

Az autóbusz és a trolibusz üzem gazdaságossági összevetése különös tekintettel az új trolibusz járművekre

Dr. Tölgyesi Vilmos

BKV Rt.

1. BEVEZETÉS

Talán egyetlen közlekedési mód sem volt annyiszor a viták kereszttüzeiben a városi közlekedés járművei közül, mint a trolibusz. Időnként – különösen gazdaságossági szempontok alapján - felmerül az ötlet, hogy szüntessük meg a trolibusz-közlekedést, amelynek következménye azután az ez elleni tiltakozás a lakosság és a környezetvédők részéről. A járműtípus kialakulásakor – az 1800-as évek vége felé - az elsőrendű műszaki szempont az volt, hogy megfelelő teljesítményű közlekedési eszközt hozzanak létre, amely az - akkor már viszonylag bevált – elektromos erőátvitelt hasznosította a félttestvér – a közúti villamos – jelentős költséget kitevő vágány-infrastrukturális költsége nélkül. Európa nyugati felében a negyvenes évek végén, az ötvenes években nagyon sok trolivonalat számoltak fel és helyettük autóbuszokat üzemeltettek, míg Európa keleti részén és a Szovjetunió államaiban rendkívüli mértékben terjedt ez a közlekedési mód. Ennek eredményei még ma is érezhetőek.

Bár a trolibusz-közlekedés környezetvédelmi előnyei elvitathatlanok, mégis napjainkban kevés új hálózat létesül és az egyes közlekedési társaságoknál a járműcsere időszakában újra és újra felvetődik a megszüntetés kérdése.

Ugyanakkor a városok levegőjének tisztasága egyre inkább előtérbe helyezi a kedvező károsanyag-kibocsátású járművek, szélső esetben az úgynevezett "Nulla emissziós" járművek üzemét, amelyek hajtásmódja – a primer energiaforrástól függetlenül – elektromos meghajtás. Tény az, hogy a trolibusz hajtásához felhasznált elektromos energia előállítása az esetek többségében – országonként változó összetételű u.n. „energiamix” eltérő mértékű – károsanyag kibocsátással is párosul, azonban ennek mennyisége és különösen területi eloszlása – azaz nem a zsúfolt lakókörnyezetben lép fel – kisebb környezeti problémákat vet fel.

Napjaink élenjáró technikája, az energiacella a trolibusz szempontjából úgy vehető figyelembe, mint egy olyan trolibusz, amely magával viszi az erőművet is. Így a

felsővezeték hossza illetve az ezzel kapcsolatos infrastruktúra elhanyagolható költségű, azonban ennek komoly ára van. Hasonlóképpen ahhoz, ahogy a háztartásokat is – ma még – gazdaságosabb vezetéken ellátni az elektromos energiával, ugyanúgy érvényes ez az elektromos energiaellátásra a járművek esetében is. Az energiacellák alkalmazásával, fejlesztésével kapcsolatos műszaki problémákon túl nem elhanyagolható szempont a felhasználható primer energia fajtája sem. Míg az energiacella üzemanyaga csak speciális és a természetben szabad állapotban fel nem lelhető hidrogén, addig elektromos energiát a telepített erőművekben gyakorlatilag „bármiből” lehet nyerni.

2. A TROLIBUSZÜZEM GAZDASÁGOSSÁGI KÉRDÉSEI

Amikor a trolibuszüzem gazdaságosságáról beszélünk, akkor összehasonlításképp a vele általában azonos kapacitást képviselő autóbusz (esetünkben dízelbusz) adataival kell összehasonlítani. Ma már ugyan egyes helyeken megjelennek a nagyobb kapacitású járművek – kétcsuklós autóbusz, „Busbahn”, Civis – azonban mégis aránytalan lenne az egy kategóriával nagyobb kapacitást biztosító közúti villamossal való összevetés. Annyit azért érdemes megjegyezni, hogy a villamosokhoz képest a trolibusz infrastruktúrája kisebb beruházás-igényű, ugyanakkor a trolibusz „kötőtpályás” jellege ellenére rugalmas közlekedési módnak tekinthető, hiszen két- illetve három forgalmi sávot képes lefedni a felsővezeték alól eltávolodni képes áramszedő-rendszere miatt.

