

AZ ÚJ IKARUS-ŠKODA TR187.2-ES TROLIBUSZ SZEGEDEN

Németh Zoltán Ádám – Dózsa Gábor

Absztrakt: Szegeden 2013–14 során álltak forgalomba az új Ikarus-Škoda Tr187.2-es típusú hazai fejlesztésű, 100%-ban alacsonypadlós, utastéri klímaberendezéssel is felszerelt csuklós trolibuszok. Az új trolibuszok akkumulátoros önjáró képességgel is rendelkeznek. A cikkben részletesen bemutatjuk a vontatási akkumulátorok fejlődésének világtrendjeit, méretezését trolibuszok számára, valamint azok működését különböző üzemi körülmények között. Összefoglalót adunk a járművek üzemeltetési tapasztalatairól, demonstrációs célú működésükről az Eliptic-projekt keretében. Egyben kitekintést nyújtunk a trolibusz üzem kiterjesztésének lehetőségeire önjáró üzemmódban, illetve az elektromos városi midibuszok vonali töltésének megoldására.

Abstract: The new, Hungarian developed, 100 % low-floor, air-conditioned, articulated Ikarus-Škoda Tr187.2 type trolleybuses were put in service in 2013-14 in Szeged. These trolleybuses have the ability to roll with batteries independent of the catenary. In this article we discuss in details the development trends of the traction batteries as well as their operation in different environments. We give a summary about the experiences, and their demonstration run within the Eliptic-project framework. We give an outlook to the possibility of the extension of the trolleybus operation in battery mode, and the charging capability of electric midi buses from the catenary.

Kulcsszavak: Szeged, trolibusz, Szegedi Közlekedési Kft., SZKT, Ikarus, Škoda

Keywords: Szeged, trolibusz, Szeged Public Transport Ltd., SZKT, Ikarus, Škoda

1. Bevezető

Szeged Elektromos Közlekedés Fejlesztése Nagyprojekt keretében 2008-15 között a város elektromos közforgalmú közlekedési hálózata szinte minden elemében megújításra került. A nettó 29,5 Mrd Ft összértékű, 86,36%-os támogatottsági mértékű projekt keretében:

- 4,8 km új villamos pálya épült és 18,3 km villamos pálya újult meg;
- a trolibusz hálózat 3,7 km-rel meghosszabbításra került;
- 10 db. új áramátalakító épült vagy átépült, és az elektromos tápellátó hálózat majdnem teljesen megújult;
- 9 új, korszerű alacsonypadlós villamos és 10+3 új, korszerű alacsonypadlós trolibusz került beszerzésre;
- megújultak a villamos és trolibusz telephelyek;
- karbantartást és fenntartást segítő célgépek kerültek beszerzésre;
- korszerű utastájékoztató rendszer került telepítése;
- automatikus trolibusz váltóállító rendszer került kiépítésre
- B+R kerékpártárolók kerültek kiépítésre.

A teljes projekt költségéből kb. 15%-nyi fejlesztési forrás jutott a trolibusz ágazatra. A fejlesztéseknek köszönhetően 2015-re megújult az elektromos közforgalmú közlekedés arculata Szegeden. Cikkünk a projekt egyik látványos szegletét mutatja be, a beszerzett trolibusz járműveket. Egyúttal részletesen kitérünk az akkumulátoros önjárás üzemeltetési kérdéseire.

2. Az Ikarus-Škoda Tr187.2 trolibusz bemutatása

Szeged Megyei Jogú Város Önkormányzata és a Szegedi Közlekedési Kft. (SZKT) a járműfejlesztés keretében összesen tizenhárom új, korszerű trolibusz vásárlására kötött szerződést, a közbeszerzési eljárásban győztes Ikarus-Škoda Konzorciummal, 2011 januárjában. A 10,4 millió Euro összértékű beszerzésben új, hazai fejlesztésű, a kor követelményeinek megfelelő, 100%-ban alacsonypadlós, csuklós, légkondicionáló berendezéssel felszerelt Ikarus-Škoda Tr187.2-es típusú trolibuszok érkeztek Szegedre. Az új trolibuszok akkumulátoros önjáró képességgel is rendelkeznek. Városunk polgárainak szavazatai alapján az új járművek színe piros lett.

Amint az ismert, a beszerzés körül politikai viharok voltak 2011–2012 során, ami a teljesítést kb. másfél évre megállította. A helyzet kivizsgálása és tisztázása után a 27 hónapos teljesítési időszak 2012 júliusában indult meg. A prototípus jármű 2013 augusztusában került leszállításra, az utolsó járművet 2014 szeptemberében vette az SZKT állományba.

