

Koncepció
alternatív meghajtású autóbuszok
üzemeltetési monitoring rendszerének kialakítására

2023.10.30.

Készítette:

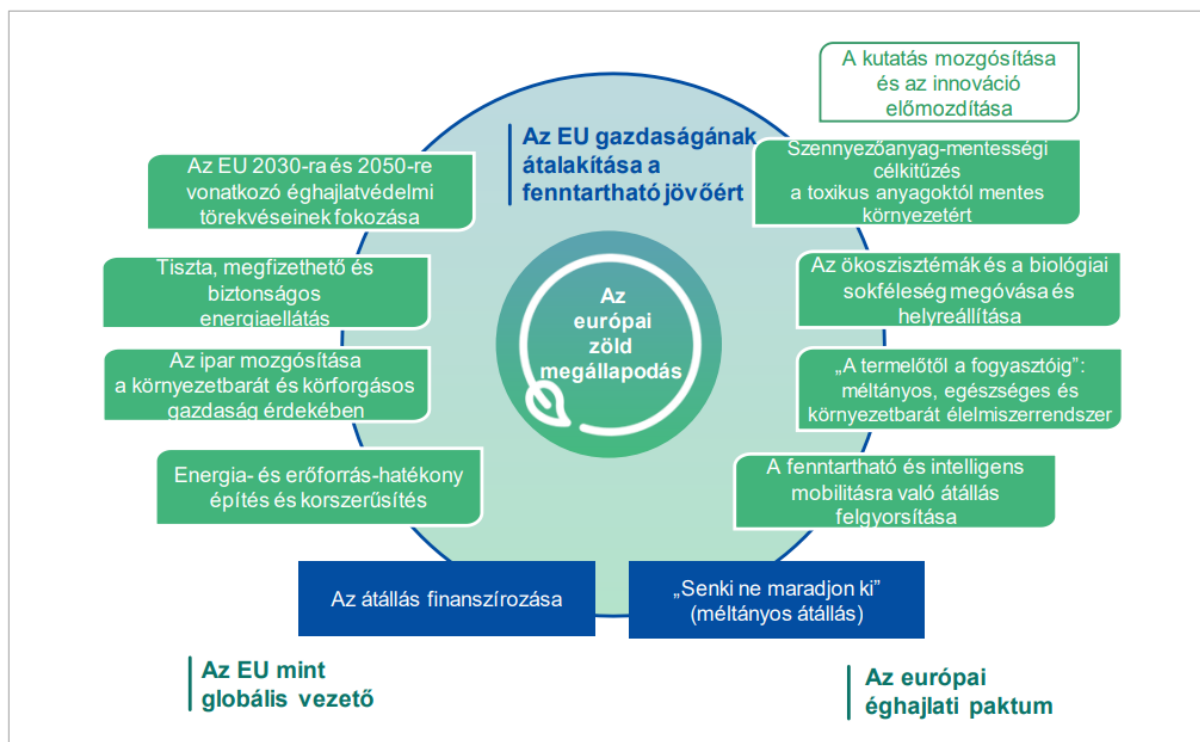


Tartalom

1	A feladat célja és háttere	3
2	Az elektromos- és hidrogénmeghajtású járművek sajátosságai.....	6
2.1	Elektromos autóbuszok	6
2.2	Hidrogénüzemű buszok	13
2.3	Trolibuszok.....	18
2.4	Miért érdemes vizsgálni az alternatív hajtáslánccal üzemelő buszokat?	21
3	Az elektromos buszokból kinyerhető adatok és felhasználásukkal előállítható információk.....	23
3.1	Adathasználat és eredmények a nemzetközi szakirodalomban	23
3.2	Üzemi adatok felhasználásában rejlő lehetőségek.....	28
4	Javaslat a támogatással beszerezett buszok és töltők üzemi adatainak hasznosítására	29
4.1	Külső forrásból származó adatok.....	29
4.2	Szolgáltatóknál rendelkezésre álló adatok.....	31
4.3	Járművek által gyűjtött üzemi adatok.....	33
5	Adatok rögzítése, adatbázis struktúra	38
5.1	Adatrögzítés a szolgáltatók által létrehozott adatbázisba	38
5.2	Adatrögzítés közvetlenül a HUMDA gyűjtő adatbázisba	39
5.3	HUMDA Adattárház	40
6	Riportok.....	42
6.1	Szolgáltatók szempontjai mentén generálható riportok	42
6.2	HUMDA monitorozási tevékenységét segítő riportok	45
7	Az adatok előállítására vonatkozó elvárások érvényesíthetősége közbeszerzési eljárás során.....	47
	Irodalomjegyzék	50

1 A feladat célja és háttere

Az Európai Unión belül a közlekedés jelentős mértékben felelős az üvegházhatású gázok kibocsátásáért. Az uniós statisztikák szerint az összes kibocsátott üvegházhatású gázok nagyjából negyede a közlekedésből származik, mely csökkentése iránt több dokumentumban is kötelezettséget vállaltak a tagállamok. A legfontosabb dokumentum az Európai Zöld Megállapodás (European Green Deal), amelynek értelmében a tagállamok 2050-re megszüntetik a nettó üvegházhatásúgáz-kibocsátást, elérik a klímasemlegességet. A megállapodás fontos eleme, hogy fel kívánja gyorsítani a fenntartható és intelligens mobilitást, mely keretében 2050-re 90%-kal kell csökkenteni a közlekedésből származó üvegházhatásúgáz-kibocsátást.



1. ábra: Az európai zöld megállapodás elemei¹

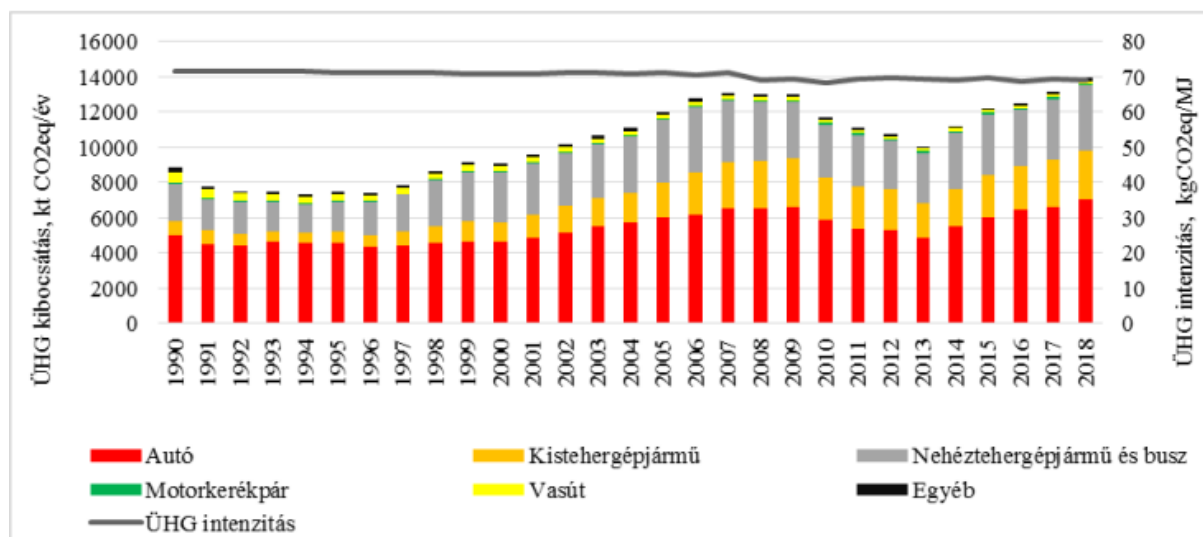
Az üvegházhatásúgáz-kibocsátás közlekedésben való csökkentésének elérése szempontjából a legfontosabb dokumentum a Sustainable and Smart Mobility Strategy (Fenntartható és intelligens mobilitási stratégia), melyben az Európai Bizottság mérföldköveket határozott meg az Európai zöld megállapodásban lefektetett klímacélok elérése érdekében. A közösségi közlekedés szempontjából kiemelendő mérföldkő 2030, amikor minden 500 km-nél rövidebb útvonalon, menetrend szerinti közösségi közlekedés karbonsemleges lesz. A dokumentum célként fogalmazta meg, hogy 2050-ig szinte minden autóbusz kibocsátásmentes lesz.

Ezekkel összhangban az Unió és tagállamainak nyilvánvaló célja a kibocsátásmentes közösségi közlekedési eszközök elterjedésének ösztönzése, növelése.

Magyarországon a Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050 határozza meg az üvegházhatásúgáz-kibocsátás csökkentéséhez fűződő szakpolitikákat és intézkedéseket. A dokumentum szerint az

¹https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF

országban a kibocsátás 20%-áért a közlekedési szektor felelős, melynek 92,8%-a a közúti közlekedésből származott 2018-ban. A közlekedésből származó kibocsátás 2013 óta folyamatosan növekszik, és a Kormány elkötelezett abban, hogy ezen változtasson. A dokumentum kiemelt szerepet rendel a közlekedés elektrifikációjának, illetve a hidrogén használatának a dekarbonizációval kapcsolatban



2. ábra: A közlekedés energiafelhasználásából adódó ÜHG kibocsátás (kt CO₂eq) és az ÜHG intenzitás (kg CO₂eq/MJ) alakulása, 1990-2018²

Emiatt aztán a nemzetközi és nemzeti közlekedéspolitikai célok között is megjelent az alacsony kibocsátású, vagy kibocsátásmentes közlekedési módok előnyben részesítése, a környezetbarát és fenntartható közlekedési fejlesztések, programok pedig mind Uniós (pl. IKOP), mind pedig hazai (pl. Zöld Busz program) szinten is jelentős pénzügyi támogatást kaptak és kapnak.

A közösségi közlekedés kiváló lehetőséget tud biztosítani arra, hogy nagyobb létszámú utas mobilitási igényeit hatékony és környezetbarát módon kielégítse, így aztán a szektorban keletkező üvegházhatású gázok, illetve egyéb károsanyag-kibocsátás (pl. szállópor) csökkentése egy fontos célként jelent meg a különböző hazai és nemzetközi közpolitikai dokumentumokban. Ennek elősegítése érdekében az Unió és a nemzeti kormányok kontinens szerte jelentős befektetéseket hajtanak végre a fosszilis üzemanyaggal működő járműflották lecserélésére és korszerűsítésére. Az elmúlt néhány évben leginkább elektromos meghajtású járművek beszerzését támogatták különböző programokból, viszont – a technológia fejlődésével összhangban – a hidrogénüzemű járművek népszerűségének növekedése is várható az elkövetkezendő években.

A HUMDA kiemelt célja a hazai kibocsátásmentes mobilitás ösztönzése, fejlesztése, és azt elősegítő demonstrációs projektek megfogalmazása és megvalósítása. Ennek érdekében alakítja az alacsony kibocsátású, illetve kibocsátásmentes közösségi közlekedési eszközök elterjedésének ösztönzésére irányuló szakpolitikát, és vesz részt annak megvalósításában támogatásokkal és a fejlesztések eredményeinek monitorozásával, szakpolitikai intézkedések megalapozását segítő elemzésekkel, javaslatokkal. Ezzel összefüggésben is érdemes a támogatással beszerzett alternatív meghajtású buszok esetében nyomon követni és részletesen elemezni az üzemeltetési tapasztalatokat, hogy azok ismeretében hatékonyabb szakpolitika és támogatási konstrukciók kerülhessenek kidolgozásra, megvalósításra, és ezáltal minél több városban és minél nagyobb arányban vehessenek részt korszerű és káros kibocsátásoktól mentesen üzemeltethető, alternatív meghajtású buszok a helyi közösségi

² https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts_hu_update_hu.pdf

közlekedési szolgáltatásban. Ehhez a célhoz járul hozzá egy olyan átfogó adatgyűjtési rendszer kialakítása, amely a HUMDA által koordinált/folyósított támogatással beszerzett és a már közösségi közlekedési szolgáltatásban üzemszerűen használt, kibocsátásmentes hajtáslánccal üzemelő buszok üzemeltetési tapasztalatainak vizsgálatához kíván rendszeres, jól strukturált és rugalmasan elemezhető adatháttérrel biztosítani. Az így gyűjtött adatok elemzésével hasznos információk és visszajelzések állíthatók elő, amelyek nem csak a közösségi közlekedési szolgáltatást biztosító szervezetek hatékonyságának és szolgáltatás minőségének növeléséhez tudnak hozzájárulni, de a szakpolitikai döntésekhez is, elősegítve a hatékonyabb forráselosztást és a szakpolitikai célok mihamarabbi elérését.

2 Az elektromos- és hidrogénmeghajtású járművek sajátosságai

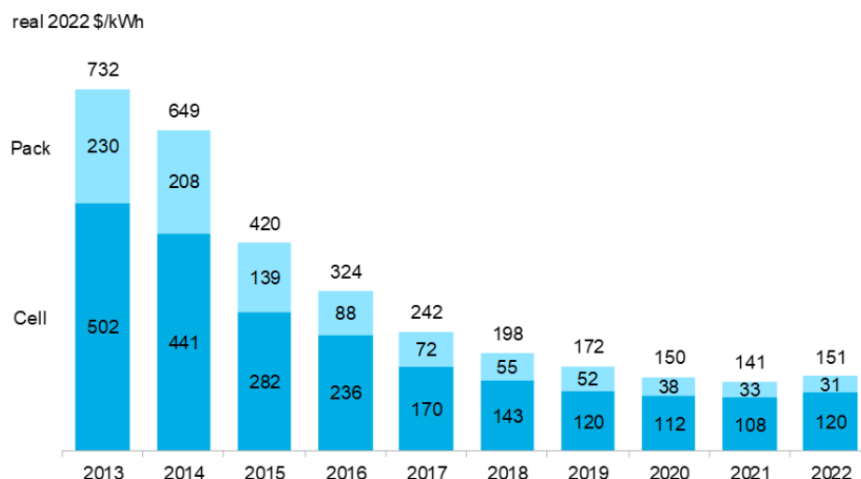
A közösségi közlekedési szolgáltatók buszflottáik korszerűsítése során egyre inkább előtérbe helyezik a városi környezet minőségét, és a klímaváltozásra gyakorolt hatás csökkentését, amely a már több éve elérhető elektromos (és újabban üzemanyagcellás, hidrogén) meghajtású, káros lokális és globális kibocsátásoktól mentes buszok iránti kereslet növekedését eredményezi. Ezt a folyamatot nem csupán követik, hanem erősíteni kívánják a buszgyártók, amelyek – mint az többek között a 2023. októberben megrendezett Busworld Europe kiállításon is tapasztalható volt – egyre erőteljesebb hangsúlyt fektetnek a zéró emissziós közlekedési innovációkra. Ezek az újítások mára már nem csupán a járműveket érintik, hanem azok üzemeltetését kiszolgáló rendszerekre és szolgáltatásokra is kiterjednek.

Az alábbiakban áttekintjük az alternatív hajtáslánccal üzemelő járművek technológiai jellemzőit és üzemeltetési sajátosságait, majd rámutatunk, milyen téren zajlik a – bár növekvő, de még mindig csak néhány évre visszatekintő – üzemeltetési tapasztalatok egyre szofisztikáltabb módszerekkel történő feldolgozása, elemzése, és hogyan járulhatnak hozzá ezek eredményei a fejlesztésekhez és az üzemeltetési hatékonyság növeléséhez. Az elektromos és hidrogén meghajtású buszok elektronikus rendszerei a kor technológiai színvonalának megfelelően ugyanis számos olyan üzemi információt, adatot előállítanak és tárolnak, amelyek nem csak a gyártók számára jelenthetnek segítséget a hiányosságok azonosításához és kiküszöböléséhez, valamint a fejlesztésekhez, hanem az üzemeltetőket is elláthatják a hatékony flottaméret kialakítását és az üzem hatékonyabb megszervezését segítő adatokkal.

2.1 Elektromos autóbuszok

A legelterjedtebb kibocsátásmentes tömegközlekedési eszközök a világban az elektromos, elősorban lítium-ion akkumulátorral felszerelt, autóbuszok, melyekből a legtöbb (a működő járművek több, mint 90%-a) Kínában üzemel, viszont Európában is egyre elterjedtebbé válnak. Az elektromos meghajtású autóbuszok elterjedésének egyik legfőbb oka a lítium-ion technológia fejlődése, amelynek következtében az akkumulátorok 1 kWh-ra számított ára jelentős mértékben lecsökkent. Ezen felül az egyre szélesebb körben elterjedő, s egyre népszerűbbé váló elektromos meghajtású járművek okán a gyártók között megnövekedett verseny, és a nagyobb igények, értékesítési volumen miatt bekövetkezett méretgazdaságosság is egyre alacsonyabb szintre nyomta az árakat. Így aztán az elektromos buszok üzemeltetése már gazdaságosnak bizonyult a közösségi közlekedési vállalatok számára is az elmúlt években.

Figure 1: Volume-weighted average lithium-ion battery pack and cell price split, 2013-2022

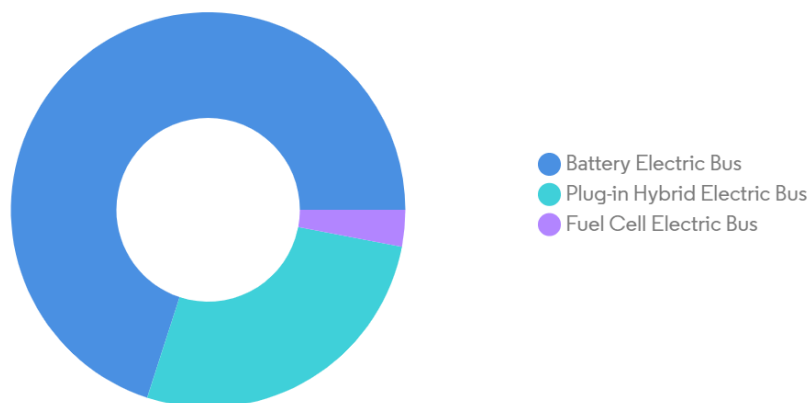


Source: BloombergNEF. All values in real 2022 dollars. Weighted average survey value includes 178 data points from passenger cars, buses, commercial vehicles and stationary storage.

3. ábra: Akkumulátorok árának alakulása, kWh-ra vetítve (dollárban)³

Az elektromos meghajtású buszok elterjedése gyors ütemben nő, 2022-ben 4 152 darab regisztrált busz futott az Európai Unióban, ami 26%-os növekedést jelez a 2021-es értékhez képest.⁴ Az elektromos meghajtású buszok közül egyértelműen az akkumulátorral ellátott elektromos buszok a legnépszerűbbek, melyek dominálják a piacot.

Electric Bus Market, Market Share (%), by Propulsion, Europe, 2021



Source: Mordor Intelligence



4. ábra: Elektromos meghajtású buszok piaci részesedése 2021-ben⁵

Az elektromos üzemű buszok szinte zéró lokális emisszió, és a robbanómotoros járműveknél alacsonyabb zajkibocsátás mellett, környezetkímélő módon képesek a helyi mobilitási igényeket kielégíteni. Használatukkal kapcsolatos közvetlen környezetterhelés alapvetően a töltésükhöz felhasznált elektromos energia előállításához kapcsolódóan keletkezik, és jellemzően nem a használat

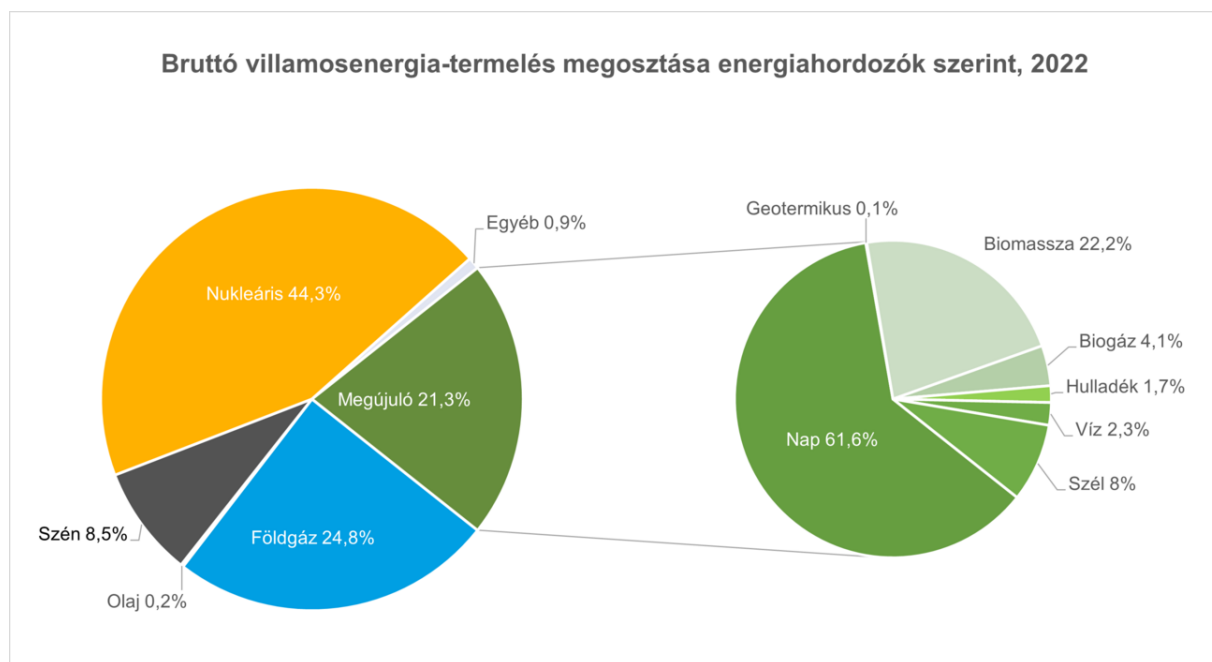
³ <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/>

⁴ <https://www.sustainable-bus.com/news/electric-bus-market-europe-2022/>

⁵ <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-electric-bus-market>

helyszínén, hanem attól távoli, pontszerű szennyezőként működő erőművekben. Ez a kibocsátás pedig a buszok töltéséhez felhasznált energia előállításához felhasznált alapanyagoktól függően helyek és országok szintjén akár jelentősen is eltérhet.

A hazai energiamixet (energiahordozók megoszlása a villamosenergia-termelésben) a nukleáris energia dominanciája mellett a fosszilis energiahordozók kb. 1/3-os aránya jellemzi. A megújuló energiaforrások 21,3%-os arányán belül domináns és egyre növekvő arányt képvisel a napenergia. Összességében a hazai villamosenergia 15%-ának előállítása köthető kibocsátásmentes megújuló energiaforrásokhoz (nap, szél, víz, geotermikus).



5. ábra: Magyarország energiamixe 2022-ben⁶

Magyarországon és az Európai Unióban is egyre nagyobb teret nyernek a megújuló villamosenergia termelési módok, Magyarországon ezen felül kiemelt módon a nukleáris energiatermelés is növekedni fog a Paks II. beruházás elkészülésével, melyek mind csökkenthetik az elektromos járművek teljes élettartamra számított környezeti terhelését.