3. ELŐNYÖK-HÁTRÁNYOK

3.1. Kötőtpálya

Csak bizonyos mértékig tekinthető hátránynak, hiszen a villamoshoz képest rugalmas. Ha megnézzük a közösségi közlekedési útvonalakat, akkor megállapíthatjuk, hogy azok gyakorlatilag évtizedeken keresztül ugyanott vezetnek. Kétségtelen, hogy forgalom-elterelés esetén üzeme nehezebben helyezhető át az elkerülő vonalra.

3.2. Energiaellátás

A felsővezeteki energiaellátás a kötöttségen túl azzal a hátránnyal is jár, hogy az energiaellátó rendszer áramkimaradása, vagy a felsővezeteki rendszeren előforduló

szakítás forgalmi problémákat vet fel. Ma már azonban elmondhatjuk, hogy a haváriaesetekől eltekintve nem jellemző az energiakimaradás, miközben a könnyűszerkezetes áramszedők és a rugalmas felsővezetéki rendszer megfelelő üzembiztonságot ad. Szélső helyzetben – ahogy több üzemeltetőnél ez szabványos megoldás – önjárával lehet ellátni a járműveket.

A trolibusz üzemnél ritkán szerepeltetik a megtakarítások között azt, hogy nincs szükség üzemanyag-ellátó rendszerre a garázson belül, illetve azt, hogy elmarad a dízelbuszok tankolási időszükséglete, pedig ez is jelentős területfoglalással, beruházási szükséglettel és élömunka-igénnyel jár.

3.3. Hajtásrendszer

Az elektromos hajtásrendszer – annak jobb hatásfoka miatt, valamint amiatt, hogy a jármű álló helyzetében nincs energiafogyasztás (a segédüzemet kivéve) – kedvezőbb energetikai paraméterekkel rendelkezik a dízelüzemhez viszonyítva. Mind az energia egyenértékes fogyasztásban, mind az elektromos áram árában jelentős előny mutatkozik a trolibusz javára az autóbusszal szemben. A világban a technikai fejlődés egyre inkább az elektronika irányában halad, a dízelmotorok vezérlésében is egyre nagyobb hangsúlyt kap, miközben az elektronikus hajtásvezérlés a trolibuszoknál belső adottságai miatt megvalósítja a kedvezőbb jelleggörbék, optimális nyomatékszabályozás lehetőségét. A hajtásrendszerek az elektromos hajtások mai megoldásaiban már szinte automatikusan adják az energia-visszatáplálás lehetőségét, amelyet fogadóképes hálózat esetén az induló jármű fel tud venni. Ez egyben kopásmentes fékezést is jelent és a legutóbbi idők kutatásai (supercap) arra irányulnak, hogy hálózati fogadóképtelenség esetén a járművön belül (nagy méretű kondenzátorokban) lehessen eltárolni a fékenergiát.

Az elektromos hajtás jelentősen túlterhelhető a dízelüzemhez képest. Ez különösen emelkedők esetében illetve megállókból való kiinduláskor és forgalmi jelzőlámpáktól elinduláskor bír nagy jelentőséggel, amely által a trolibusz a forgalom egyéb részvevőivel együtt tud haladni.

3.4. Járművezető

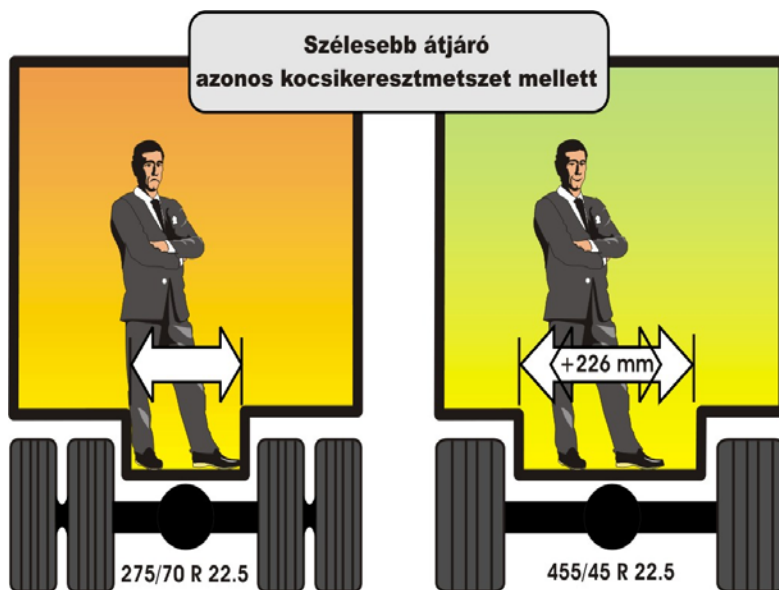
Bár az utóbbi időkben a női járművezetők az autóbuszvezetők között is megtalálhatók, mégiscsak a trolibusz tipikusabbnak tekinthető a járművezetői nemek megoszlása tekintetében.

3.5. Járműkonstrukció

A jelen időben is már meglévő, a jövőben pedig várhatóan tovább terjed az igény az alacsonypadlós járművek irányában. Autóbuszok esetén sok kompromisszummal, illetve korlátozással kell szembe néznünk, míg a trolibuszok kisebb motorja, megosztott és tetőre helyezhető vezérlése kedvezőbb utastér-elrendezést ad, mint a dízelbuszok esetében. Erre vonatkozóan lásd az 1. sz. ábrát, amely gyakorlatilag ugyanannak a járműalap-típusnak a dízelbuszos és trolibuszos változatát mutatja be. Az alacsonypadlós járművek legkritikusabb pontja a hátsó tengely kerékházai közötti átjárósáv szélessége, amely kerékházmotorok alkalmazásával jelentősen növelhető. A széles gumibroncs által megkövetelt helyfoglalás csökkentésének ma már több – nem autóbusz – járműnél alkalmazott megoldása a SUSI [1], azaz a Super-Single gumibroncs, amely 226 mm-es átjárószélesség-növelést tesz lehetővé (2. ábra).



1. ábra



2. ábra

3.6. Zajhatás

A környezetvédelmi hatások között a levegőszennyezés után következő legkedvezőtlenebb hatás a járművek által keltett zaj. A dízelmotoroknál a károsanyag-kibocsátási határértékek szigorodása miatt alkalmazott korszerűbb motorok sajnos önmagukban nagyobb zajt produkálnak, mint korábbi változataik, amelyet a konstruktőrök a motor fokozottabb burkolásával igyekeznek csökkenteni. Ez ismét kedvezőtlen hatással jár, nevezetesen a nagyobb hőfokon üzemelő és jobban burkolt motor hőjét kell elvezetni. Ennek korrekt megoldására nem mindig áll elegendő hely rendelkezésre, így a motor környezete is túlmelegszik és ez a motortéri gumi és műanyagelemekre kedvezőtlen hatással van.

A trolibuszoknál a hátsóhídon kívül csak a segédüzem (elsősorban a kompresszor) termel zajt, amely azonban sokkal kedvezőbb a dízelbuszokhoz képest.