Tovább nehezítette a beszerzés lebonyolítását, hogy 2011-ben jelentősen változtak a trolibuszok üzembe helyezési és vizsgáztatási szabályai. A korábbi vasúthatósági eljárás helyett a Nemzeti Közlekedési Hatóság Közúti Gépjármű-közlekedési Hivatala adta ki végül a jármű típusbizonyítványát. A közbeszerzési eljárás megindítása előtt még a vasúti eljárás keretében elvi előzetes típusengedélyt adott ki a hatóság, ami még nagyobb tengelyterhelési értékeket engedélyezett a járműre, azaz a B-tengelyre is – a C-tengellyel megegyező – 11,5 t terhelést. A hatósági szabályozás változása miatt kellett többek között újratervezni a megajánlott járművet, melynek egyik legfontosabb célja a B-tengelyen a tengelyterhelés 10 tonnás határérték alatt tartása volt. Az áttervezés keretében került kidolgozásra az Ikarus új, karakteres homlokfali és hátfali arculata, mely a nagyközönség körében tetszést aratott (1. táblázat).

1. táblázat: Az új szegedi trolibusz legfontosabb műszaki adatai:

Hosszúság/szélesség/magasság (lehúzott áramszedővel):	18.750 mm / 2550 mm / 3650 mm
Ülőhely/szállítható utasok száma:	37+1 db. / 124+1 fő (5fő/m ²)
Menetkész tömeg / teljes gördülő tömeg:	19.565 kg / 28.000 kg
Max. tengelyterhelés (A-B-C tengely):	6500 kg / 10.000 kg / 11.500 kg
Vontató motor típusa (névleges teljesítménye):	Škoda ML3846 K/6 (248 kW)

Forrás: SZKT adatai alapján (2016)

A jármű ausztenites kristályszerkezetű korrózióálló acélvázát és karosszériáját Székesfehérváron és Budapesten építették a Magyar Trolibusz Kft. lebonyolításában, az elektromos berendezések a Škoda Electric-nél kerültek beszerelésre Pilzenben. A kormány szerkezetet és a futóműveket a ZF gyártotta. A becsuklógátlóval felszerelt csukló a jól bevált és elterjedt Hübner típusú. A kényelmes rugózást és stabil menettulajdonságokat biztosító légréndszer 10 Bar-os, a fék- és ABS/ASR rendszer Knorr gyártmányú. A hazai tapasztalatokból tanulva,

a jármű B és C tengelye mechanikus stabilizátorral lett kiegészítve. Lamellás légsűrítője a Ganz-Air gyártmánya. A korszerű trolibuszokon megszokott módon, a kormányzást megkönnyítő szervoszivattyú a ventilátoros kényszerzellőzésű vontatómotoron helyezkedik el, melyet segédszervó egészít ki, biztosítva az alacsony sebességű könnyű manőverezést is.

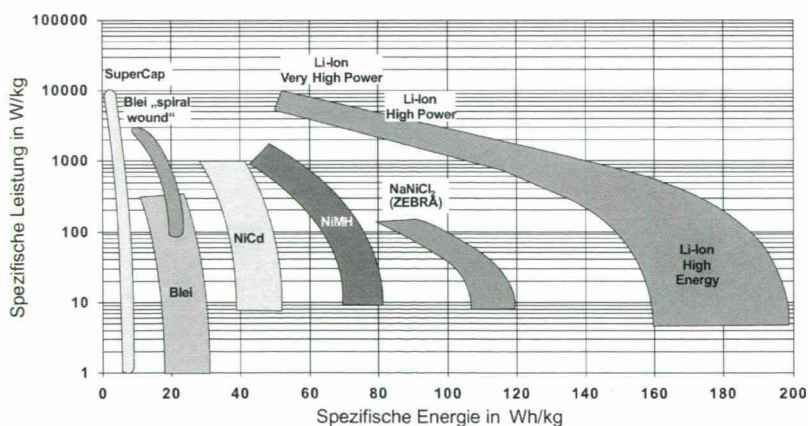
Elektromos utastéri fűtőtestek 600 V-os táplálásúak, légátfúvásos rendszerűek. A járművezető és az utasok kényelmét a nyári melegekben a jármű 3 kW-os Thermo-King vezetőtéri és 2 x 24 kW-os Konvekta utastéri klímaberendezése biztosítja. A mai kor követelményeinek megfelelő járművillamossági vezérlés Silex típusú, CAN-bus rendszerű. A négy elektromos ajtó csendes és megbízható működéséről az IGE cég ajtóműködtető egysége gondoskodik. A jármű ATM típusú fekete-doboz készülékkel is rendelkezik.

A jármű 325 kVA-es névleges teljesítményű IGBT-s hajtásinverterrel rendelkezik (Škoda SJ 4.6), statikus átalakítója SMT 54.3 típusú. Automata, pneumatikus rendszerű áramszedő lehúzó Lekov TSS 10.5-ös típusjelzésű.