A közösségi közlekedési vállalatok elektromos buszaikat legtöbb esetben zsinóráramról töltik, ám így is lehetőségük nyílik arra, hogy befolyásolják a felhasznált energia előállításához használt erőforrásokat, meghatározzák a beszerzés során, hogy karbonmentesen előállított, illetve megújuló energiaforrásokból származó energiát kívánnak-e vásárolni.

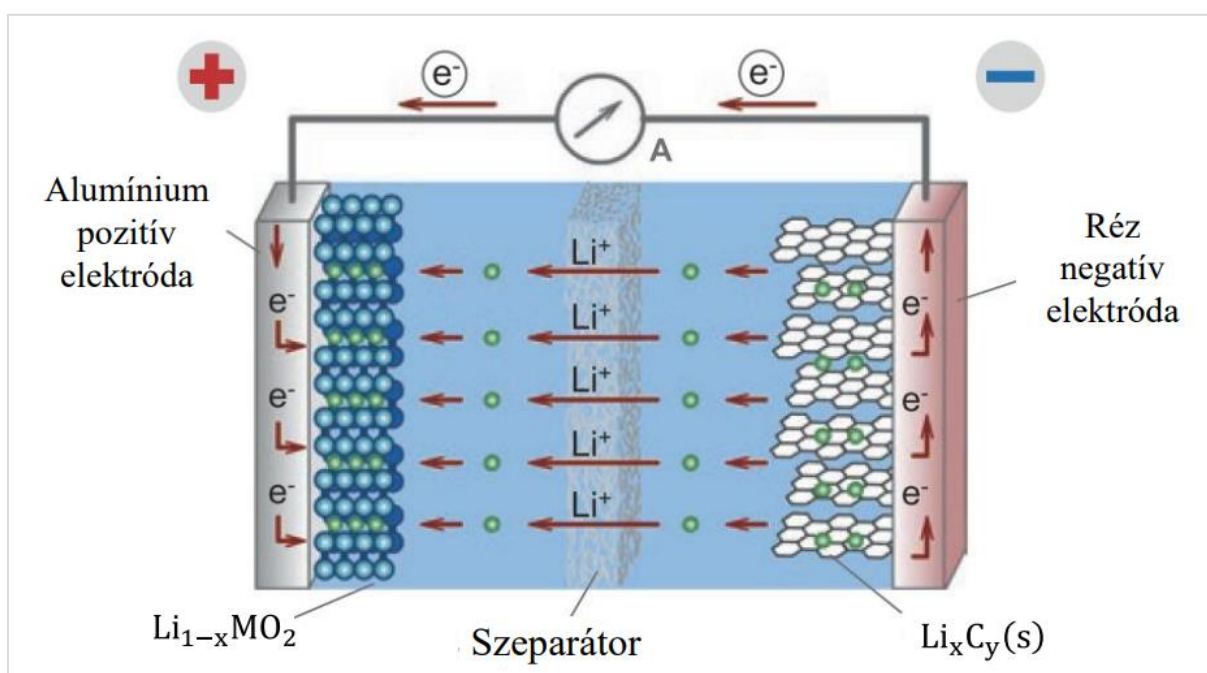
A megújuló energiatermelési módok (pl. naperőművek, vízerőművek, szél erőművek) elterjedésével, térnyerésével együtt jár az elektromos áram árának csökkenése is. Ezzel úgy csökkennek majd az elektromos buszok használatához kapcsolódó – nem lokális, a felhasznált energia megtermelése során keletkező – kibocsátások, hogy közben még inkább gazdaságossá válhat az elektromos buszok üzemeltetése.

⁶ <https://index.hu/gazdasag/geocompass/2023/09/12/oeconomus-napenergia-energiaellatas-energiatermeles/>

Mindezek alapján az elektromos buszok tényleges üvegházhatásúgáz-kibocsátásának becslése során érdemes körültekintően eljárni és a járművek töltéséhez használt energia forrására, az ahhoz alkalmazott energiamixre tekintettel becsülni a kibocsátást.

Nem érdektelen a felhasznált energia esetében a töltés – és így az energia megtermelésének – napszaka sem. Jellemző, hogy napközben a felhasználni kívánt energiamennyiség növekedésének kielégítésére a termelők jelentős károsanyag kibocsátást produkáló gáz erőműveket indítanak be. Ugyanakkor a naperőművek is a napsütéses órákban termelnek, ami az ellentétes irányban hat a kibocsátásra.

Az elektromos meghajtású járművek elterjedésében a lítium-ion akkumulátortechnológia gyors fejlődése játszotta a legnagyobb szerepet. Ezek az akkumulátorok nagyobb energiasűrűséggel és hosszabb élettartammal rendelkeznek, mint a korábbi, ólomsavas vagy nikkel-kadmium akkumulátorok. Jelenleg a lítium-ion akkumulátorok használata a legelterjedtebb az elektromos meghajtású járművekben, egyéb, nagy potenciállal rendelkező akkumulátortechnológiák (pl. szilárdtestes vagy grafén alapú) még csak kísérleti fázisban vannak.



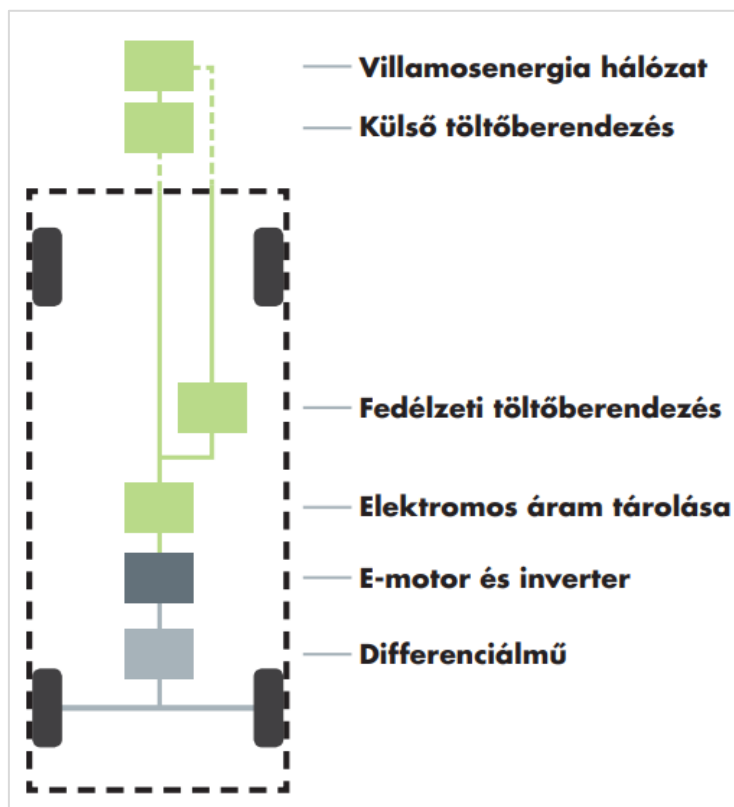
6. ábra: A lítium-ion akkumulátor felépítése (kisülési folyamatot bemutató ábra)⁷

Bár a lítium-ion akkumulátortechnológia jelentős fejlődést eredményezett többek közt a tárolt energiamennyiség tekintetében, még mindig jelentősen alacsonyabb a fajlagos energiasűrűsége, mint a folyékony üzemanyagé (pl. dízel, benzin). Emiatt azonos hatótáv megtételéhez a folyékony üzemanyagénál sokkal nagyobb tömegű akkumulátorcsomagot szükséges beépíteni a járműbe, ez pedig jelentősen megnöveli a tisztán elektromos hajtású járművek tömegét, ami negatívan hat a menetdinamikára és a busz helykínálatára egyaránt.

A tisztán elektromos gépjárművekben megtalálható villamos motorok ugyanakkor jelentősen magasabb hatásfokkal működnek, mint a belső égésű motorok. Egy hagyományos belső égésű motor hatásfoka nagyjából 25-30 százalék, a többi, rendelkezésre álló energia hő formájában elvész. Az elektromos motorok ezzel szemben 70-80 százalékos hatásfokra is képesek. Ezen felül, ellentétben a

⁷ Kozsely Gábor (2023). Az akkumulátorok anyagainak fejlesztése. https://geik.uni-miskolc.hu/intezetek/FIZ/news_files/33_0.pdf#page=54

belső égésű motorokkal, a villamos motorok már a legkisebb fordulatszámon is képesek leadni a motor maximális nyomatékát (bár az energiaátalakítás hatásfokát jelentősen befolyásolják az akkumulátorok jellemzői is).



7. ábra: Elektromos hajtási elv működése⁸

Ezek a tulajdonságok az elektromos meghajtású buszokat kifejezetten hatékony eszközzé teszik a városi forgalomban, ahol jellemzően sokszor kell megállni, majd alaphelyzetből újra indulni a járműveknek. Az elektromos meghajtású autóbuszok képesek a fékezéskor keletkező energia felhasználására és az akkumulátorokba történő visszatáplálására is, ami tovább növeli a hatásfokot és így az energiatárolás még kedvezőbb, a belső égésű motorokéval versenyképessé válik.

A tisztán elektromos buszok beszerzésével kapcsolatban felmerülnek különböző előnyök, hátrányok, veszélyek és lehetőségek is, melyeket beszerzés előtt mérlegelni érdemes a közösségi közlekedést nyújtó vállalatoknak.

2.1.1 Az elektromos autóbuszok előnyei

Az elektromos buszok előnye, hogy – nulla lokális károsanyag-kibocsátás és alacsonyabb zajkibocsátás miatt – a leginkább környezetkímélő megoldásnak számítanak a közút járművekkel megszervezhető helyi közösségi közlekedés szempontjából. A károsanyag-kibocsátás – a megújuló vagy karbonsemleges elektromos áram előállításával – nem csak lokális, hanem globális szinten is közel nullára csökkenthető, ez pedig az egyik leginkább fenntartható mobilitási eszközzé teheti ezeket a buszokat.

⁸ CIVITAS szakpolitikai összefoglaló az alternatív üzemanyaggal hajtott buszokról.
http://civitas.eu/sites/default/files/civitas_policy_note_hun_v06_web.pdf

Igaz, hogy a tisztán elektromos autóbuszok még új technológiának számítanak, de néhány éve már hazánkban is több közösségi közlekedési szolgáltató vállalatnál is használnak elektromos buszokat, így – bár limitált, de létező – üzemeltetési tapasztalatok is ismertek. Az újszerűségből adódó üzemeltetési kockázatot csökkenni például, hogy kialakult már néhány, üzemeltetési (szerviz, javítási) szolgáltatáshoz kapcsolódó ellátási-lánc, és a javításra országosan is elérhető szakértelem létezik (ez nagyobb részben elektromos meghajtású személygépjárműveknek is köszönhető). Emiatt a kisebb, kevésbé komplex műszaki problémák esetében az elektromos buszok üzemeltetői támaszkodhatnak hazai szolgáltatókra, nincsenek a drágább és körülményesebben elérhető külföldi, specializált szakértelemre ráutalva.

2.1.2 Az elektromos buszok hátrányai

Az elektromos buszok – még fejlődő – technológiájával kapcsolatban hátrányok is említhetők. Az egyik legfontosabb hátrány, hogy a jelentős tömegű akkumulátorokkal is csupán korlátozott hatótávolság biztosítható a buszok számára (a néhány évvel ezelőtt gyártott és jelenleg is használt buszok esetében ritkán haladta meg a 300 km-t az egy töltéssel megtehető távolság, de inkább a 200 km körüli érték volt jellemző), és az akkumulátorok töltése sokáig tart, jóval időigényesebb, mint a fosszilis üzemanyaggal hajtott járműveknél. A buszok fogyasztása pedig érzékeny az üzemi körülményekre – pl. időjárás, segédüzemek használata – és a korlátozott üzemeltetési tapasztalatok miatt egyelőre nehezen becsülhető meg a járművek várható hatótávolsága. Túl nagy fordák esetében így a napi járatok kiszolgálásának biztonsága kerülhet veszélybe, ha – valamilyen előre nem látott, vagy nem jól figyelembe vett körülmény miatt – a buszok a tervezettnél alacsonyabb távolságot tudnak megtenni egy töltéssel, és járatkimaradások, késések következhetnek be. A tényleges hatótávnál lényegesen rövidebb fordák esetén viszont több busz beszerzése válik szükségessé adott szolgáltatáshoz, ami megnöveli a szolgáltatás tőke költségét.

A hatótávolsággal kapcsolatos kockázatot kiküszöböléséhez a szolgáltatók igyekeznek minél nagyobb – időnként akár túlméretezett – akkumulátorokkal rendelkező buszokat vásárolni, amelyek jelentősebb távolságokat képesek egy töltéssel megtenni. Ez esetben azonban magasabb lesz a buszok bekerülési költsége, és jelentősen magasabb lesz a járművek tömege is, ami magasabb fajlagos fogyasztást, költségesebb üzemeltetést eredményez (amit tovább növel az időszakosan cserére szoruló nagyobb akkumulátorok magasabb csere költsége is).

A gyorstöltéses technológiák fejlődése, és a hatékony töltőhálózat kiépítése a hatótávolsággal kapcsolatos problémákat részben megoldhatja. Ugyanakkor az elektromos buszok gyors elterjedésével párhuzamosan növekvő energiaigény meghaladhatja az adott városban, telephelyen rendelkezésre álló elektromos hálózati kapacitásokat, aminek növelése a kívül esik a szolgáltatók hatáskörén, és csak jelentős idő- és beruházási igény mellett valósítható meg.

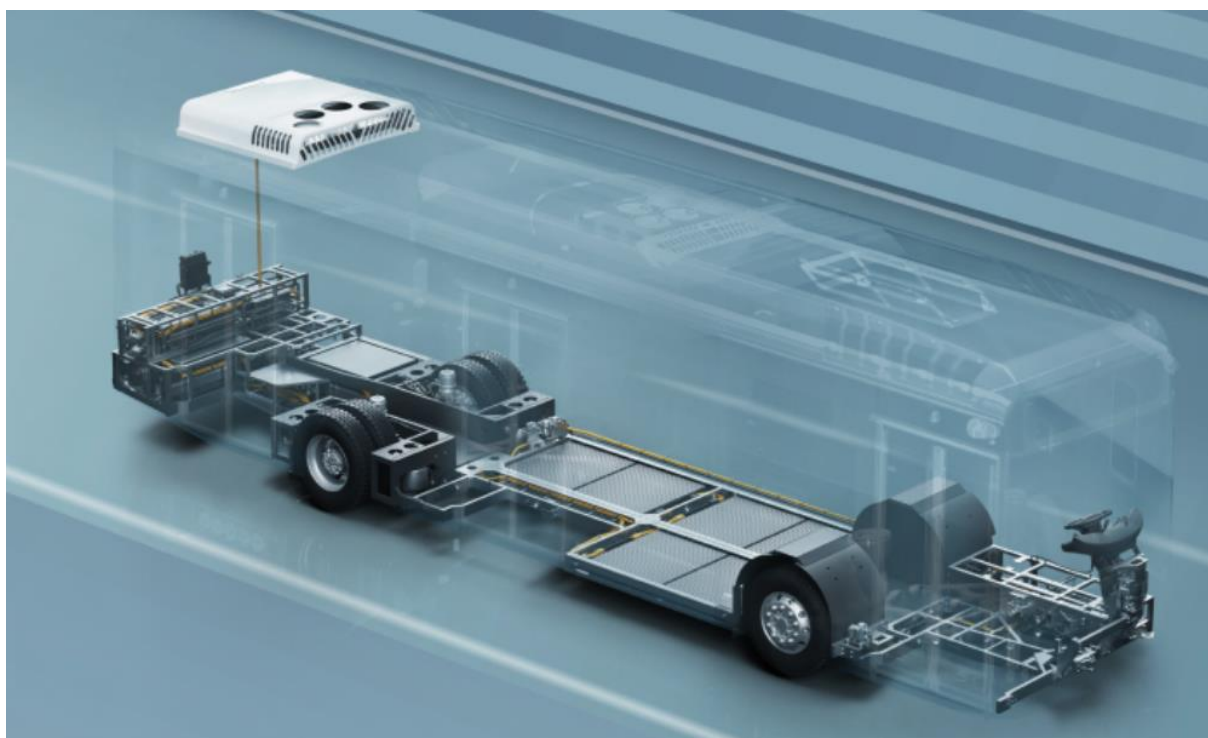
Érdemes lehet megemlíteni még, hogy a gyorstöltés – amelyet jellemzően napközben alkalmaznak a napi hatótávolság kiterjesztésére – nappali töltést igényel, a napközbeni energiakeresletet növeli, így relatíve magas áron, és – energiaforrástól függően – akár magasabb szén-dioxid kibocsátás mellett lehet beszerezni.

2.1.3 Lehetőségek és kockázatok

A tisztán elektromos gépjárművek az elmúlt évtizedben jelentős mértékű fejlődésen és innováción mentek keresztül, és az újítások dinamikája nem látszik lassulni. Ezért várható, hogy az elkövetkezendő években ismét jelentősebb innovációk valósulnak meg e téren, amik elvezethetnek oda, hogy az autóbuszok hatékonyabban, megbízhatóbban és olcsóbban tudják majd elvégezni feladataikat. A

technológia fejlődésével, és az elektromos meghajtású buszok népszerűségének növekedésével – jelentős részben a volumen növekedésével javuló méretgazdaságosságnak is – a buszok gyártásának költségei csökkenni fognak. Ennek köszönhetően egyre több közösségi közlekedési vállalat engedheti majd meg magának a beszerzésüket. Az elmúlt években jelentősen fejlődtek az energia tárolására és szállítására alkalmas rendszerek, áruk csökkent, a tárolókapacitásuk növekedett, valamint az akkumulátorok töltésének ideje is jelentősen lecsökkent. Az akkumulátorok esetében fontos fejlődési irány, hogy ma már több töltési ciklust bírnak érdemi degradáció nélkül a hasznos élettartamuk alatt, azaz tovább lehet használni őket csere nélkül – ez pedig javítja az elektromos buszok használhatóságát, költséghatékonyságát, hiszen az üzemeltetésük során a leginkább jelentős kiadás az elhasználódott akkumulátor cseréje. Az akkumulátortechnológia fejlődésével az árak további csökkenése is várható, Mivel ez a tendencia várhatóan a jövőben is folytatódik, az elektromos buszok megtérülése tovább javulhat.

A 2023. októberben megrendezett Busworld Europe kiállításon⁹ megjelenő gyártók és szolgáltatók által bemutatott innovációk és fejlesztési célok és irányok között igen hangsúlyosan jelenik meg a hatótávolság növelése, valamint a töltési idő csökkentése. Az új fejlesztésekkel már a 4-600 kilométeres hatótáv is elérhető a legújabb modellekkel. Fontos innovációt mutatott be a kiállításon többek között – a magyarországi gyártási kapacitással is rendelkező – a BYD. Az általuk kifejlesztett új akkucsaláddal, a „blade battery chassis-val”, felszerelt eBus B12-es modell 600 kilométeres hatótávval és jelentősen, 50%-kal alacsonyabb helykihasználtsággal rendelkezik. Ezzel az innovációval növelni tudták az új buszaik utaskapacitását is, egyes modellek 100 utasnál is többet képesek szállítani.



8. ábra: BYD blade battery chassis¹⁰

Az akkumulátortechnológia fejlődéséhez kapcsolódóan kockázatokkal is számolni kell. A legjelentősebb kockázat a nagyon gyors innovációból is eredhet, hiszen ha a jelenlegi lítium-ion technológiánál egy

⁹ <https://www.busworldeurope.org/>

¹⁰ <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/byd-busworld-2023-brussels-blade-battery-unvi/>

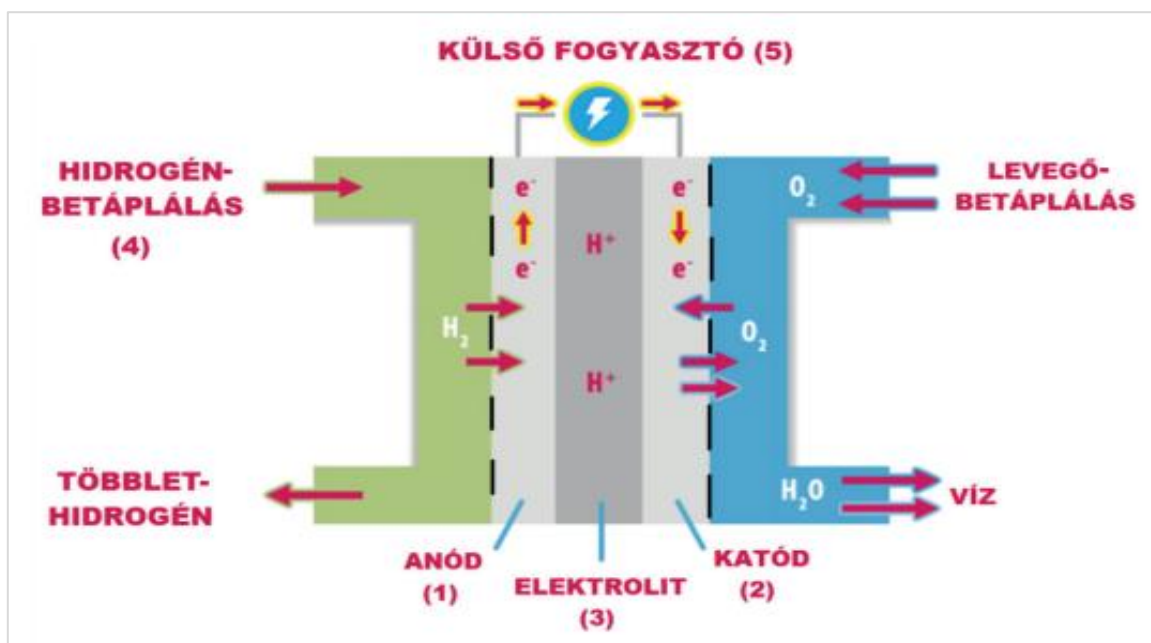
jobb és hatékonyabb módszert fedeznek fel, akkor az előbbi technológiára épült járművek és hálózatok idő előtt elavulttá válhatnak.

A Kormány akkumulátorgyárakkal kapcsolatos politikájának köszönhetően várható, hogy Magyarországon jelentős akkumulátorgyártási kapacitások fognak megvalósulni. Ez egyrészt az akkumulátor technológiához kapcsolódó kutatás-fejlesztési tevékenység intenzitásának növekedését is eredményezheti az országban, ami az újítások gyors gyakorlati elterjedéséhez is vezethet (akár úgy is, hogy az elektromos flottákkal rendelkező közösségi közlekedési szolgáltatók részt is vesznek ezen újítások kipróbálásában, fejlesztéséhez kapcsolódó tesztelésekben, a gyakorlatban használható megoldások fejlesztésében). Másrészt a helyi gyártás miatt valószínűsíthető a gyorsabb, könnyebb hozzáférés az akkumulátorokhoz, és így kevésbé lesznek a közösségi közlekedési szolgáltatók kitéve a nemzetközi szállítványozással kapcsolatos fennakadásoknak. Természetesen figyelembe kell venni, hogy az akkumulátor gyártáshoz szükséges alapanyagokat nem Magyarországról szerzik be a gyártók, így a világpiaci folyamatoknak továbbra is ki lesz téve a gyártás, viszont előnyt jelent, hogy a kész akkumulátorokat itthoni gyártóktól, akár közvetlenül lehet majd beszerezni.

