

E-közösségi közlekedés, szakmai délután
2017. november 8.

AZ ELEKTROMOS AUTÓBUSZOK ÜZEMELTETÉSE A KÖZFORGALMÚ KÖZLEKEDÉSBEN



Dr. Csiszár Csaba – egyetemi docens

Csonka Bálint – PhD hallgató

Földes Dávid – PhD hallgató



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI
EGYETEM

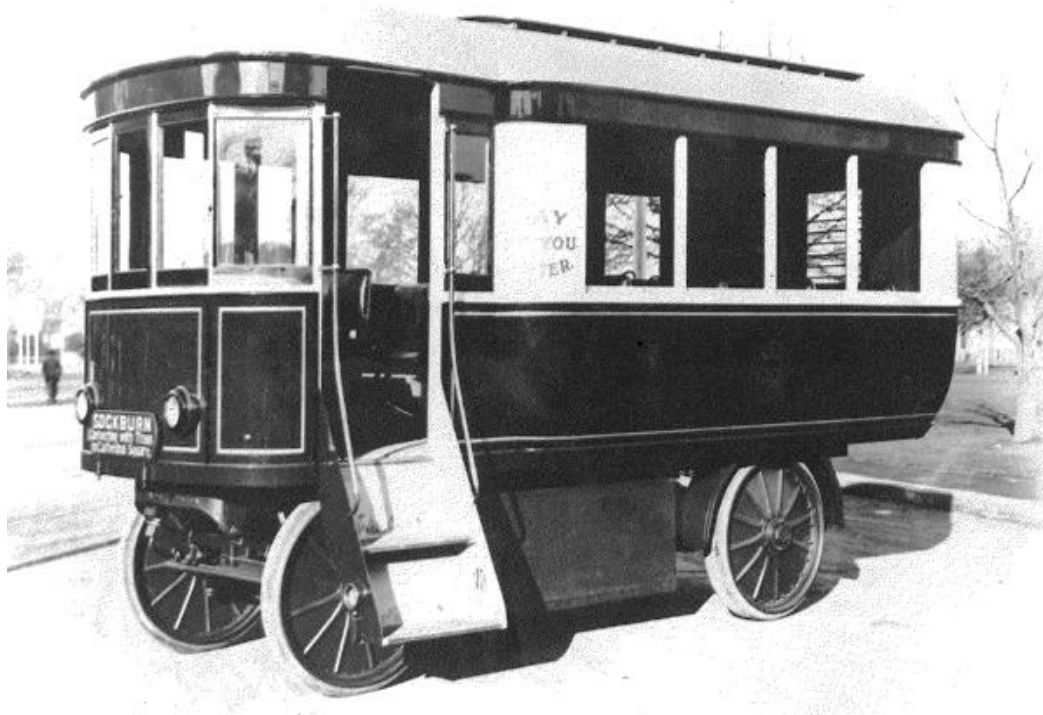
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Tartalom

1. Járművek jellemzői
2. Mobilitási szolgáltatás jellemzői
3. Nemzetközi gyakorlatok - tendenciák
4. Hazai gyakorlat
5. A töltési technológia és a töltési infrastruktúra jellemzői
6. Üzemeltetési sajátosságok
7. Környezeti hatások



1. Járművek jellemzői



1918

Elektromos autóbusz Amerikából



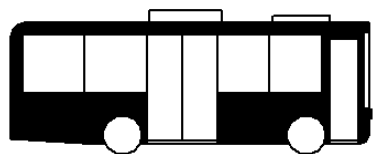
1. Járművek jellemzői



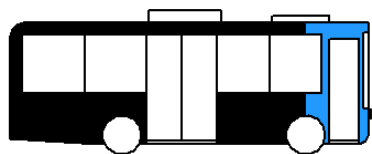
1933. december 16.
Vörösvári út – Óbudai temető



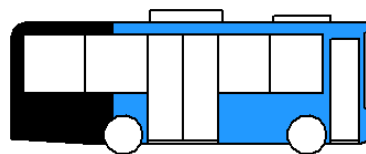
1. Járművek jellemzői



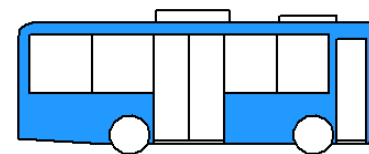
dízel



párhuzamos
hibrid



soros
hibrid



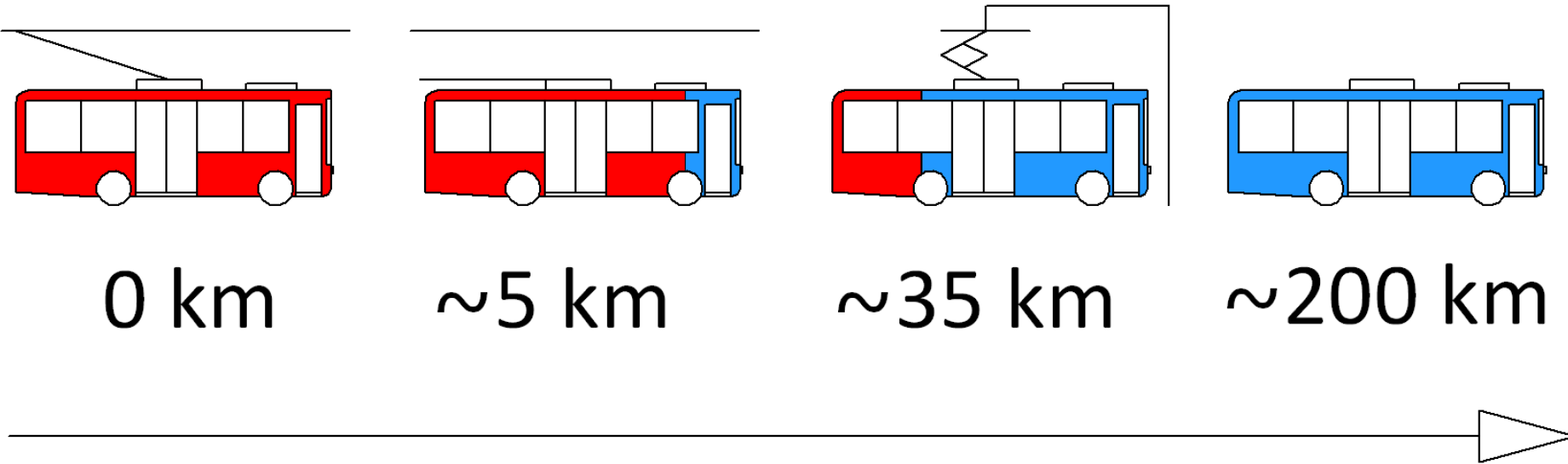
tisztán
elektromos

ENERGIAHATÉKONYSÁG

Az autóbusz energiahatékonysága az akkumulátor méretével együtt nő



1. Járművek jellemzői



ÖNJÁRÓ HATÓTÁVOLSÁG

Megjelennek a trolibusz és elektromos autóbusz közötti átmenetek



1. Járművek jellemzői

Önjáró: mozgáshoz szükséges energiát a fedélzeten tárolja

Nem-önjáró: az energiát mozgás közben, külső forrásból kapja (pl. trolibusz)