3. Vontatási akkumulátor csomag méretezése

A 2000-es évektől folyamatosan fejlődtek a vontatási akkumulátorok. A hagyományos ólom akkumulátorok mellett megjelentek a NiCd, Ni-MH (nikkel-metál hidrid) és a Lítium-ionos akkumulátorok, valamint a szuperkondenzátorok. A fejlődés két irányban halad. Egyrészt a nagyobb járművek hosszabb útvonalon történő üzemeltetéséhez minél nagyobb energiatárolási sűrűséget kívánnak elérni, másrészt pedig a töltési és kisütési teljesítmény növelése a cél, a gyors visszatöltés elérése érdekében és a nagyobb vonóerő biztosítására.

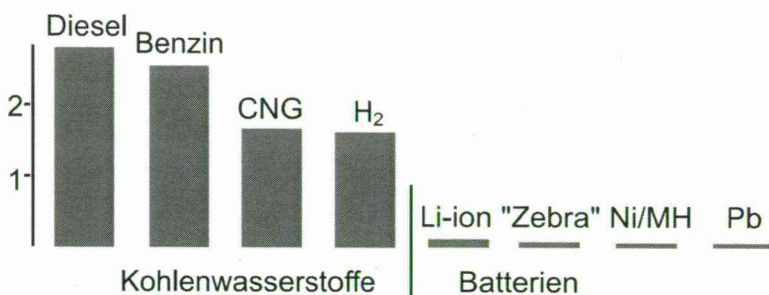
1. ábra: Az akkumulátorok fejlődését mutatja, a különböző típusú energiatárolók fajlagos energiasűrűsége (Wh/kg) és fajlagos energia leadási teljesítménye (W/kg). (Blei = ólom akkumulátor)



Forrás: Schädlich (2012)

Az 1. ábra mutatja be a szuperkondenzátorok felhasználhatóságát is, melyek ma relatíve kicsi energiasűrűséget képesek csak elérni, ám nagy teljesítményű töltést és kisütést tesznek lehetővé. A szuperkondenzátorok egyes paramétereit azonban lassan utolérték a Li-ionos akkumulátorok. Lényeges kérdés, hogy ezeknek az eszközöknek is van élettartamuk, mely 8–14 év között mozog statikus telepítés esetén (Fraunhofer, 2012). A felsoroltak miatt a szuperkondenzátorok érdemi felhasználása a jövőben kérdéses, versenyelőnyt maximum élettartamban tudnak nyújtani. A legígéretesebb a Li-ion akkumulátorok használata, ez mind energiasűrűség, mind energia leadási és felvételi teljesítmény tekintetében a jelenlegi legjobb megoldás. Azt azonban fontos látni, hogy az elért energia sűrűség napjainkban is csak a 0,2 kWh/kg. Összehasonlításképpen a 2. ábrán bemutatjuk a hagyományos energiaforrások energiasűrűségét.

2. ábra: Az egyes üzemanyag fajták és a különböző korszerű akkumulátorok energiasűrűsége (kWh/kg) (Kohlenwasserstoffe = szénhidrogének, Batterien = akkumulátorok)



Forrás: Guzzella (2012)

A nagy különbség érthető is fizikailag, hiszen a szénhidrogén alapú üzemanyagok legfontosabb energiaforrása a felhasznált levegő oxigéntartalma, a levegőt pedig – mint „energiaforrást” – nem kell a járműnek magával vinnie (pl. 1 kg benzinhez 14 kg levegő kell a tökéletes elégéshez). Ezek alapján látható, hogy a városi közforgalmú közlekedés igénye, azaz egy például 18 m-es hosszúságú csuklós busz méretű jármű napi üzemi 200–250 km-es hatótávja olyan kihívást jelent, ami akkumulátoros üzemben csak nagy holttömegek mozgatásával oldható meg. (Ma a hazai városi közlekedési járművek tipikusan napi 200–250 km-t tesznek meg, ezt az autóbuszok maximum napi egy tankolással teljesítik.)

Ezen ismeretek és szakmai tapasztalataink birtokában nyugodtan kijelenthetjük, hogy a trolibusznak, mint környezetbarát közforgalmú közlekedési eszköznek igenis van jövője, még akkor is, ha egyes szakmai csoportok ma ezt megkérdőjelezzik. Messze van még ugyanis az az időszak, hogy vonalközi vagy végállomási töltési infrastruktúra nélkül érdemes lenne nagykapacitású tisztán elektromos buszokat üzemeltetni (Londonban a Waterloo-garázs állt át 2016-ban tisztán elektromos buszos üzemre telephelyi („overnight”) töltéssel. Az ide beszerzett kínai-skót gyártású BYD autóbuszok azonban kisebbek a megszokott

szóló, emeletes és csuklós járművek kapacitásánál. Megjegyezzük, hogy a fűtés ezeken a járműveken önálló dízeles kályhával történik.). Véleményünk szerint a kétfajta közlekedési eszköz, azaz a trolibusz és az autóbusz fejlődése a jövőben összeér, hiszen a trolibuszok az önjárás felé, míg az autóbuszok az elektromos hajtások felé fejlődnek.