2.2 Hidrogénüzemű buszok

A hidrogénüzemű járművekkel már az 1990-es évek óta kísérleteznek, viszont a hétköznapiakban nem terjedt el még a használatuk, és általánosságban elmondható, hogy inkább kísérleti fázisban működik a technológia. Az Európai Unió és Magyarország is jelentős hangsúlyt fektet a hidrogén-technológia fejlesztésére és támogatására, amelynek kereteit több stratégiai dokumentum adja, például az EU hidrogénstratégiája, mely kiemeli a hidrogénüzemű járművek szerepét az Unió karbonmentesítési céljainak elérésében, illetve a 2021. júniusában elfogadott Magyarország Nemzeti Hidrogénstratégiája című dokumentum.

Háromféle hidrogénmeghajtással működő buszos technológia jutott el a gyártási szakaszba, viszont ebből kettő nem bizonyult könnyen megvalósíthatónak (hidrogén meghajtású belsőégésű motorok) vagy elég hatékonyak (elsődlegesen hidrogén üzemanyagcellákkal működő, elektromos meghajtású buszok, kis akkumulátorral vagy akkumulátor nélkül). A legmegbízhatóbb és leghatékonyabb megoldásnak a soros hidrogén üzemanyagcellás, elektromos meghajtású buszok bizonyultak, melyek nagy méretű akkumulátorokat tartalmaznak. Ebben a technológiában a hidrogént arra alkalmazzák, hogy annak kémiai energiáját elektromos árammá alakítsák. Az előállított energia puffereléséhez a rendszer akkumulátort használ, amely bár nem képes nagyon dinamikus kimeneti teljesítmények ellátására, de használható a fékezésből visszatáplált energia tárolására.



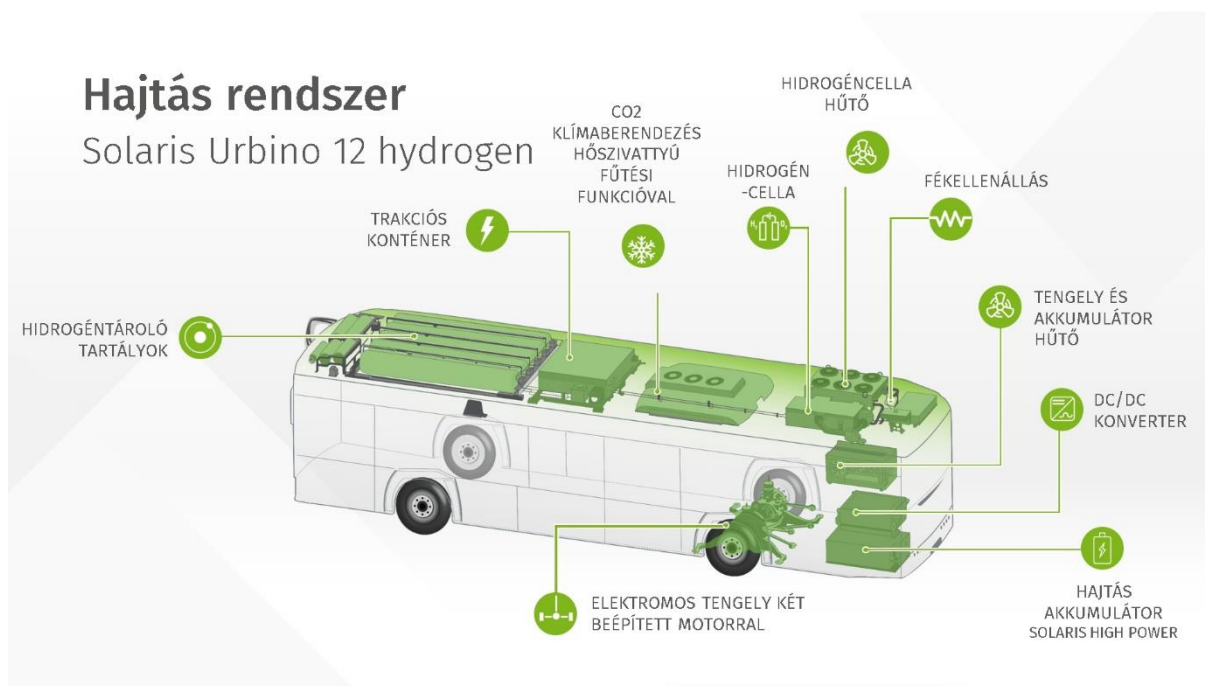
9. ábra: Protonátérlesztő membrános üzemanyagcella elvi felépítése¹¹

A külső házon beérkező hidrogén (4) az anódon lévő platina katalizátor (1) hatására megválik az elektronjától. Azonban a protonátérlesztő membrán elektroliton (3) keresztül csak a pozitív töltésű ionok tudnak a katódhoz áramlani, ezért a negatív töltésű elektronok csak külső terhelésen keresztül (5) juthatnak az anódról (1) a katódra (2), vezetéken keresztül, villamos áramot hozva létre. A katód oldalon lévő katalizátor egyesíti a hidrogéniont elektronnal és az itt beáramló oxigénmolekulákkal. Ennek eredményeként hő és vízgőz képződik. Az anódot és a katódot az áramló közegektől egy porózus szerkezetű, gáz áteresztésére alkalmas anyag választja el. Inverter segítségével váltóáram is létrehozható.¹² Mivel egy üzemanyagcella nem képes elegendő feszültség előállítására, ezért sorosan vagy párhuzamosan kell összekapcsolni őket, cellatelepekké alakítva őket.

A hidrogéncellák működtetésére szolgáló hidrogént nagyon magas (350 vagy 700 bar) nyomáson tárolják, nagy méretű tartályokban, általában a buszok tetején. A nagy nyomáson való tárolásra azért van szükség, mert a hidrogénnek alacsony a sűrűsége (Wh/l), jóval alacsonyabb, mint a földgázé, így mindenképpen sűríteni kell ahhoz, hogy elégséges üzemanyagot tudjon biztosítani a járműveknek nagyobb távolságok megtételéhez. Az üzemanyagcellákat meghajtó hidrogént általában henger alakú tartályokban tárolják, 350 bar nyomáson. A hidrogéntartályok nyomásának 700 barra növelése is tervezés alatt van, ami a tárolható és szállítható hidrogén mennyiségének, és ezáltal a buszok hatótávolságának jelentős növekedését eredményezhetné..

¹¹ Csató Péter, Óvári Gyula (2022). A hidrogén felhasználásának jelene és jövője a repülésben, Repüléstudományi Közlemények, 34(3), 59 – 76. <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/6571>

¹² Csató Péter, Óvári Gyula (2022). A hidrogén felhasználásának jelene és jövője a repülésben, Repüléstudományi Közlemények, 34(3), 59 – 76. <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/6571>



10. ábra: Hidrogéncellás Solaris Urbino 12 busz belső felépítése¹³

A hidrogéncellás buszok nagy előnye, hogy működésük során semmilyen káros anyagot nem bocsátanak ki. A folyamat eredményeként mindössze hő, illetve vízgőz képződik, mely vízgőz a lehűlés hatására folyadékká alakul és egy csövön távozik a buszból. A másik előnye a technológiának, hogy a töltés rövid időt igényel csupán, kb. 10 perc alatt megvalósítható (hasonlóan a dízelüzemű buszokhoz), ami vonzóbbá teheti őket a jelentősen lassabb töltéstechnológiával működő elektromos üzemű buszoknál.

A technológia legnagyobb hátránya, azon felül, hogy a piacon leginkább kísérleti, vagy kis szériában gyártott buszok érhetőek csak el, a hidrogénellátás biztosítása.



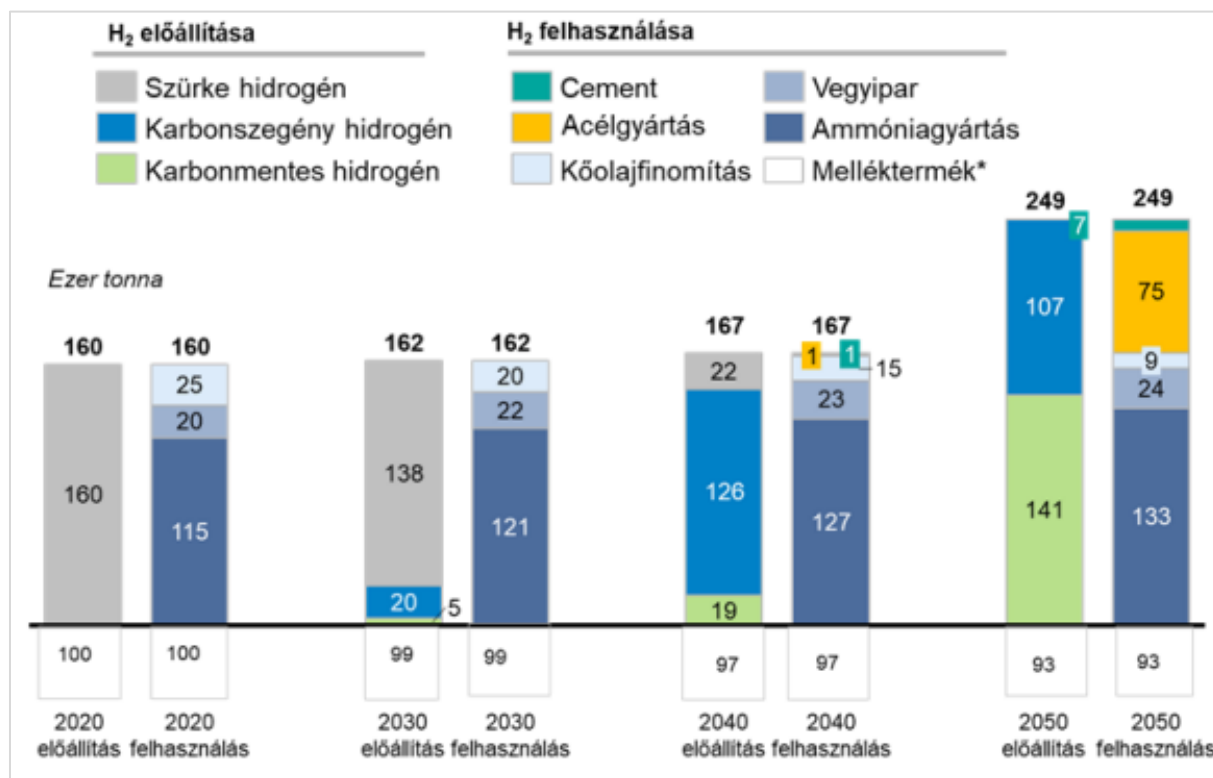
11. ábra: A hidrogén előállításának módszerei¹⁴

¹³ <https://paksbusz.hu/hidrogen-hajtasu-autobuszt-tesztelunk/>

¹⁴ Csató Péter, Óvári Gyula (2022). A hidrogén felhasználásának jelene és jövője a repülésben, Repüléstudományi Közlemények, 34(3), 59 – 76. <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/6571>

Maga a busz működés közben nem bocsát ki káros anyagokat, viszont a hidrogén előállítása során jelentős károsanyag kibocsátás keletkezhet attól függően, hogy milyen forrásból állítják elő a hidrogént. Számos formája van a hidrogén előállításának, legjellemzőbb módon nem megújuló energiaforrásokat felhasználva készül, főképp valamilyen szénhidrogén átalakításával.

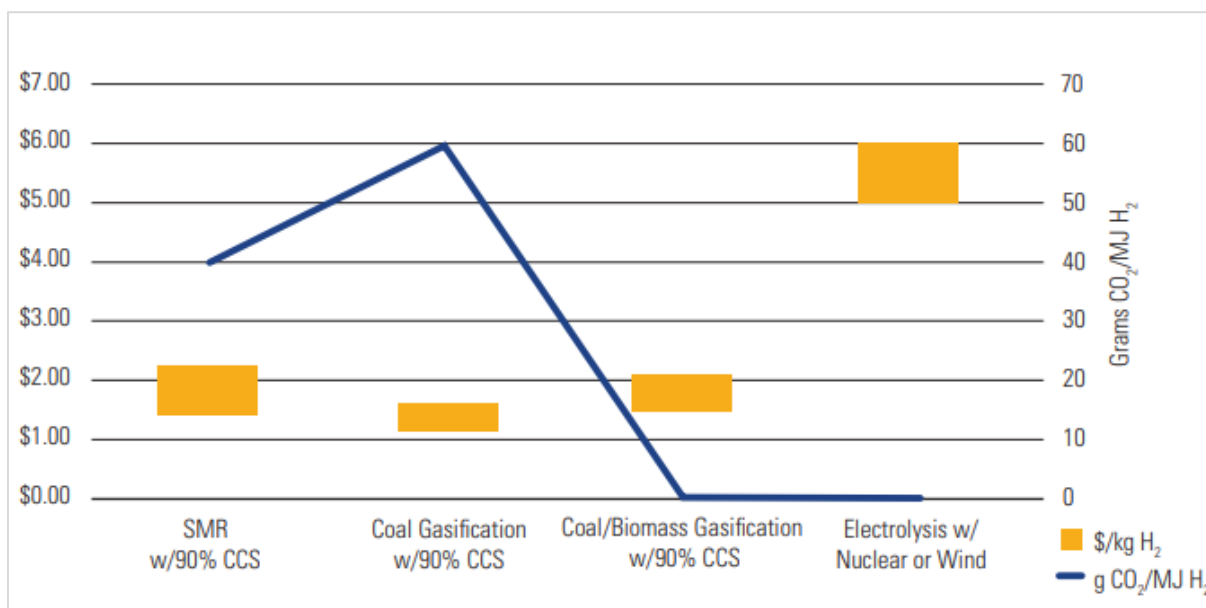
Hazánkban jelenleg szinte kizárólag szürke hidrogén kerül előállításra, melyet főképp ipari felhasználásra gyártanak, viszont a Nemzeti Hidrogénstratégiában leírtak szerint várható az átállás alternatív, jelentősen kevesebb károsanyag kibocsátással járó termelési módokra.



12. ábra: Hazai ipari hidrogénelőállítás és -felhasználás várható alakulása¹⁵

Természetesen létezik technológia a hidrogén kevésbé környezetterhelő, elektrolízissel, víz és elektromos áram használatával történő előállítására. Ez lehetőséget ad arra, hogy megújuló (pl. napenergia vagy szélenergia) vagy karbonsemleges (pl. atomenergia) módon termelt elektromos energia használatával lehessen előállítani a szükséges hidrogént. A technológia hátránya viszont, hogy sokkal magasabb költségekkel jár ez a módszer, mint a hagyományos, ugyanakkor jelentős szennyezőanyag kibocsátással járó előállítási módok.

¹⁵ <https://kormany.hu/dokumentumtar/magyarorszag-nemzeti-hidrogenstrategiaja>



13. ábra: Hidrogén előállítás költségei és szén-dioxid intenzitása technológiák szerint, 2020-ban¹⁶

A fosszilis energiahordozók felhasználásával történő előállítás során ugyanakkor felmerülhet a szén-dioxid leválasztása és tárolása (Carbon Capture and Storage), ami jelentősen csökkentheti a szén-dioxid kibocsátást, viszont ezek a megoldások megnövelik az előállítási költségeket.

A hidrogén üzemanyagcellás elektromos buszok beszerzésével kapcsolatban is felmerülnek különböző előnyök, hátrányok, veszélyek és lehetőségek is, melyek szükséges a közösségi közlekedést nyújtó vállalatoknak mérlegelniük beszerzés előtt.

2.2.1 A hidrogénüzemű buszok előnyei

A hidrogénüzemű buszok előnye, hogy nulla lokális károsanyag-kibocsátás és az alacsonyabb zajkibocsátás okán ugyanolyan környezetkímélő megoldásnak számítanak a helyi közösségi közlekedés szempontjából, mint az elektromos buszok. A károsanyag-kibocsátás, a megújuló vagy karbonsemleges elektromos áram segítségével, elektrolízissel történő hidrogénelőállítás mellett, nem csak lokális, hanem globális szinten is közel nullára csökkenthető, mely miatt egy fenntartható mobilitási eszközzé teheti a buszokat.

2.2.2 A hidrogénüzemű buszok hátrányai

Az egyelőre elterjedésük kezdeti szakaszában lévő hidrogénmeghatású buszok esetében előnyeiket még meghaladja az említhető hátrányok, korlátok és kockázatok mennyisége. Ez tehát mindenképpen egy jóval kevésbé kiforrott, és így több kockázatot magában hordozó technológia, mint az elektromos buszok. Az elektromos motor erőátvitelében ezekben a járművekben kevésbé hatékony, így az energiahatékonyságuk is alacsonyabb a tisztán elektromos járművekhez képest. Az üzemanyagtöltő infrastruktúra kiépítése nagyon költséges, míg a töltéshez használható hidrogén közúti szállítása igen jelentős szén-dioxid kibocsátással jár. A magas beruházási költségek és a technológia általános elterjedésének hánya miatt nem csak Magyarországon, hanem Európa-szerte is nagyon kevés

¹⁶ U.S. Department of Energy, "Hydrogen Strategy: Enabling A Low Carbon Economy," Office of Fossil Energy https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/07/f76/USDOE_FE_Hydrogen_Strategy_July2020.pdf

hidrogéntöltő állomás üzemel, így hidrogénmeghajtású buszokkal szolgálatni kívánó közösségi közlekedési vállalatoknak jellemzően saját töltő infrastruktúrárt kellene kiépíteni.

A hidrogéncellás technológia kiforratlansága miatt még nem terjedt el, így mind a járművek beszerzése, mind a töltő infrastruktúra kiépítése indokolatlanul magas költségeket generál, hiszen méretgazdaságossági előnyök még nem tudnak érvényesülni a gyártás során. És a technológia újszerűsége miatt a kiszámítható üzemeltetéshez szükséges szaktudás és szakember állomány sem áll még rendelkezésre, ami egyszerre jelent vállalhatatlan üzemeltetési kockázatokat, és az esetleges javítások esetén – pl. külföldi szakemberek utaztatása, vagy a jármű távoli szervízbe szállítása miatt – vállalhatatlanul nagy átfutási időket és költségeket.

2.2.3 Lehetőségek és kockázatok

A hidrogéncellás buszok üzemeltetéséhez jelentős kockázatok társulnak. A nagyon magas nyomáson tárolt és átfertett hidrogén tűz- és robbanásveszélyes anyag, így a töltőállomás kiépítése és üzemeltetése ezek miatt igen jelentős költségeket generál. A jelentős kutatási erőfeszítések és támogatások ellenére előfordulhat, hogy a technológia hosszabb távon nem fog bevalni, nem lesz elég hatékony, emiatt pedig a jelentős, hidrogéntöltő infrastruktúrába és járművekbe fektetett beruházás nem térül meg, nem éri el a méretgazdaságos üzemméretet. Inkább szakpolitikai dilemmaként merül fel, hogy az elektromos áramot miért kellene hidrogén előállítására fordítani, miközben azt az energiamennyiséget a már sokkal többet tesztelt és megbízhatóbb tisztán elektromos járművekbe lehetne tölteni.

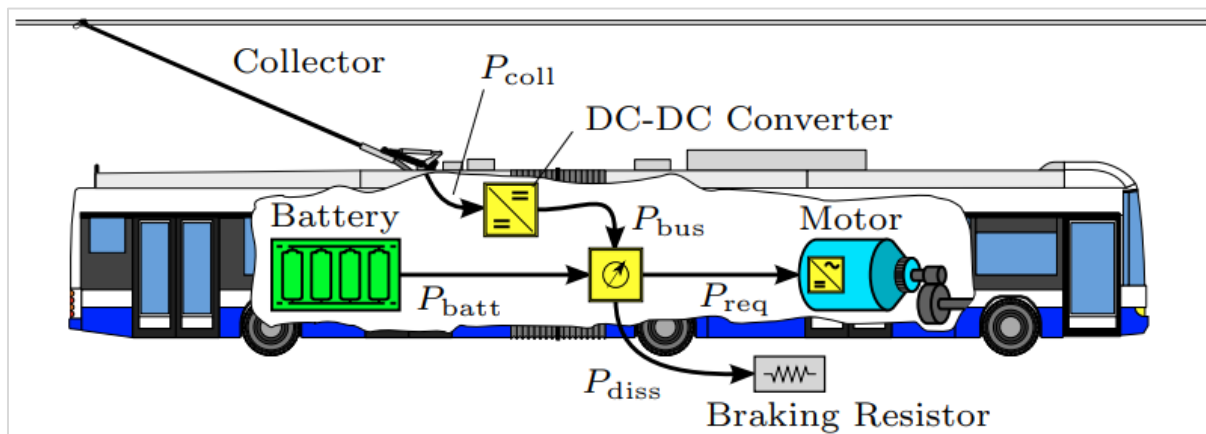
Ezek mellett a hidrogéncellás technológia lehetőségeket is rejt magában. Ha a technológia megfelelő tesztelés után hatékonynak bizonyul, és kellő érdeklődés mutatkozik a hidrogénmeghajtású járművek iránt, akkor a gyártást és az üzemeltetési infrastruktúrát is jellemző méretgazdaságosság előnyei megjelenhetnek, és a – gyártási, üzemeltetési – költségek a mainál jelentősen alacsonyabbak lehetnek. Az Európai Unió által tervezett hidrogénvölgyek kialakulásával pedig a zöld hidrogén kellően nagy volumenben történő előállításának költségei csökkenhetnek, és ezáltal már költség-hatékonnyá válhat a hidrogénüzemű buszok működtetése. Tiszta technológia lévén hasznos és megfontolandó opció lehet hidrogénmeghajtású buszok üzemeltetése olyan helyeken, ahol nincs, vagy nem lehetséges (akár fizikai, akár költség-hatékonysági okokból) a megfelelő elektromos hálózati kapacitás és töltőinfrastruktúra kiépítése, és hatékonyabb környezetkímélő alternatívának bizonyul a hidrogén használata.

A Busworld kiállításon jelenlévő számos gyártó kínálata alapján erősödő törekvés látszik a gyártók körében a hidrogén üzemanyaggal hajtott járművek fejlesztésére. Ám a jelenleg elérhető típusok és az azokkal szerzett üzemi tapasztalatok szerény nagyságrendje mellett egyelőre még azt kell látnunk, hogy ez a technológia az elterjedésének kezdeti szakaszában jár, és csak kellő megfontoltsággal érdemes e hajtáslánc alkalmazását, bevezetését elkezdni, nagy hangsúlyt fektetve az üzemi tapasztalatok intenzív monitorozására, elemzésére.