3.7. Egyéb környezeti hatás

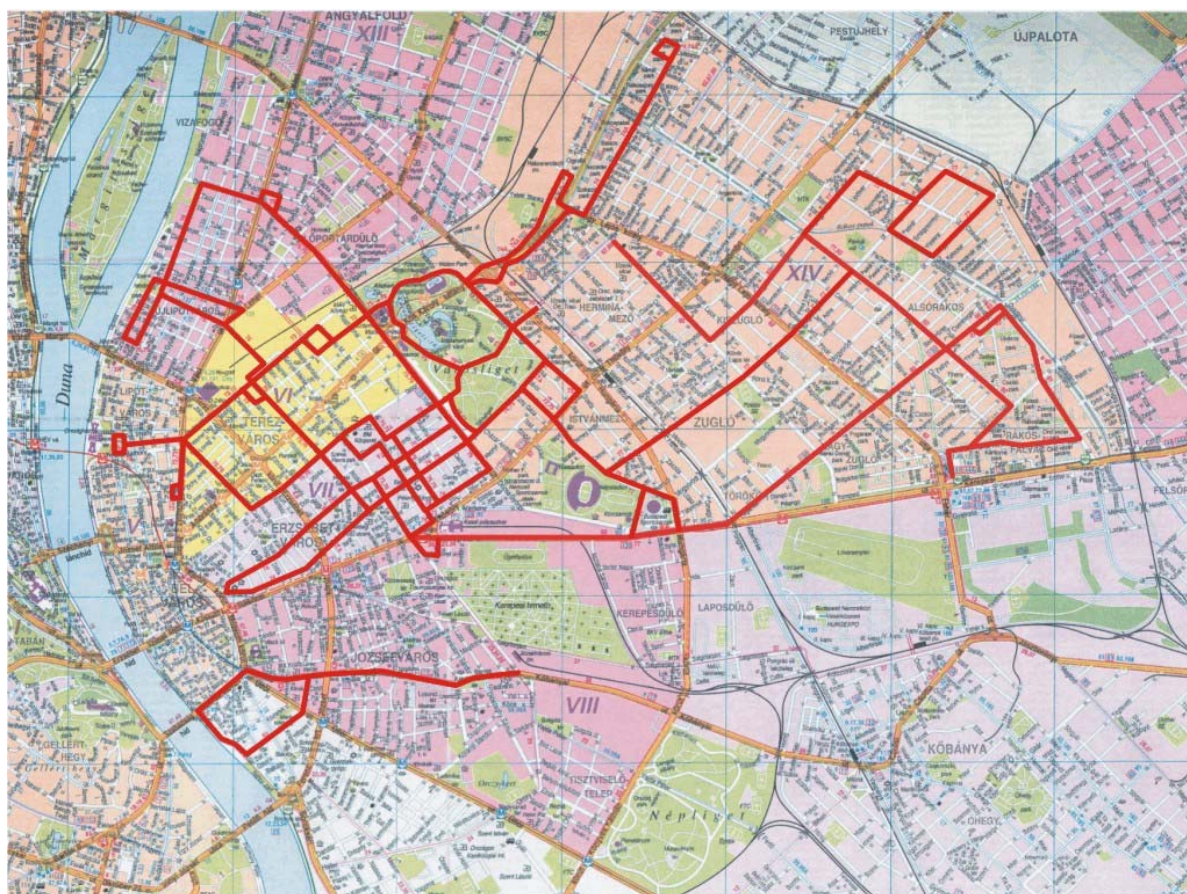
A trolibuszüzem károsanyag-mentessége természetesen nem csak az utcán, a forgalmi körülmények között jelentkezik, hanem (beruházási és üzemeltetési költségek szempontjából) lényeges az is, hogy a garázsokat nem kell ellátni elszívó rendszerrel. A téli viszonyok között a hidegindítás (illetve az esetenkénti járatás) okozta többlet-terhelés is elmarad.

Ezzel szemben sokan kifogásolják az „esztétikai környezetszennyezést”, amely az oszlopok illetve a felsővezeték látványában ölt testet (ugyanakkor villamos esetében természetesnek veszik a felsővezetéki rendszerhez tartozó oszlopok jelenlétét).

4. AZ ELŐNYÖK ÉS HÁTRÁNYOK ÉRVÉNYESÜLÉSE A BKV RT-NÉL

Az előzőekben megfogalmazott előnyök és hátrányok természetesen a BKV Rt-nél is jelentkeznek, azonban a – többi üzemeltetőhöz viszonyítottan – kiterjedt trolibusz-hálózat miatt speciális körülmények is szerepet játszanak.

A budapesti trolibuszhálózat hossza 68,7 km és viszonylag jól behatárolható vonalcsoportokból áll (3.ábra). A korábbi építésű belvárosi vonalak és az újabb építésű u.n. zuglói hálózat között helyezkedik el a járműveket kiszolgáló bázis. Emiatt a „garázsmentek” hossza viszonylag kedvező és ezek nagy része „fizető” útvonalakat fed le.



3. ábra

A kétféle vonalcsoporthoz eltérő méretű járműveket igényel és míg nemzetközi gyakorlatban a trolibuszüzem jellemző járműfajtája a csuklós jármű, addig a budapesti belváros szűk utcái és a parkoló, rakodó járművek akadályozó hatása miatt az állomány egy harmada hosszabb távon is szóló járműként van figyelembe véve.

A hálózat kialakítása olyan, hogy több vonalnak is szóba kerülhet a meghosszabbítása, amely a gazdaságosságot növeli, mivel – általában - nem jár az áramellátási hálózat lényeges bővítésével (természetesen a felsővezetéki infrastruktúra kiépítése szükséges).