Energia tárolása:

- Akkumulátor
 - Kondenzátor
 - Hidrogén (tüzelőanyagcella)
- ✓ Alacsony üzemeltetési költség
- ✓ Magas hatásfok
- ✗ Magas beszerzési ár
- ✗ Töltő infrastruktúra hiánya/ hosszú töltési idő
- ✗ Technológia újszerűsége miatt alacsonyabb rendelkezésre állás



1. Járművek jellemzői



BYD K9

Akkumulátor: 324 kWh; hatótáv: 250 km; szállítható személyek: 59 fő



1. Járművek jellemzői



Skoda PERUN HE

Akkumulátor: kb. 220 kWh; hatótáv: 150 km; szállítható személyek: 82 fő



1. Járművek jellemzői



Siemens Rampini Alé El

Akkumulátor: 96 kWh, hatótáv: 60 km, szállítható személyek: 46 fő



1. Járművek jellemzői



Solaris Urbino 18 electric csuklós városi busz
Akkumulátor: 120kWh; hatótáv: kb. 100 km;
opcionális pantográf



1. Járművek jellemzői



BYD C10 távolsági autóbusz

Hatótáv: 321 km; szállítható személyek száma: 57+1;
töltési teljesítmény: 300kW



1. Járművek jellemzői



Dízel elektromos hibrid, OppCharge töltővel
(3-4 perc, akár 450kW teljesítmény)



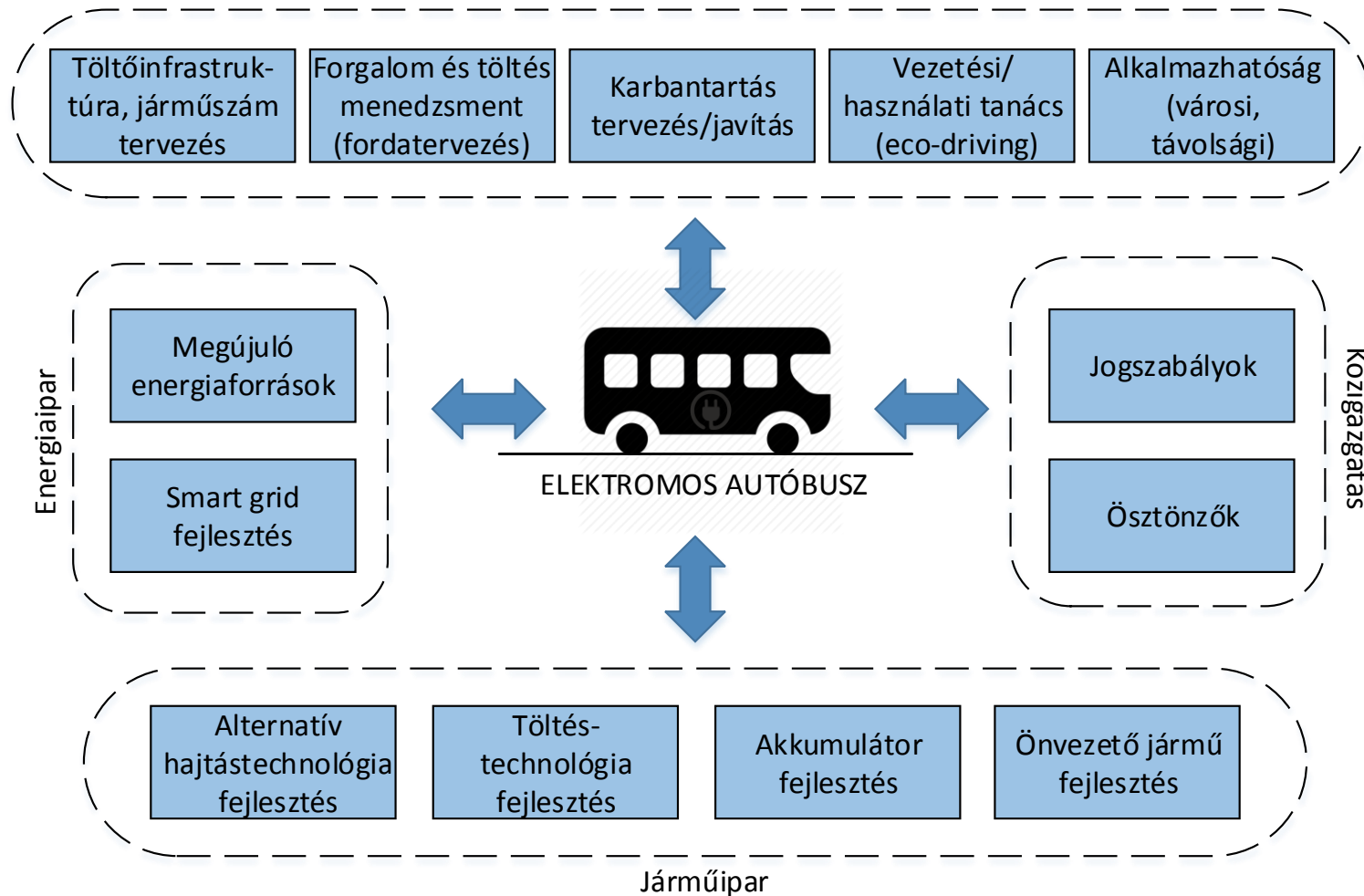
1. Járművek jellemzői

	Autóbusz	Személyautó
Akkumulátor kapacitás	90-300kWh	20-50kWh (Tesla 90kWh)
Hatótáv	60-250 km	100-200 (Tesla 400 km)
Átlagos energiafogyasztás	1-1,5 kWh/km	0,15-0,2 kWh/km
Töltési teljesítmény	Akár 300kW	Akár 60 kW (Tesla 150 kW)



