-kovacs1.pdf

RÉSZLET A KÖZELMÚLT HIBRID HÍREIBŐL

2020. augusztus 20 híre volt: A MÁV-START Zrt az eredeti ajánlat júniusi visszavonását követően újból kiadta ajánlatát legfeljebb 50 kettős erőforrású motorvonat beszerzésére. A nyertes ajánlatot keretszerződéssel ítélik oda legalább 20 db 200 férőhelyes szállítására, további 30 opcióval és 150 férőhellyel. Ezenkívül a szerződés kiterjedt az alkatrészek szállítására, a jóváhagyásokra, a dokumentációra és a képzésre.

A Stadler az első FLIRT-Akkut még 2018-ban Németországban bemutatta és a FLIRT AKKU-t nem villamosított vagy részlegesen villamosított vonalszakaszokon történő használatra tervezték. 2018-ban a prototípus akkumulátoros motorvonat üzemben 80 km hatótávolságú volt, akár 140 km/h sebességgel közlekedhetett tiszta akkumulátor üzemmódban.

Sajnálatos tény, az 5 évvel elindított MÁV hibrid projektet is visszavonta a MÁV, noha azóta a FLIRT akku, majd a FLIRT H azaz hidrogénes erőforrású egyaránt világcsúcstartó lett. A kettős erőforrású motorvonat beszerzése és a beszerzendő motorvonatok azon képességéért, hogy együttműködni legyenek képesek a MÁV Stadler FLIRT-ekkel, ezt is fontosnak tartotta a MÁV-START.

2025. április 10-ig nem lett MÁV Személyszállító Zrt tender kiírva.

A MÁV vonalhálózatából több mint 700 km a GYSEV-hez kerül át ebben az évben. Ettől függetlenül a MÁV Sze-

mélyszállító Zrt által üzemeltetett vasúthálózat nem villamosított hálózatra szükség lesz hibrid motorvonatok beszerzésére. A nagyobb GYSEV vasúthálózat újabb vonalak villamosítását, pl., a Zalaszentiván – Nagykanizsa vagy a Győr – Celldömölk vonal villamosítását gyorsítja fel, továbbá pl., az Ukk – Tapolca – Balatonfüred, vagy a Győr – Veszprém vonal hibrid motorvonattal bejárható lesz.