A fentebb leírtak miatt is a trolibusz infrastruktúra érték a városi közlekedésben, melyet fenn kell tartani, szükség szerint fejleszteni és a hálózatot önjáró trolibuszokkal kibővíteni.

Az önjáró trolibuszok beszerzésének egyik legfontosabb tanulsága az volt, hogy az önjárási útvonal specifikációját mindenképpen a lehető legpontosabban meg kell adni, már a közbeszerzési pályázat időszakában. Megjegyeznénk, hogy ez egyébként igaz az elektromos buszok beszerzésére is. A hazai járműbeszerzés gyakorlatában alkalmazott nyílt közbeszerzési eljárás alapvetően így sem alkalmas arra, hogy olyan komplex optimalizálási feladatot, megfelelő jogi keretek között lebonyolítson, mint például a vontatási akkumulátorok méretezése. Ezért is példaértékű a BKK 2014-es elektromos midibusz tárgyalásos közbeszerzési eljárása.

Mint az érzékelhető volt a szegedi jármű leírásából, a 2012 során történt átervezés kapcsán az egyik legkritikusabb tényező a jármű össztömege és tengelyterhelése volt. Általában elmondható az autóbusz és trolibuszgyártók mindegyikénél, hogy kompromisszum kell a minél nagyobb befogadóképesség és a jármű maximális terhelésének korlátozása között. Vannak gyártók, akik ezért – a kisebb fogyasztást is célul kitűzve – „könnyű” karosszériák mellett teszik le a voksukat. Véleményünk szerint ezek a konstrukciók azonban nem alkalmasak a trolibuszoknál tapasztalt nagy igénybevételek, hosszabb távú elviselésére, különösen, ha utastéri légkondicionáló berendezéssel és akkumulátor teleppel is fel kívánjuk szerelni a járművet. A tengelyterhelés, befogadóképesség, hosszú élettartam, mint ellentétes szempontok mellé az önjáró járműveknél az akkumulátorok súlya, elhelyezése társul, mint újabb tényező. További probléma, hogy természetesen optimalizálni kell a hasznos önjárási hossz tekintetében is, a terepviszonyok (emelkedők, lejtők) figyelembe vételével, miközben az üzemeltetőnek nyilatkoznia kell az elérni kívánt végsebességről, gyorsulásról és segédüzemek használatáról (működik-e az akkumulátoros önjárás közben a vezetőfülke és az utastér fűtése és légkondicionáló berendezése külön-külön). Az akkumulátorok méretezésénél ismerni kell az üzemeltetési területen – vonalon, végállomáson, garázsban – lévő töltési teljesítmény korlátokat és a menetrendi forgalomban rendelkezésre álló töltési időt. Végül pedig törekedni kell az akkumulátorok minél hosszabb élettartamára is, ami ellentétes a gyors és sűrű tölthetőség követelményével. Nem szabad megfelelkezni arról sem, hogy ezek a nagy beszerzési árú járművek hosszú ideig maradnak forgalomban, melyhez képest az akkumulátorok – öregedés miatti – kapacitáscsökkenése lényegesen gyorsabb. Ezért ha a vontatási akkumulátor telep nem rendelkezik megfelelő tartalékkal, az üzemeltetőnek, relatíve rövid idő elteltével, jelentős költséget jelent az akkumulátorok cseréje.

Mint látható, ez egy bonyolult feladat, melyet alapból az ajánlat időszakában történő tárgyalásos fordulóval lehetne specifikálni, bár ez esetben is kérdéses több ajánlattevő ajánlatának összehasonlíthatósága. Lényeges probléma, hogy ez egy új technológia. Nincsen elég üzemi tapasztalat és a gyártók sokszor egymásnak ellentmondó kijelentéseket tesznek, melyből egyértelmű, hogy nincs még megfelelő szakmai konszenzus az új technikát illetően. Csak érdekességképpen megjegyezzük, hogy a különböző gyártók és szállítók teljesen eltérő adatokat adnak meg az egyes akkumulátorok élettartamára és használhatóságára és sajnos az üzemeltetők gyakran belefutnak ezen „reklámfogásokba”. Fontos tudni, hogy nem egyszerűen „jó” és „rossz” akkumulátorok vannak, hanem egyes gyártók különböző akkumulátorai más-más felhasználási területre alkalmasak. Így például a trolibusz és az elektromos busz akkumulátoraival szemben eltérő az elvárás. A szegedi trolibusz beszerzés során a közbeszerzési vizsgálatok lezárása után, 2012 második felében került véglegesen specifikálásra az akkumulátorok mérete és elhelyezése a gyártóval közösen. Megrendelő részéről egy önjárási tesztútvonal és tesztmenetrend lett kijelölve, a szegedi viszonyoknak megfelelően, mégpedig a 10-es trolibusz Víztorony tér – Klinikák útvonalának egy lehetséges meghosszabbítása, a mai 20-as autóbusz útvonalán az Indóház téren át Alsóváros, Vadkerti tér végállomásig. A tesztútvonal így egy 15,5 km-es körben 7,2 km önjárást igényelt teljes terhelés mellett, a fordulóidő kb. 65 percre adódott. Terhelés nélkül a jármű természetesen lényegesen nagyobb távot is képes megtenni felsővezeték nélkül, méréseink szerint több mint 20 km-t. A meglévő felsővezeték hálózat feszültség viszonyait pedig a Škoda munkatársai a T-650-es Škoda 22Tr trolibusszal végzett próbajárat keretében 2012 novemberében mérték fel.

A trolibuszok végül 414 db. 53 Ah-s 3,7 V-os feszültségű, koreai gyártású DOW Kokam SLPB120216216 típusú akkumulátorral lettek felszerelve. Az akkumulátorok felügyeleti rendszere (BMS) akkumulátoronként figyeli az egység állapotát. Az EVC-SEL01-1 típusú egységet a cseh EVC Group s.r.o. gyártotta. A járművön elhelyezett kettő darab akkumulátor egység össztömege szekrényvel együtt 740 kg és a csukló előtt a B-tengely felett kapott helyet. Az akkumulátorokat az élettartamuk kitolása érdekében csak a 40–85%-os valódi töltöttség között használja a trolibusz – másképp fogalmazva az akkumulátorcsomag teljes 81 kWh összenergiájából 33 kWh-t használ ki a trolibusz, 200 kW-os csúcs és 130 kW-os névleges teljesítmény leadás mellett. Normál üzemben a vezetőállásban 44%-os valódi töltöttség mellett jelzi ki lemerültek magát a jármű, de ekkor még korlátozott üzemmódban a jármű képes 40%-os valódi töltöttségig közlekedni a legközelebbi felsővezetékes helyig vagy töltőpontig.

2. táblázat: A vontatási akkumulátorok összehasonlítása a budapesti Ganz-Solaris szőlő trolibuszokra, és a szegedi Ikarus-Škoda trolibuszokra

	Ganz-Solaris (szőlő)		Ikarus-Škoda (csuklós)
	eredeti	604-es prototípus	
Akkumulátor típ.	GP 10/GP30EVH (Ni-MH)	KOKAM SLPB120216216 (Superior Lithium Polymer Battery)	
cellák száma	30	112	414
cella feszültség	12 V	3,7 V	
cella töltés	30 Ah	53 Ah	
akkucsomag összenergiája	10,8 kWh	22 kWh	81 kWh
akku össztömeg (csak akku / konténerrel)	245 kg / ~ 450 kg	135 kg / 300 kg	575 kg / 740 kg
jármű tömeg (üresen / teljes terheléssel)	13.075 kg / 18.000 kg		19.565 kg / 28.000 kg
névleges hatótáv teljes terhelésnél	~ 3 km (klíma és fűtés nélkül)	6 km (klíma és fűtés nélkül)	7 km (klímával és fűtéssel)

Forrás: SZKT adatai alapján (2016)

Összehasonlításként bemutatjuk a budapesti Ganz-Solaris trolibuszok vontatási akkumulátor adatait, valamint a 604-es pályaszámú kísérleti prototípus jármű (A 604-es jármű végül nem lett levizsgáztatva EVC akkumulátoros berendezésével a BKV-nál, az egységet leszerelték a járműről.) akkumulátor cseréjénél alkalmazott szintén EVC típusú akkumulátor telep adatait (2. táblázat). A Ganz-Solaris trolibuszok esetén az akkumulátorok a tetőn kerültek elhelyezésre.

A Škoda sokáig nem gyártott akkumulátoros önjáró trolibuszt. Ezért a szegedi járművön, a Megrendelővel egyeztetve, üzembe helyezés közben több tesztet is elvégzett, melyekkel fontos üzemeltetési tapasztalatokat szerzett. Lényeges kérdés volt a jármű működésének tisztázása extrém alacsony és extrém magas hőmérsékleten. Az alapvetően karbantartásmentes vontatási akkumulátorok utastéri zárt dobozban kerültek elhelyezésre, mely végül önálló légkondicionáló berendezéssel lett ellátva a megfelelő hűtés érdekében. A kocsik kihűlt állapotának szimulálásához egy klímakamrában került ellenőrzésre az akkumulátor működése a vyskovi katonai intézet laboratóriumában. 3°C alatt ugyanis a Li-ionos akkumulátorok nem tölthetők. A jármű azonban -30°C-ra kihűlve is mozgásképes marad, de az akkumulátorok töltéséhez 3°C-ra kell felfűteni az akkumulátor ládaterét vagy felsővezetékéről, vagy végszükség esetén az akkumulátor csomag magát is kifűtheti (2–8 óra alatt külső hőmérséklettől függően). Problémát okoz még mindig az akkumulátor tér porosodása – Szeged különösen poros város országosan is, bár ez Budapestre is érvényes. Az akkumulátorokhoz szükség esetén alulról lehet hozzáférni a kocsik emelt állapotában. Az akkumulátorok önálló BMS-e a cellák egyenletes töltöttsége érdekében töltés kiegyenlítő üzemmódban is működik 90%-os kijelzett töltöttség felett. Ez automatikusan külön beavatkozás nélkül működik.

Megjegyeznénk, hogy az extrém időjárási körülményeknek sok esetben a gyártók és szállítók nem szentelnek kellő figyelmet, mely egyértelműen korlátozza az akkumulátorok használatát túl alacsony vagy magas környezeti hőmérséklet

esetén. Ma Magyarországon egyedül az EVC által szállított akkumulátor telepek rendelkeznek hőszigetelt, hűtött és fűtött akkumulátor egységgel. Téves nézet az is, hogy a lítium-ion akkumulátorok 70–80°C-on is megbízhatóan és tartósan üzemelnek, mert a magas hőmérséklet nagymértékben csökkenti az akkumulátorok élettartamát. Az is tény, hogy a hőszigeteléssel nem rendelkező akkumulátor telepek felfűtéséhez és megfelelő hőmérsékleten tartásához több energia és idő kell. A szegedi trolibuszokon alapesetben a klíma és a fűtés működőképes marad az önjárás üzemmódban is, ám 50%-os kijelzett töltöttség alatt a két segédüzem korlátozásra kerül. Összességében a jármű akkumulátorokkal is dinamikus gyorsulásra képes, a korlátozott 35–40 km/h-s végsebesség ellenére sem érződik lomhának a jármű, lehúzott szedők mellett. Az SZKT időközben többször használta már az önjárást forgalomterelések idején. A rendszer kialakításánál gondoltunk a trolibusz járművezető kényelmére is. A jármű akkor is üzemképes marad, ha felsővezetékes üzemmódban felsővezeték szigetelő elem alá „beragad” és felsővezetékéről nem tudna tovább haladni. Ilyenkor az akkumulátoros üzem 10 mp. időtartamra automatikusan bekapcsol, és az áramszedők felsővezetéken maradása mellett a járművet újra feszültség alatti hálózatra lehet mozgatni átkapcsolás nélkül. Szükség esetén azonban felrakott szedővel is lehet akkumulátoros üzemmódban közlekedni.

4. Üzemeltetési tapasztalatok

Az Ikarus-Škoda Tr187.2-es típusú járművek immáron három éve vannak forgalomban, 2015-ben átlagosan évi 44 ezer km-t, 2016-ban átlagosan évi 57 ezer km-t futottak. Kiemelkedő teljesítménye volt a T-462-es járműnek 2016-ban 64 300 km-rel (ez napi 175 km-es átlagnak felel meg). A járművek 25 hónapos garanciális időszakának végén a Škoda Electric-kel együttműködésben felülvizsgálatra kerültek az új járműtípus szigetelési kérdései, és javításra kerültek az időközben feltárt, üzemeltetési nehézséget okozó műszaki megoldások. A javítás előtt gondot okozott a porbejutás az akkumulátor térbe és a szellőztető rendszerbe, emiatt módosításra került az akkumulátor tér szellőzése, amivel a probléma megszűnt. Ugyancsak módosításra került az üzemeltetési tapasztalat alapján a vontató motor szigetelt felfüggesztései, valamint a kardántengelyen új szennyeződés taszító kerámia bevonatokat alkalmaztunk sikerrel.

A jármű önjáró üzemmódban alkalomszerűen lett használva: 2016 során az EU-s támogatású Eliptic projekt keretében végzett az SZKT utasforgalmi demonstrációkat. Kétszer kéthetes időtartamra a 77/A viszonylaton közlekedtek, ahol a 13,2 km-es fordulótávolságú útvonalon 9,2 km-es távolságot felsővezeték nélkül, önjárással tettek meg a járművek. A vonalon 60 perc alatt fordultak a trolibuszok, ebből körönként kb. 15–20 percet a járművek a Bartók téren álltak, miközben a felsővezetékéről töltötték az akkumulátorokat (ennyit tartózkodnak az autóbuszok is ezen a járaton). A tesztidőszak sikeres volt, a vonalra két helyre kihelyezett felsővezeteki szedőterelő elemek használatát a járművezetők hamar megszokták. Ezen felül egy-egy hosszú hétvégére 2016 májusában a Hídi vásár miatti tereléseken, valamint 2016 szeptemberében a Szegedi repülőnapra indított

R1-es különjáraton (Az R1-es járat útvonala: Víztorony tér – Felső Tisza-part – Mars tér – Bakay Nándor utca – Bajai út – Repülőtér, az önjáró szakasz a Bakay Nándor utca és a Repülőtér között volt. Egy forduló 17,6 km, ebből önjárás 6,4 km volt.) közlekedtek az Ikarus-Škoda trolibuszok önjáró üzemmódban probléma nélkül.

5. Összefoglalás, tanulságok

Az utóbbi időszakban kezd elterjedni az a nézet a hazai közlekedési szakmában, hogy a trolibuszok kifutó közlekedési eszköznek számítanak, rövidesen leváltják az akkumulátoros autóbuszok a felsővezetékhez kötött járműveket. Ezen vélemények megfogalmazói azonban nem veszik figyelembe, hogy lassan évtizedekben mérhető a próbálkozások időszaka a tisztán elektromos üzemű akkumulátoros járművekkel, így az autóbuszokkal is. Az utóbbi időben jelentős előretörés volt, különösen a kínai piacon, megjelent az ún. „overnight charging” megoldás a 12 m-es jármű kategóriában, ahol az éjszakai üzemszünetben kerülnek a buszok töltésre. Hazánkban is a BYD konstrukciója végigjárt sok közlekedési vállalatot és próbajáratokon vett részt. Ennek ellenére éppen a kínai példák adnak intelmet: Peking és számos kínai város 2013-ban ismét a trolibuszok megtartása és fejlesztése mellett döntött, miután többéves tapasztalat gyűlt össze az akkumulátoros buszokkal (Sustainable Transport in China, 2013). Az akkumulátorokról ugyanis láttuk fentebb – még a legkorszerűbb fejlesztési kivitelükben is –, hogy még sokáig nagy holttömeget fognak jelenteni. Ezért nagy befogadóképességű autóbuszok számára még közel nem jelentenek megfelelő megoldást. Azt is tapasztaltuk, hogy a keleti gyártók által megadott adatokat a próbauzemek általában nem igazolták vissza. Az autóiparban is azt látjuk, hogy a hibrid megoldások terjedtek el leginkább. A tisztán akkumulátoros elektromos jármű – egy-két kivételtől eltekintve – nem tudott kilépni a városi autók piacáról, főleg az akkumulátorok fejlődésének hiánya miatt. Megoldás lehet a közbenső szolgáltatói töltési lehetőség kialakítása és ezzel az akkumulátorok mennyiségének csökkentése – ezt hívja a szakirodalom „opportunity charging”-nak, Németországban főleg ezzel kísérleteznek –, ám ez ugyancsak jelentős infrastrukturális beruházást feltételez. Véleményünk szerint a tisztán akkumulátoros járműveknek a rövidtávú, főleg városi közlekedésre alkalmasak jelenleg és az elkövetkező minimum 10 évben. Így létjogosultságuk van a magánszektorban mint 2. vagy 3. családi autó, melyet néhány 10 kilométeres napi forgalomra használnak, továbbá a kisebb, főleg városban használt haszongépjárműveknél. Érdekességképpen megjegyezzük, hogy a tehergépjárművek 70%-a naponta kevesebb mint 100 kilométert tesz meg, így megfontolandó az akkumulátoros üzemmód. Várhatóan a különböző készenléti és szervízszolgáltatást, vagy egyéb szolgáltatást végző cégek kishaszon-járműveinél terjed el az akkumulátoros üzemmód. Elgondolkodtató például, hogy a városi közlekedési cégek belszolgáltatásos gépjárművei lehetnének tisztán elektromosak. A tisztán elektromos járművek beszerzési költsége ugyan most még magasabb a

hagyományos belsőégésű motorokkal szerelteké, de üzemeltetési költségük töredéke.