2. Mobilitási szolgáltatás jellemzői

Integrálás a közlekedési rendszerbe



2. Mobilitási szolgáltatás jellemzői

városi használathoz előnyös

- alacsony sebesség – kevesebb energia fogyasztás
- sűrű megállások – fékenergia visszatáplálás, töltési lehetőség
- lokális szennyezés minimális (károsanyagkibocsátás, zaj)
- sűrű beépítettségű területeken – környezetbarát jelleg fokozott előny
- hegyvidéki üzemeltetés – lejtmenetben minimálási energiafogyasztás, visszatáplálás

távolsági használat

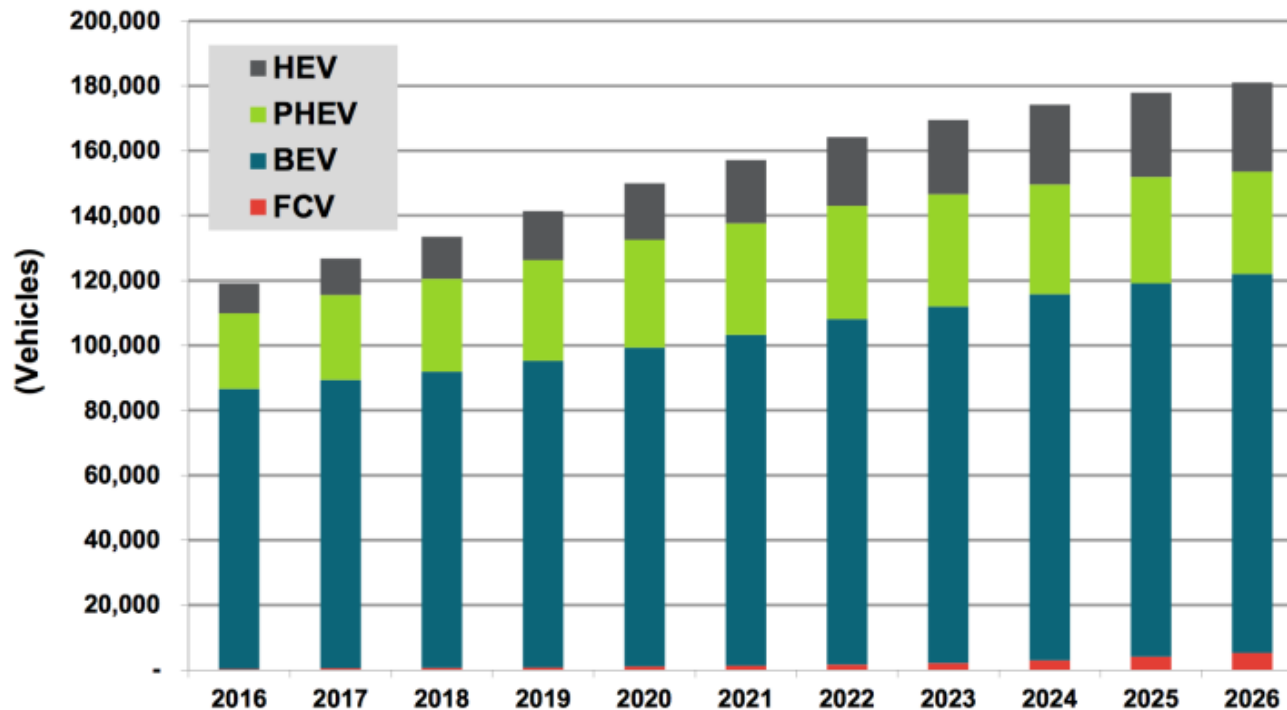
- nem jellemző (akkumulátor kapacitása, töltési idő)

utas szempontjából komfortos (halkabb), de lényegi szolgáltatás-beli különbség nincs



3. Nemzetközi gyakorlat - tendenciák

Chart 1.1 Electric Drive Bus Sales by Powertrain Type, World Markets: 2016-2026



(Source: Navigant Research)