Ez a helyzet várhatóan továbbra is fennáll, hiszen a trolibuszhálózat áramellátása közös a villamos áramellátással és ezért – pl. a gazdaságtalan járműkapacitás miatt – megszűnő villamosvonalak helyén vagy környezetében az áramellátás nem jelent gondot. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a jelenlegi trolibusz állomány egy harmadát a hagyományos „energiafáló” kontaktoros-ellenállásos vezérlésű járművek alkotják, amelyeknek az energiafogyasztása a korszerű járművek energiafogyasztásának közel kétszerese, az áramátalakítók teljesítménye a korszerűbb járművekre való áttéréssel megfelelő biztonságot nyújt a hálózat növelésére. A jelenlegi járműállomány és annak műszaki paraméterei az 1. sz. táblázatban találhatóak.

Ebből a táblázatból látható, hogy a BKV Rt trolibusz állományában mind életkor, mind hajtásrendszer tekintetében három külön kategória van jelen. A közelmúltban a BKV Rt [2] vizsgálta a trolibusz közlekedés felszámolásának gazdaságossági hatásait és megállapította, hogy a trolibuszpark azonnali felváltása autóbuszokkal éves szinten 600 mFt-ot meghaladó többletköltséget és egyszeri 10 Mrd Ft beruházást jelentene. Fokozatos lecserélés esetén az üzemeltetési többletköltség összesen közel 900 mFt lenne, viszont a beruházási többletköltség ekkor nem jelentkezne, mivel az autóbuszok beszerzése alacsonyabb költségigényű.

A szempontok komplex mérlegelése azt az eredményt adta, hogy a trolibusz üzem feladása a BKV Rt-t összességében kedvezőtlenebb helyzetbe hozza.

A fenti vizsgálat, illetve megállapítás is abba az irányba hatott, hogy a BKV Rt kiemelt feladatának tekintse ennek a környezetbarát közlekedési módnak a további üzemét és keresse a pótlólagos források bevonásának lehetőségét. Ezek közül kiemelkedő a Környezetvédelmi Alap Célelőirányzat (KAC) támogatási lehetősége. A BKV Rt-n belül – a rendkívül szűkös beruházási lehetőségek miatt – olyan döntés született, hogy a társaság csak akkor tudja a pótlást felvállalni, ha az autóbusz és a trolibusz jármű

árkülönbözete támogatások révén fedezésre kerül (egyéb esetben kényszerűségből – mint ahogy azt a társaság a villamospálya felújításának fedezetihiánya miatt villamos esetében már gyakorolja – a felsővezeték alatt dízelbuszok üzemével kellene számolni).

Az elnyert KAC támogatás lehetővé tette közbeszerzési eljárás keretében 15 db korszerű, alacsonypadlós, energiatakarékos trolibusz megrendelését. A fővállalkozó és a kocsitest szállítója az Ikarusbus Rt, a hajtásrendszer elektronikáját (hajtásinverter és statikus átalakító) a Kiepe cég, míg a Skoda meghajtómotorokat, a speciális trolibusz alkatrészeket az Obus Kft szállítja és szereli a teljes trolihajtást a járműbe. A trolibusz fényképe a 4. ábrán látható, műszaki paramétereit pedig a 2.sz. táblázat tartalmazza.



4. ábra

A szállítási időpont jelentős csúszása miatt ma még (2002. július elején) üzemeltetési tapasztalatokról nem lehet túl sokat mondani, azonban az eddigi vélemények azt engedik sejtetni, hogy a jármű be fogja váltani a hozzá fűzött reményeket.

A próbamenetek során a járművezetők a személygépkocsi kényelmét megközelítő vezetési élményről számoltak be, az utastéri kényelem olyan apróságokkal is növelt, mint a gumibakok elhelyezése az áramszedők alatt (amely nagymértékben hozzájárul a beltéri zaj csökkentéséhez), stb.