2.3 Trolibuszok

A trolibuszok egy régóta működő, és kipróbált alternatívát jelentenek a kibocsátásmentes közösségi közlekedési célok eléréséhez alkalmazható járművek körében. A trolikegy fix felsővezeték által meghatározott fix pályán közlekednek. Folyamatos áramellátásukat magas, általában 600 voltos feszültségű egyenárammal működő felsővezeték biztosítja, amelyhez egy áramszedőn keresztül csatlakoznak a buszok. A modern trolibuszok rendelkeznek kiegészítő hajtást biztosító rendszerrel, ami bizonyos távolságokon belül önjáróvá teszi őket – ez növeli a buszok rugalmasságát, mivel képesek

közlekedni olyan útvonalon is, ahol nincs teljes felsővezeték lefedettség. Kisegítő hajtásként kétféle megoldást alkalmaznak jellemzően: dízelmotort, vagy pedig akkumulátoros hajtást. A kibocsátásmentes közlekedés szempontjából az akkumulátoros hajtás az előnyös, hiszen azzal – hasonlóan a tisztán elektromos autóbuszokhoz – nem termel lokális károsanyag-kibocsátást a jármű. Magyarországon a Zöld Busz Program keretében kisegítő akkumulátoros hajtással szerelt trolibuszokra is igényelhetnek támogatást a városok, mely mutatja, hogy a kormányzat alternatívaként tekint erre a busztípusra a klímasemlegességi célok elérése érdekében.



14. ábra: Akkumulátoros segédhajtással felszerelt trolibusz¹⁷

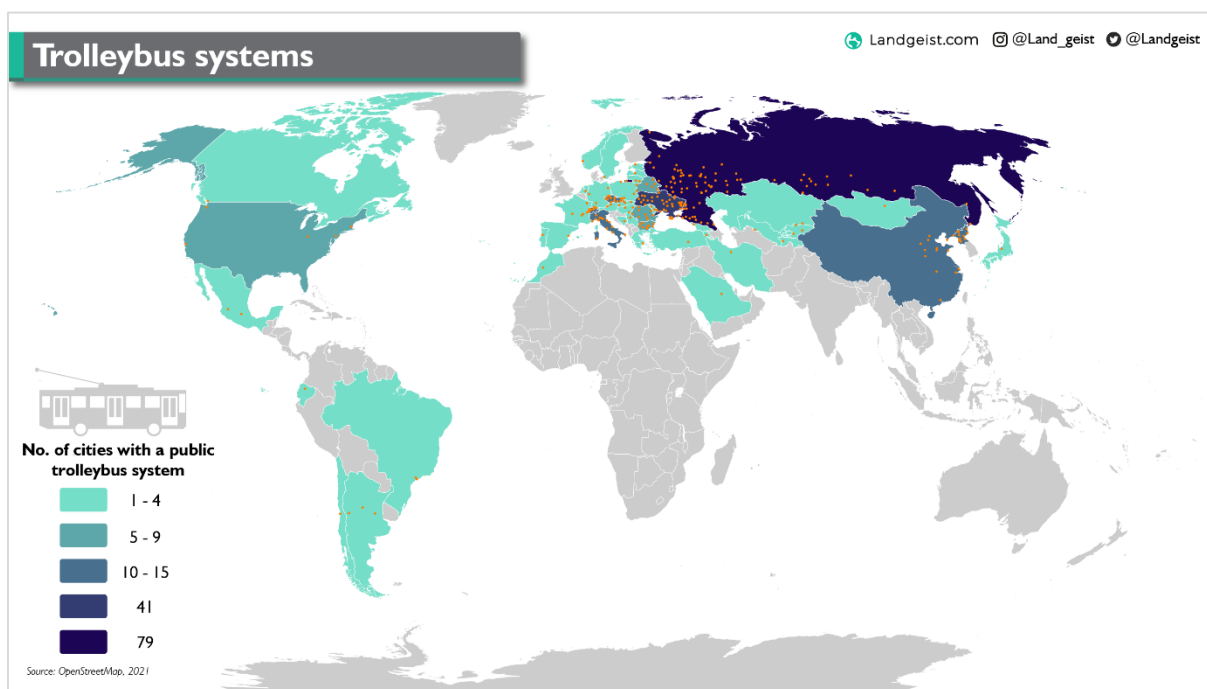
Az akkumulátoros kisegítő hajtásnak köszönhetően a trolibuszok képesek átlagosan 10 és 30 km közötti távolság megtételére felső vezeték nélkül. Ez a táv nagyban függ az akkumulátor méretétől (ami általában 20 kWh és 100 kWh közötti tárolókapacitással rendelkezik) – meg kell jegyezni, hogy a gyártók a trolibuszaikba a vevői igények szerint különböző kapacitású akkumulátorokat is be tudnak szerelni. A megtehető távolságot az akkumulátor méretén túl – az elektromos buszokhoz hasonlóan – itt is több tényező befolyásolhatja, például a hőmérséklet, az útkörülmények, az utasok száma vagy az akkumulátor töltöttségi állapota. Az akkumulátor a felsővezetékre való csatlakozás után újratölthető a vezetéken érkező áramból, így a járműtípus üzemeltetéséhez külön töltés nem szükséges.

A trolibuszokat működtető felsővezetékek az útfeleszín felett kb. 6 méter magasan helyezkednek el, többféle kivitelben készülnek. Létezik merev, félmerev és lengő vezetékrendszer, Magyarországon az utóbbit alkalmazzák. A lengő vezetékrendszer előnye, hogy jelentősen csökkenti az áramszedők kiugrásának esélyét, nem igényel évente többször elvégzendő utánfeszítést, illetve az oldalszél nyomásából adódó lengéseket is jobban csillapítja. A felsővezeték-hálózat szakaszokra van bontva, szakaszszigetelők segítségével, kb. 1-1,5 kilométerenként, mely lehetővé teszi az elektromos hibák pontos behatárolását, illetve a biztonságos munkavégzést is, hiszen nem kell az egész hálózatot áramtalanítani javítás esetén, csak az adott szakaszt.

A trolibusz-hálózatok a volt Szovjetunió területén a legelterjedtebbek, Oroszországban található a legtöbb, de Ázsiában is több városban működnek. Magyarországon jelenleg 3 városban üzemel trolibusz-hálózat, Budapesten, Szegeden és Debrecenben. A technológia egyik legnagyobb hátránya, hogy nagyon jelentős infrastrukturális beruházást igényel, a hosszú és bonyolult kábelrendszer, az arra felszerelt biztosítórendszer, illetve az áramellátás kiépítése (pl. transzformátorok, magas feszültségű csatlakozások) miatt. Viszont a már kiépült rendszerekre, részben a méretgazdaságosság előnyeiből

¹⁷ Ritter, A., Elbert, P., & Onder, C. (2016). Energy Saving Potential of a Battery-Assisted Fleet of Trolley Buses, IFAC-PapersOnLine, 49(11), 377–384. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316313969>

fakadóan, érdemes további beruházásokat fordítani, hatékonyabb és modernebb járművek beszerzésével.



15. ábra: Trolibusz-hálózatok világszerte, 2021-ben¹⁸

A trolibuszok beszerzésével kapcsolatban is felmerülnek különböző előnyök, hátrányok, veszélyek és lehetőségek is, melyek szükséges a közösségi közlekedést nyújtó vállalatoknak mérlegelniük beszerzés előtt.

2.3.1 A trolibuszok előnyei

Az akkumulátoros segédhajtással felszerelt trolibuszok is rendelkeznek az elektromos járművekre jellemző előnyökkel, miszerint nem termelnek a helyi levegőre káros kibocsátást, a globális problémát erősítő üvegházhatású gázok pedig pontszerű szennyezőknél keletkeznek.

Jelentős előnynek számít, hogy mivel kisebb akkumulátorral rendelkeznek, mint a tisztán elektromos buszok, az akkuk cseréből fakadó pótlási költségek is jelentősen alacsonyabbak. A kevésbé rendszeres akkumulátorhasználatnak köszönhetően pedig várhatóan ritkábban szükséges az akkumulátorok cseréje, és ezáltal további üzemeltetési költségek takaríthatók meg az akkumulátoros elektromos buszokéval összevetve. Fontos kiemelni a trolibuszok hosszabb várható élettartamát (20 év), ami szintén az üzemeltetési hatékonyság növelésének irányába hat. Az akkumulátoros segédhajtásnak köszönhetően pedig az esetleges rendszerhibák, áramszünetek esetén is képesek, persze korlátozott távolságon, önállóan működni, mely hozzájárul a szolgáltatás kiszámíthatóságának növeléséhez. Normál üzemből pedig töltési idővel sem kell számolni, mint más buszok esetén.

2.3.2 A trolibuszok hátrányai

A trolibuszok működtetésével kapcsolatban hátrányok is felmerülnek. Az üzemeltetésükhöz használt energia a termeléséhez felhasznált energiamixtől függően szén-dioxid és egyéb üvegházhatást erősítő kibocsátást generál (jóllehet az nem az üzemeltetés helyén szennyez és pontszerű jellegéből adódóan

¹⁸ <https://landgeist.com/2021/07/04/trolleybus-systems/>

a lokális levegőszennyezők hatékonyabban kiszűrhetők, mint a fosszilis energiahordozóval hajtott közúti járművek esetén (és hosszabb távon a szén-dioxid leválasztás és tárolás csökkentheti a káros kibocsátást). A trolibuszok csak hálózat által meghatározott útvonalakon tudnak közlekedni, így nem alkalmazhatók a fosszilis energiahordozóval hajtott járművek kiváltására.

A trolibuszok olyan településeken, ahol nincs kiépített hálózat, nem üzemeltethetők hatékonyan, hiszen a hálózat kiépítésének költségei irreálisan magasak néhány vonalra és járműre korlátozódó hálózat esetén. További üzemeltetési költségeket növelő tényező, hogy a trolibusz infrastruktúra speciális karbantartási munkákat igényel, melyek jelentősen növelik az üzemeltetés költségeit.

2.3.3 Lehetőségek és kockázatok

A trolibuszok működtetésével kapcsolatban veszélyként merül fel az ellátásbiztonság, hiszen jelentős hálózati meghibásodások esetén a járatok nem tudnak működni.

A trolibuszokban rejlik lehetőség, hogy a korszerűbb és energiahatékony járművek a már meglévő hálózaton növelhetik az üzemeltetés és energiafelhasználás hatékonyságát. Üzemeltetésük feltételei adottak, hiszen a trolihálózattal jellemző helyeken sok évtizedes üzemeltetési tapasztalat halmozódott fel, és rendelkezésre áll a megfelelő szakértelem. Az akkumulátor technológia várható fejlődésének következtében pedig a trolibuszok hatótávja növelhető is lehet a jövőben, ezért csökkenthető a rendszerhibákból adódó esetleges leállások száma, növelhető rugalmasságuk, bekapcsolódhatnak olyan vonalakon is a szolgáltatásba, ahol nincs kiépített felsővezeték.

2.4 Miért érdemes vizsgálni az alternatív hajtáslánccal üzemelő buszokat?

Az alternatív meghajtású buszok elterjedésével jelentősen átalakul a közlekedéssel kapcsolatos energiaigények típusa és mértéke, melyekre a különböző országos ellátóhálózatoknak fel kell készülnie annak érdekében, hogy megbízható és szünetmentes szolgáltatást tudjanak nyújtani. A legnagyobb terhet az elektromos meghajtású autóbuszok fogják okozni a villamosenergia-hálózatra, melyek száma, és akkumulátorkapacitása várhatóan folyamatosan növekedni fog. Ez pedig egy bizonyos mennyiségű busz felett nem csak a helyi infrastruktúrára fog jelentősebb terhelést helyezni (hiszen kérdésként merül fel az is, hogy egy vidéki nagyváros energiahálózata képes-e elviselni azt a terhelést, melyet 50-100 darab elektromos autóbusz együttes töltése indukál), hanem az országos energiahálózatra is, mely nem csak a terhelésben jelenik meg, hanem a szükséges energiamennyiségben is. Az elektromos autóbuszokat általában naponta kell feltölteni legalább egyszer, s várhatóan minden közösségi közlekedési vállalat éjszaka, üzemén kívül fogja töltetni a buszokat lassú töltéssel. Ez pedig jelentősen megnöveli majd az energiaigényeket is, hiszen több ezernyi, 400 kWh-s akkumulátorral felszerelt busz évente több száz gigawattórányi villamos áramigényt is teremthet, mellyel számolnia kell a Kormánynak. Az akkumulátorok veszélyes hulladéknak minősülnek, újrahasznosításuk vagy feldolgozásuk pedig jelentős költséggel és környezeti terheléssel jár, így társadalmi érdekként is megjelenik az, hogy a lehető legtovább lehessen használni őket. Emiatt pedig szükséges, hogy felelősségteljesen, és a lehető leghatékonyabb módon használják az akkumulátorral működő autóbuszokat a közösségi közlekedési vállalatok a hulladéktermelés mérséklése érdekében. Ezek okán pedig szükséges a lehető legtöbb adatot begyűjteni, rendszerezni, elemezni a különböző autóbuszokból, hogy minél olcsóbban és hatékonyabban lehessen működtetni a járműveket.

Az autóbuszok adataiból készült elemzések jövőbeli beruházásokkal kapcsolatos segédletként is alkalmazhatóak. A már közlekedő járműtípusokat össze lehet vetni egymással, esetleg különböző

kísérleti szituációkat, szimulációkat lehet velük végezni, mely segíthet abban, hogy például egy adott klímával, adott terepviszonnyal, útviszonnyal, lakosságszámmal stb. rendelkező város milyen típusú autóbust szerezzen be, mely leghatékonyabban működik az adott környezetben. Lehet, hogy bizonyos típusok vagy márkák sokkal hatékonyabbak jelentősebb emelkedőkkel rendelkező terepen, míg mások inkább a lapos terepen működnek jobban, s ezen tesztek alapján az adott települések közösségi közlekedési szolgáltató vállalatai könnyebben tudnak jó döntést hozni a beszerzendő buszokkal kapcsolatban.

Az adatok felhasználásával meghatározható lehet egy optimális üzemeltetési mód a kibocsátásmentes autóbuszokkal kapcsolatban, mely növelheti a megtérülésüket. A megtérülés növekedésével pedig a Kormánynak várhatóan alacsonyabb intenzitású támogatást szükséges majd nyújtania a közösségi közlekedési vállalatoknak, mely miatt a központi költségvetésben megtakarítások keletkezhetnek, vagy lehetőség adódik több jármű beszerzésére az adott keretből, mely növeli az elektromos autóbuszok elterjedését, s hozzájárulhat a dízelbuszok gyorsabb lecseréléséhez, s a klímacélok eléréséhez.

A még tesztfázisban lévő hidrogéncellás technológiával működő járműveknél is kifejezetten fontos minél több adat elemzése, hiszen csak ezek alapján lehet eldönteni, hogy valóban gazdaságos-e a működtetésük. Az üzemanyagcellás járművek és az üzemeltetésükhöz szükséges infrastruktúra kialakításának beruházási költségei jelentősek, a korlátozott forrásokkal rendelkező önkormányzatoknak és közösségi közlekedési vállalatoknak magas kockázatot jelent egy ilyen rendszer bevezetése, így mindenképpen szükséges valamilyen módon ezt a kockázatot csökkenteni, melyet az adatok elemzésével meg lehet tenni. Ezek alapján pedig a vállalatok el tudják dönteni, hogy valóban megéri-e nekik a hidrogénes üzemű, üzemanyagcellás járművek működtetése, vagy inkább az elektromos meghajtású járműveket éri meg választaniuk.

3 Az elektromos buszokból kinyerhető adatok és felhasználásukkal előállítható információk

Az alternatív meghajtással működő autóbuszok egyre szerveesebb részét képezik Európa és Magyarország közösségi közlekedésének, viszont a járművek ára jelentősen magasabb egy klasszikus dízel üzemű busz beszerzési költségeinél: elektromos buszokért legalább két dízel busz árát kell fizetni, hidrogénüzemű járművek esetén ez akár négyszeres is lehet. Emellett még a költséges kiszolgálóinfrastruktúra megépítése is szükséges – például elektromos töltőhálózat, vagy speciális javítóműhely – ami még inkább növeli a beruházási igényt. Emiatt szükséges azt vizsgálni, hogy a jelentősen nagyobb beruházási költségeken túl a közösségi közlekedési szolgáltatók az üzemeltetés során milyen és mennyi haszonra tehetnek szert azáltal, hogy alternatív meghajtású buszokkal szolgálják ki a lakosság mobilitásigényét. Az alternatív üzemanyagok közül legfőképpen az elektromos árammal van lehetőség jelentős megtakarításokra, mivel annak fajlagos költsége jóval alacsonyabb a fosszilis üzemanyagoknál (CNG, dízelolaj). De érdemi lehetőségek rejlenek emellett a közösségi közlekedés megszervezése hatékonyságának növelésében is.

A számítógépes technológia fejlődésével a járművek működését, fogyasztását, és az ezekre vonatkozó külső tényezők hatását egyre jobban és pontosabban lehet vizsgálni, sok esetben az autóbuszokba épített érzékelők, mérőeszközök és számítógépek segítségével. Az adatátviteli technológiák fejlődésének (pl. 5G) hatására pedig az adatokat egyre gyorsabban lehet eljuttatni a központi szerverekre, ahonnan az összegyűjtött adatok alapján akár azonnali elemzések, optimalizációs számítások is végezhetők. A buszgyártók az általuk megépített, és közösségi közlekedési szolgáltatóhoz használt buszaikat folyamatosan figyelik, gyűjtik róluk az adatokat és információkat termékfejlesztési céllal, ugyanakkor ezeket jellemzően nem teszik elérhetővé a járművek vásárlói és üzemeltetői számára.

Az üzemeltetéshez kapcsolódóan, műszaki/garanciális beavatkozást igénylő esetek során szerzett tapasztalatok mellett a nemzetközi tudományos szakirodalomban elérhető cikkek (melyekben a kutatóknak a buszgyártók, vagy a közösségi közlekedési társaságok betekintést engedtek járműveik belső, számítógépes rendszerébe) és az azokhoz felhasznált adatok is alátámasztják, hogy számos, az üzemeltetéshez hasznosítható információ kinyerhető a járművek rendszeriből.

3.1 Adathasználat és eredmények a nemzetközi szakirodalomban

Az alábbiakban említést teszünk néhány ilyen, a járművek által rögzített adatokon alapuló, nemzetközi szakirodalmi folyóiratokban publikált cikkről, kiemelve a vizsgálat célját és az ahhoz felhasznált adatkör releváns jellemzőit.

A tisztán elektromos meghajtású autóbuszok elterjedése hatással van a naponta szükséges elektromos áram mennyiségére, így aztán a töltések pontos áramfelhasználásának, illetve a töltés pontos idejének és helyének meghatározásával, megfelelő ideig mért adatokkal fel lehet térképezni a töltési viselkedést országszerte. Ennek segítségével optimálisabb és hatékonyabb töltési modellek alakíthatóak ki, akár helyi szinten, akár országosan, ez pedig segítséget nyújthat a pontosabb országos, regionális és helyi villamosáram-igény meghatározásában is.

W. Wei, Z. Zhang, P. Liu, Z. Wang és L. Xue 2020-as, „Analyzing Charging Behavior of Electric City Buses in Typical Chinese Cities”¹⁹ című tanulmányukban több, mint 17 ezer elektromos busz adatait elemezték

¹⁹ <https://ieeexplore.ieee.org/document/8946603>

3 hónapon keresztül, elsősorban az akkumulátorok adataira koncentrálva, melyek segítségével egy hatékonyabb töltési modellt kívántak megalkotni nagyobb kínai városokban. Az akkumulátorhoz kapcsolódó adatokat a buszok rendszeréből nyerték ki, többek között az alábbiakat:

- a buszok töltöttségi állapota (state of charge), töltés előtt és után,
- az akkumulátor töltöttségi állapotának változása, százalékos formában,
- a töltés pontos kezdete és vége, percre pontosan,
- a töltések között megtett távolság kilométerben,
- az adott buszok töltési eseményeinek száma naponta,
- a töltési energia, kilowattban, mely segítségével meg lehet különböztetni a gyors töltést és a lassú töltést.

Az adatok alapján meg tudták állapítani, hogy egyes városokban milyen mintázatúak a töltések (csak éjszaka töltik-e lassú töltéssel a buszokat, vagy gyors töltést is alkalmaznak, az utóbbit pedig milyen rendszerességgel), mikor és mennyi ideig töltik a buszokat. Ez alapján tervezhetőbbé válhat a buszok töltéséhez szükséges energia beszerzése és az energiaszolgáltatók számára annak kínálata is, optimalizálni lehet a töltési stratégiát, figyelembe véve a töltési infrastruktúra szűkösségét, az akkumulátor-kapacitást és az áramellátás kapacitását. Távolati lehetőségként ezek az adatok hozzájárulhatnak az újabb fejlesztési szakaszokban létesítendő töltési infrastruktúra hatékonyabb megtervezéséhez is.

A kutatók ugyan nem vizsgálták, de felvetették, hogy a kutatáshoz felhasznált adatok alapján a busztársaságok könnyebben meghatározhatják azt is, hogy adott környezetben, jellemző körülmények között mely típusokkal, milyen modellekkel lehet hatékonyabb végezni a közszolgáltatást.

Čulík K, Štefancová V, Hrudkay K, Morgoš J. 2021-es Interior Heating and Its Influence on Electric Bus Consumption című tanulmányukban 46 darab, Szlovákiában működő (2 közlekedési társaság által üzemeltetett) elektromos buszt vizsgáltak, arra keresve a választ, hogy a különböző fűtési módok milyen hatással vannak a buszok energiafogyasztására. Az adatokat 2018 és 2021 között gyűjtötték. A tisztán elektromos buszok nem mindegyike használ elektromos fűtést, bizonyos típusokban dízelkályhával történik az utastér fűtése. A vizsgált adatok főképp a fogyasztással kapcsolatosak voltak, melyeket a buszokon található OBU-k (onboard unit) ECU-jából (electronic control unit) nyertek ki. Ezek a következők voltak:

- töltöttségi állapot, százalékban, műszak kezdetekor,
- levezetett távolság kilométerben, műszakonként és teljes napra nézve is,
- akkumulátor kiegyenlítő állapota, százalékban,
- akkumulátor kiegyenlítések száma,
- töltési mennyiség kilowattórában,
- teljes napi elektromos áramfogyasztás kilowattórában,
- teljes vezetési idő, percre pontosan,
- átlagfogyasztás (kWh/km).
- A felhasznált dízelolaj mennyiségét a sofőr jegyezte fel.