Az akkumulátorok nagyobb számban történő megjelenésével előjöttek a problémák az akkumulátorok élettartamával és minőségével, ezek a hatások az „overnight charging” megoldásnál erősebben jelentkeznek (mint fentebb írtuk, a kétféle töltési mód esetén más jellegű akkumulátorok ideálisak). Idővel az akkumulátorok kapacitása lecsökken, ez tartós üzem mellett 2–3 év után jelentkezik. Manapság emellett már sok gyártótól – főként a Távol-Keletről – lehet Li-ionos akkumulátorokat vásárolni, azonban vannak, főleg kínai gyártók, akiknek a termékei nem hozzák az elvárható egyenletes minőséget, ami az élettartamot tovább rontja. Jelenleg Szegeden még mi sem látjuk előre, hogy az Ikarus-Škoda trolibuszok akkumulátorai mennyi időt fognak kibírni, egy biztos azonban, hogy a jármű trolibuszként akkumulátorok nélkül is használható tovább. Optimizmusra ad okot, hogy az EVC az akkumulátorokat a telepbe történő beszerelés előtt próbapadon bevizsgálja és a rosszabb minőségű cellákat visszaküldi a gyártónak. Az akkumulátorok cseréje még mindig nagy költséget jelent a közlekedési vállalatoknak. Így egy tisztán akkumulátoros autóbusznál ez jelentősen befolyásolja a jármű teljes élettartamára vetített költségeket. Tisztán gazdasági szempontokat figyelembe véve, a jelentős beszerzési és akkumulátor csere költség miatt, nem garantált, hogy az elektromos buszok gazdaságosabb mutatókat produkálnak, mint a trolibuszok, figyelembe véve természetesen az infrastruktúra kiépítésének és fenntartásának költségeit is, ami az akkumulátoros buszoknál is jelentkezik.

A meglévő trolibusz felsővezeték hálózat pedig ideális kiindulópontot jelenthet a hálózatról letérő, önjáró trolibuszok számára is a folyamatos akkumulátor visszatöltés megoldására. A trolibuszoknál megoldott az automatikus szedőlevezetés és felrakás a Budapesten és Debrecenben már évek óta alkalmazott terelőlemezek segítségével. Ezzel a trolibuszok üzemébe kiterjeszhető azokra a területekre, ahol a felsővezeték infrastruktúra kiépítése nehézkes vagy nem megtérülő. A meglévő trolibusz felsővezeték hálózat emellett alkalmas lehet akkumulátoros midibuszok szolgálatközi töltésére is. A Bécsben üzemelő félpantográf szedős elektromos kisbuszt kipróbálták Prágában, Brnóban és Pardubicében is. Prágában 2016-ban a Cegelec és a SOR együttműködésével gyártott EBN 11 típusú (11 m-es) szóló busszal már kb. egy éve üzemel ilyen rendszerű elektromos autóbusz vonal végállomási, Praha Zelivského villamosmegállóban történő töltéssel a 163-as és a 213-as járaton, és tervezik egyes autóbuszvonalakon szakaszokban trolis felsővezeték telepítését (Schreib, 2016). Brnóban és Pardubicében a meglévő trolibusz hálózatról és felsővezetékről oldották meg a végállomási töltést. A trolibusz hálózat tehát alkalmas lehet többféle kategóriájú elektromos üzemű jármű kiszolgálására is. Szegeden ezért továbbra is a fejlesztések egyik irányát a trolibusz hálózat kiterjesztésében látjuk, a törzshálózat további kiterjesztésével főként Újszeged feltárása érdekében.

Irodalomjegyzék

- Schädlich, G. (2012): Hoppecke Batterie Systeme GmbH, „Entwicklungsstand innovativer Batteriesysteme und Ladetechnik für den Einsatz in Elektrobussen”, Internationale Trolleybus Konferenz Leipzig, 23. und 24. Oktober 2012.
- Fraunhofer, S. K. (2012): Institute for transportation and infrastructure systems IVI, „Energy-saving potential of energy storage systems in public transport networks – evaluation results from Eberswalde, Innovations by TROLLEY”, Internationale Trolleybus Konferenz Leipzig, 23. und 24. Oktober 2012.
- Guzzella, L. (2012): Swiss Federal Institute of Technology Zurich, „Anforderungen an ÖV Systeme der Zukunft”, Internationale Trolleybus Konferenz Leipzig, 23. und 24. Oktober 2012.
- Sustainable Transport in China (2013): „Beijing to Replace its Bus Fleet with Cleaner Vehicles” <<http://sustainabletransport.org/beijing-to-replace-its-bus-fleet-with-cleaner-vehicles/>>. (2016.12.27.)
- Schreib, P. (2016): „Ředitel dopravního podniku: Chystáme návrat „trolejbusu”. <http://prazsky.denik.cz/zpravy_region/reditel-dopravniho-podniku-chystame-navrat-trolejbusu-20161227.html>. (2016.12.27.)



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 636012.