A meghajtás típusokon belül a tisztán elektromos autóbuszok dominálnak



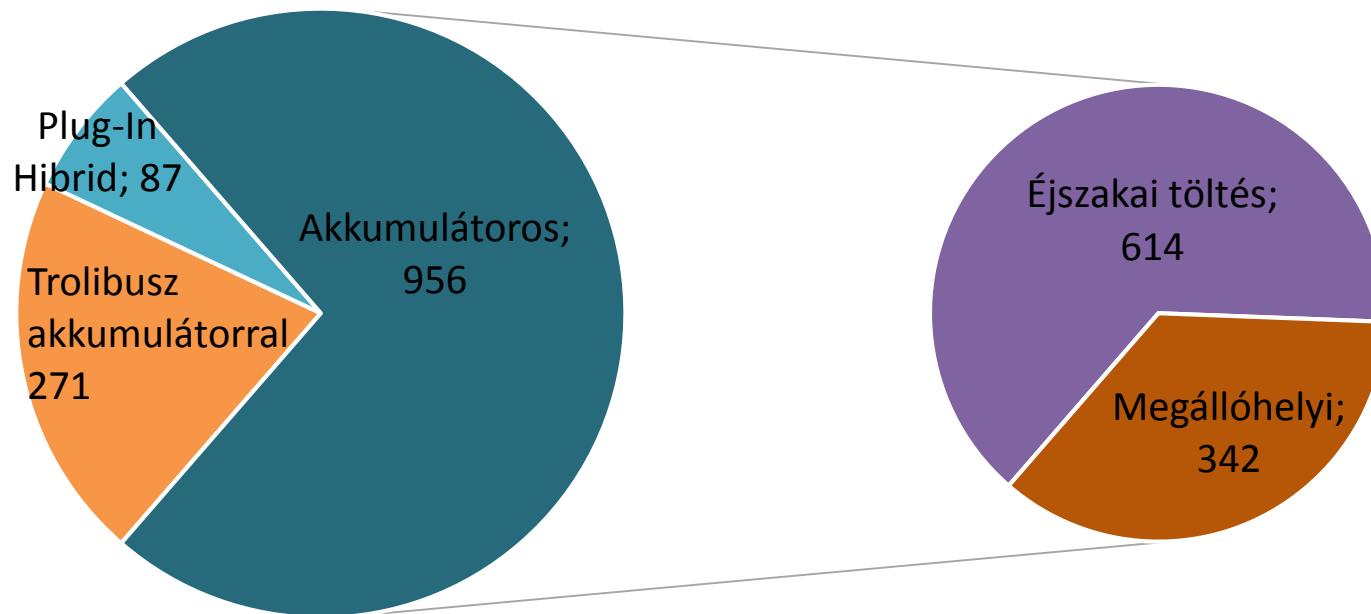
3. Nemzetközi gyakorlat - tendenciák

2015: 173 000 elektromos autóbusz, ebből 170 000 Kínában

Az élenjáró országokban ösztönzőkkel támogatják a terjedést

Európában: Egyesült Királyság, Hollandia, Svájc, Lengyelország, Németország

Elektromos autóbuszok megoszlása Európában a meghajtás módja szerint

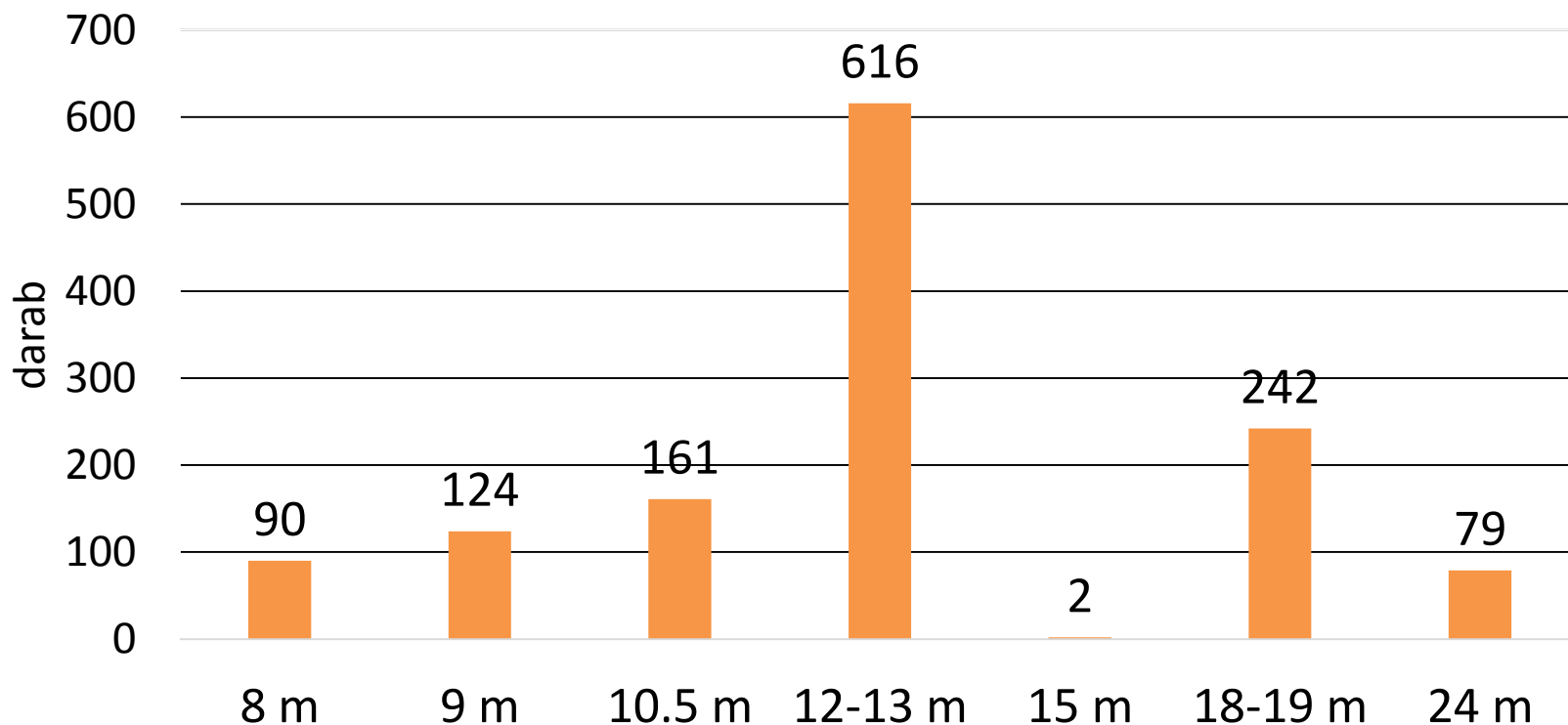


Elsősorban az akkumulátoros önjáró autóbuszok dominálnak



3. Nemzetközi gyakorlat - tendenciák

Elektromos autóbuszok megoszlása Európában a hosszúság szerint



Elsősorban a 12-13 méter hosszú elektromos autóbuszok a népszerűek

Forrás: ZeEUS eBus Report, 2017



4. Hazai gyakorlat



Budapest

20 db evopro akkumulátoros autóbusz,
töltés: telephelyen



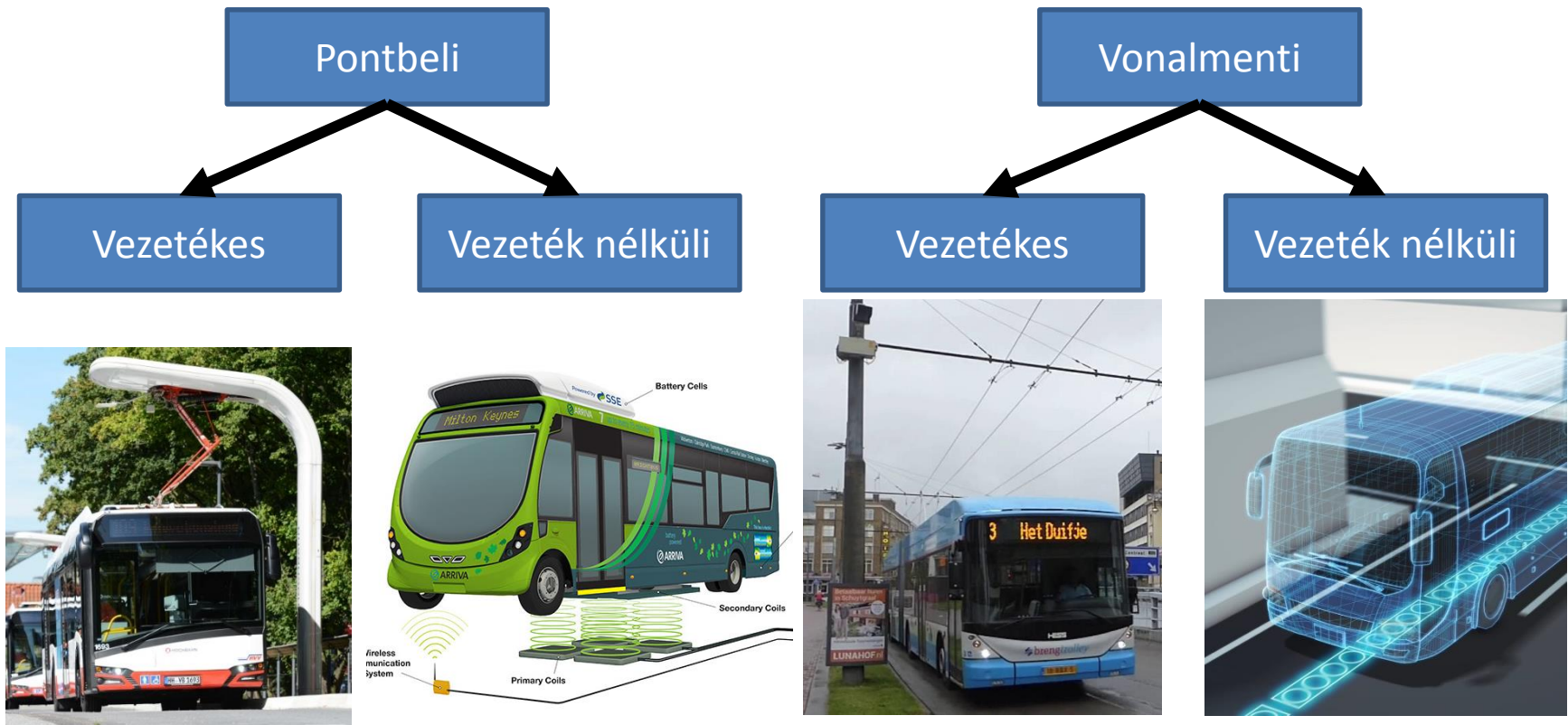
Szeged

13 db Ikarus-Skoda akkumulátoros trolibusz,
tölthető felsővezetékről és töltőállomáson is

Komárom: BYD elektromos autóbuszgyár megnyitása 2017 áprilisában,
szeptemberre elkészült az első 2 db Komáromban gyártott elektromos autóbusz



5. Töltési technológia és infrastruktúra jellemzői



A töltési teljesítmény: **vezetékes: 450kW, vezeték nélküli: 200 kW.**
A vezeték nélküli töltés hatásfoka állóhelyzetben elérheti akár a 95%-ot, jelenleg kb. 85%.



5. Töltési technológia és infrastruktúra jellemzői



5. Töltési technológia és infrastruktúra jellemzői



5. Töltési technológia és infrastruktúra jellemzői

Töltő infrastruktúra kialakítása:
optimumkeresés a helyi jellemzők szerint

Éjszakai töltés telephelyen

- ✓ Töltőállomás helyszínek adottak
- ✓ Nincs szükség speciális töltőpontokra
- ✗ Nagy akkumulátor kapacitású autóbuszok
- ✗ Időigényes nappali töltés
- ✗ Koncentrált töltési teljesítmény

Éjszakai lassú és napközbeni villám vagy vonalmenti töltés