A jármű várható maximális fogyasztása 1,3 kWó/kkm, amely a ZIU-9 trolibuszok elszámolás alapjául szolgáló 2,3 kWó/kkm fogyasztási értékéhez képest is

44 %-os energia-megtakarítást jelent. (Az eddigi próbafutások során utasterhelés és fűtés nélkül 0,62 kWó/kkm átlagértékeket mértünk, amely természetesen utasforgalomban nagyobb lesz.) Hasonló nagyságrendű megtakarítás várható a karbantartás terén is, mivel az aszinkronmotor gyakorlatilag karbantartásmentes és a ZIU-9 jármű karbantartása során a legtöbb tevékenységet igénylő – és a kopó alkatrészek kategóriájába sorolt – kontaktorok, idő-, túláramrelék és szervokontrollerek elmaradnak. Az elektromos hajtás fedélzeti elektronikája hagyományos - azaz az elektronikus hajtásoktól megszokott - módon kijelzi a hajtásrendszer karbantartási igényét és az előforduló hibákat, így jelentős mértékben lecsökken a hibakeresésre és hibaelhárításra fordított idő.

Az új trolibuszban beépítésre került korszerű elektronikák – hajtásvezérlő, segédüzemi vezérlő, kipörgés-csúszás gátló berendezés (ABS-ASR), rugózás (Knorr ELC), utas-tájékoztató (FOKGYEM) – szükségessé tették egy „Központi fedélzeti elektronika” alkalmazását (5. ábra).



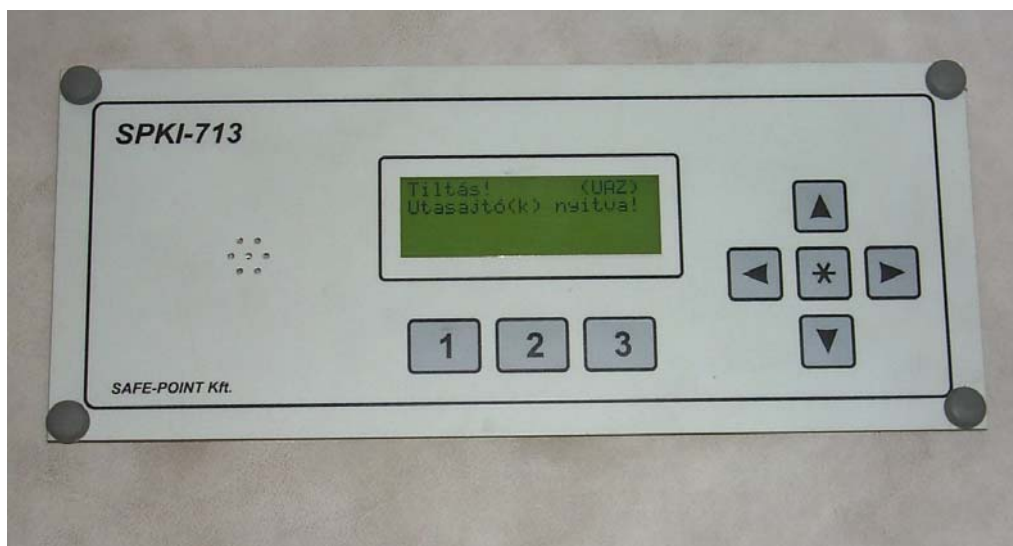
5. ábra

Az elektronika 84 db digitális bemenetet, és 40 db digitális kimenetet kezel. Ez a berendezés a jármű működése szempontjából önálló feladatokat ellátó elektronikák összerendezését, feladatok csoportosítását végzi az alábbiak szerint:

- A hajtásvezérlő elektronika által nem kezelt járműelemek (kiegészítő szervo szivattyú, fülke/utastéri fűtőkészülékek, ajtók, megállóhelyi fék, külső/belső világítás, stb.) felügyelete és vezérlése, állapotuk alapján a hajtásvezérlés részére információ adása (engedélyezés, korlátozás, tiltás).
- Jogosulatlan járműhasználat megakadályozása

- Kilométeróra kezelése (út és sebesség) az impulzusadó jele alapján.
- Hajtásvezérlő részéről soros vonalon érkező információ kijelzése:
 - Kijelzővel, a felvett/leadott teljesítmény, hibaüzenet, hibakód, (4×20 karakter),
 - hibajelző lámpákkal.
- Fekete doboz funkció - forgalmi adatgyűjtő - (az elektronika által kezelt jelek és 8 egyéb digitális jel utolsó 1000 méter alatti értékei, méterenként 8 mintavételezéssel)
- Műszaki adatgyűjtő, a szabályzóba érkező és onnan kilépő jelek utolsó 1 perc adatainak folyamatos gyűjtése
- „Központi hang és digitális kijelző” (6. ábra) vezérlése
- Folyamatos, üzem közbeni monitorozási lehetőség PC-vel.

A kezelt járműelemek, a korlátozások és a gyűjtött adatok köre bővebben a 3. sz táblázatban található.



6. ábra

Összességében – az eddigi tapasztalatok alapján – elmondható, hogy az új trolibusz megfelel az elvárásoknak, energiafogyasztása és karbantartási időszükséglete fele a lecserélésre kerülő ZIU-9 trolibuszoknak. Magasabb megbízhatósági foka miatt azonos feladatra kevesebb járműdarabszám szükséges. Mindezek alapján várható, hogy a járművek élettartamának első felében már megtérül az a többletár, amely az autóbuszok beszerzési költségéhez képest jelentkezik, miközben a környezetre gyakorolt hatásban elsősorban a légszennyezés, másodsorban a zajhatás szempontjából jelentős csökkenés következik be.

REFERENCIÁK

- [1] Continental: Einzelbereifung an der Antriebsachse von Linienbussen
VDV Cottbus - 2001. május
- [2] Trolibuszok üzemeltetésének vizsgálata
BKV Rt. Munkabizottság - 2000. március

1. sz. táblázat

A BKV Rt. trolibusz állományának jellemzői

Típus	Darabszám	Hajtásmód	Átlagos életkor	Átlagos futásteljesítmény
ZIU-9	58	Kontaktoros	22,5 év	827.308 km
Ik 280.94	84	Egyenáramú szaggató	12,5 év	642.226 km
Ik 435.81	15	Aszinkron	5,9 év	301.164 km

2. sz. táblázat

Az Ik412T trolibusz főbb műszaki adatai

Menetkész saját tömeg:		11.900 kg
Megengedett hasznos terhelés:		6.600 kg
Összgördülő tömeg:		18.500 kg
Megengedett terhelés elöl („A” teng.)		7.500 kg
Megengedett tengelyterhelés hátul („B” teng.)		11.000 kg
Szállítható utasok száma	8 fő/m ² állóutas terheléssel: 4 fő/m ² állóutasterheléssel: ebből ülő utas:	97 fő 62 fő 27 fő
Álló utasoknak rendelkezésre álló padlófelület:		8,7 m ²
Kiszolgáló személyzet:	gk. vezető	1 fő
Fordulókör sugara, külső ponton mérve:		≤12 m
A trolibusz kalkulált max. sebessége:		65 km/ó
Sebesség szoftveresen korlátozva:		50 km/ó
Gyorsulás 0-20 km/ó-ig névleges terheléssel max. (szabályozottan):		1,2 m/sec ²
Lassulás villamos fékkel névl. terhelésnél 50-2 km/ó-ig max. (szabályozottan):		1,2 m/sec ²
Vontatómotor teljesítménye:		172 kW

Az Ik 412T trolibusz központi vezérlő elektronika jellemzői

Kezelt járműelemek:	kiegészítő szervoszivattyú
	vezetőfülke fűtőkészülékek
	utastéri fűtőkészülékek
	ajtók
	megállóhelyi fék
	légszárító
	olajleválasztó
	akkumulátortöltés, fedélzeti energiaellátás
	sűrítettlevegő ellátás
	szigetelésellenőrzés
	utastájékoztató rendszer
	indítástiltás
	nappali külső világítás vezérlés
	belső világítás vezérlés
	váltóállítás
	készülékfűtések (tükör, légszárító, stb.)
	korlátozott sebességű üzemmódok
	jelzéseképek
tachográf	
Korlátozások:	szigetelésromlás: max. 20 km/ó
	nyitott ajtó: max. 5 km/ó
	megállóhelyi fék: 0,3 km/ó alatt
	kiemelt üzemmód: max. 20 km/h
	váltóállítás: hálózati áram – állít: 75 A – nem állít: max 30 A
Adatgyűjtés:	az elektronika által kezelt jelek és 8 db digitális jel az utolsó 1000 méteren
	műszaki adatok az utolsó 1 percen
	Teljesítmény-adatok