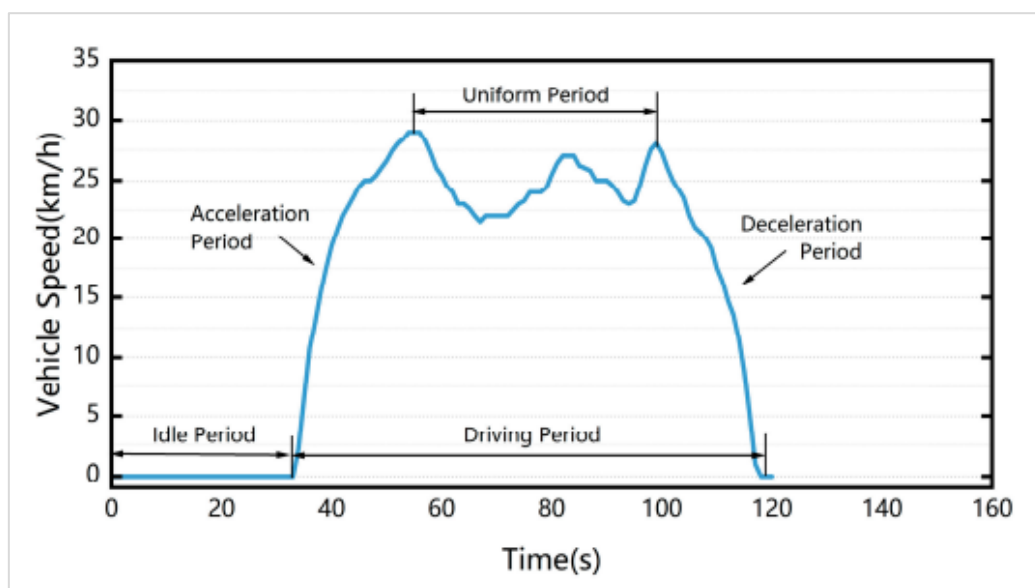
A kutatás eredményei visszaigazolják, hogy hidegben bár nagyobb azon elektromos buszok fogyasztása, melyek elektromos fűtést használtak, de a különbség nem jelentős. Ezen információk igen hasznosnak bizonyulhatnak úgy a buszok különböző időjárási viszonyok között várható fogyasztásának előrejelzéséhez, meghatározásához, mint beszerzéskor a fűtési mód és az ahhoz illeszkedő akkumulátor

kapacitás kiválasztásához. A pontosabb energiafogyasztás mérése pedig elengedhetetlen a szolgáltatók számára az üzemeltetési költségeik tervezéséhez, valamint a működési hatékonyság növeléséhez.

A buszokból kinyert adatok alapján nem csak az üzemi jellemzőknek, hanem a sofőrök vezetési szokásainak a fogyasztásra gyakorolt hatásait is elemezni lehet. Ezzel kapcsolatban végzett kutatást Liu H, Yun W, Li B, Dai M, Wang Y. A. és eredményeiket 2023-ban publikálták „Quantitative Study on Driving Behavior Economy Based on Big Data from the Pure Electric Bus” címmel. A buszokból kinyert adatok alapján hasonlították össze a sofőrök vezetési stílusait hétköznapi és hétvégi között. A buszokból rengeteg adatot tudtak kinyerni a kutatók, amelyeket felhasználtak az elemzés során, viszont csak 4 típusú adatot közöltek részletesen a tanulmányukban. Ezek adatok között volt a motorinformáció, futásteljesítmény, energiafogyasztás és az akkumulátor hőfoka. A kutatás egyetlen elektromos buszra szorítkozott, amelynek üzemi adataiból 0,2 másodpercenként vettek mintát. A következő adatokat használták:

- pontos idő,
- jármű sebessége (km/h),
- pedálinformációk: gázpedál és fékpedál nyitása.

Az adatokból a Python program segítségével megalkották az úgynevezett „short trip-eket”, melyet az alábbi ábra szemléltet.



16. ábra: "Short trip" fázisai

A különböző fázisok hosszából, illetve a mért sebességből meg lehet állapítani, hogy a sofőr milyen dinamikus / agresszíven vezet, ami hatással van a fogyasztásra is, hiszen például a hosszabb gyorsítás jelentősebb energiafogyasztással jár.

Az adatok felhasználásával nem csak a pontos napi fogyasztásokat lehet figyelni, hanem a sofőrök viselkedését is. Ezen adatok felhasználásával oktatási anyagokat, oktatóprogramokat lehet létrehozni, amelyek felhívják a figyelmet a hatékonyabb vezetési stílusokra, illetve lehetőségként buszokba szerelt jelzőrendszerek fejlesztésére is alkalmasak lehetnek, melyek figyelmeztetik a sofőröket az agresszív vezetési stílusra.

A különböző mérésekre nem feltétlenül csak a buszból közvetlenül kinyert adatok használhatóak. Az időjárási viszonyok mérhető hatással vannak a buszok áramfogyasztására, illetve a fékezésből származó

visszanyert energiára is. Iclodean C, Cordoş N, Todoruţ A. 2019-ben megjelent, „Analysis of the Electric Bus Autonomy Depending on the Atmospheric Conditions”²⁰ című tanulmányukban 22 darab, Romániában közlekedő Solaris típusú elektromos autóbusz adatait vizsgálták, arra keresve a választ, hogy különböző légköri viszonyok milyen hatással vannak a fogyasztásra. A légköri viszonyokat a helyi meteorológiai mérőállomás adataiból állapították meg. A következő adatokat vizsgálták:

- átlagos napi hőmérséklet,
- átlagos napi légköri páratartalom,
- átlagos napi légköri nyomás,
- átlagos napi légsűrűség (kg/m³).

(Hasonló helyi időjárási információkat Magyarországon is előállítanak helyi mérőállomások, de lehetősége van a szolgáltatóknak saját időjárás-mérő állomások telepítésére is, relatíve alacsony beruházási költségen, melyek sokkal relevánsabb információkkal szolgálhatnak a légköri viszonyokról.)

A tanulmányban a buszokból is nyertek ki adatokat, járműbe telepített rendszereken keresztül.

- A buszok pontos helyét GPS segítségével határozták meg.
- A CAN-bus rendszeren keresztül állapították meg a buszok műszaki állapotát, a megtett távolságot, az energiafogyasztást, a szállított utasok számát.
- A fékezésből visszanyert energiát is mérték, bár nem írják le pontosan, hogy milyen módon.

A tanulmány megállapította, hogy a légköri viszonyok hatással vannak a fogyasztásra. A hőmérséklet csökkenése és az atmoszférikus nyomás csökkenése hatására nő a fogyasztás. A fékezésből visszanyert energia mértéke, aránya növekszik a hőmérséklet emelkedésével, de csökken a légköri páratartalom, a légköri nyomás és a légsűrűség növekedésével.

Ezen adatok felhasználásával a szolgáltatók komplexebb képet kaphatnak a fogyasztás alakulásáról, valamint elegendő adat összegyűjtésével meg tudják becsülni az időjárás előrejelzések alapján a pontosabb fogyasztást, mely elősegítheti a hatékonyabb működést és a megfelelőbb fordatervezést is.

A fogyasztási adatok pontosítására is van lehetőség buszmegállók között, mely segítségével meg lehet becsülni, hogy egyes útvonalakon mennyit fogyasztanak a buszok, így az akkumulátorok lemerülésével kapcsolatos problémák elkerülhetőek lesznek, s optimalizálhatóbbá válik a közösségi közlekedés. Pamula T, Pamula W. 2020-as „Estimation of the Energy Consumption of Battery Electric Buses for Public Transport Networks Using Real-World Data and Deep Learning”²¹ című cikkükben egy lengyel busztársaság 24 darab Solaris típusú elektromos autóbuszát vizsgálta. Az üzemi adatokat a buszokba szerelt GSM alapú telemetriás eszközökön keresztül rögzítették és nyerték ki. Az adatokat minden buszmegállóba érkezéskor, illetve a busz mozgása során percenként küldte el a rendszer. A következő adatokat vizsgálták:

- a busz pontos pozíciója,
- az akkumulátor állapota,
- töltési események.

A kísérlet során a kutatók GPS és térkép adatokat is felhasználtak a pontos távolságok és a domborzati jellemzők alapján a szintkülönbségek kiszámítására, melyek befolyással lehetnek a fogyasztásra. Az elektromos buszok többet fogyasztanak emelkedőn felfelé, és kevesebbet lefelé, ezért ezek az adatok

²⁰ <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/23/4535>

²¹ <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2340>

komoly jelentőséggel bírnak a fogyasztással kapcsolatos elemzéseknél. (Ilyen adatok a jelenleg Magyarországon futó buszok esetében is előállíthatók.)

A buszok pontos fogyasztása mellett a töltésükhöz felhasznált energia mennyiségére is érdemes figyelmet fordítani. Mivel minden töltésnél keletkezik töltési veszteség, a töltőberendezések üzemi adatainak vizsgálata is kívánatos. A modern töltőberendezésekbe szerelt érzékelők segíthetnek abban, hogy csak azonosított járművekbe töltsenek energiát. Poggio A. E., Balest J., Zubaryeva A. és Sparber W. 2023-as „Monitored data and social perceptions analysis of battery electric and hydrogen fuelled buses in urban and suburban areas”²² című tanulmányukban a hidrogén- és elektromos buszok fogyasztását hasonlítja össze, emellett kitérnek a töltőkből kinyerhető adatokra is.

A cikkből megállapítható, hogy a tankolt/betöltött mennyiségen túl a töltők további információkat is tárolnak. A hidrogéntöltőkből kinyerhetőek a rákapcsolt buszok fogyasztási adatai. Az elektromos töltőkbe telepített monitoring szoftver is lehetővé teszi bizonyos adatok gyűjtését rendszerről felvett és a járművekbe töltött mennyiségről.

Kostopoulos, E. D., Spyropoulos, G. C., és Kaldellis, J. K. 2020-ban megjelent „Real-world study for the optimal charging of electric vehicles” című tanulmánya elektromos töltéssel és a töltő energiaveszteségével foglalkozik, az energiaveszteséget vizsgálja, attól függően, hogy az adott akkumulátort hány százalékig töltik fel. A kutatók egy napelemmel és zsinórárral egyaránt működtetett elektromos töltőberendezést vizsgáltak, a töltőbe szerelt integrált webes szerveregység által monitorozott, rögzített információk alapján. A töltő az adott pillanatban a rendszerről felvett energiamennyiség (kWh) mellett pillanatnyilag változó adatokat is mér, folyamatosan.

A kutatás eredményeképpen – a busz- és akkumulátorgyártók javaslataival összhangban – arra jutottak, hogy az akkumulátorok 80%-ig történő feltöltése (20%-ról) jár a legkevesebb töltési veszteséggel (kb. 11%). A legnagyobb áramveszteség akkor keletkezik, ha a 80%-ig töltött akkumulátort 100%-ra kívánják feltölteni, ebben az esetben több, mint 20%-os a veszteség.

A buszokból, illetve a töltőkből kinyerhető adatokról nem csak a nemzetközi szakirodalomból lehet tájékozódni, hanem a buszokból kinyerhető üzemi adatok feldolgozására alapozott, hatékonyságnövelő termékeket (pl. flottamenedzsment rendszer) és szolgáltatásokat fejlesztő, IT megoldásokkal foglalkozó vállalatoktól is (amelyek esetenként publikálják, vagy nyilvánosan elérhetővé teszik termékeik néhány jellemzőjét, előnyét, esetleg működési elvét). Egy ilyen vállalat az USA-ban működő WideSense nevű cég, mely mesterséges intelligencia alapú üzemeltetési optimalizálást nyújt elektromos járműveket, köztük elektromos buszokat, működtető cégeknek. A WideSense rendelkezik egy olyan járműadatokra vonatkozó követelményrendszerrel, mely szükséges a szolgáltatásnyújtásukhoz, s ebből kiszűrhető, hogy az autóbuszok milyen típusú adatokat gyűjtenek és tárolnak működésük során.

Az adatigényükben számos adatot felsorolnak, többek között:

- pedálok pozíciója,
- akkumulátor hőmérséklet,
- akkumulátor töltöttségi szint,
- belső hőmérséklet,
- hűtési, fűtési mód bekapcsolása,
- kiegészítő rendszerek adatai (pl. lámpák, irányjelzők, belső világítás státusza),

²² <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X2301808X>

- töltési adatok (pl. töltési áramerősség, töltési feszültség).

3.2 Üzemi adatok felhasználásában rejlő lehetőségek

A feldolgozott szakirodalmak alapján látszik, hogy alapvetően keveset tudunk az elektromos- és hidrogénüzemű buszok működéséről, hiszen kevés üzemeltetési tapasztalattal rendelkeznek az üzemeltetők. Ezért számos esetben a kutatók elméleti modellek segítségével próbálják meghatározni és előre jelezni a buszok működését, fogyasztását, hatékonyságát, és a hatékonyságnövelésben rejlő lehetőségeket. Ám a limitált üzemeltetési tapasztalat és életszerű üzemi körülmények között történő tesztelés eredményeképpen mindenképpen megállapítható, hogy az elérhető információk nem csak az innováció előre lendítésére alkalmasak, hanem a napi működés optimalizálásában is segítségére lehetnek a közösségi közlekedési vállalatoknak. A limitált adattípusok, ha megfelelő mennyiségben és minőségben, elégséges időkeretben kerülnek összegyűjtésre, nagyban megnövelhetik a kibocsátásmentes autóbuszflottákat üzemeltető közösségi közlekedési vállalatok hatékonyságát. Az adatok felhasználásával hatékonyabb fordatervek készíthetők, ha ismerik a vállalatok a buszok erősségeit, gyengeségeit, pontos hatótávukat az adott külső körülmények között, melyek okán kisebb redundanciával tudják működtetni a flottájukat. Ha kevesebb autóbusszal is el tudják látni ugyanazt a (minőségi és mennyiségi mutatókkal jellemezhető) szolgáltatást, alacsonyabbak lehetnek a beruházási és üzemeltetési költségek is. Ha kevesebb busz is elégséges, akkor az állami támogatások hatékonyabban felhasználhatók, hiszen több városban valósulhatnak meg kibocsátásmentes buszberuházások, jelentősebb ütemben csökkenthetők a dízelüzemű buszflották, s gyorsabban elérhetőek a Kormány és az Európai Unió által vállalt klímacélok, a közlekedésből származó üvegházhatásúgáz-kibocsátás csökkentésével.

Az adatok felhasználásával és elemzésével a közösségi közlekedési vállalatok pontosabban tudják ellenőrizni a sofőrjeiket, akik – más tényezők mellett – érdemben tudják befolyásolni a busz fogyasztását, vezetési stílusukon keresztül. Az adatok lehetőséget nyújtanak arra, hogy optimálisabb bónuszrendszert alakítsanak ki a vállalatok, amelyben lehetővé válik azon járművezetők jutalmazása, akik – egyéb releváns tényezők (pl. segédüzemek, utasok száma) hatásait is kontrollálva – alacsonyabb átlagos fogyasztással tudják teljesíteni ugyanazon járatokat, távolságokat. Ez pedig az energiahatékonyság és pénzügyi hatékonyság növelését, az üzemeltetési kiadások csökkenését eredményezi.

Az adatok segítségével a töltési igényeket is hatékonyabban és pontosabban meg tudják tervezni a közösségi közlekedési vállalatok, melyek eredményeképpen kedvezőbb szerződést tudnak kötni az energiaszállítókkal, mivel pontosabban tudják meghatározni az energia kontingenseket, s el tudják kerülni a keret túllépését, mely esetén sokkal magasabb árat kell fizetniük egy egységnyi energiáért.

Az adatok megfelelő felhasználásával tehát jelentős költségeket takaríthatnak meg a közösségi közlekedési vállalatok. A hatékonyság növelésével a kibocsátásmentes buszokba történő befektetés megtérülése is sokkal kedvezőbb lehet. Ezen információk alapján újra lehet gondolni a támogatási feltételeket, hiszen a pontosabb megtérülési mutatók ismeretében akár alacsonyabb támogatási intenzitás mellett is ösztönöztek lehetnek a közösségi közlekedési szolgáltatók, hogy flottájukban növeljék a kibocsátásmentes buszok számát és arányát.

Ha alacsonyabb támogatási intenzitással is megvalósítható a dízel buszok kiváltása, adott támogatási keretből több településen, több kibocsátásmentes busz állhat forgalomba, és így hamarabb teljesülhetnek a kitűzött klímacélok.

4 Javaslat a támogatással beszerzett buszok és töltők üzemi adatainak hasznosítására

Ahhoz, hogy a fentiekben megfogalmazott lehetőségeket kihasználhassuk, létre kell hozni egy olyan rendszert, amely garantálja az üzemi adatok – strukturált, megbízható minőségben, rendszeresen történő – előállítását, rögzítését, tárolását, hogy azokat a közösségi közlekedési szolgáltatók felhasználhassák üzemi riportok készítéséhez, valamint az üzemeltetési gyakorlatot javítani képes elemzésekhez. Az alapvető cél, hogy a közösségi közlekedés szolgáltatók számára biztosítottak legyenek az újszerű technológiát képviselő járművek üzemeltetési tapasztalatainak szakszerű monitorozásához szükséges információk, és azok birtokában a szolgáltatók el is sajátítsák és a menedzsment gyakorlatba ültessék az üzemeltetés hatékonyságának folyamatos, adatapon történő ellenőrzését, és a hatékonysági lehetőségeinek keresését.

Az így keletkezett adatok meghatározott körét a HUMDA is fel kívánja használni a program előrehaladásának és eredményei értékeléséhez szükséges elemzésekhez, a szakpolitika hatékonyságát előmozdító javaslatok megfogalmazásához.

Az alábbiakban bemutatjuk e cél megvalósításához szükséges adatok, információk körét, amelyek egy részét a támogatással beszerzett járművek állítják elő, más része a közösségi közlekedési szolgáltatók nyilvántartásaiból és üzemeltetési információiból nyerhető ki, míg néhány további információt külső adatforrásból kell beszerezni.

4.1 Külső forrásból származó adatok

Két típusú – nem a közösségi közlekedési szolgáltatók, illetve járműveik által előállított – információ szükséges a kitűzött céloknak megfelelő adatbázis előállításához: időjárási információk, továbbá domborzati és útviszonyokat tartalmazó adatbázis.

Meteorológiai információk

A 3.1. fejezetben bemutatott tanulmányok többsége az időjárást, külső hőmérsékletet a jármű üzemi jellemzőit meghatározó tényezőként azonosította (az akkumulátorok működésének hatékonyságát a hőmérsékleten túl pl. befolyásolta a levegő páratartalma, illetve a légnyomás is). Ezért elengedhetetlen, hogy az alapvető időjárási információkkal rendelkezzenek mind a buszokat üzemeltető közösségi közlekedési szolgáltatók, mind az általuk szolgáltatott adatok elemzésével releváns eredményeket, megállapításokat és következtetéseket megfogalmazni és azokat felhasználni kívánó HUMDA.

Legalább óránként, de célszerűen negyedóránként rögzített időjárási adatok szükségesek.

Meteorológiai adatok		
Megnevezés	Tárolási formátum	Mértékegység
Hőmérséklet	—/—/—	°C
Légtér páratartalom	—/—/—	%
Légtér nyomás	—/—/—	hPa
Szél	—/—/—	km/h
Időjárás típusa	—	1 - napsütés; 2 - napos idő, enyhén felhős égbolt; 3 - részleges napsütés, felhős égbolt; 4 - felhős égbolt; 5 - csapadék
Csapadék típusa	—	1 - eső; 2 - zápor; 3 - jégeső; 4 - ónos eső; 5 - ködcsitálás; 6 - havas eső; 7 - hó

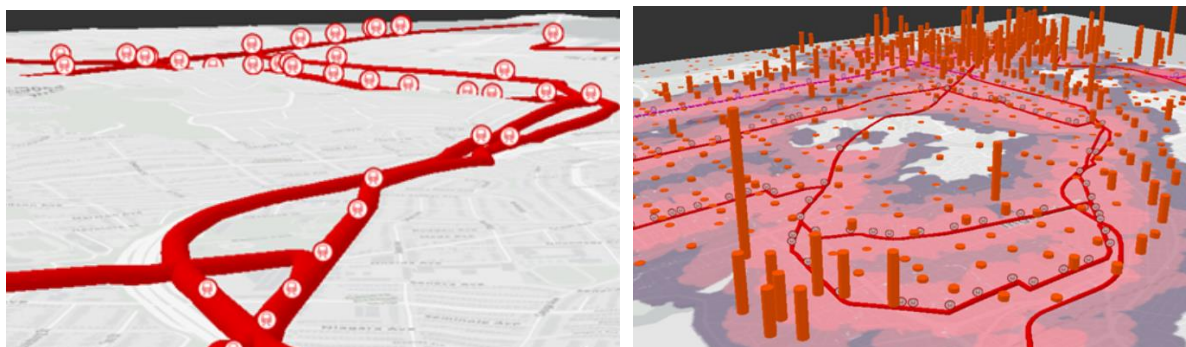
A hőmérséklet, páratartalom, légnyomás és szélereősség információk származhatnak helyi meteorológiai állomásokról (amelyeket pl. a közösségi közlekedési szolgáltató telepít a város releváns pontján / pontjain, vagy amelyeket valamely szakosodott szolgáltató üzemeltet), vagy az azokat rendszerbe/hálózatba szervező és az információkat együttesen értékesítő szolgáltatóktól (pl. Országos Meteorológiai Szolgálat).

Mivel az üzemi adatok tervezett mélységű elemzése még nem elterjedt gyakorlat a közösségi közlekedési szolgáltatók körében, így nem feltételezhetjük, hogy önként, ösztönzés nélkül erre forrásokat szánnának. Ezért – mivel saját elemzéseikhez a HUMDA-nak ezen adatokra mindenképpen szüksége van – érdemes a támogatással beszerzett buszokat üzemeltető szolgáltatók működési területeire vonatkozó időjárási adatokat „központilag” beszerezni, és azokat elérhetővé tenni az érintett közösségi közlekedési szolgáltatók számára (ami illeszkedik a HUMDA által képviselt demonstrációs gyakorlathoz), hogy megtapasztalhassák a jó minőségben és átgondolt struktúrában gyűjtött adatok elemzésével kinyerhető információk értékét, gyakorlati jelentőségét és alkalmazási lehetőségeit.

Az időjárási, légköri adatok esetében célszerű naponta (mindig az előző napra vonatkozóan) történő adatátadást kérni és azokat naponta feltölteni a HUMDA elemzési adatbázisába (ahonnan a közösségi közlekedési szolgáltatók is elérhetik és saját céljaikra történő felhasználáshoz le is tölthetik). De heti adatátadás sem lehetetleníti el a HUMDA által kitűzött célok megvalósítását.

Földrajzi információk

A járművek fogyasztását érdemben befolyásolják a domborzati viszonyok (hiszen emelkedőn több, lejtőn kevesebb energiát igényel a jármű mozgatása, ráadásul lejtőn még az akkumulátorba is visszatölthető némi energia), így a körültekintő elemzés feltételezi a vizsgált szakaszokon a domborzati jellemzők ismeretét (és azoknak a fogyasztásra gyakorolt hatásainak mérését, vagy kontrollálását). Emellett az útburkolat minősége, valamint a kanyarok száma és íve is érzékelhetően tudja befolyásolni a jármű energiafelhasználását. Ezeket az információkat célszerű a buszok által megtett utakon, a közösségi közlekedési szolgáltatás vonalhálózatához kapcsolódóan rögzíteni, ami térképi adatbázist (és célszerűen annak kezelésére, elemzésére alkalmas eszköz, szoftver meglétét is) feltételez.



17. ábra: Közöségi közlekedés vonalhálózata térinformatikai szoftverben²³

Egy külön erre irányuló projekt keretében így fel kell mérni az érintett települések vonalhálózatán az útburkolat minőségét (pl. jó/közepes/rossz állapotú, kátyús, macskaköves, térköves), és azt – a megálló elhelyezkedésével együtt – hozzá kell rendelni a térképi adatbázishoz. Ezen adatokat jól lehet használni vonalszintű elemzésekhez, illetve olyan vizsgálódáshoz, ahol egyetlen tényező áll a középpontban (pl. adott sofőr vezetési stílusának hatása a jármű fogyasztására, vagy járműtípusok

²³ <https://learn.arcgis.com/en/projects/visualize-the-expansion-of-public-transportation/>

fogyasztásának összevetése azonos körülmények között), és ezért fontos minden más, a megfigyelni kívánt jellemző értékét befolyásolni képes körülmény hatásainak kontrollálása.