- ✓ Kisebb akkumulátor kapacitású autóbuszok
- ✓ Decentralizált töltési teljesítmény
- ✓ Kisebb telephelyi rezsimenet
- ✗ Költséges töltőberendezések
- ✗ Helyszínek?



6. Üzemeltetési sajátosságok

Előnyök	Hátrányok
✓ olcsóbb üzemeltetés (karbantartás, hajtóanyag)	✗ magasabb beszerzési ár
✓ kisebb karbantartási igény	✗ kiforratlan technika (több meghibásodás, hosszabb szerelés)
✓ jármű rendelkezésre állása nagyobb	
✓ energia visszatáplálás	✗ jármű napon belüli kihasználhatósága alacsony (alacsony hatótáv, lassabb töltés)
✓ jobb menetdinamika	✗ töltés miatti üresfutások száma nő
✓ egyszerűbb vezethetőség	✗ fordatervezés összetettebb
✓ lokális környezetszennyezés csekély (zaj és levegő)	✗ globális környezetszennyezés (energia előállítás)



6. Üzemeltetési sajátosságok

Tervezés - Fordatervezés

- összetettebb, több szempont:
 - statikus jellemzők
 - töltéstípus, jármű hatótáv
 - vonali adottságok – domborzat, úthálózat, megállóhelytávolság
 - dinamikus jellemzők
 - időjárás (hőmérséklet, hó)
 - forgalmi viszonyok (torlódások)
 - utasforgalom nagysága (terheltség)
 - járművezető vezetési stílusa
- műszak közbeni töltési idő/helyszín tervezése

ugyanazon forda teljesítéséhez több elektromos autóbusz szükséges



6. Üzemeltetési sajátosságok

Töltéstervezés - töltés

- töltéstípus meghatározása
- telephelyi töltőpontok számának meghatározása – járműszám
- vonali töltőhelyszínek meghatározása - tartózkodási idő

Dízel autóbuszok

- telephelyen (töltőállomáson)
- külön töltőszemélyzet
- egy-két töltőállomás telephelyenként
soros kiszolgálás
- időtartam: pár perc

Elektromos autóbuszok

- telephelyen (töltőállomáson)
+ végállomásokon, megállóhelyeken
- járművezető (személyzet)
- telephelyenként több töltőpont
párhuzamos kiszolgálás
- időtartam:
 - telephelyen: több óra
 - megállóhelyeken: pár perc
 - végállomáson: fél óra



6. Üzemeltetési sajátosságok

Üzemeltetés – karbantartás/javítás

- ✓ egyszerűbb technika, kevesebb kopó alkatrész
- ✓ nem szükséges: olaj, kenőanyag csere; más féktechnika
- ✗ kiforratlan technika
meghibásodások száma nagyobb, összetettebb, hosszabb szerelési idő
- ✗ kevés tapasztalat, szakképzett karbantartó
- ✗ új szaktudás: elektroműszerész

Kína, Hangzoo¹:

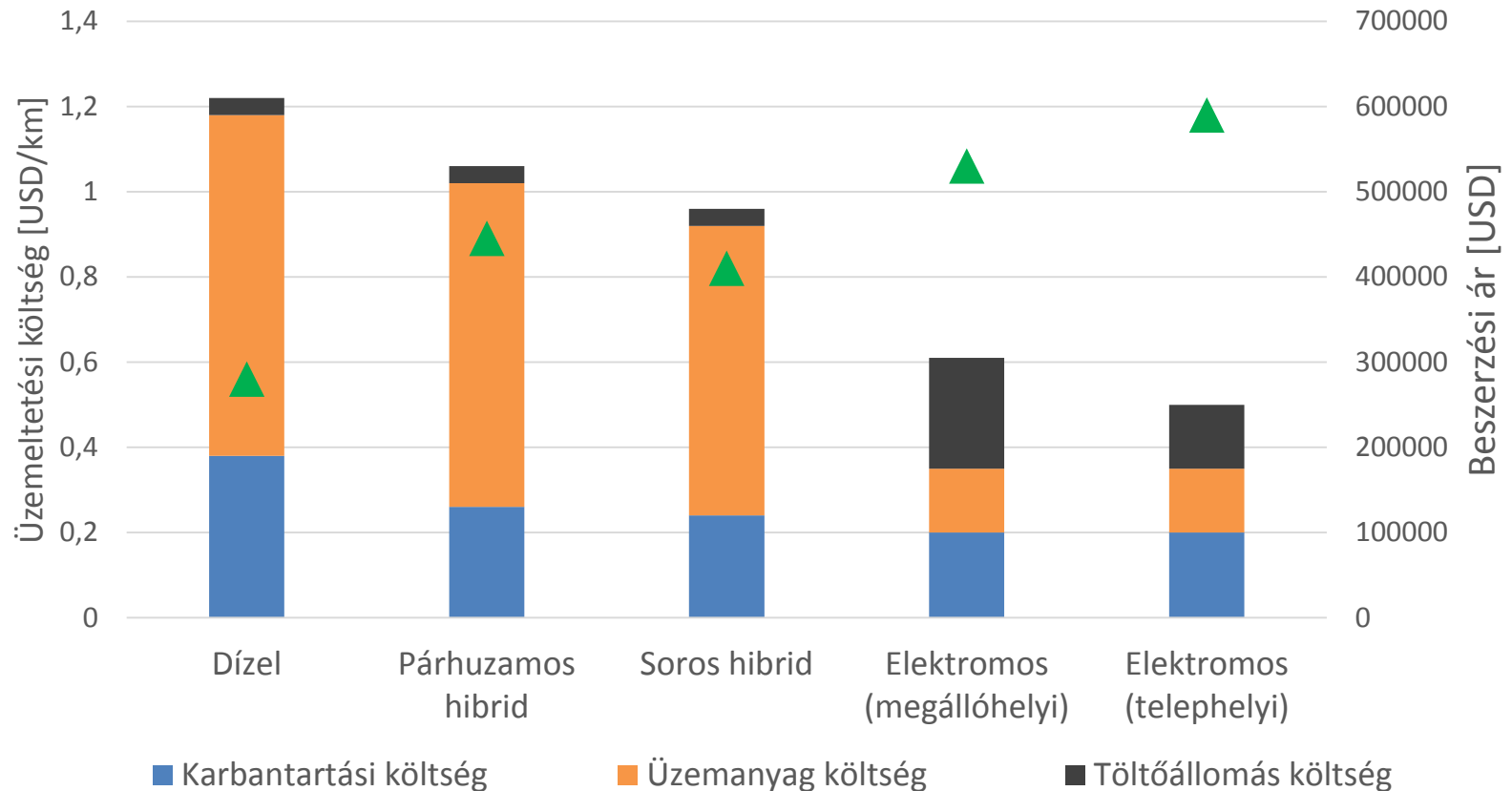
- 70% rendelkezésre állás, dízel buszokhoz képes
- 1,4 elektromos busz szükséges ugyanazon szolgáltatási szint eléréshez

nagy flotta → nagyobb tapasztalat → gyorsabb javítás, nagyobb rendelkezésre állás