Vonalhálózati és útminőség információk

A települési térképi adatokat (vonalhálózat, útburkolat minősége a vonalhálózaton, megállóhelyek koordinátái és nevei), a HUMDA adatbázisának építésével egyidejűleg – az érintett közösségi közlekedési szolgáltatók bevonásával és aktív közreműködésével, illetve általuk – kell létrehozni.

A vonalhálózatban, megállóhelyek számában/elhelyezkedésében, illetve az útburkolat minőségében bekövetkező változásokról a szolgáltatók haladéktalanul kötelesek információt küldeni a HUMDA számára, de legkésőbb az éves jelentésekben be kell számolniuk az ilyen jellegű változásokról (ezt meg kell jeleníteni a pályázati kiírásban szerződéses kötelezettségként, a kedvezményezett adatszolgáltatási kötelezettségei körében).

4.2 Szolgáltatóknál rendelkezésre álló adatok

A vonalhálózaton túl több olyan információ is van, amely szükséges a hatékony riportoláshoz (pl. buszok és töltők típusa és alapvető műszaki jellemzői) és elemzések elkészítéséhez, és amelyeket elsősorban, illetve leginkább hatékonyan a szolgáltatók ismernek és tudnak megadni a HUMDA számára.

Buszok alapvető műszaki jellemzői

A járműflottára és töltőberendezésekre vonatkozó információkat a támogatott projekt zárásakor kell átadni a HUMDA számára, előre meghatározott formátumban. Ugyanakkor amennyiben érdemi változás következik be az eszközök állapotában (pl. baleset miatt – időszakosan – üzemképtelenné válik, vagy valamely főelem cseréjére szorul, esetleg megtörtént az akkumulátor cseréje), arról haladéktalanul (de legkésőbb a következő – pl. havi – jelentésben, az esemény pontos időpontjának megjelölésével) tájékoztatást kell küldeni a HUMDA számára.

Buszok műszaki adatai		
Megnevezés	Mértékegység (ha van)	Adatrögzítés
Gyártó	-	Egyszeri
Típus	-	Egyszeri
Széricszám	-	Egyszeri
Rendszám (rég. típusú)	-	Egyszeri
Rendszám (új típusú)	-	Egyszeri
Hajtáslánc	E/H/T	Elektromos/Hidrogén/Troli
Kapacitás	M/SZ/CS	Midi/Szóló/Csuklás
Menetkész tömeg	kg	Egyszeri
Szállítható személyek száma	fő	Egyszeri
Akkupakk mérete	kWh	Egyszeri, kivéve ha változik
H ₂ tartály kapacitása (hidrogénüzem esetén)	kg	Egyszeri, kivéve ha változik
Nagyjavítás (főalkatrész csere)	éé.hh.nn	Esemény napján
Akkupakk csere	éé.hh.nn	Esemény napján

Az üzemi információk elemzésénél megjelennek majd a járművek menet közben történő meghibásodásának okát leíró hibakódok, amelyek értelmezéséhez – az elemzéshez szükséges struktúrában, a meghibásodásokat kezelhető számú kategóriákba rendezését is garantáló – hibakód listát is át kell adni HUMDA részére is.

Hibakód adatbázis			
Gyártói hibakód	Esemény leírása	Összevont kategória	Kategória neve
XXX	Ajtó nem nyílik ki	QQQ	Ajtó meghibásodás
YYY	Fényjelzés nem működik ajtónyitásnál/zárásnál	QQQ	Ajtó meghibásodás
ZZZ	Hangjelzés nem működik ajtónyitásnál/zárásnál	QQQ	Ajtó meghibásodás

Töltőberendezések alapvető műszaki jellemzői

A szolgáltatóknak az elektromos, illetve hidrogénüzemű buszok töltőberendezéseire vonatkozóan is meg kell adni az alapvető műszaki információkat. (És az esetleges tartós üzemszüneteket és nagyjavítások időpontjáról is tájékoztatni kell.)

Elektromos töltők műszaki adatai		
Megnevezés	Mértékegység (ha van)	Adatrögzítés
Gyártó	-	Egyszeri
Típus	-	Egyszeri
Szériaszám	-	Egyszeri
Töltő azonosító (pl. töltésmenedzsment rendszerben)	-	Egyszeri
Töltő névleges teljesítménye	kW	Egyszeri
Pontos elhelyezkedés	koordináta	Egyszeri
Nagyjavítás	éé.hh.nn	Esemény napján

Hidrogéntöltők műszaki adatai		
Megnevezés	Mértékegység (ha van)	Adatrögzítés
Gyártó	-	Egyszeri
Típus	-	Egyszeri
Szériaszám	-	Egyszeri
Töltő azonosító (pl. töltésmenedzsment rendszerben)	-	Egyszeri
Pontos elhelyezkedés	koordináta	Egyszeri
Nagyjavítás	éé.hh.nn	Esemény napján

Forda adatok

Elsősorban a közösségi közlekedési szolgáltatók érdeke, hogy jobban megismerjék a használt járműtípusok üzemi tapasztalatait, üzemeltetési költségeit befolyásoló jellemzőit. Több típus összehasonlítását csak azonos körülmények között érdemes elvégezni, vagy akár a sofőrök vezetési gyakorlatának (és az energiafelhasználás „sofőr által befolyásolható” részének, nagyságrendjének) vizsgálatát azonos forgalmi és domborzati viszonyok között, és lehetőleg azonos időjárás és utasszám mellett érdemes lefolytatni (illetve ezen utóbbi adatokban adódó esetleges eltérések hatásait megfelelő módszerekkel ki lehet szűrni, azokra lehet kontrollálni). Ehhez pontos információkkal kell rendelkezni a járművek helyzetéről, úticéljairól, amelyet a fordák alapján lehet a legegyszerűbben bevonni az elemzésbe. Ezek az információk természetesen a szolgáltatók rendelkezésére állnak és azokat használni is tudják saját elemzéseikhez.

FORDÁK - sablon		
Forda kódja		
Forda időszaki jellege	MNI, MNISZ, HV, ÜN	Munakanap (iskolai napokon), Munkanap (tanszüneti napokon), Hétvégi nap, Munkaszüneti/Ünnepnap
Adott időszak naptári napjai	éé.hh.nn -tól éé.hh.nn -ig	(naptári napok)
Üzemkezdés	óó.pp.mm	
Kiállítás 1. viszonylat megkezdéséhez (rezi)	km	
1. viszonylat		viszonylat száma
Szolgáltatás megkezdése 1. viszonylaton	óó.pp.mm	
Szolgáltatás befejezése 1. viszonylaton	óó.pp.mm	
Teljesített hasznos km	km	
Rezsifutás következő viszonylathoz	km	
Forda befejezése	km	

Ugyanakkor ezek az információk a HUMDA által elvégezni kívánt elemzésekhez is kulcsfontosságúak, így az adott időszakokra érvényes fordákat – a HUMDA által megadott, fentiekben látható struktúrában (színnel kiemelt viszonylat információkat az adott forda keretében szolgáltatott járatok számának megfelelően) – át kell adni a HUMDA részére is, azok változásairól pedig haladéktalanul (de legkésőbb az adott időszakra vonatkozó jelentés benyújtásával egyidejűleg) tájékoztatni kell a HUMDA-t.

4.3 Járművek által gyűjtött üzemi adatok

A legszélesebb adatkört a járművek által gyűjtött információk jelentik. A buszok üzeméhez, fordáihoz kapcsolódó információkat nagyobb részben a jármű elektronikus rendszerei állítják elő és továbbítják a járműben a gyártó által erre kialakított „jármű adatbázisba”. Ezen információkat kell majd áttölteni a jármű adatbázisból a szolgáltatók, illetve a HUMDA által üzemeltetett adatbázisba, hogy azok felhasználhatók legyenek a szolgáltatók, illetve a HUMDA által megfogalmazott riportolási és elemzési célokra.

Az alábbi információk előállítását, rögzítését és napi kinyerésének biztosítását kell szállítási feltételként megfogalmazni a beszerezni kívánt buszok szállítói felé.

Koncepció alternatív meghajtású autóbuszok üzemeltetési monitoring rendszerének kialakítására

Adatkör	Kód	Név	Tárolási formátum	Adatrögzítés gyakorisága/időpontja	Mérték-egység	Leírás
Jármű azonosító	VID 000	Jármű azonosítója HUMDA elemzési adatbázisban	-----	Üzemkezdéskor	8 jegyű kód	Az adott jármű beazonosítására szolgáló adatsor (forgalmi rendszám, vagy egyedi azonosítást lehetővé tevő 8 jegyű kód, amely alapján jármű adatbázisból hozzáférhető a jármű műszaki adatai - pl. 1-4 számjegy: település irányítószáma, 5. érték: e/h/t - elektromos/hidrogén/troli, 6-7-8. érték jármű sorszáma (pl. 001).
	VID111	Jármű azonosítója szolgáltatónál - praktikus a rendszám	-----	Egyszeri	8 digit	
						Jármű forgalmi rendszáma
Forda információ	DAT 000	Adatrögzítés napja (dátum)	----/---/---	Üzemkezdéskor	év/hónap/nap	
	FID 000	Forda	-----	Folyamat megkezdésekor	6 jegyű kód	Az adat jelzi, hogy az adott azonosító busz éppen melyik fordában közlekedik a településen. Az azonosító segítségével külső adatbázisból le lehet kérni a forda pontos
	FST 000	Forda megkezdése	--:--:--	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	FFT 000	Forda befejezése	--:--:--	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	FKM 000	Forda során megtett távolság	-----	Folyamat megkezdésekor	km	
Járat információk	RID 000	Járatszám	-----	Folyamat megkezdésekor	6 jegyű kód	Az adat jelzi, hogy az adott azonosító busz éppen milyen járatszámmal közlekedik a településen. Az azonosító segítségével külső adatbázisból (utastájékoztató) be lehet hívni a járat pontos adatait.
	RAZ001	Járat azonosító (vonalszáma + napi járat száma)	-----/---		6 számjegy	
	RST 000	Járat megkezdése	--:--:--	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	KMM100	Jármű által megtett kilométerek járat megkezdésénél	-----	Folyamat megkezdésekor	8 számjegy	
	KMM 200	Kilométeróra állása a megállóba érkezéskor	-----	Megálláskor	8 számjegy	
	RFT 000	Járat befejezése	--:--:--	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	KMM300	Jármű által megtett kilométerek járat befejezésénél	-----	Folyamat befejezésekor	8 számjegy	
	RKM 000	Járat során megtett távolság	-----	Folyamat megkezdésekor	km	
	DKM 000	Napi üzem során megtett távolság	-----	Üzem végén	km	
	DEC 000	Napi üzem során fogyasztott energia	-----	Üzem végén	kWh	
	RTL 000	Busz pontos helyzete		Percenként	koordináták	
	BSA 000	Busz érkezése adott megállóba	--:--:--	Megállóba érkezés, megállás	óó:pp:mm	A 6 jegyű kód számai mutatják, hogy az adott járat hányadik (pl. 001, 002) megállójába mikor érkezett, s mikor indult onnan.
	BSD 000	Busz indulása adott megállóból	--:--:--	Megállóból elindulás	óó:pp:mm	

Koncepció alternatív meghajtású autóbuszok üzemeltetési monitoring rendszerének kialakítására

Adatkör	Kód	Név	Tárolási formátum	Adatrögzítés gyakorisága/időpontja	Mértékegység	Leírás
Hőmérséklet-szabályozás	TMP 100	Belső hőmérséklet, első szekció	--'--	Percenként	°C	Ha a busz szekciókra, zónákra van bontva, s több helyen lehetséges a hőmérsékletmérés, akkor szekcióként kell mérni, ha nem, akkor egységesen.
	TMP 200	Belső hőmérséklet, második szekció	--'--	Percenként	°C	
	TMP 300	Belső hőmérséklet, harmadik szekció	--'--	Percenként	°C	
	TMP 900	Belső hőmérséklet, sofőrfulke	--'--	Percenként	°C	
	ACC 001	Légkondicionáló hűtési módban, adott fokozaton, 1. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	Rendszeres (percenként) adatrögzítés során be van-e kapcsolva a légkondicionáló? (Ha szekcionált a légkondicionálás, akkor adott zónában üzemel-e?)
	ACC 002	Légkondicionáló hűtési módban, adott fokozaton, 2. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	ACC 003	Légkondicionáló hűtési módban, adott fokozaton, 3. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	ACC 009	Légkondicionáló hűtési módban, adott fokozaton, sofőrfulke	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	ACH 100	Légkondicionáló fűtési módban, adott fokozaton, 1. zóna	--	Percenként	%	Bekapcsolt légkondicionáló fokozata a mérés pillanatában, adott zónában (fokozatmentes esetben %-os érték, fokozatok esetén a fokozatok alapján kialakított %-os érték)
	ACH 200	Légkondicionáló fűtési módban, adott fokozaton, 2. zóna	--	Percenként	%	
	ACH 300	Légkondicionáló fűtési módban, adott fokozaton, 2. zóna	--	Percenként	%	
	ACH 900	Légkondicionáló fűtési módban, adott fokozaton, sofőrfulke	--	Percenként	%	
	HFH 001	Fűtőszálas fűtés, adott fokozaton, 1. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	Rendszeres (percenként) adatrögzítés során be van-e kapcsolva az elektromos (pl. fűtőszálas) fűtés? (Ha szekcionált a fűtés, akkor adott zónában üzemel-e?)
	HFH 002	Fűtőszálas fűtés, adott fokozaton, 2. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	HFH 003	Fűtőszálas fűtés, adott fokozaton, 3. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	HFH 009	Fűtőszálas fűtés, adott fokozaton, sofőrfulke	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	HFH 100	Fűtőszálas fűtés, adott fokozaton, 1. zóna	--	Percenként	%	Bekapcsolt elektromos fűtés fokozata a mérés pillanatában, adott zónában (fokozatmentes esetben %-os érték, fokozatok esetén a fokozatok alapján kialakított %-os érték)
	HFH 200	Fűtőszálas fűtés, adott fokozaton, 2. zóna	--	Percenként	%	
	HFH 300	Fűtőszálas fűtés, adott fokozaton, 3. zóna	--	Percenként	%	
	HFH 900	Fűtőszálas fűtés, adott fokozaton, sofőrfulke	--	Percenként	%	
	DHH 001	Olajkályhás fűtés, adott fokozaton, 1. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	Rendszeres (percenként) adatrögzítés során be van-e kapcsolva az olajfűtés? (Ha szekcionált a fűtés, akkor adott zónában üzemel-e?)
	DHH 002	Olajkályhás fűtés, adott fokozaton, 2. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	DHH 003	Olajkályhás fűtés, adott fokozaton, 3. zóna	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	DHH 009	Olajkályhás fűtés, adott fokozaton, sofőrfulke	--	Mérésnél - percenként	0/1	
	DHH 100	Olajkályhás fűtés, adott fokozaton, 1. zóna	--	Percenként	%	Bekapcsolt olajfűtés fokozata a mérés pillanatában, adott zónában (fokozatmentes esetben %-os érték, fokozatok esetén a fokozatok alapján kialakított %-os érték)
	DHH 200	Olajkályhás fűtés, adott fokozaton, 2. zóna	--	Percenként	%	
	DHH 300	Olajkályhás fűtés, adott fokozaton, 3. zóna	--	Percenként	%	
	DHH 900	Olajkályhás fűtés, adott fokozaton, sofőrfulke	--	Percenként	%	
	ACU 000	Légkondicionáló energiafogyasztása	--'--	Percenként	kWh	Bekapcsolt légkondicionáló esetén percenként kell mérni az elektromos áramfogyasztást.
	HFU 000	Fűtőszálas fűtés energiafogyasztása	--'--	Percenként	kWh	Bekapcsolt elektromos fűtés esetén percenként kell mérni az elektromos áramfogyasztást.

Konceptió alternatív meghajtású autóbuszok üzemeltetési monitoring rendszerének kialakítására

Adatkör	Kód	Név	Tárolási formátum	Adatrögzítés gyakorisága/időpontja	Mérték-egység	Leírás
Menetdinamika	AVS 000	Átlagsebesség	---	Percenként	km/h	
	AVC 000	Átlagfogyasztás	---	Percenként	kWh/km	
	APO 001	Gázpedál nyitás	_:._:._	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	APO 002	Gázpedál vissza semleges állásba	_:._:._	Folyamat befejezése	óó:pp:mm	
	BPO 001	Fékpédál nyitás	_:._:._	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	Pedálnyitás esetén, ha mérhető, a pedál lenyomásának mértékét is
	BPO 002	Fékpédál vissza semleges állásba	_:._:._	Folyamat befejezése	óó:pp:mm	meg lehet adni %-os formában.
	REC 000	Rekuperáció kezdés	_:._:._	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	Rekuperáció: fékezésakor, guruláskor, lejtőn lefelé menetben.
	REC 000	Rekuperáció vége	_:._:._	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	Rekuperáció: fékezésakor, guruláskor, lejtőn lefelé menetben.
	REE 000	Rekuperációból visszanyert energia	---	Percenként	kW	Előző percben - ha történt rekuperáció - visszatöltött energia.
	SWH 100	Kormányfordítás kezdete	---	Folyamat megkezdésekor	0/1	
	SWH 200	Kormányfordítás vége	---	Folyamat megkezdésekor	0/1	
Légnyomás	TAP 001	Légnyomás JE gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 002	Légnyomás BE gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 003	Légnyomás JH belső gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 004	Légnyomás JH külső gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 005	Légnyomás BH belső gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 006	Légnyomás BH külső gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 007	Légnyomás csukló J belső gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 008	Légnyomás csukló J külső gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 009	Légnyomás csukló B belső gumibroncsban	---	Percenként	bar	
	TAP 010	Légnyomás csukló B külső gumibroncsban	---	Percenként	bar	
Tengelyterhelés	AXL 000	Tengelyterhelés	---	Percenként	kg	
	AXL 100	Tengelyterhelés ajtónyitáskor	---	Folyamat megkezdésekor	kg	
	AXL 200	Tengelyterhelés ajtózáráskor	---	Folyamat megkezdésekor	kg	

Adatkör	Kód	Név	Tárolási formátum	Adatrögzítés gyakorisága/időpontja	Mérték-egység
Akkumulátor	BSC 000	Akkumulátor töltöttségi szintje		Percenként	
	BSC 100	Akkumulátor töltöttségi szintje járat megkezdésekor		Folyamat megkezdésekor	
	BSC 200	Akkumulátor töltöttségi szintje járat befejezésekor		Folyamat megkezdésekor	
	BSC 300	Akkumulátor töltöttségi szintje töltés megkezdésekor		Folyamat megkezdésekor	
	BSC 400	Akkumulátor töltöttségi szintje töltés befejezésekor		Folyamat megkezdésekor	
	BCS 000	Akkumulátor töltésének kezdete (töltőn keresztül)	_:._:._	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	BCF 000	Akkumulátor töltésének vége (töltőn keresztül)	_:._:._	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	BAT 000	Akkumulátor átlaghőmérséklete	---	Percenként	°C
Üzemanyag	HTP 000	Hidrogéntartály nyomás	---	Percenként	bar

Koncepció alternatív meghajtású autóbuszok üzemeltetési monitoring rendszerének kialakítására

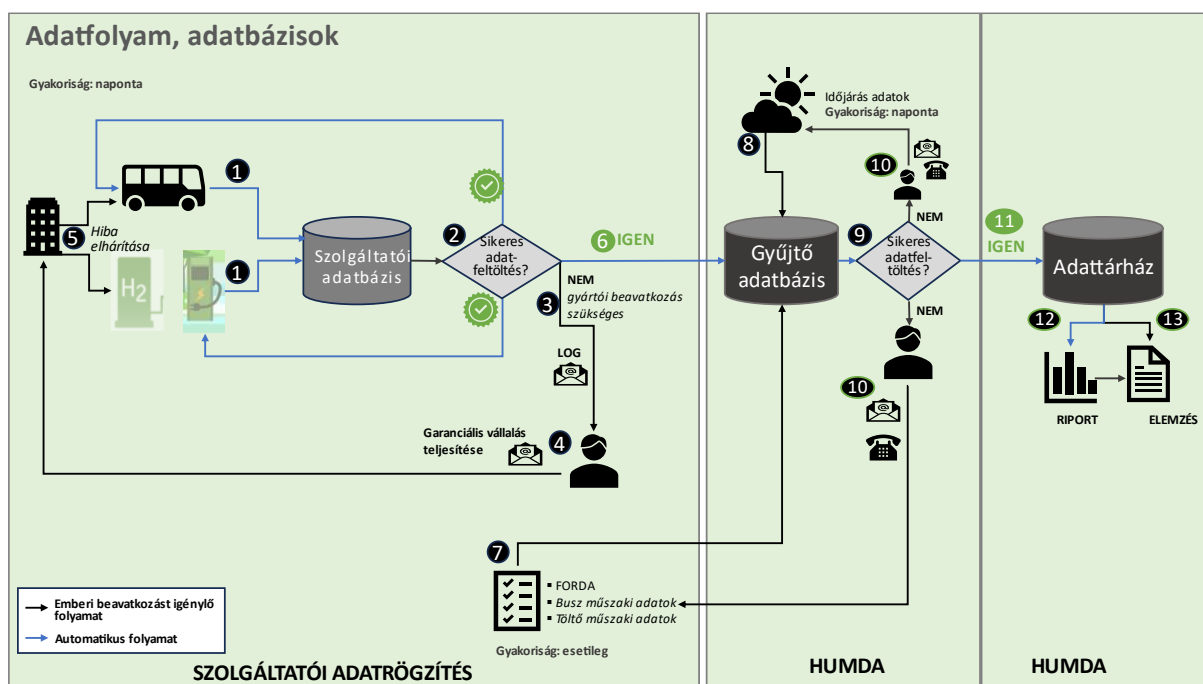
Adatkör	Kód	Név	Tárolási formátum	Adatrögzítés gyakorisága/időpontja	Mérték-egység
Ajtók	DOC 111	Első ajtó nyitás indítása	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	DOC 112	Első ajtó nyitás megtörtént	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	0/1
	DOC 121	Első ajtó zárás indítása	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	DOC 122	Első ajtó zárás megtörtént	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	0/1
	DOC 211	Második ajtó nyitás indítása	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	DOC 212	Második ajtó nyitás megtörtént	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	0/1
	DOC 221	Második ajtó zárás indítása	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	DOC 222	Második ajtó zárás megtörtént	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	0/1
	DOC 311	Harmadik ajtó nyitás indítása	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	DOC 312	Harmadik ajtó nyitás megtörtént	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	0/1
	DOC 321	Harmadik ajtó zárás indítása	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	DOC 322	Harmadik ajtó zárás megtörtént	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	0/1
	DOC 411	Negyedik ajtó nyitás indítása	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	DOC 412	Negyedik ajtó nyitás megtörtént	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	0/1
	DOC 421	Negyedik ajtó zárás indítása	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm
	DOC 422	Negyedik ajtó zárás megtörtént	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	0/1

Adatkör	Kód	Név	Tárolási formátum	Adatrögzítés gyakorisága/időpontja	Mérték-egység	Leírás
Elektromos busztöltők	EID 000	Elektromos töltő azonosítója	_____	Töltés megkezdésekor	8 jegyű kód	Az adott töltő beazonosítására szolgáló adatsor (pl. 1-4 számjegy: település irányítószáma, 5. érték: e/h - elektromos/hidrogén, 6-7-8. érték töltő sorszáma adott szolgáltatónál (pl. 001)
	VID 000	Jármű azonosítója	_____	Töltés megkezdésekor	8 jegyű kód	Az adott jármű beazonosítására szolgáló adatsor (forgalmi rendszám, vagy egyedi azonosítást lehetővé tevő 8 jegyű kód, amely alapján jármű adatbázisból hozzárendelhetők a jármű műszaki adatai - pl. 1-4 számjegy: település irányítószáma, 5. érték: e/h/t - elektromos/hidrogén/troli, 6-7-8. érték jármű sorszáma (pl. 001)
	ECS 000	Töltés kezdete	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	ECF 000	Töltés vége	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	ECN 000	Hálózatból felvett energia	_____	Folyamat végén	kWh	
	ECB 000	Buszba töltött energia	_____	Folyamat végén	kWh	
	ECN 100	Hálózatból felvett energia	_____	Percenként	kWh	
	ECB 100	Buszba töltött energia	_____	Percenként	kWh	
Hidrogén töltő	HID 000	Hidrogén töltő azonosítója	_____	Töltés megkezdésekor	8 jegyű kód	Az adott töltő beazonosítására szolgáló adatsor (pl. 1-4 számjegy: település irányítószáma, 5. érték: e/h - elektromos/hidrogén, 6-7-8. érték töltő sorszáma adott szolgáltatónál (pl. 001)
	VID 000	Jármű azonosítója	_____	Töltés megkezdésekor	8 jegyű kód	Az adott jármű beazonosítására szolgáló adatsor (forgalmi rendszám, vagy egyedi azonosítást lehetővé tevő 8 jegyű kód, amely alapján jármű adatbázisból hozzárendelhetők a jármű műszaki adatai - pl. 1-4 számjegy: település irányítószáma, 5. érték: e/h/t - elektromos/hidrogén/troli, 6-7-8. érték jármű sorszáma (pl. 001)
	HCS 000	Töltés kezdete	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	HCF 000	Töltés vége	__ : __ : __	Folyamat megkezdésekor	óó:pp:mm	
	HCB 000	Buszba töltött hidrogén mennyisége	_____	Folyamat végén	kg	
	TCS 000	Hidrogéntartály nyomása töltés kezdetén	_____	Töltés megkezdésekor	bar	
	TCF 000	Hidrogéntartály nyomása töltés végén	_____	Töltés végén	bar	

5 Adatok rögzítése, adatbázis struktúra

A fentiekben meghatározott adatok többsége – az időjárásra vonatkozó információk kivételével – a szolgáltatóknál keletkezik, és a szolgáltatók adják át (elsőként egy gyűjtő adatbázisnak, ahonnan – minőségi ellenőrzést és rendszerezést követően – továbbításra kerül) a HUMDA által létrehozott Adattárháznak, amely az adatokat feltöltő üzemeltetők számára hozzáférést biztosít saját információikhoz, és egy kiterjedt riportolási és elemzési eszköztárral segíti az adatok feldolgozását.

Az adatok és információk áramlását tekinti át az alábbi ábra.



5.1 Adatrögzítés a szolgáltatók által létrehozott adatbázisba

A legtöbb adatot a buszok, illetve a töltők generálják, ezek mindegyike az őket üzemeltető közösségi közlekedési szolgáltatónál keletkezik, és annak tulajdonát képezi.

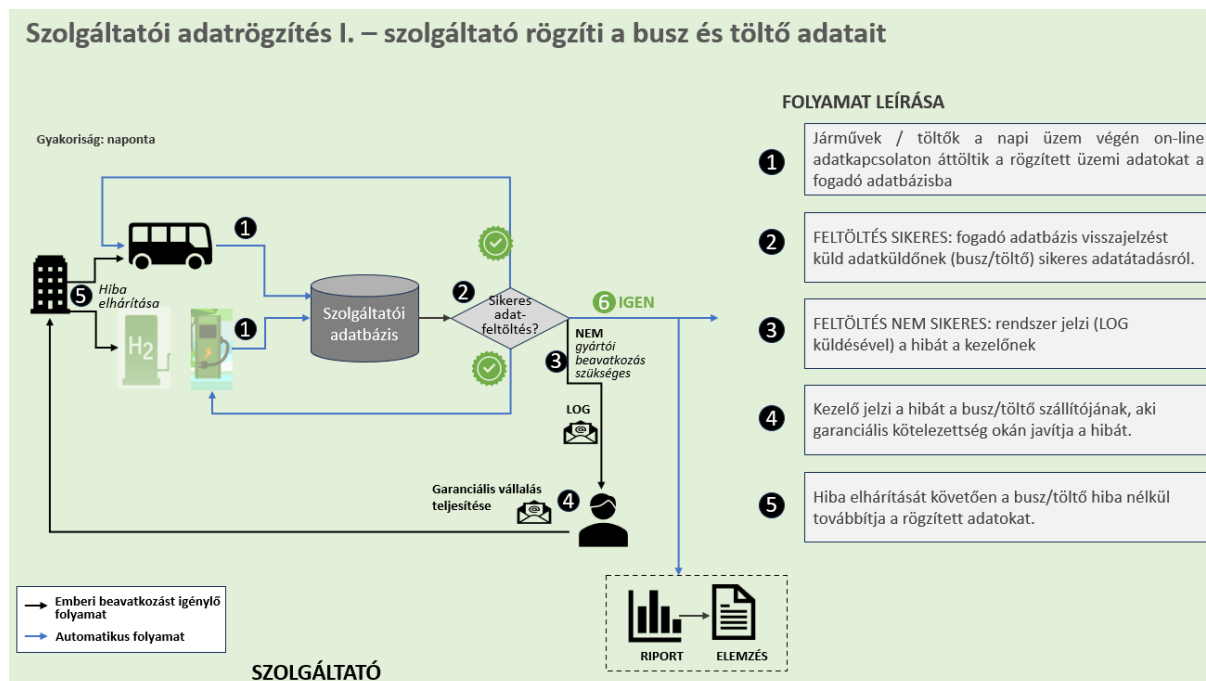
A járműveket és töltőberendezéseket úgy kell beszerezni, hogy azok a 3.3. fejezetben meghatározott adatokat – percenként, illetve megadott eseményekhez kötötten, azok folyamatához/lefolyásához (pl. ajtónyitás, légkondicionáló/fűtés bekapcsolása és fokozatváltásai, töltési folyamat) illeszkedve rögzítsék és tárolják el a jármű (illetve a töltő) erre a célra kialakított adattároló egységében.

Ezek az információk buszok esetében a napi menet/forda végén (praktikusan amikor a forgalomirányítási/utastájékoztatói rendszer rögzíti a napi üzem végét), töltők esetében minden nap reggel 6:00-kor (az előző napon megkezdett – és esetleg az adatrögzítés napján befejezett – töltési folyamatával bezárólag) egy automatizmus útján áttöltésre kerülnek a szolgáltatónál kifejezetten ezen adatok tárolására kialakított adatbázisba.

Az adatfeltöltésről az adatbázis visszajelzést küld a jármű számára. Amennyiben az adatok áttöltése valamilyen okból megszakadt, vagy a feltöltött adatok – formai ellenőrzést követően – nem felelnek meg a minimum formai/minőségi elvárásoknak (pl. túl sok a hiányzó, vagy a jármű által nem megfelelő formátumban rögzített adat), arról naplót készít a rendszer és tájékoztató e-mailt küld a rendszert felügyelő informatikusnak.

Az adatfeltöltési hibáról / hiányosságról tájékoztatott informatikus

- ellenőrzi a feltöltött adatok megfelelőségét, minőségét,
- indokolt esetben jelzi a jármű gyártója/szállítója felé, hogy az adatrögzítés, -tárolás nem megfelelő minőségben történik (amire a gyártó/szállító garanciát vállalt a szerződés aláírásakor), és kezdeményezi a hiba kijavítását.



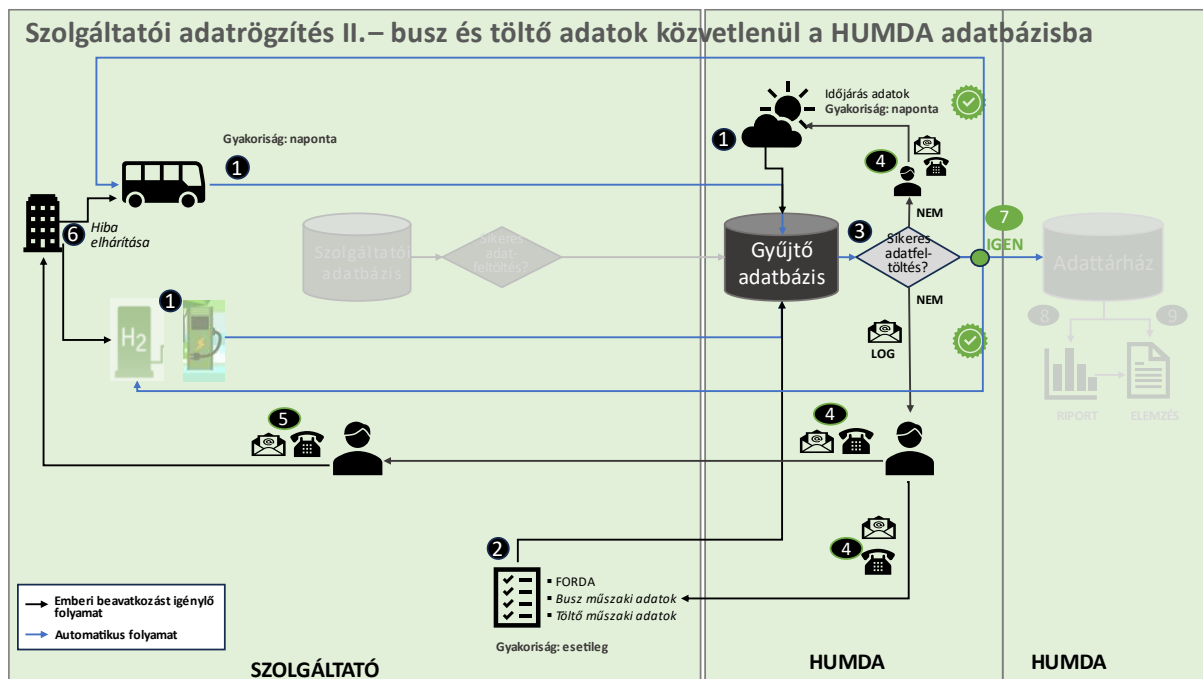
A szolgáltatók a felvázolt rendszerben, struktúrában és gyakorisággal előálló adatokat saját üzemszervezési gyakorlatuk monitorozására, hatékonyságának javítására használhatják. Ehhez célszerű napi, heti, negyedéves és éves jelentéseket definiálni és készíteni, amelyek előnye, hogy automatikusan, vagy nagyon kevés munkával generálhatók, és azonos struktúra és időszakok miatt egyszerűen, gyorsan lehet időbeli, vagy más szempontok mentén végzett összehasonlításokra is használni azokat. Ilyen, a szolgáltatók üzemeltetési gyakorlatához illeszkedő, hasznos információkat kiemelő riportokra vonatkozó javaslatokat fogalmaz meg az 5.1. fejezet.

Az szolgáltatói adatbázisból évente 4 alkalommal továbbítják a HUMDA számára a 3.3. fejezetben meghatározott információkat a szolgáltatók (január, április, június, október hónapok minden napjára vonatkozó információkat a következő hónap 10. napjáig kell átadni a HUMDA-nak).

5.2 Adatrögzítés közvetlenül a HUMDA gyűjtő adatbázisba

A szolgáltatóknak azonban nem szükséges a járművek és töltők üzemi adatainak gyűjtésére önálló adatbázist, IT infrastruktúrát építeni ahhoz, hogy az adatok alapján riportokat készíthessenek, elemzéseket végezzenek és az ebből származó információkat felhasználhassák az üzemszervezési döntésekhez. A HUMDA biztosítja ugyanis minden szolgáltató számára az általa feltöltött adatokhoz való – folyamatos és korlátlan – hozzáférést, és lehetővé teszi, hogy azok alapján – előre meghatározott időszakokra (akár naponta, hetente) és tartalommal/struktúrában – riportokat generáljanak, eseti lekérdezéseket végezzenek, vagy akár az adatok kiexportálását követően azokon mélyreható elemzéseket végezzenek. Azon szolgáltatók tehát, akik nem tudnak, vagy nem kívánnak saját adatbázist létrehozni és üzemeltetni, a buszokból és töltőkből kinyert adatokat közvetlenül a HUMDA gyűjtő adatbázisába tölthetik. Így megtakaríthatják a saját adatbázis és adatrögzítési rendszer kialakításához

kapcsolódó költségeket, és egy (az Adattárház által kínált) magas funkcionalitású, elemző és vizualizációs eszközökkel rendelkező felületen tudnak előre definiált és egyedi lekérdezéseket, riportokat generálni, elemzéseket végezni, ábrákat, grafikonokat készíteni.



Ez esetben tehát a HUMDA gyűjtő adatbázisa fogadja a járművek és töltők által továbbított napi információkat, és a HUMDA gyűjtő adatbázisa küldi a sikeres feltöltésről szóló visszajelzést automatikusan az adatokat küldő jármű, illetve töltő számára. Hibás, elégtelen, vagy meghíúsult feltöltés esetén a HUMDA gyűjtő adatbázisa értesíti a HUMDA illetékes (informatikus) ügyintézőjét, aki a sikertelen feltöltésről szóló értesítést, naplófájl (log) alapján kezdeményezi az adatokat küldő szolgáltatónál a küldési hiba kijavításával kapcsolatos intézkedést.

Ugyanezen gyűjtő adatbázisba érkeznek a negyedóránként rögzített meteorológiai információk is, amelyek sikertelen/hiányos/meghiúsult feltöltéséről szintén jelzést küld a rendszer a HUMDA ügyintézőjének, aki kezdeményezi a hiba kijavítását az adatszolgáltatónál.

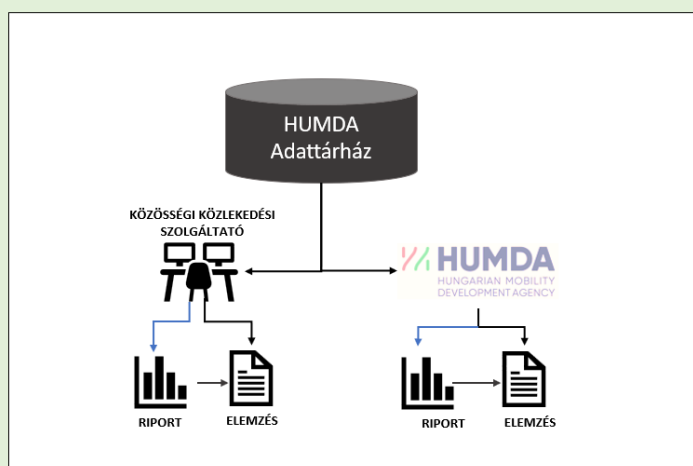
A gyűjtő adatbázisba kerülnek feltöltésre a szolgáltatóktól származó további (fordákra vonatkozó adatok, buszok és töltő műszaki adatai) információk is. A gyűjtő adatbázisból pedig a hosszú távú felhasználási célokat kiszolgáló struktúrában történő tárolásra alkalmas formátumban kerülnek áttöltésre az adatok az Adattárházba.

5.3 HUMDA Adattárház

A HUMDA Adattárházában több település több szolgáltatójától származó, azonos struktúrában és tartalommal tárolt, ám különféle jármű- és töltőtípusokra vonatkozó adatok az alternatív hajtási módok üzemi tapasztalatainak széleskörű elemzését teszik lehetővé. Így az Adattárházban tárolt információkat nem csak az azokat feltöltő szolgáltatók, hanem a HUMDA is jól tudja hasznosítani.

Rendszeres riportok készíthetők a program és annak egyes pályázati fordulójának eredményeiről (pl. elektromos buszokkal megtett járműkilométerek), valamint a program céljainak teljesüléséről, vagy azok irányába történő előrehaladásokról (pl. elektromos/hidrogén/troli buszokkal szállított utasok, kiváltott szén-dioxid kibocsátás).

HUMDA adattárház



→ Emberi beavatkozást igénylő folyamat
→ Automatikus folyamat

ADATTÁRHÁZ szolgáltatásai

SZOLGÁLTATÓ számára az általa feltöltött adatokból **előre definált** riportokat generál a rendszer

SZOLGÁLTATÓ **egyedi/eseti** riportokat készíthet az általa feltöltött adatok alapján

SZOLGÁLTATÓ **exportálhatja** az általa feltöltött **adatok tetszőleges körét** és egyedi elemzéseket végezhet

HUMDA számára **előre definált** riportokat generál a rendszer

HUMDA **egyedi/eseti** riportokat készíthet a rendszerben tárolt adatok alapján

HUMDA **exportálhatja** rendszerben tárolt **adatok tetszőleges körét** és egyedi elemzéseket végezhet

Az egyedileg készíthető riportok egy-egy eseti kérdés, konkrét információigény esetén biztosíthatnak gyors választ, illetve a program eredményeinek meghatározott szempontok mentén/tükrében történő értékelését, prezentálását teszik lehetővé.

A folyamatosan bővülő adatmennyiséggel végzett egyedi elemzések segíthetnek felismerni mélyebb összefüggéseket (töltési teljesítmény és az időjárási viszonyok kapcsolata, akku teljesítmény különböző időjárási viszonyok mellett), illetve megbízható eredményekkel segíthetik az üzemeltetést (pl. adott vonalon, hasonló időjárási körülmények és forgalmi viszonyok között, többváltozós módszerrel vizsgálható, hogyan befolyásolják a sofőrök vezetési stílusának különbözőségei a járművek fogyasztását). Ilyen elemzések nem csak az üzemeltetők számára értékesek, de hasznos visszacsatolásokat adhatnak az alternatív meghajtású buszok beszerzését és elterjedését ösztönözni kívánó szakpolitikának.

6 Riportok

A rendszerezett adatok alapján mind a szolgáltatók, mind a HUMDA rendszeres riportokat készíthet, amelyek információtartalma segítheti a szolgáltatókat a kiszámítható és hatékony üzemeltetés előmozdításában, a HUMDA-t pedig a program előrehaladásának megbízható információkon alapuló monitorozásában, és eredményeinek láthatóvá tételében.

A fentiekben bemutatott adatgyűjtési rendszer elsődleges célja, hogy a közösségi közlekedési szolgáltatók tudják jól hasznosítani a járművek technológiai színvonala, jellemzői miatt előálló adatokat. Ugyanakkor az így összegyűjtött és rendszerezett információkat a HUMDA is jól fel tudja használni saját célkitűzéseinek monitorozására.

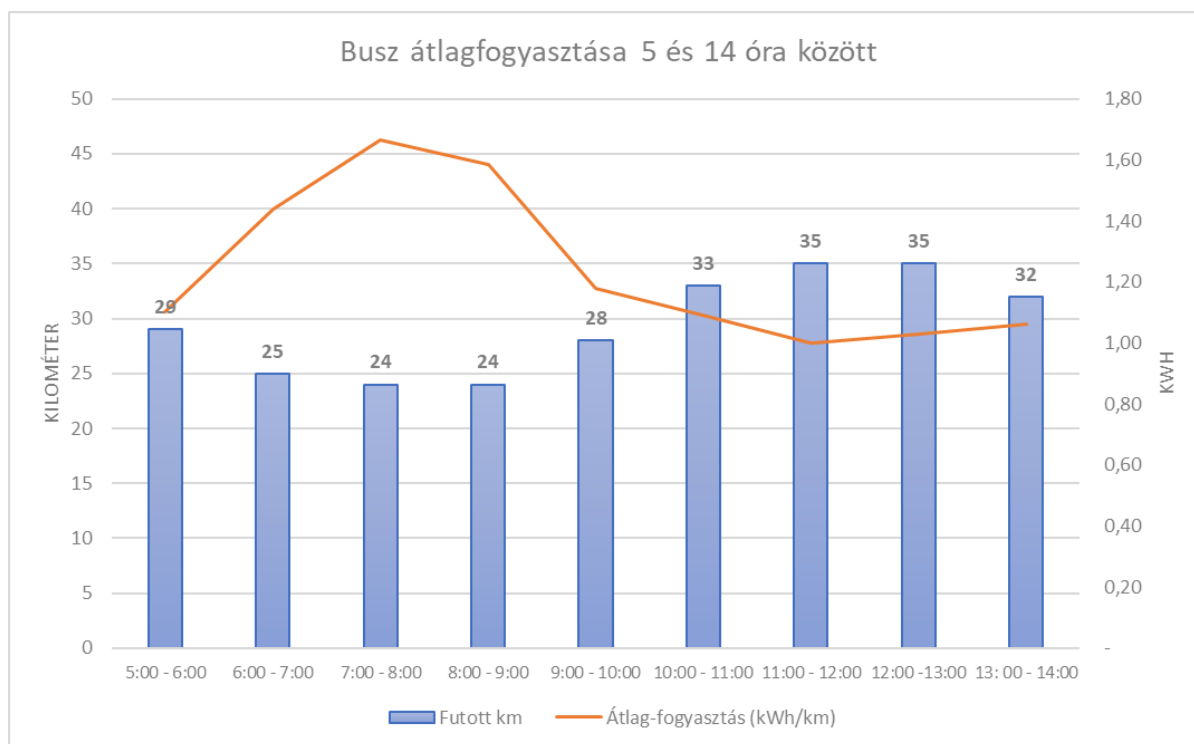
Az alábbiakban bemutatunk néhány példát, amelyek szemléltetik az elkészíthető riportokat, s azok felhasználási lehetőségeit.

6.1 Szolgáltatók szempontjai mentén generálható riportok

A közösségi közlekedési vállalatok számára kiemelten fontos a kilométerekre vetített energiafogyasztás, hiszen a költségek igen jelentős része ebből ered. A megtett távolságok és az akkumulátor töltöttségi szintjének változása alapján becsült fogyasztás óránként történő összevetésével árnyaltabb képet lehet kapni arról, hogy egy-egy jármű a napi menet különböző időszakaiban milyen hatékonysággal működik, illetve hogyan alakul az energiafelhasználás megoszlása a napi menet, fordá során. Ennek ismeretében jobban tervezhetők az esetleges napi töltési kiállások, és jobban megteremthető a fordák hosszának és a járművek hatótávolságának az összhangja (ami szerencsés esetben hosszabb fordákhoz és a járművek jobb kihasználtságához vezethet). Ezzel az alábbi riport hozzájárulhat a szolgáltatás hatékonyságának növekedéséhez. Napi, heti, havi és éves összesítések is generálhatók.

Dátum	2023. _ _ _ _						
Jármű azonosító	-----						
					IDŐJÁRÁS		
					Átlaghő- mérséklet (°C)	Égkép (napsütés, részben felhős stb.)	Csapadék (NINCS, vagy csapadék típusa)
Idő (óra:perc)	Elfogyasztott energia (kWh)	Futott km	Átlagfogyasztás (kWh/km)	Szállított utas			
5:00 - 6:00	32	29	1,10				
6:00 - 7:00	36	25	1,44				
7:00 - 8:00	40	24	1,67				
8:00 - 9:00	38	24	1,58				
9:00 - 10:00	33	28	1,18				
10:00 - 11:00	36	33	1,09				
11:00 - 12:00	35	35	1,00				
12:00 - 13:00	36	35	1,03				
13:00 - 14:00	34	32	1,06				
...							
ÖSSZEZŐ SOR	320	265	1,24				

A példaként hozott számok alapján egy fogyasztási görbe hozható létre, mely jól szemlélteti egy-egy busz fogyasztásának alakulását a napi menet különböző időszakaiban (Pl. a reggeli órákban, például a dugók miatti folyamatos alaphelyzetből való indulás, és a nagyobb utasszám által megnövekedett tengelyterhelés miatt a buszok jelentősen magasabb fogyasztást produkálnak, így az igazán megterhelő szakaszokon közlekedő buszoknál az előzetes várakozásoktól/átlagostól eltérhet a napi megtehető távolság.) A fogyasztásban megragadható, különböző napszakokra jellemző különbségek ismeretében lehet csak kellően hatékonyan tervezni a fordákat



Ezen felül, az adatok folyamatos mérésével adott buszvonalakra meg lehet határozni egy átlagos fogyasztást, mely segíthet a szolgáltatóknak abban, hogy az esetleges kiugró napi értéket azonnal észrevegyék, és ki tudják vizsgálni az okát (például műszaki hiba, vagy jelentős eltérés a sofőrök vezetési stílusában).

Az egyes járművek szintjén is érdemes az üzemeltetés szempontjából legfontosabb információkat – pl. futásteljesítmény, felhasznált energia, segédüzemek használata, meghibásodások – figyelemmel kísérni, erre szolgál az alábbi struktúrában készülő, napi, heti, havi, negyedéves és éves szinten is előállítható riport is.

[illegible]

A töltőberendezésekből kinyert adatok alapján is készíthetők riportok. A világszinten számos típusú töltőberendezés érhető el, s fontos tapasztalatokat lehet szerezni azzal kapcsolatban, hogy melyik töltőtípus milyen gyorsan és milyen hatékonysággal tud buszokat tölteni. Megfelelő információk alapján meg lehet határozni, hogy egy töltőberendezés hány busz kiszolgálását tudja biztosítani (kellően gyors és problémamentes töltés esetén egy elektromos töltőberendezés több buszt is ki tud szolgálni egy nap/éjszaka során). Ez jelentősen csökkentheti a közösségi közlekedési vállalatok beruházási költségeinek összegét, hiszen a töltőberendezések beszerzési árai magasak. Az elektromos busz flotta napi töltésének időbeli kiterjesztése pedig egységesebb és tervezhetőbb energiafelhasználáshoz vezet, ami alacsonyabb energia vételezési kapacitással is megvalósítható (ez pedig az energiaellátási rendszer országos szinten jelentkező kapacitáshűkösségei ismeretében fontos eredmény lehet).

A hidrogénmeghajtású járművekkel kapcsolatos üzemeltetési tapasztalatok alacsony szintje szükségessé teszi minél több részlet megismerését, így nem érdektelen a buszok tartályainak különböző töltöttségi szintje mellett jellemző töltési idő és az azt befolyásoló körülmények monitorozása.

Az adatok felhasználásával meghibásodási riportok is készíthetők. Ezeket nagyobb időszakokra, havi, negyedéves és éves szinten érdemes elkészíteni. Áttekinthetően összegezhető, hogy melyik fordában, mikor, hány alkalommal és milyen hiba történt, azok miatt hány fordát kellett megszakítani/újratervezni, hány járat és hasznos kilométer maradt el a szolgáltatásból.

Ezek az adatok felhasználhatóak adott típusok karbantartási, szervizelési terveinek elkészítéséhez, illetve segítenek bemutatni az üzemzavarok számát és okait a közszolgáltatási jelentésekben. A meghibásodási riportok elemzésével a közösségi közlekedési vállalatok növelni tudják az szolgáltatás tervezhetőségét, biztonságát, csökkenteni tudják a kimaradó járatok számát, ezzel pedig meg tudnak felelni az önkormányzat, vagy egyéb megbízó által előírt kötelezettségvállalásoknak.

Dátum	2023. _ _ _ _					
Hónap száma/negyedév száma/év			----			
Busz azonosító			-----			
Hibacsoport kód	Hiba típusa	Hiba bekövetkezésének időpontja (éééé.hh.nn., óó:pp)	JAVÍTÁS		Következő forgalomba állás (éééé.hh.nn., óó:pp)	Összes üzemben kívül töltött idő (óó:pp)
			Javítás megkezdése (éééé.hh.nn., óó:pp)	Javítás befejezése (éééé.hh.nn., óó:pp)		
ÖSSZEGZŐ SOR						

6.2 HUMDA monitorozási tevékenységét segítő riportok

A településeken szolgáltató szervezetek mellett a HUMDA saját céljainak monitorozását – és láthatóvá tételét – is segítik előre definiált (azaz adott struktúrában és adattartalommal, rendszeresen elkészített) riportok. Az alternatív hajtáslánccal felszerelt járművek beszerzésének támogatása, elterjedésük ösztönzése mögött a közösségi közlekedés helyi és globális szennyező kibocsátásainak csökkentésére irányuló szándék áll. Így a program eredményességének legfontosabb mutatója az elkerült szén-dioxid kibocsátás, amelyet megfelelő információk alapján folyamatosan lehet monitorozni, az eredmények pedig jól prezentálhatóak, kommunikációs értékük jelentős. Érdemes ezért – a pályázatokhoz kapcsolódóan benyújtott megalapozó tanulmányok és dekarbonizációs tervek alapján – előállítani a támogatás elmaradása esetén vélelmezett busz kiváltások, cserék, korszerűsítések ütemezését és rögzíteni az érintett járművek néhány jellemzőjét (EURO kibocsátási norma, tervezett kiváltás éve támogatás elmaradása esetén, kiváltott dízel jármű átlagos fogyasztása). Ezek alapján egy időben előrehaladva frissülő kalkuláció készíthető a program által folyósított támogatás miatt megtakarított szén-dioxidról, ennek mennyiségéről akár havonta is lehet frissített, pontos információkat generálni.

Dátum	2023. _ _ _ _								
ÚJ BUSZ ALAPADATOK			KIVÁLTOTT BUSZ ALAPADATOK						CO ₂ kibocsátás EURO6 dízel esetén
Rendszám	Gyártó	Típus	Gyártó	Típus	Motor besorolás: kibocsátási norma (EURO)	Kiváltás tervezett időpontja ZBP nélkül			
ÖSSZEGZŐ SOR									

A fenti információkat tovább árnyalhatja az alternatív meghajtású buszok töltéséhez felhasznált, megújuló energiaforrások – elsősorban a legtisztább, azaz napelem – által termelt villamos energia mennyiség. Ez ugyanis tovább növelheti a megtakarított CO₂ kibocsátás nagyságrendjét, hiszen a zsinóráram előállítása során is jelentős mennyiségű fosszilis energia kerül felhasználásra, így nem elhanyagolható az 1 kWh elektromos áram előállítása során keletkező CO₂ kibocsátás sem. A szolgáltatóktól kért információk alapján látványos összegzés készíthető a napelemeknek a közösségi közlekedés energiaellátásához való hozzájárulásáról, valamint az ezzel összefüggésben megtakarított további szén-dioxid mennyiségéről is.

Dátum	2023. _ . _ .		
ros	Felhasznált energia (kWh)	Felhasznált napenergia (kWh)	Felhasznált zsinór áram (kWh)
ÖSSZEGZŐ SOR			

De érdemes a HUMDA által folyósított/koordinált támogatások közvetlen és alapvető eredményeinek (támogatással beszerzett járművek száma, futásteljesítménye) áttekintése, illetve értelmezése annak tükrében, hogy a támogatással beszerzett járművek és az azok által megtett futás mekkora részét adja egy-egy városban a közösségi közlekedés érdekében megvalósuló buszfutásnak.

Dátum	2023. _ . _ .								
Negyedév száma/év									
	ÖLD BUSZ TÁMOGATÁSSAL FUTÓ JÁRMŰVEK SZÁMA			MEGTETT KILOMÉTEREK			FUTÁSTELJESÍTMÉNY ARÁNYA		
							Elektromos buszok futásteljesítményének aránya az összes futásteljesítményhez (%)	Hidrogén buszok futásteljesítményének aránya az összes futásteljesítményhez (%)	Troli buszok futásteljesítményének aránya az összes futásteljesítményhez (%)
Település	Elektromos busz	Hidrogén busz	Troli busz	Elektromos busz	Hidrogén busz	Troli busz		Összes Zöld Busz Programmal támogatott busz futásteljesítményének aránya (%)	

7 Az adatok előállítására vonatkozó elvárások érvényesíthetősége közbeszerzési eljárás során

A beszerezni kívánt járművekből kinyerni kívánt adatok előállítására vonatkozó kötelezettséget a közbeszerzési dokumentáció elkészítése és a közbeszerzési eljárás során tudják leginkább érvényesíteni a közösségi közlekedési szolgáltatók (mint Ajánlatkérők). Az alábbiakban néhány javaslattal bemutatjuk, milyen változtatásokkal, kiegészítésekkel érdemes a következő pályázati fordulókban megjelentetni a pályázati felhívást, hogy a fentiekben felvázolt adatok és adatrendszer előállhasson.

Az alábbi javaslatok megfogalmazásához a Zöld Busz Program 2022. évi pályázati kiírását vettük alapul.

A 2022. évi „Környezetkímélő, kibocsátásmentes városi, elektromos meghajtású személyszállítási járművek beszerzése és a kapcsolódó töltőinfrastruktúra kiépítése” tárgyú felhívás felépítéséből kiindulva az alábbiak szerint javasolt kiegészíteni a pályázati felhívás tartalmát.

A közbeszerzésekről szóló 2015. évi CXLI. törvény (továbbiakban: Kbt.) nem zárja ki, hogy a támogatást nyújtó szervezet előírásokat tegyen a pályázati forrásának felhasználása során arra vonatkozóan, hogy a megajánlásra kerülő termékek milyen kötelező műszaki és szerződéses feltételeknek feleljenek meg.

A támogató szervezet előírásainak megfelelően, a korábbi felhívás 7. PROJEKTVÉGREHAJTÁSSAL KAPCSOLATOS EGYÉB ELVÁRÁSOK, 7.3 KÖZBESZERZÉSEK pontjában foglaltakkal összhangban, Kedvezményezettnek/Ajánlatkérőnek és az általa lefolytatott eljárásnak az alábbi általános elvárásnak kell megfelelni.

„A projekt megvalósítása során a támogatást igénylőnek, illetve a Kedvezményezettnek különös figyelmet szükséges fordítania a beszerzések során – akár közbeszerzési eljárásra, egyszerű versenyeztetési eljárásra vagy egyéb módszerrel megvalósuló beszerzésre kerül sor – a közpénzek ésszerű, hatékony és felelős felhasználására, a verseny tisztaságára, az esélyegyenlőségre, a nyilvánosságra, a nemzeti elbírálás és az egyenlő elbánás elvének megfelelő eljárásra.”

A fentiek összhangban vannak a Kbt. 2 § (1)-(5) bekezdésében foglaltakkal, mely szerint

„2. § (1) A közbeszerzési eljárásban az ajánlatkérő köteles biztosítani, a gazdasági szereplő pedig tiszteletben tartani a verseny tisztaságát, átláthatóságát és nyilvánosságát.

(2) Az ajánlatkérőnek esélyegyenlőséget és egyenlő bánásmódot kell biztosítania a gazdasági szereplők számára és arányos módon kell eljárnia a közbeszerzési eljárás során.

(3) Az ajánlatkérő és a gazdasági szereplők a közbeszerzési eljárásban a jóhiszeműség és a tisztesség követelményeinek megfelelően kötelesek eljárni. A joggal való visszaélés tilos.

(4) Az ajánlatkérőnek a közpénzek felhasználásakor a hatékony és felelős gazdálkodás elvét szem előtt tartva kell eljárnia.”

A fenti lehetőséget szem előtt tartva javasolt a pályázati felhívás

2.3 MŰSZAKI, SZAKMAI ELVÁRÁSOK

III. A projektekkel kapcsolatos műszaki-szakmai elvárások

4.a) alpontját kiegészíteni az alábbiak szerint:

4. A projektek megvalósításával, gépbeszerzéssel kapcsolatos elvárások:

a) A fenntartási kötelezettség 5 éves időtartama alatt a támogatott beruházást, eszközt, létesítményt a rendeltetésének megfelelően, a vonatkozó engedélyek és előírások betartásával kell használni, üzemeltetni és a fenntartási időszakra vonatkozó adatszolgáltatást kell biztosítani az alábbiak figyelembevételével:

- a támogatást igénylőnek a lefolytatandó beszerzési- ill. amennyiben az eljárás becsült értéke eléri (az indításakor hatályos) közbeszerzési értékhatárt, a közbeszerzési eljárás műszaki leírásában elő kell írnia, hogy a szállításra kerülő busz(ok)nak képesnek kell lennie arra, hogy a jelen felhívás mellékletében szereplő, táblázatos formában meghatározott adatokat rögzítse (percenként, illetve a meghatározott folyamatokhoz/eseményekhez kapcsolódóan), és a nap / napi menet folyamán összegyűlt adatokat napközben tárolja, majd a napi menet (forda) végén a telephelyre érkezve on-line adatkapcsolaton keresztül áttöltse a közösségi közlekedési szolgáltató által (ennek hiányában a HUMDA által) üzemeltetett adatbázisba.
- a támogatást igénylőnek a lefolytatandó beszerzési- ill. amennyiben az eljárás becsült értéke eléri (az indításakor hatályos) közbeszerzési értékhatárt, a közbeszerzési eljárás műszaki leírásában elő kell írnia, hogy a szállításra kerülő elektromos busz és hidrogén busz töltőknek képesnek kell lennie arra, hogy a jelen felhívás mellékletében szereplő, táblázatos formában meghatározott adatokat rögzítse (a töltési folyamathoz illeszkedően), és a előző napi töltések folyamán összegyűlt adatokat napközben tárolja, majd a következő nap meghatározott időpontjában on-line adatkapcsolaton keresztül áttöltse a közösségi közlekedési szolgáltató által (ennek hiányában a HUMDA által) üzemeltetett adatbázisba.
- a támogatást igénylőnek a lefolytatandó beszerzési- ill. amennyiben az eljárás becsült értéke eléri a közbeszerzési értékhatárt (az indításakor hatályos) a közbeszerzési eljárások műszaki leírásában kerüljön kiadásra a jelen felhívás mellékletét képező adatgyűjtési rendszerleírás és útmutató, amely alapján a busz szállítók, illetve a töltő berendezések szállítói részletes leírást kapnak az adatkapcsolaton keresztüli informatikai kommunikációs előírásokról, amely alapján a szállítók kifejleszthetik a támogatást igénylő félnek átadandó információk biztosításának technikai feltételrendszerét.
- a támogatást igénylőnek a lefolytatandó beszerzési- ill. amennyiben az eljárás becsült értéke eléri a közbeszerzési értékhatárt (az indításakor hatályos) a közbeszerzési eljárások tekintetében a közbeszerzési eljárás során kiadásra kerülő szerződéses feltételekben a támogatást igénylőnek rögzíteni szükséges, hogy a szállító vállalja, hogy a buszokat/töltőket olyan informatikai rendszerrel szállítja, mely képes a szerződés mellékletét is képező leírásban meghatározott adatszolgáltatás biztosítására. Valamint a szerződéses feltételekben rögzíteni szükséges, hogy amennyiben adathibát / adatátadási hiányosságot jelez a rendszer, akkor a megajánlott autóbuszokra/töltőkre vonatkozó jótállás időtartama alatt 24 órán belül a szállító kijavítja a sikertelen adatgyűjtés/adatátadás okát.
- a támogatást igénylőnek a lefolytatandó beszerzési- ill. amennyiben az eljárás becsült értéke eléri a közbeszerzési értékhatárt (az indításakor hatályos) a közbeszerzési eljárások

tekintetében a közbeszerzési eljárás során kiadásra kerülő szerződéses feltételekben kerüljön rögzítésre, hogy a szállító hozzájárul ahhoz, hogy a járműből kinyert adatok gazdája a közösségi közlekedési szolgáltató (a támogatást igénylő) lesz, azonban hozzájárul ahhoz, hogy a közösségi közlekedési szolgáltató az adatokat átadja a HUMDA számára a fenntartási időszak 5 évében, azaz a jármű üzembe helyezésének évében és az azt követő 5 naptári évben.

Javasolt továbbá a

7. PROJEKTVÉGREHAJTÁSSAL KAPCSOLATOS EGYÉB ELVÁRÁSOK

7.3 KÖZBESZERZÉSEK

pontját kiegészíteni az alábbi bekezdésekkel:

Amennyiben a támogatást igénylő az irányadó jogszabályban meghatározott kötelezettségek vizsgálata során arra a következtetésre jut, hogy közbeszerzési kötelezettsége áll fenn, akkor a támogatást igénylőnek az eljárás indításakor hatályos közbeszerzési értékhatárt elérő közbeszerzési eljárások tekintetében a közbeszerzési eljárás műszaki leírása és szerződéstervezet elkészítésekor figyelemmel kell lennie jelen felhívás 2.3 MŰSZAKI, SZAKMAI ELVÁRÁSOK, III. A projektekkel kapcsolatos műszaki-szakmai elvárások, 4.a) alpontjában és a jelen felhívás mellékletében rögzített táblázatos formában meghatározott adatszolgáltatás kötelezettségben és a mellékletben rögzített adatgyűjtési rendszerleírás és útmutatóban foglaltakra.

Amennyiben a támogatást igénylő az irányadó jogszabályban meghatározott kötelezettségek vizsgálata során arra a következtetésre jut, hogy egyszerű versenyeztetési eljárást vagy egyéb módszerrel megvalósuló beszerzési eljárást folytat le, akkor versenyeztetési/beszerzési eljárás műszaki leírása és szerződéstervezet elkészítésekor szintén figyelemmel kell lennie jelen felhívás 2.3 MŰSZAKI, SZAKMAI ELVÁRÁSOK, III. A projektekkel kapcsolatos műszaki-szakmai elvárások, 4.a) alpontjában és a jelen felhívás mellékletében rögzített táblázatos formában meghatározott adatszolgáltatás kötelezettségben és a mellékletben rögzített adatgyűjtési rendszerleírás és útmutatóban foglaltakra.

Irodalomjegyzék

A közbeszerzésekről szóló 2015. évi CXLI. törvény

Čulík K., Štefancová V., Hrudkay K. & Margoš, J. (2021). Interior Heating and Its Influence on Electric Bus Consumption. *Energies*, 14(24).

Csató, P. & Óvári, Gy. (2022). A hidrogén felhasználásának jelene és jövője a repülésben. *Repüléstudományi Közlemények*, 34(3), 59-76.

Estrada Poggio, A., Balest, J., Zubaryeva, A. & Sparber, W. (2023). Monitored data and social perceptions analysis of battery electric and hydrogen fuelled buses in urban and suburban areas. *Journal of Energy Storage*, 72.

Európai zöld megállapodás https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_hu

Fenntartható és intelligens mobilitási stratégia – az európai közlekedés időtálló pályára állítása <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789>

Henze, V. (2022). Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh. BloombergNEF. <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/>

Horváth, P. (2023). „Csúcsra tör” a napenergia Magyarországon. *Index*. <https://index.hu/gazdasag/geocompass/2023/09/12/oeconomus-napenergia-energiaellatas-energiatermeles/>

Iclodean C., Cordoș N. & Todoruț, A. (2019). Analysis of the Electric Bus Autonomy Depending on the Atmospheric Conditions. *Energies*, 12(23).

Kostopoulos, E., Spyropoulos, G., Kaldellis, J. & Spyropoulos, G. (2019). Real-world study for the optimal charging of Electric Vehicles. *Energy Reports*, 6.

Kozsely, G. (2023). Az akkumulátorok anyagainak fejlesztése. In Pintér, J. M. (szerk.), *Villamosenergia-felhasználást optimalizáló innovatív rendszer fejlesztése ipari-, lakossági fogyasztók és elektromos járművek számára* (pp. 54-61). Miskolc: Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar.

„Környezetkímélő, kibocsátásmentes városi, elektromos meghajtású személyszállítási járművek beszerzése és a kapcsolódó töltőinfrastruktúra kiépítése” – a Zöld Busz Program 2022. évi pályázati felhívása

Landgeist (2021). Trolleybus Systems. <https://landgeist.com/2021/07/04/trolleybus-systems/>

Liu H., Yun W., Li B., Dai M. & Wang Y. (2023). A Quantitative Study on Driving Behavior Economy Based on Big Data from the Pure Electric Bus. *Sustainability*, 15(10).

Magyarország Nemzeti Hidrogénstratégiája

Mordor Intelligence (2023). Europe Electric Bus Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2023 - 2028). <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-electric-bus-market>

Nemzeti Energia- és Klímaterv

Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050

Paksbusz (2022). Hidrogén hajtású autóbust tesztelünk. <https://paksbusz.hu/hidrogen-hajtasu-autobust-tesztelunk/>

Pamuła T. & Pamuła W. (2020). Estimation of the Energy Consumption of Battery Electric Buses for Public Transport Networks Using Real-World Data and Deep Learning. *Energies*, 13(9).

Ritter, A., Elbert, P. & Onder, C. (2016). Energy Saving Potential of a Battery-Assisted Fleet of Trolley Buses. *IFAC-PapersOnLine*, 49(11), 377–384.

Sustainable Bus (2023). BYD will showcase in Busworld a double-decker built with UNVI and its 12-meter with Blade Battery. <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/byd-busworld-2023-brussels-blade-battery-unvi/>

Sustainable Bus (2023). Electric bus market Europe 2022, all the figures. Guess the leaders! <https://www.sustainable-bus.com/news/electric-bus-market-europe-2022/>

U.S. Department of Energy (2020). Hydrogen Strategy. Enabling a Low-Carbon Economy. Washington, DC: United States Department of Energy.

Vermeulen, E., Nesterova, N. & Verbeek, R. (2016). CIVITAS szakpolitikai összefoglaló az alternatív üzemanyaggal hajtott buszokról.

Wei, W., Zhaosheng, Z., Peng, L., Zhenpo, W. & Lulu, X. (2020). Analyzing Charging Behavior of Electric City Buses in Typical Chinese Cities. *EEE Access*, 8, 4466-4474.

WideSense (2023). Vehicle Data Requirements for Real-Time Operations Management of Medium and Heavy-Duty EV.