6. Üzemeltetési sajátosságok

Beszerzési ár és üzemeltetési költségek



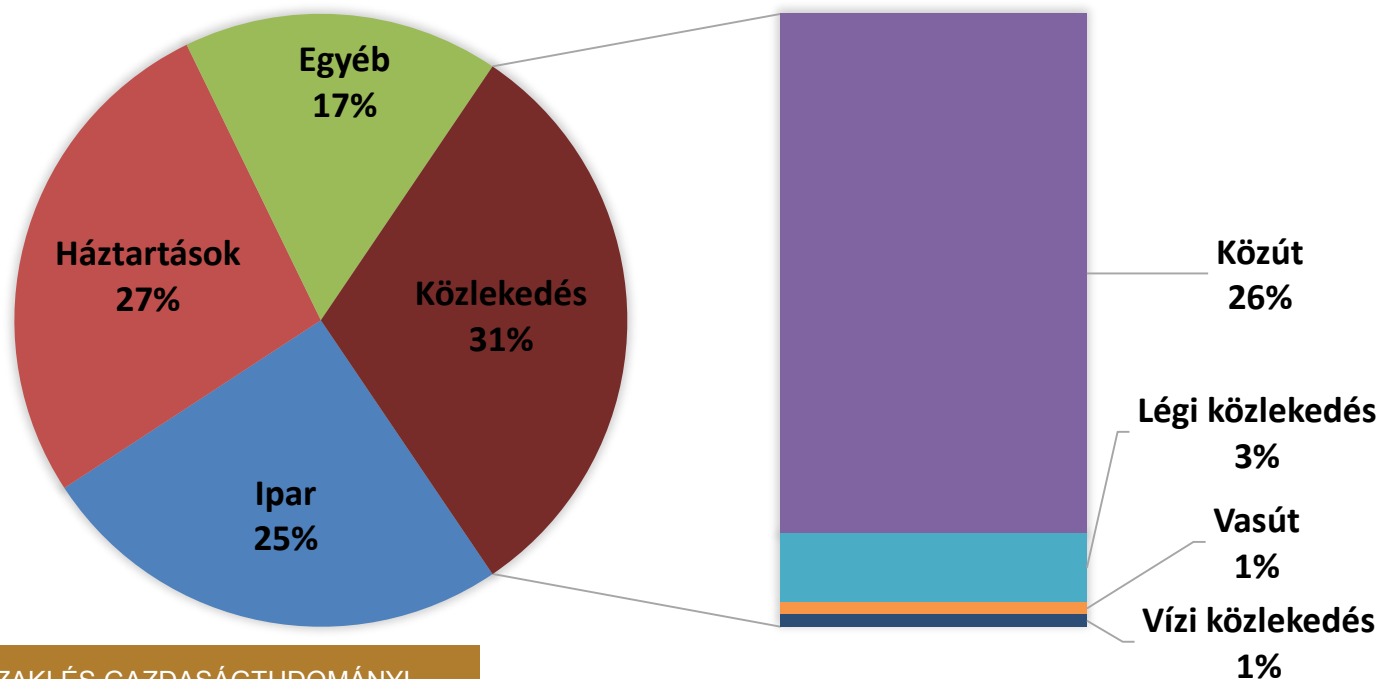
Drágább beszerzés, olcsóbb üzemeltetés

megtérülés becslés: 9-10 év

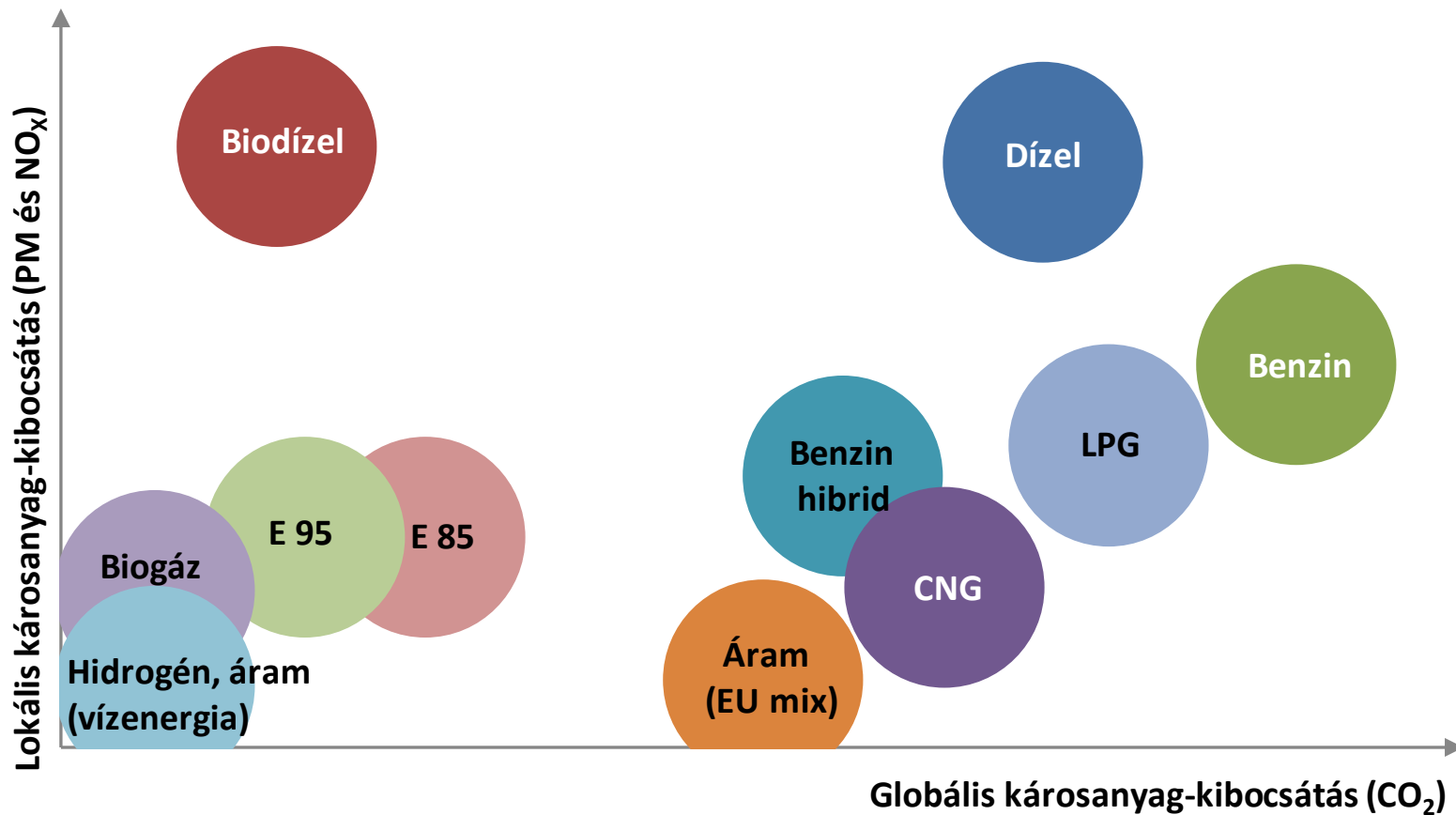
7. Környezeti hatások

- Korlátos kőolaj készletek, energia függőség: kőolaj 90%-a import az EU-ban
- Környezetszennyezés globális és lokális hatásai
- 2030: CO₂ kibocsátás csökkentése 40%-kal az 1990-es bázis évhez képest
- 2050: CO₂ kibocsátás csökkentése 60%-kal az 1990-es bázis évhez képest

Energia fogyasztás szektoronként EU28, 2013 (EUROSTAT)

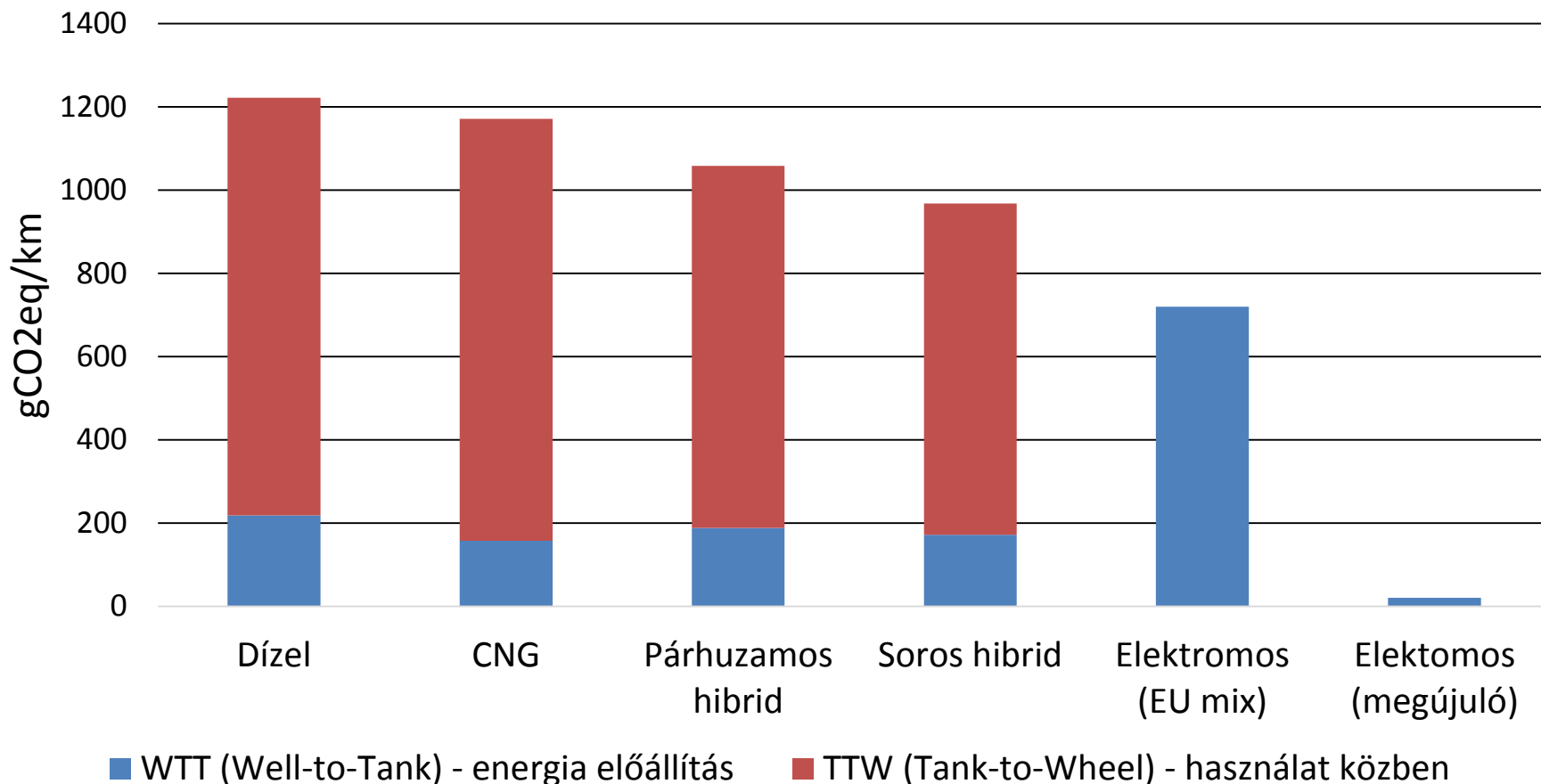


7. Környezeti hatások



7. Környezeti hatások

Autóbuszok üvegházhatású gázok kibocsátása



Szennyező tiszta előállítás, tiszta üzemeltetés

TDK dolgozat, szakdolgozat, diplomaterv, PhD kutatás

Publikációk:

Pauer, G. – Csiszár, Cs.: **Concept of Mobile Application Aiding Electromobility** 5th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport, Symposium on Intelligent Transportation Systems (ITS) Krakow, Poland, 1-3 June 2016.

Csonka, B. – Csiszár, Cs.: **Az elektromobilitást támogató utazói információs szolgáltatások fejlesztése** Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2016. március 24-25.

Csonka, B. – Csiszár, Cs.: **Elektromos járművek töltőinfrastruktúrájának kiépítéséhez a felhasználói elvárások feltárása** Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2017. március 30-31.

Csonka, B. – Csiszár, Cs.: **Determination of Charging Infrastructure Locations for Electric Vehicles** EWGT EURO Working Group on Transportation Meeting (EWGT) Budapest, 4-6 September 2017

Csonka, B. – Csiszár, Cs.: **Integrated Information Service For Plug-in Electric Vehicle Users Including Smart Grid Functions** Transport (revision)

Csiszár, Cs. – Csonka, B. – Földes, D. – Lovas, T. - Wirth, E.: **Locating Method For Fast Charging Stations Along National Roads** Transportation Research Part D (submitted)

Csiszár, Cs. – Csonka, B. – Földes, D.: **Elektromosautó-töltőhálózat Magyarországon: Hol, mivel és hogyan töltsünk?** Városi Közlekedés 2017/53(2) 31-36.

Csiszár, Cs. - Pauer, G.: **Concept of an Integrated Mobile Application Aiding Electromobility** Transport (under review)

Csiszár, Cs. - Pauer, G.: **Calculation Method of Electric Vehicle Charging Demands** International Journal of Sustainable Transportation (submitted)

Csiszár, Cs. – Csonka, B. – Földes, D. – Dán, A. – Farkas, Cs. – Prikler, L.: **Az e-mobilitáshoz kapcsolódó közép- és hosszú távú villamos hálózati hatások** Elektrotechnika 110 (9) pp. 14-17. (2017)

KÖZLEKEDÉSÜZEMI ÉS KÖZLEKEDÉSGAZDASÁGI TANSZÉK

H-1111 BUDAPEST STOCZEK 2., ST ÉPÜLET 4. EMELET
WWW.KUKG.BME.HU

Dr. Csiszár Csaba, egyetemi docens
csizar.csaba@mail.bme.hu
+36-70-336-0612

Csonka Bálint, PhD hallgató
csonka.balint@mail.bme.hu
+36-20-446-4682

Földes Dávid, PhD hallgató
foldes.david@mail.bme.hu
+36-20-570-4667



KÖSZÖNJÜK A MEGTISZTELŐ FIGYELMET



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI
EGYETEM

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar