



E-mobilita v MHD

**Situace a vývojové trendy v elektrických autobusech
pro městskou dopravu**

Studie

Březen 2015

**Consulting
Services**


proelektrotechniky.cz
elektrotechnika pro odborníky

E-mobilita v MHD

Situace a vývojové trendy v elektrických autobusech pro městskou dopravu

Aktualizovaná verze 2015

Zpracovatel studie: © Ing. Jakub Slavík, MBA – Consulting Services
provozovatel portálu www.proelektrotechniky.cz



Hlavní příjemce studie:

SDRUŽENÍ DOPRAVNÍCH PODNIKŮ ČR

Sdružení dopravních podniků ČR

Generální partner aktualizované verze studie:



ŠKODA ELECTRIC a.s.

Partneři aktualizované verze studie:



Cegelec Praha a.s.



Volvo Group Czech Republic s.r.o.



SmartPlan s.r.o.

Mediální partneři:



Buspress.cz



Československý dopravák

Další spolupracující organizace:

Sdružení dopravních podniků ČR
Ministerstvo pro místní rozvoj ČR
ČVUT Fakulta dopravní
Dopravní podnik Ostrava a.s.
EKOVA ELECTRIC a.s.
ÚJV Řež a.s.
Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
Dopravní podnik města Brna, a.s.
SOR Libchavy spol. s r.o.
Siemens, s.r.o.
ABB s.r.o.
Solaris Bus & Coach S.A.
European Hydrogen Association
BC Transit (Kanada)
SunLine Transit Agency (USA)
Transport for London (V. Británie)
Lunds universitet – LU Open Innovation center (Švédsko)

Prohlášení zpracovatele:

Tato studie vychází z informačních zdrojů uvedených souhrnně v seznamu literatury a vyvozuje z nich závěry podle nejlepších zkušeností a poznatků zpracovatele v době zpracování. Součástí studie jsou produktové informace, za jejichž pravdivost a úplnost odpovídá příslušný výrobce.

Studie je bezplatně k dispozici v elektronické podobě široké odborné i laické veřejnosti prostřednictvím informačního portálu www.proelektrotechniky.cz nebo Sdružení dopravních podniků ČR. Duševní vlastnictví v ní obsažené zůstává majetkem zpracovatele. Studii lze volně používat k odborným, propagačním nebo redakčním účelům s tím, že je nutno se na ni odkázat jako na zdroj informací podle platných norem nebo zavedených zvyklostí, pokud není ve studii výslovně uveden jiný informační zdroj.

Resumé

Předmětem studie „E-mobilita v MHD – Situace a vývojové trendy v elektrických autobusech pro městskou dopravu“ jsou vývojové trendy a provozní zkušenosti z ČR a ze zahraničí týkající se elektrických autobusů pro MHD, tedy autobusů poháněných elektromotorem a využívajících jako zdroj elektrické energie trakční baterie, superkapacity nebo vodíkový palivový článek, včetně kombinací těchto zdrojů nebo hybridních sestav se spalovacím motorem. Studie je orientována na české dopravce provozující MHD, zastřešené Sdružením dopravních podniků ČR, a na další organizace, které se problematikou MHD zabývají. Studie vychází z aktuálních souhrnných zpráv zpracovaných na úrovni EU a USA a doplňuje je údaji z průzkumu u výrobců a dopravců. Studie došla k následujícím hlavním závěrům:

V současné době se do budoucna jako nejperspektivnější jeví elektrobusesy dobíjené přes den na trase a z dlouhodobého pohledu také palivočláňkové autobusy. Z krátkodobého pohledu jsou přijatelnou variantou i diesel-hybridní autobusy. Trolejbusy jsou výhodné tam, kde již existuje potřebná infrastruktura, podle potřeby doplněné zařízením pro přejíždění bez troleje, které může dosahovat i 70 a více procent z celkového oběhu vozidla. Existuje přitom velká variabilita nabízených technických řešení, která se neustále vyvíjejí. Při jejich volbě je žádoucí uzpůsobovat zvolené technické řešení požadavkům konkrétního přepravního trhu, ne naopak.

Elektrický pohon je energeticky nejehospodárnější i nejekologičtější, a to jak v místě, tak se zohledněním výroby energie. Platí to pro všechny druhy elektrických autobusů včetně diesel-hybridního. Konkrétní hodnoty se různí podle zdrojů informací, relace mezi nimi se řádově příliš neliší. Naproti tomu použití CNG představuje v městském provozu zdravotní rizika srovnatelná se standardním dieselem, což nevylučuje jeho přínosy mimo MHD.

Z pohledu celoživotních nákladů jsou elektrické pohony prozatím dražší než spalovací motory, elektrobusesy a palivočláňkové autobusy však zároveň mají vysoký potenciál postupného zlevňování díky možnostem sériové výroby. Konkrétní nabízené produkty a technologie se přitom mohou svými parametry lišit od průměru.

Spolehlivost elektrických autobusů má velké rozmezí zjištěných hodnot a velmi závisí na konkrétním zvoleném produktu. Obecně však platí, že hlavní příčinou poruchovosti bývají mechanické závady a elektrický pohon sám je nejméně zranitelnou součástí vozidla.

Rychlý vývoj technologií v e-mobilitě představuje potenciál pro životní prostředí i trh, a to jak v rámci samotné elektromobility, tak v synergích mezi elektromobilitou a energetikou při rozvíjení konceptů „smart grid“ a „smart city“. Jako takový by měl být podporován z veřejných zdrojů včetně potřebné motivace dopravců k využívání elektrických pohonů v MHD a zapojování se do rozvojových projektů.

The Abstract

The study called “E-mobilita v MHD” (the Urban Transport E-mobility) has been prepared by the Czech private consultancy Ing. Jakub Slavík, MBA – Consulting Services, to inform Czech public transport operators about the technologies and operational experience to date and to stimulate the e-bus utilization as well as their involvement in e-bus research and development projects. The study covers trolley-buses including those with battery power storages, diesel hybrids and e-buses, both with battery and/or capacitor energy storage and with fuel cell as the primary energy source. These electric urban buses have been compared with combustion engine vehicles represented by diesel and CNG buses, in terms of energy consumption and cost, greenhouse gas emissions, noise and life cycle cost. Relations between urban transport e-mobility and the “smart grid” and “smart city” concepts have been presented as well. Comprehensive reports prepared on the EU and the USA levels have been the basis for the Study, completed by information from the field research among manufacturers, transport operators and dedicated project web sites, focused especially on the bus operational reliability and other parameters important for a transport operator.

The comparison among all these sources has shown that although different sources present different values, the relations among various powertrain indicators and trends in their developments are the same: Opportunity e-buses (charged on the route) and fuel cell buses are the most promising technologies that, however, need much investment to the development with close participation of transport operators, to obtain reliable field data. Diesel hybrid buses are a developed product competing to CNG in terms of costs and showing better environmental parameters. Trolley-buses can use new energy storage and charging technologies, to outweigh their disadvantage in dependence on the catenary as well as high infrastructure cost. The trolley-bus catenary free operation can make 70% share or more in the overall vehicle circulation. On the other hand, the comparison shows that general rules and stereotypes about the powertrains under research may not apply for each particular product or its use. Finally, it shows that electric powertrain technology develops very fast and it offers a big variety of opportunities for particular transport market conditions and requirements. It also reaches also beyond the transport sector, especially through the smart grid concept.

Obsah

1	Cíle, metodika a vstupní informace	1
1.1	Cíle Studie a hlavní cílová skupina	1
1.2	Základní pojmy	1
1.3	Metodika	2
1.4	Zdroje informací	3
1.5	Aktualizovaná verze Studie	4
2	Trhy pro elektrické autobusy MHD	6
2.1	Trh standardní městské linkové dopravy	6
2.2	Jiný městský provoz	6
2.3	Provoz v přírodních parcích	6
3	Zdroje energie pro elektrické autobusy	8
3.1	Trakční baterie	8
3.2	Superkapacity	10
3.3	Dobíjecí infrastruktura	10
3.4	Palivové články	12
3.5	Parciální trolejbusy	13
3.6	Další zdroje energie	14
3.7	Přínosy hybridních sestav	14
4	Souhrnné zprávy z EU a USA – obsah a hlavní závěry	16
4.1	Studie EU	16
4.2	Zpráva NREL	16
4.3	CIVITAS 2013	18
5	Příklady konkrétních produktů pro e-mobilitu v MHD	19
5.1	Elektrobusy Škoda PERUN HE 26BB, Škoda PERUN HP 26BB, infrastruktura pro rychlé dobíjení	19
5.2	Trakční elektrovýzbroje Cegelec do tramvají, trolejbusů a elektrobusů	22
5.3	Plug-in hybridní autobus Volvo 7900 a dobíjecí infrastruktura	23
6	Zkušenosti z provozu elektrických autobusů – případové studie	25
6.1	Elektrobusy (e-busy)	25
6.1.1	Provoz elektrobusů MHD v rámci projektu „100 Bus Electriques“	25
6.1.2	Provoz elektrobusů MHD v Dopravním podniku Ostrava	26
6.1.3	Provoz průběžně dobíjeného elektrobusu Siemens/Rampini u Wiener Linien	27
6.1.4	Zkušební provoz elektrobusu Solaris Urbino electric	28
6.1.5	Provoz elektrobusů MHD v Turíně	29
6.1.6	Srovnávací zkušební provoz elektrobusu AMZ CS v Dopravním podniku Ostrava	30

6.1.7	Srovnávací zkušební provoz elektrobuse BYD v Dopravním podniku Ostrava	31
6.2	Palivočlánkové autobusy (fc-busy)	33
6.2.1	Projekt HyFleet:CUTE a návazný provoz fc-busů v Londýně	33
6.2.2	Provoz fc-busů společnosti SunLine Transit Agency, USA	34
6.2.3	Provoz parku fc-busů dopravců AC Transit a CTT Transit, USA	36
6.2.4	Projekt TriHyBus	37
6.2.5	Provoz parku fc-busů v projektu CHIC	38
6.2.6	Whistler Fuel Cell Bus	39
6.3	Diesel-hybridní autobusy	41
6.3.1	Provoz hybridních autobusů v Londýně	41
6.3.2	Zkušební provoz hybridního autobusu Volvo 7700 v Praze a Chomutově	42
6.4	Parciální trolejbusy	42
6.4.1	Projekt Slide In, Landskrona	42
6.4.2	Projekt trolejbus 063 - bezemisní vozidlo Eberswalde	44
7	Analýza získaných poznatků	46
7.1	Spotřeba energie	46
7.2	Emise a hlučnost	46
7.3	Nákladovost	51
7.4	Provozní spolehlivost	53
7.5	Elektromobilita MHD a koncept „smart grid“	55
7.6	Elektromobilita MHD a koncept „smart city“	56
8	Zavádění a rozvíjení elektrických autobusů jako projekt	59
8.1	Projekt jako nezbytnost	59
8.2	Základní postup přípravy a realizace projektu	59
8.3	Definování projektu a jeho cílů	60
8.4	Studie proveditelnosti a cost-benefit analýza	61
8.4.1	Studie proveditelnosti a základní koncepční rozhodování	61
8.4.2	Cost-benefit analýza	63
8.5	Realizace projektu	63
8.6	Multidisciplinární přístup k projektu	64
9	Aktuální možnosti spolufinancování rozvojových projektů pro elektrické autobusy	66
9.1	Finance podle vývojového stadia realizace	66
9.2	Operační programy ze strukturálních a investičních fondů EU	66
9.2.1	IROP	66
9.2.2	OPD	68
9.3	Další zdroje spolufinancování	68
9.3.1	HORIZON 2020	68
9.3.2	EPSILON	69

9.3.3	ELENA	69
9.3.4	DANUBE	70
9.4	Připravenost uživatelů	70
10	Závěry a doporučení	71
10.1	Souhrnné závěry Studie	71
10.1.1	Perspektivy elektrických autobusů	71
10.1.2	Energetická hospodárnost a vlivy na životní prostředí	71
10.1.3	Náklady	71
10.1.4	Provozní spolehlivost	72
10.1.5	Další závěry	72
10.2	Závěry a doporučení pro dopravce a municipality	72
10.2.1	Elektrobusy	72
10.2.2	Palivočláňkové autobusy	73
10.2.3	Parciální trolejbusy	73
10.2.4	Diesel-hybridní autobusy	73
10.2.5	Efektivnost provozu a financování	73
10.3	Závěry a doporučení pro veřejnou administrativu	74
10.3.1	Hlavní oblasti veřejné podpory	74
10.3.2	Vícezdírokové financování	74
10.3.3	Legislativní problémy	75
10.3.4	Interpretace pojmů „čistá mobilita“ a „elektromobilita“	75
10.3.5	Komunikace s dopravci a jejich motivace	75
	Seznam literatury	76
	Příloha: ŠKODA ELECTRIC – generální partner studie	77

1 Cíle, metodika a vstupní informace

1.1 Cíle Studie a hlavní cílová skupina

Předmětem studie „E-mobilita v MHD – Situace a vývojové trendy v elektrických autobusech pro městskou dopravu“ (dále „Studie“) jsou vývojové trendy a provozní zkušenosti z ČR a ze zahraničí týkající se elektrických autobusů pro MHD, tedy autobusů poháněných elektromotorem a využívajících jako zdroj elektrické energie trakční baterie, superkapacity nebo vodíkový palivový článek, včetně kombinací těchto zdrojů nebo hybridních sestav se spalovacím motorem.

Studie je přednostně orientována na české dopravce provozující MHD, zastřešené Sdružením dopravních podniků ČR (dále „SDP ČR“), a na další organizace, které se problematikou MHD zabývají. Studie je nicméně určena i dalším dopravcům se zájmem o provozování elektrobusů mimo městskou dopravu – odlišnosti v požadavcích na jejich technické řešení a provozování jsou uvedeny v příslušné kapitole.

Primárním cílem Studie je seznámit srozumitelnou formou čtenáře s výhodami, nevýhodami a perspektivami různých řešení pro pohon elektrických autobusů z hlediska provozních vlastností a nákladů. Cílem aktualizované verze studie je doplnit tyto poznatky o nové zkušenosti z praxe, závěry z nově publikovaných informačních zdrojů a o další informace z oblasti projektového financování elektrických autobusů.

Elektromobilita v MHD má oporu mimo jiné v tzv. Bílé knize dopravy EU [10] a ve státní energetické koncepci ČR. Studie je zpracována v situaci, kdy jsou na úrovni odvětvových ministerstev před vyhlášením výzev operační programy využívající spolufinancování z EU, zaměřené na oblast elektromobility. Dlouhodobým problémem využívání uvedených zdrojů je přitom nedostatek kvalitních projektů. Ukazuje se navíc, že elektromobilita v MHD může díky svému charakteru významnou měrou přispívat k vytváření tzv. inteligentních přenosových a distribučních sítí (koncept tzv. „smart grids“) a inteligentních měst („smart city“). Dalším důležitým cílem Studie je proto motivovat k vytváření projektových týmů složených z výrobců, výzkumných organizací a dopravců, které by v rámci konkrétních projektů elektromobilitu MHD dále rozvíjely, tak jak je to běžné v zahraničí, ať již samostatně nebo v kontextu vyšších systémů typu „smart grids“ a „smart city“.

1.2 Základní pojmy

Není-li uvedeno jinak, mají pojmy uváděné dále v této Studii následující význam:

Elektrický autobus: souhrnné označení pro autobusy, k jejichž pohonu slouží elektromotor včetně hybridních kombinací se spalovacím motorem, tj. elektrobusy, palivočláňkové autobusy, trolejbusy a hybridní autobusy

Elektrobus (též „e-bus“): elektrický autobus, jehož zdrojem trakční energie jsou akumulátory, kapacity nebo jiný akumulovatelný zdroj; elektrobusy zahrnují

- **noční elektrobusy**, s kapacitou zdrojů energie dostačující k tomu, aby byly při běžném provozu dobíjeny pouze jednou mezi ukončením a začátkem denního provozu (noční dobíjení);
- **průběžně dobíjené** (též „oportunitní“) **elektrobusy**, s takovou kapacitou zdrojů energie, která kromě nočního dobíjení vyžaduje za normálních podmínek jejich plné nebo částečné dobíjení také během provozu.

Palivočlánekový autobus (též „**fc-bus**“): elektrický autobus, jehož zdrojem trakční energie je palivový článek, včetně hybridních kombinací s dalšími zdroji energie.

Hybridní autobus (též „**diesel-hybridní autobus**“): elektrický autobus, jehož pohon kombinuje elektrický motor a spalovací motor, přičemž nevyužitá elektrická energie je ukládána do akumulátorů; hybridní autobusy zahrnují:

- **sériové hybridní autobusy**, u nichž je hnací náprava poháněna pouze elektromotorem a spalovací motor slouží pouze k výrobě trakční energie;
- **paralelní hybridní autobusy**, u nichž je do pohonu alternativně zapojován elektromotor nebo spalovací motor s mechanickým převodem;
- **plug-in hybridní autobusy** (též „**elektrické hybridní autobusy**“), u nichž jsou akumulátory dobíjeny z vnějších zdrojů, jejich kapacita umožňuje zapojit elektrický pohon v nadpoloviční délce trasy a spalovací motor slouží ke zvětšení dojezdové vzdálenosti.

Trolejbus: elektrický autobus využívající jako zdroj trakční energie pevné trakční vedení, včetně hybridních sestav s akumulátory nebo spalovacími motory pro zvětšení dojezdové vzdálenosti.

Parciální trolejbus: trolejbus se zásobníkem energie pro jízdu bez troleje, která pokrývá významnou část celkového oběhu vozidla na lince.

CFO (catenary-free operation): technologie umožňující trolejbusům a jiným vozidlům **závislé trakce** (tzn. vozidlům závislým na pevném trakčním vedení) částečný provoz také mimo síť trakčního vedení.

Smart grid: elektrická distribuční nebo přenosová síť doplněná o obousměrnou datovou komunikační síť, která umožňuje v reálném čase pružně a efektivně sladovat výrobu a spotřebu elektrické energie.

Smart city: technologický a organizační koncept využívající informačních a dalších inovativních technologií tak, aby docházelo k synergickým efektům mezi různými oblastmi života ve městě a městských služeb (doprava, logistika, bezpečnost, energetika, správa budov, atd.), které zvýší kvalitu života ve městě a pozitivně se promítnou do jeho ekonomiky.

1.3 Metodika

Vzhledem ke stanovenému cíli je základním metodickým východiskem studie strategický management, tak jak jej vymezuje například Johnson a kol. [4] a který např. Chapman & Cowdell [1] promítá do specifických podmínek veřejných služeb. Pro české prostředí aplikuje uvedené principy např. Slavík [6]. V kontextu této teorie (a bohaté praxe) je Studie zamýšlena jako součást a podpora strategické analýzy dopravců, výrobců i financujících institucí a dalších dotčených organizací.

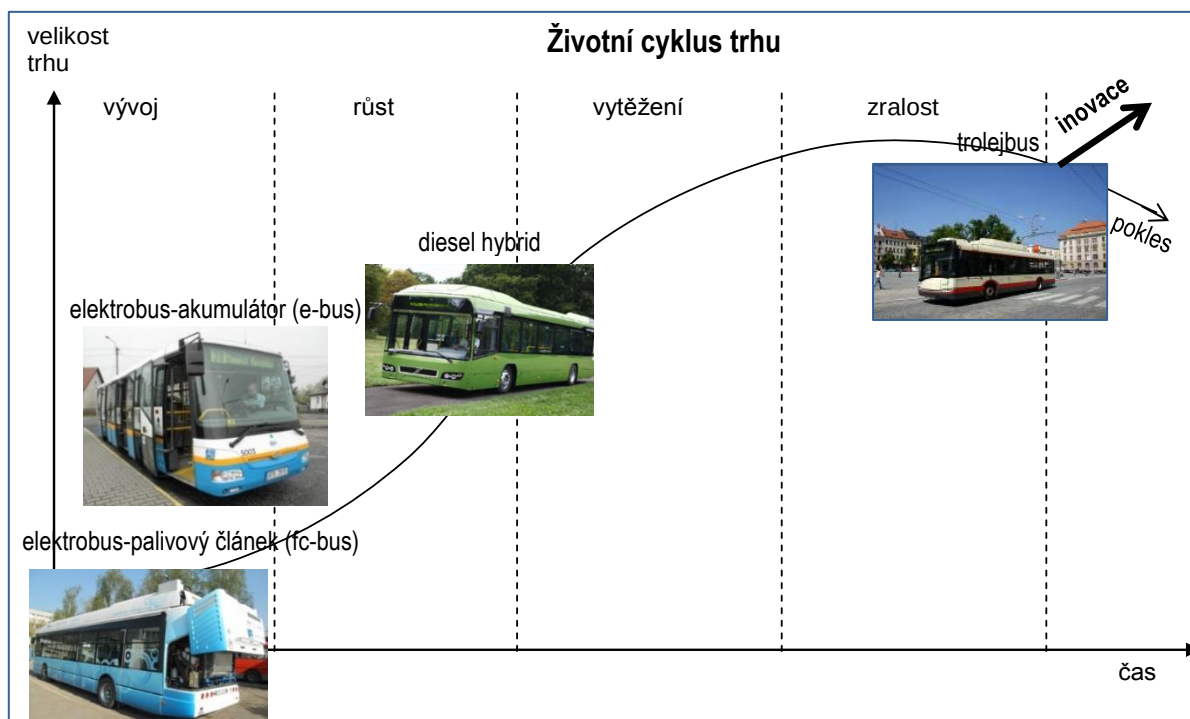
Ačkoli tedy Studie obsahuje množství technických údajů, přistupuje k problematice elektrických autobusů primárně **z manažerského, nikoli technologického, pohledu**. Tomuto přístupu odpovídá i její struktura:

- vymezení trhu pro elektrické autobusy MHD a jeho základních znaků (kapitola 2);
- popis základních konceptů elektrických autobusů a používaných zdrojů energie z pohledu strategického managementu (kapitola 3);
- souhrnné poznatky z výchozích aktuálních zpráv a studií z EU a USA, týkajících se elektrických autobusů pro MHD (kapitola 4);

- příklady konkrétních produktů a technologií pro elektrické autobusy, dodávaných partnery této aktualizované verze Studie (kapitola 5);
- případové studie z provozu elektrických autobusů v MHD (kapitola 6);
- analýza poznatků z porovnání elektrických autobusů s ostatními pohony z hlediska hospodaření s energií, ekologických vlivů a nákladovosti včetně vývojových trendů a vazeb na koncept „smart grid“ a „smart city“ (kapitola 7);
- stručný návod, jak zavádět a dále rozvíjet elektrické autobusy ve městě formou rozvojového projektu a jaká je přitom nutno přijímat rozhodnutí (kapitola 8);
- přehled aktuálních zdrojů pro spolufinancování projektů elektrických autobusů;
- závěry a doporučení z analýzy pro dopravce, financující subjekty a další dotčené osoby a organizace (kapitola 10).

Elektrické autobusy analyzuje Studie z pohledu životního cyklu trhu, vysvětleného například v [6], jak ukazuje obrázek č. 1. Studie se zaměřuje především na **elektrobusy, palivočlánkové autobusy a hybridní autobusy**, zejména v částech týkajících se případových studií z provozu, produktových informací a vývojových trendů. Vzhledem k jejich inovativní povaze si nově více všímá i **parciálních trolejbusů**.

Jako **srovnávací základna** pro analýzu elektrických autobusů slouží dva základní typy spalovacích motorů: **diesellový motor** a **motor na stlačený zemní plyn (CNG)**.



Obr. 1 Elektrické autobusy z pohledu životního cyklu trhu

1.4 Zdroje informací

Studie vychází ze souhrnné zprávy o alternativních pohonech pro městské autobusy, zpracované na úrovni EU pod zastřešením Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) v roce 2012 [3] s přispěním širokého fóra evropských výrobců a dopravců – za ČR se jejího zpracování zúčastnil zástupce společnosti Škoda Electric (dále „Studie EU“). Na tuto studii navázal v roce 2013 metodický dokument „CIVITAS policy note: Smart choices for

cities – Clean buses for your city” [7] (dále “CIVITAS 2013”), která závěry a informace ze Studie EU v mnoha směrech přebírá a dále rozvádí a třídí.

Obecné poznatky z těchto zdrojů porovnává Studie s dalšími informačními zdroji. Těmi jsou souhrnná zpráva National Renewable Energy Laboratory v USA [2] k výsledkům provozu palivočlánkových autobusů v roce 2012 a dále množství údajů získaných od dopravců, výrobců a dalších organizací i z publikovaných informací o konkrétních projektech elektrických autobusů, souhrnně označovaných jako „údaje z průzkumu“ [10]. Doplňujícím zdrojem informací pro problematiku palivočlánkových technologií je studie „Polák, L., Čermáková, J. Analýza energetické náročnosti pro stanovené způsoby výroby, distribuce, skladování a využívání vodíku. ÚJV Řež, a.s. 2013“ [8].

Kvůli relevantnosti závěrů pro české prostředí se uváděné příklady ze zahraničí až na výjimky orientují na Evropu a USA. Elektrické autobusy se však osvědčují i v jiných částech světa, zejména v asijských zemích.

Údaje z uvedených zdrojů jsou co do konkrétních hodnot navzájem srovnatelné jen ve velmi omezené míře vzhledem k tomu, že různé zdroje používají různé, ne vždy plně vysvětlené metody výpočtů a prognóz a málokdy také pokrývají celý rozsah vlastností elektrických autobusů, na něž se Studie zaměřuje. Studie proto tam, kde je třeba, uvádí nejvyšší a nejnižší zjištěnou hodnotu spolu s údajem Studie EU [3], resp. CIVITAS 2013 [7], jakožto srovnávací základnou.

Nicméně, jak Studie dále ukazuje, údaje z uvedených zdrojů vykazují i přes různost svých absolutních hodnot velmi podobné vzájemné vztahy a vývojové trendy. To mimo jiné posiluje vypovídací schopnost závěrů, které z nich Studie vyvozuje.

Z uvedených důvodů je při prezentaci výsledků srovnání v analytické části Studie upřednostňováno grafické znázornění před konkrétními čísly, jejichž doslovné převzetí a snaha o vyvozování exaktních závěrů by mohly být zavádějící. Konkrétní hodnoty, z nichž grafické znázornění vychází, má zpracovatel k dispozici a může s nimi podle potřeby dále pracovat při pokračování a rozvíjení této Studie.

Poznámka: Produktové informace (kapitola 5) a případové studie (kapitola 6) jsou graficky odlišeny barevným pozadím. Jejich vstupní hodnoty a obrazová dokumentace vycházejí z informačních zdrojů uvedených u každé z nich. Tabulky a obrázky v těchto kapitolách nesledují systém číslování popisné a analytické části Studie.

1.5 Aktualizovaná verze Studie

Studie v této aktualizované verzi byla zpracována v období prosinec 2014 – březen 2015. Jejím základem je původní znění Studie publikované v srpnu 2013. Toto znění bylo dále rozšířeno o

- poznatky z nových souhrnných informačních zdrojů, především [7] a [8];
- nové případové studie z provozu elektrických autobusů, včetně parciálních trolejbusů;
- další informace z aktuálních projektů elektrických autobusů, pro něž nebyl dostatek relevantních dat pro samostatné případové studie;
- samostatnou podkapitolu o vztahu e-mobility v MHD ke konceptu „smart city“;
- podrobnější informace k zavádění elektrických autobusů formou projektu;
- samostatnou kapitolu k problematice financování projektů ve veřejné dopravě;
- nové informace z činnosti Pracovní komise pro elektromobilitu při SDP ČR, jejímiž stálými spolupracovníky jsou zpracovatelé této Studie;

- aktuální poznatky zpracovatelů z cost-benefit analýz na probíhajících projektech veřejné dopravy.

Oproti původní verzi ze srpna 2013 obsahuje aktualizovaná verze Studie v kapitole 5 (sponzorovaná část) pouze aktuální produktové informace partnerů této aktualizované verze. Tyto informace jsou dále rozšířeny v příloze o vyjádření a komentáře hlavního partnera studie, společnosti Škoda Electric. Tím není nijak dotčena platnost a relevantnost produktových informací, uvedených v předchozí verzi Studie, za niž i nadále zodpovídají jejich autoři.

Během zpracování aktualizované verze Studie probíhají na evropské úrovni rozvojové projekty věnované elektrickým autobusům. Je to zejména projekt ZeEUS, zaměřený na bateriové elektrobusy a plug-in hybridní autobusy (viz též kapitola 5.1), a projekt High V.LO-City pro další rozvoj palivočlánkových autobusů. Další projekty tohoto typu probíhají na národních úrovních, například v Německu, Velké Británii, Nizozemí, Finsku nebo Polsku. Publikované poznatky z těchto projektů byly zohledněny v analytické části studie. V době redakční uzávěrky však ještě nebyly k dispozici souhrnné údaje z provozu, na jejichž základě by bylo možno vytvořit podrobné případové studie v obsahu a struktuře podle kapitoly 6.

Vzhledem k této skutečnosti i k rychlému vývoji technologií i provozních zkušeností v oblasti elektrických autobusů se nadále předpokládá, že Studie bude průběžně aktualizována, v závislosti na nových poznatcích, potřebách uživatelů, zájmu sponzorů o spolufinancování aktualizovaných verzí Studie a možnostech zpracovatelů. O aktualizovaných verzích budou uživatelé včas informováni prostřednictvím portálu www.proelektrotechniky.cz, Sdružení dopravních podniků ČR a dalších spolupracujících organizací.

2 Trhy pro elektrické autobusy MHD

2.1 Trh standardní městské linkové dopravy

Trh standardní městské linkové dopravy je charakterizován následujícími vlastnostmi:

- stálé trasy o různých intenzitách přepravních proudů pohybujících se v rozmezí cca 4 až 5 tisíc přepravených osob na linku denně v obou směrech, s denním proběhem vozidel cca 150 až 250 km dle místních podmínek;
- provoz v husté síti ulic s krátkými vzdálenostmi mezi zastávkami (zpravidla stovky metrů), a tudíž s častými rozjezdy a zastaveními;
- pravidelné denní a sezónní výkyvy v poptávce (špičky a sedla) i příležitostné nárazové výkyvy;
- disponibilita vozového parku a přesnost spojení podle jízdního rádu jako základní parametry kvality přepravních služeb;
- kultura cestování a její parametry jako další důležitá oblast řízení a hodnocení kvality služeb.

Standardním vozidlem pro tento typ přepravního trhu je 12m třídvéřový autobus o celkové kapacitě cca 85 osob sedících i stojících a s vnitřním prostorovým uspořádáním odpovídajícím městskému provozu, umožňujícím rychlý nástup a výstup cestujících. U současně vyráběných typů městských autobusů je standardem nízkopodlažní provedení nebo snížený nástupní prostor a vybavení pro přepravu tělesně postižených osob.

Pro méně zatížené linky jsou používány dvoudvéřové midibusy o délce cca 8 až 9 m. Na více zatížené linky jsou nasazovány 18m (v zahraničí i 24m) velkokapacitní kloubové autobusy. Specifickým znakem MHD na britských ostrovech jsou patrové městské autobusy o délce 10,5 m a přepravní kapacitě cca 90 osob, převážně sedících.

2.2 Jiný městský provoz

Dalším trhem, na kterém se začaly uplatňovat elektrické minibusy o délce cca 5 – 8 m a přepravní kapacitě cca 20 až 50 osob především v prvopočátcích elektrobusevé dopravy, je přeprava na krátkých, často okružních linkách v uzavřených historických centrech měst nebo kyvadlová doprava z okrajových částí do těchto center. Délka těchto linek tvoří zpravidla jednotky km a denní proběh vozidel cca 100 km. Příkladem jsou autobusy v rámci francouzského projektu „100 Bus Electriques“ (viz kapitola 6.1.1).

Tato Studie se přednostně orientuje na trh standardní městské linkové dopravy ve smyslu kapitoly 2.1 se standardním 12m městským autobusem jako typovým vozidlem. V ojedinělých případech zahrnuje do analýzy pro i jiné trhy a typy autobusů, vždy jasně vymezené.

2.3 Provoz v přírodních parcích

Mimo MHD je zajímavým trhem pro elektrické autobusy také přeprava cestujících na turistických linkách v přírodních parcích, zejména na horách. Pro tyto trhy lze přiměřeně aplikovat závěry z této studie s následujícími výhradami:

Je třeba počítat s tím, že tento způsob využití bude zpravidla vyžadovat poněkud odlišné technické řešení vozidla v elektrické i mechanické části s ohledem na odlišné provozní podmínky.

S tím úzce souvisí otázka dojezdu na jedno nabití baterií v případě nezávislého plně elektrického pohonu (tj. u elektrobusu), který zde bude hrát mnohem důležitější roli než u městského provozu. Příčinou je především to, že

- provoz v členitém přírodním, zejména horském terénu je celkově energeticky náročnější, zvláště v zimním období;
- potřebná míra rekuperace brzdné energie při jízdě z kopce může v těchto podmínkách narazit na problémy provozní bezpečnosti (nepřiměřená rychlost vozidla);
- průběžné dobíjení elektrobusů na trase může být technicky a organizačně náročnější než na městských linkách;
- kromě potřebné délky oběhu na turistické lince v přírodním parku je zpravidla nutno uvažovat také vzdálenost na příjezd elektrobusu z garáže do výchozí stanice turistické linky a návrat zpět, která se může pohybovat v desítkách kilometrů.

V neposlední řadě, kapacita vozidla udávaná pro městský provoz nemusí odpovídat realitě turistické linky.

Ve všech případech (MHD i jiné trhy) je proto žádoucí koncipovat provoz elektrických autobusů jako projekt s jasně vymezenými přepravními a provozními požadavky na vozidla v daných konkrétních podmínkách jejich využití. Tato studie dále ukazuje aktuální možnosti, které se v této oblasti nyní nabízejí.

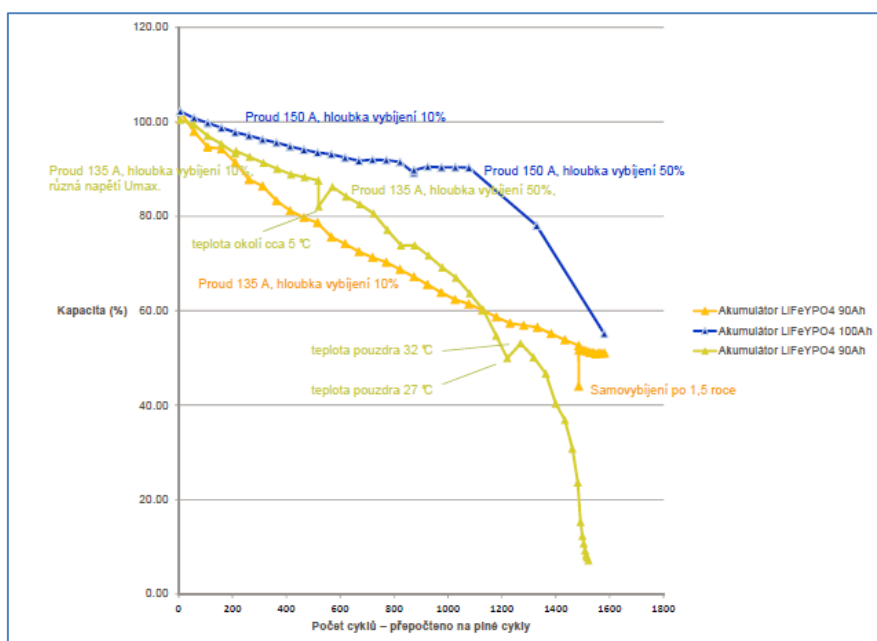
3 Zdroje energie pro elektrické autobusy

3.1 Trakční baterie

Jako trakční baterie se v současné době s ohledem na dosaženou hustotu energie (viz níže) nejčastěji používají lithium-iontové akumulátory, přičemž jejich konkrétní chemické složení má vliv na jejich provozní vlastnosti a nákladovost. Podle výsledků zkoušek ve výzkumném centru automobilového průmyslu pod belgickou iniciativou Flanders' DRIVE [10] je například z hlediska výkonu, životnosti a bezpečnosti nejvýhodnější použití sloučenin titanu, niklu, hořčíku a kobaltu (LTO+NMC), které je však zároveň nejdražší, zatímco z hlediska energie a nákladové výhodnosti vychází optimální použití sloučenin uhlíku, niklu, manganu a kobaltu (C+NMC).

U starších typů elektrobusů se lze setkat i s jinými druhy akumulátorů s menší hustotou energie, například olověných, nikl-kadmiových nebo vysokoteplotních baterií ZEBRA (nikl--chlorid, provozní teplota cca 300°C). Zkušenosti s těmito bateriemi a jejich provozní vlastnosti jsou ukázány na příkladu francouzského projektu „100 Bus Electriques“ v kapitole 6.1.1.

Životnost baterie pro nasazení v mobilních aplikacích je dána její skutečnou kapacitou a pohybuje se řádově v tisících cyklů plného nabití a vybití. Jakmile klesne pod 70 %, přestává být pro tento účel vhodná, protože pro vozidlo znamená příliš velký podíl mrtvé hmotnosti. Podle výsledků testování v Ústavu řídicí techniky a telematiky Fakulty dopravní ČVUT [10] závisí životnost baterie daná počtem cyklů plného nabití a vybití na mnoha faktorech, jako je například proud, délka nabíjení, hloubka vybití nebo okolní teplota, viz obrázek č. 2.



Obr. 2 Výsledky testování baterií na Fakultě dopravní ČVUT [10]

Jak patrné z obrázku, životnost baterie má klesající exponenciální průběh, tj. po určité době klesá velmi strmě.

Podle provozních zkušeností dopravců (např. Dopravní podnik Ostrava – viz kapitola 6.1.2) lze dosáhnout i příznivějších výsledků. Velmi přitom záleží na konkrétním typu baterie od konkrétního výrobce a na způsobu nakládání s bateriemi, především na šetrném nabíjení a vybití.

Dojezd elektrobusů na jedno nabití omezuje především hustota energie, tj. množství uchovávání energie vztažené na objem baterie, a do jisté míry i měrná energie, tj. množství energie vztažené na hmotnost. Vzhledem ke konstrukčním a provozním vlastnostem autobusu se při současném stavu technologie pohybuje maximální dojezd standardního elektrobusu s cestujícími na jedno nabití v rozmezí cca 120 až 150 km. Snaha o další výrazné zvyšování dojezdu je na úkor obsaditelnosti autobusu a spotřeby energie na místokilometr, což je dáno objemem a hmotností trakčních baterií (podle Siemens by baterie na celodenní dojezd představovaly cca 40 % veškeré hmotnosti elektrobusu). Náhorně to ukazuje vzorek osmi elektrobusů v tabulce č. 1 a graf na obrázku č. 3 s vypočítanou statistickou křivkou (R^2 =koeficient determinace), kde je vidět zřejmá závislost mezi dojezdem a spotřebou na místokilometr. Poznámka: Koeficient determinace R^2 udává, do jaké míry je rozptyl hodnot závisle proměnné veličiny Y (zde spotřeba na místokilometr) vysvětlen změnami hodnot nezávisle proměnné veličiny X (zde dojezd). Koeficient nabývá hodnot od 0 do 1. Čím je vyšší, tím je statistická závislost těsnější.

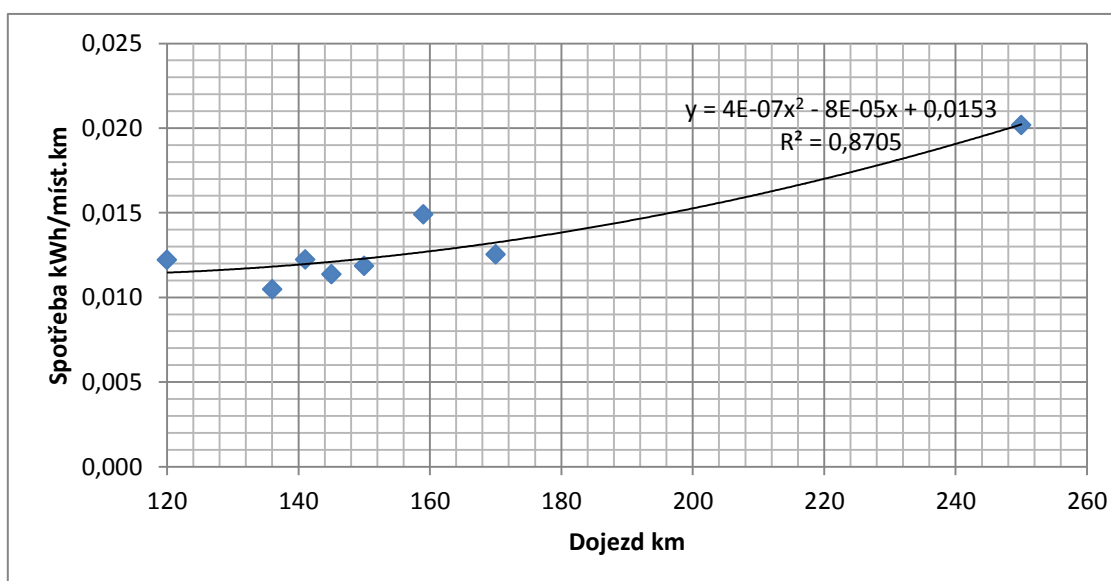
Na konkrétní hodnoty mají pochopitelně vliv i mnohé další parametry, jako je velikost a konstrukce autobusu, typ akumulátoru apod.

Tabulka č. 1 Porovnání různých typů elektrobusů z hlediska provozních parametrů

(zdroj: SOR, DP Ostrava, FD ČVUT, vlastní výpočty)

	Délka (m)	Celková kapacita (počet míst)	Kapacita baterií (kWh)	Spotřeba (kWh/km)	Dojezd (km)	Kapacita baterií (kWh/místkm)	Spotřeba energie (kWh/místkm)
ZEUS	5,9	36	58	0,44	120	0,013	0,012
SOR EBN8	8	51	173	0,76	159	0,021	0,015
SOR EBN9,5	9,79	73	173	0,83	145	0,016	0,011
SOR EBN10,5	10,37	85	173	0,89	136	0,015	0,010
BYD *)	12	54	324	1,09	250	0,024	0,020
ERABUS	11,48	86	218	1,02	150	0,017	0,012
Solaris Urbino E 12	12	85	210	1,04	141	0,018	0,012
AMZ CS10E *)	10	83	230	1,04	170	0,016	0,013

*) Výsledky testů v DP Ostrava, červenec 2013 a červen 2014



Obr. 3 Závislost spotřeby energie na dojezdu elektrobusu (zdroj viz tab. 1, vlastní výpočty)

Je zřejmé, že toto omezení vede k preferenci průběžně dobíjeného, neboli tzv. oportunitního neboli průběžně dobíjeného elektrobusu (viz kapitola 1.2), který se dobíjí během jízdy na trase, oproti tzv. nočnímu elektrobusu, který se dobíjí pouze jednou denně. Dokládají to i závěry analýz v dalších kapitolách včetně výsledků srovnávacího provozu oportunitního a nočního elektrobusu v kapitole 6.1.6 a 6.1.7.

3.2 Superkapacitory

Pojmem superkapacitor (též superkondenzátor nebo ultrakapacitor) je označován speciální elektrolytický kondenzátor s výrazně velkou kapacitou (až 1000 F), kterou umožňují elektrody s pórovitým povrchem, a tedy velkou plochou. Elektrody superkapacitoru odděluje od sebe tekutý elektrolyt nebo elektrolyt ve formě gelu.

Superkapacitor tedy funguje na elektrostatickém principu. Uchovává poměrně malé množství energie (řádově kilowatthodiny), lze jej však velmi rychle (řádově v sekundách) nabíjet i vybíjet velkými výkony (řádově stovky kW), a to až miliónkrát. Znamená to, že oproti akumulátorům je jeho životnost daná počtem cyklů plného nabití a vybití cca tisícinásobná.

Pro jejich vlastnosti je využití superkapacitorů jako zdrojů energie výhodné právě v provozu městských autobusů, s jednorázovým velkým zatížením při častých rozjezdech.

Příklad využití superkapacitorů jako dalšího zdroje k trakčním bateriím ukazuje projekt TriHyBus v kapitole 6.2.4.

Některé elektrobusy používají superkapacitory jako jediný zdroj energie. Příkladem je 12m Ultracap Bus firmy Sinautec provozovaný od roku 2006 v Šanghaji, jehož 5,9 kWh superkapacitory umožňují nezávislý dojezd cca 6 km s klimatizací nebo 10 km bez klimatizace. Superkapacitory se dobíjejí po dobu 30 sekund v nácestných zastávkách a 5 minut na konečných stanicích pomocí střešního sběrače ze 600V/200A nabíjecích stanic.

Kromě zdrojů energie na vozidle se superkapacitory mohou použít také v nabíjecích stanicích pro soustředění energie do rychlého dobíjení, příkladem je technologie ABB Tosa pro průběžné dobíjení elektrobusů v Ženevě.

3.3 Dobíjecí infrastruktura

Akumulátory (případně superkapacitory) se dobíjejí pomocí nejrůznějších zařízení, od elektrické zásuvky přes nejrůznější typy střešních sběračů až po bezkontaktní indukční dobíjení.

Systémově lze rozřadit způsobem, znázorněným v tabulce č. 2.

V současné době se všechny uvedené způsoby dobíjení technicky rozvíjejí a jsou předmětem zkušebních provozů, jak je patrné z tabulky. U některých z nich jsou k dispozici konkrétní informace v produktové části (kapitola 5) nebo v případových studiích (kapitola 6).

Tabulka č. 2 Základní systémové třídění nabíjecích zařízení pro elektrické autobusy

Typ zařízení		Základní typ přenosu energie	Vstup do zařízení	Výstup ze zařízení do vozidla	Mechanické řešení	Max. přenášený výkon *)	Příklad	
manuální	standardizovaná AC zásuvka	kontaktní, statický	AC distribuční soustava	AC 3× 400 V	jednoduchá zásuvka 3 x 400 AC	200 kW	elektrobusy SOR v ČR	
	nestandardní zásuvková nabíjecí stanice				dvojitá zásuvka 3× 400 V AC (případně jiné nestandardní řešení)	2× 30 kW	elektrobusy BYD	
mechanické/automatické	trolejbusové trakční vedení s měnící, bez úprav	kontaktní, dynamický	AC distribuční soustava	DC 600/750 V	standardní tyčový sběrač na vozidle	180 kW	parciální trolejbus - projekt Slide In, Landskrona	
	odbočka z tramvajového/ trolejbusového trakčního vedení	kontaktní, statický	DC 600/750 V		dvoupólový pantografový sběrač na vozidle	180 kW	elektrobus Siemens/Rampini, Vídeň	
	dobíjecí zařízení s mechanickou konzolí na vozidle		AC distribuční soustava nebo odbočka z DC trakčního vedení		čtyřpólový pantografový sběrač na vozidle (dva silové póly, zemnění, data)	200 kW	technologie Schunk, připravovaná pro e-busy v Hannoveru	
					vertikální výsuvná konzole na vozidle	400 kW	technologie ABB v Ženevě	
					horizontální výsuvná konzole na vozidle	300 kW	technologie Stäubli (Brno, Amper 2014)	
	dobíjecí zařízení s mechanickou konzolí na stojanu	vertikální konzole pantografového typu (nebo jiné konstrukce)			300 kW	technologie Siemens v Hamburku, technologie ABB v Göteborgu		
	indukční dobíjení	bezkontaktní, statický	AC distribuční soustava		AC, různé parametry, výkon 60 – 200 kW	indukční cívka ve vozovce a na vozidle	200 kW	technologie IPT Charge (e-busy Turín) a Bombardier PRIMOVE (projekt emil, Braunschweig)
		bezkontaktní, dynamický					100 kW	technologie OLEV, Jižní Korea

**) Průběžně se mění s ohledem na vývoj baterií a dalších souvisejících zařízení.

Orientační srovnání cen vybraných typů dobíjecích zařízení ukazuje tabulka č. 3.

Tabulka č. 3 Orientační srovnání trakčních dobíjecích zařízení
(zdroj: SOR)

	Přípojka	Vstup do vozidla	Cena (Kč)
Zásuvka, AC vstup	3× 400 V AC 250 A	3× 400 V AC 250 A	225 000
Zásuvka, DC vstup	3× 400 V AC 150 A	600 V DC 170 A	2 000 000
Zásuvka z tram sítě	600 V DC 170 A	600 V DC 170 A	375 000
Rameno s kontakty	3× 400 V AC 250 A	3× 400 V AC 250 A	700 000
Pantograf, veřej. síť	3× 400 V AC 260 A	600 V DC 300 A	3 125 000
Pantograf, tram síť	600 V DC 300 A	600 V DC 300 A	800 000
Indukční přenos	3× 400 V AC 125 A	3× 400 V AC 87 A	1 925 000

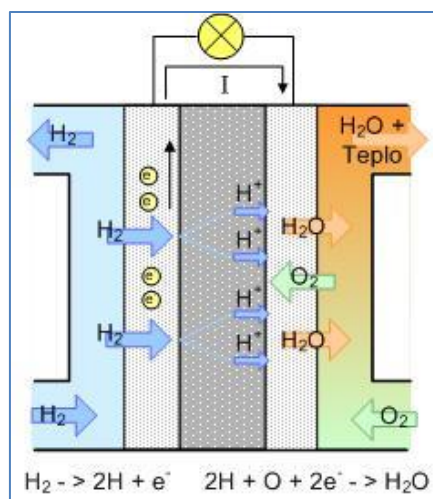
Z porovnání v tabulkách č. 2 a 3 je zřejmé, že použití konkrétního dobíjecího zařízení závisí především na požadavcích konkrétního provozu z hlediska rozsahu a místních podmínek, na vybavení provozovatele MHD trakční infrastrukturou a na očekávání provozovatele ohledně pohodlí a bezpečnosti obsluhy. V neposlední řadě bude konečná volba předmětem vyjednávání s konkrétním dodavatelem zařízení o požadovaných parametrech, ceně a hodnotě za peníze pro zákazníka. Podrobnosti k rozhodování o volbě dobíjecího zařízení jsou dále rozvedeny v kapitole 8.

S ohledem na rozmanitost dobíjecích technologií je nyní snaha o jejich standardizaci, a to jak na straně průmyslu, tak na straně potenciálních provozovatelů. Velcí výrobci přitom usilují, aby se standardem, resp. základem takového standardu, stalo právě jejich konkrétní řešení. V této souvislosti proto vznikla na půdě Sdružení dopravních podniků ČR iniciativa směřující k dohodě mezi dopravci a výrobcí ohledně definice a akceptování dobrovolných standardů pro mechanickou a elektrickou část dobíjecích zařízení.

3.4 Palivové články

Palivový článek je zařízení, kde se při chemické reakci vstupních látek – paliva a okysličovadla – na elektrodách ponořených do elektrolytu přeměňuje chemická energie na elektrickou energii. Palivem bývá nejčastěji vodík, existují však i například palivové články metanolové. Na anodě se z paliva odštěpují volné elektrony, které při průchodu vnějším obvodem vytvářejí elektrický proud. Kationty paliva procházejí elektrolytem a na katodě se slučují se vzdušným kyslíkem a s elektrony z vnějšího obvodu za vzniku vodní páry.

Palivových článků je více druhů. V elektromobilitě se nejčastěji využívají palivové články s protonvýměnnou membránou (PEM) zastávající funkci elektrolytu a s čistým vodíkem stlačeným na 35 MPa (350 bar) nebo 70 MPa (700 bar) jako palivem. Fungování tohoto palivového článku ukazuje obrázek č. 4.



Obr. 4 Schéma fungování palivového článku (zdroj: ÚJV Řež, a.s.)

Jako zdroj pohonu pro palivočláňkové elektrické autobusy (fc-busy) se palivové články nejčastěji používají v kombinaci s dalšími zdroji energie – trakčními bateriemi (viz příklady v kapitolách 6.2.2, 6.2.3, 6.2.5 a 6.2.6) nebo bateriemi a superkapacitory (viz kapitola 6.2.4). Hovoří se tak někdy o **hybridních palivočláňkových autobusech**. První palivočláňkové autobusy v rámci projektu HyFleet:CUTE (viz kapitola 6.2.1) byly konstruovány bez dalších zdrojů, což mělo příznivý dopad na vysokou spolehlivost provozu, ale nepříznivě se odrazilo ve spotřebě paliva.

Vyšší tlak vodíku 70 MPa klade větší nároky na materiál nádrží, ale zajišťuje delší dojezd vozidla. Proto se používá hlavně u osobních automobilů, kde se dojezd pohybuje kolem 600 km. U fc-busů je standardně používán tlak 35 MPa, který – podle objemu nádrže a spotřeby paliva – zajistí autobusu potřebný dojezd při naplnění jedenkrát za den nebo za dva dny (viz kapitola 6.2).

Od vozidel poháněných palivovými články je třeba odlišit vozidla vybavená plynovým spalovacím motorem, upraveným pro používání vodíku. Taková vozidla bývají rovněž označována jako „vodíková“ stejně jako vozidla s palivovými články (například některé městské autobusy v Berlíně, viz kapitola 6.2.1), čímž dochází k nedorozumění. Proto je ve světě zažitý pojem FCEV (fuel cell electric vehicle – palivočlánekové elektrické vozidlo) a v této Studii se důsledně hovoří o palivočlánekových autobusech nebo fc-busech.

Nejzávažnějším problémem této technologie je v současné době výroba vodíku, který dnes vzniká převážně jako vedlejší produkt v plynárenském a petrochemickém průmyslu. Proto se hledají jiné, čistší technologie, především různé způsoby elektrolýzy, včetně synergií s obnovitelnými zdroji v zařízeních typu „power-to-gas“ (viz kapitola 7). Dalšími problémy jsou cena palivového článku, který používá jako katalyzátor na anodě stopovou platinu, a je proto nyní snaha ji nahradit lacinějšími materiály, i potřebné investiční náklady na vodíkovou infrastrukturu, které je možno rozpustit do jednotkových výkonů až při dostatečně velkém rozsahu provozu. Problematikou výroby vodíku se podrobně zabývá samostatná studie „Polák, L., Čermáková, J. Analýza energetické náročnosti pro stanovené způsoby výroby, distribuce, skladování a využívání vodíku“ [8].

S ohledem na dojezd a příležitosti k ekologicky čisté výrobě vodíku má nicméně technologie palivových článků v mobilních i stacionárních využitích ve světě velkou podporu, a to především v USA, Kanadě a v Japonsku; v Evropě patří mezi vedoucí země Německo, Velká Británie a státy Beneluxu. Palivočlánekové autobusy jsou v Evropě v současné době rozvíjeny především v rámci projektů CHIC (viz samostatná případová studie v kapitole 6) a High V.LO-City. Palivový článek sám je – navzdory obecnému povědomí – přitom zpravidla nejméně zranitelnou součástí vozidla, jak ukazují případové studie v kapitole 6.2.

Vzhledem ke značné finanční síle průmyslových organizací, které se v zahraničí na podpoře palivočlánekových technologií podílejí (včetně například společností spojených s provozováním benzinových čerpacích stanic) nelze vyloučit významný rozvoj těchto pohonů v relativně blízké budoucnosti. To potvrzuje mj. dohoda formou „Letter of Understanding“ o komerčním vývoji hybridních palivočlánekových autobusů (viz výše), podepsaná pěti velkými autobusovými výrobci – Evobus, MAN, Solaris, Van Hool a VDL – v listopadu 2014.

3.5 Parciální trolejbusy

Významným a přitom tradičním zdrojem elektrické energie pro elektrické autobusy je trakční vedení pro trolejbusy, zpravidla 600 V DC, případně 750 V DC.

Trakční vedení trolejbusu představuje finanční zátěž co do investic i udržovacích nákladů. Plná závislost na trakčním vedení znamená i významnou provozní komplikaci – sebemenší překážka na trase nutí provozovatele použít náhradní autobusovou dopravu, s příslušným dopadem do celkových provozních nákladů dopravce. Proto jsou projekty rozšiřování trolejbusových sítí omezené a je spíše snaha je nahrazovat elektrobusem nebo doplnit trolejbus zařízením na prodloužení dojezdu. Tím může být buďto akumulátor elektrické energie (trakční baterie, superkapacitor) nebo „range extender“ na spalovací motor. Hovoří se pak o provozu bez troleje (CFO – catenary-free operation).

Zatímco bateriové zásobníky energie jsou přitom prozatím stále dražší než přídavný dieselový agregát – range extender, celospolečenské přínosy plně elektrického provozu jsou nesrovnatelně vyšší – podrobnosti viz v kapitole 7. Tato studie se v souvislosti s prodlouženým dojezdem proto dále zabývá pouze trolejbusy vybavenými bateriovými zásobníky energie.

Tento provoz může v praxi tvořit i více než polovinu, také 60 – 90 % celkového oběhu vozidla. Hovoříme pak o „parciálním trolejbusu“, který de facto představuje elektrobus s dynamickým dobíjením ze sítě trakčního vedení během jízdy. Oproti konvenčnímu trolejbusu je parciální trolejbus vybaven dostatečně kapacitními zásobníky energie a souvisejícím energetickým managementem. Tento koncept může znamenat významné řešení tam, kde je žádoucí zachovat trolejbusovou síť a přitom je třeba optimalizovat náklady na provoz a infrastrukturu.

3.6 Další zdroje energie

Kromě výše uvedených zdrojů energie se u elektrických autobusů používají i další. Je jím především

- dieselový motor pro diesel-hybridní autobusy;
- pístový spalovací motor nebo spalovací turbína pro prodloužení dojezdu elektrobusů a trolejbusů (tzv. range extender);
- jiné zdroje ve stavu testování, například elektromechanický setrvačnick.

S ohledem na své zaměření tato Studie uvedené další zdroje energie dále detailněji neanalyzuje. Za zmínku nicméně stojí elektromechanický setrvačnick.

Elektromechanický setrvačnick podporuje rozjezd elektrického vozidla tím, že rekuperovanou energii akumuluje do pohyblivé energie rotoru (při brzdění funguje setrvačnick jako elektromotor) a při rozjezdu ji dodává zpět do trakčního motoru (setrvačnick funguje jako generátor). Testy s tímto zařízením probíhají zejména ve Velké Británii, kde jsou jím zkušebně vybavovány dieselové autobusy komerčních dopravců. Předpokládaná úspora paliva činí více než 20 %. Testování probíhá v rámci rozvojových projektů financovaných společně z vládních dotací a z prostředků dopravců.

3.7 Přínosy hybridních sestav

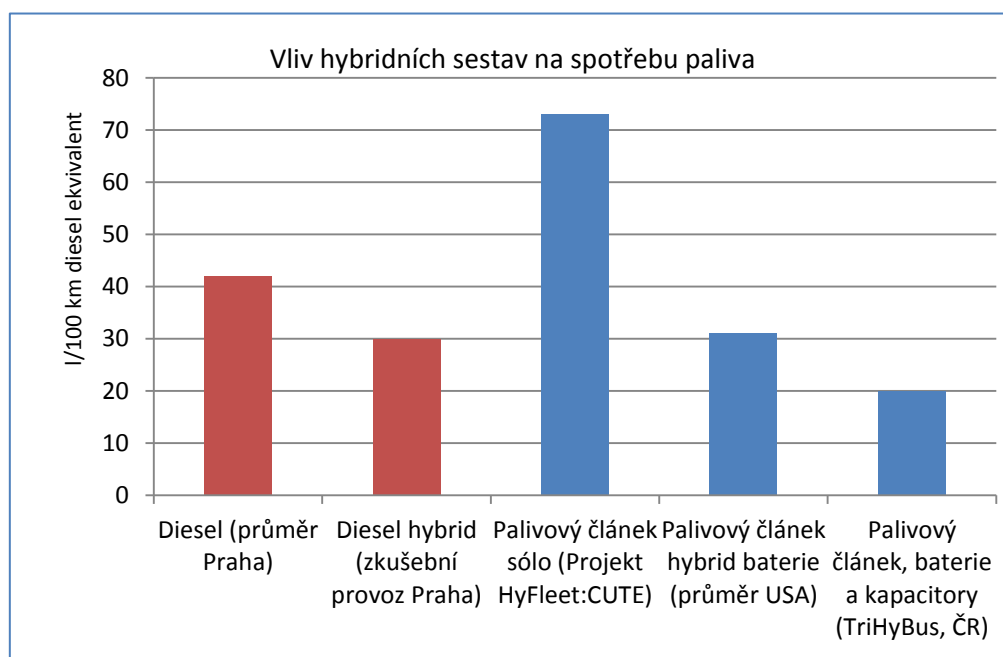
Trendem v technologiích elektrických autobusů je snaha kombinovat různé zdroje energie pro optimální energetický management vozidla v podmínkách městského provozu. Platí to zejména pro diesel-hybridní a palivočlánkové pohony, kde je přínos hybridních sestav naprosto zřejmý, jak ukazuje graf na obrázku č. 5.

Je zřejmé, že u těchto technologií bude vyšší riziko poruchovosti nebo špatného fungování celého pohonu, což klade nároky na systémovou integraci. Na příkladech konkrétních produktů a technických řešení v následujících kapitolách je však vidět, že se provozní výsledky mohou velmi lišit v závislosti na zvolené konstrukci a zkušenostech výrobce. Tyto výsledky ukazují, že mýtus o „nespolehlivých hybridech“ v praxi všeobecně neplatí.

Kombinací klasického diesel-hybridního pohonu a elektrobusu vznikne tzv. **plug-in hybrid** (též „elektrický hybrid“). Toto vozidlo má kapacitu baterií takovou, aby umožnila čistě elektrický dojezd po většinu trasy mezi výchozí a konečnou stanicí, kde se baterie opět dobijí. Nad elektrickou dojezdovou vzdálenost zajišťuje pohon dieselový motor. Plug-in hybridní autobus tedy fakticky představuje elektrobus s prodlouženým dojezdem, využívající

dieselový pohon mimo uzavřené městské centrum. Toto konstrukční řešení je určeno zejména pro smíšený provoz ve městech s bezemisními zónami, které autobus projíždí v plně elektrickém režimu.

Oproti dieselovému pohonu uspoří plug-in hybridní autobus cca 60% úsporu energie a cca 75 až 80% úsporu paliva a uhlíkových emisí. Je-li dieselový motor poháněn bionaftou a elektřina vyráběna z obnovitelných zdrojů, mohou úspory uhlíkatých emisí oproti srovnatelnému dieselu dosáhnout 90 % (údaje společnosti Volvo).



Obr. 5 Vliv hybridních sestav na spotřebu paliva

Prozatím spíše ojedinělým, ale v praxi již realizovaným pohonem je **plyno-hybrid**, využívající spalovací motor poháněný plynem (LNG nebo CNG) a elektromotor, podobně jako u diesel-hybridních pohonů. V době zpracování této studie je například plánován provoz 40 plyno-hybridních autobusů polské značky Solbus. Provozní parametry vozidla ani další konkrétní údaje o provozu a jeho předpokládané efektivnosti nejsou zpracovatelům této Studie známy.

4 Souhrnné zprávy z EU a USA – obsah a hlavní závěry

4.1 Studie EU

Zpráva „Urban buses: Alternative powertrains for Europe“ [3] zpracovaná pod zastřešením FCH JU v roce 2012 a zde označovaná jako „Studie EU“ si vytkla za cíl pro potřeby evropské administrativy co nejobjektivněji zhodnotit výhody a nevýhody jednotlivých alternativních pohonů pro městské autobusy a odhadnout jejich vývoj do roku 2030. Zpracování se zúčastnilo téměř padesát evropských podniků a jiných organizací z řad výrobců autobusů, dopravců, dodavatelů elektrické výzbroje vozidel a dobíjecích zařízení, dodavatelů vodíkové infrastruktury a dalších dotčených organizací. Studie byla zpracována pod metodickým vedením poradenské společnosti McKinsey&Company.

Studie EU hodnotí alternativní pohony (fc-busy, elektrobusesy a diesel-hybridní autobusy) v porovnání s tradičními pohony (trolejbusy, dieselové autobusy a autobusy na stlačený zemní plyn) především z pohledu dopadů na životní prostředí a celoživotních nákladů. Přitom se opírá o následující principy:

- Hodnocení dopadů na životní prostředí sleduje rozsah „well-to-wheel“, tedy „od jámy ke kolu“, tak aby byl zhodnocen veškerý dopad alternativních pohonů, nejen v místě provozu. Podle potřeby pak odlišuje emise v místě provozu („tank-to-wheel“) a emise související s výrobou a dodáním energie do vozidla, tedy emise předcházející jeho provozu (well-to-tank“).
- Hodnocení nákladů sleduje „celkové náklady vlastnictví“ („total cost of ownership“), zahrnující náklady na financování, nákup, infrastrukturu a provoz včetně pokuty za emise ve smyslu Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/33/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel.

Ačkoliv byla Studie EU iniciována a podporována organizací na podporu palivočlánkových technologií, snažila se o maximální objektivnost vůči všem alternativním pohonům.

Studie EU došla k následujícím hlavním závěrům:

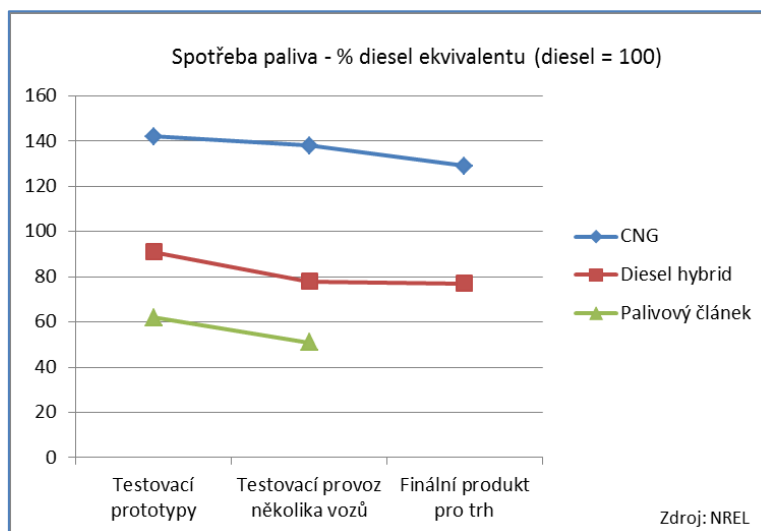
- Uvedené alternativní pohony městských autobusů mohou do roku 2030 významně snížit lokální emise skleníkových plynů při omezeném zvýšení nákladů.
- Nejslibnějšími alternativními pohony s nulovými lokálními emisemi jsou oportunitní (průběžně dobíjené) elektrobusesy a palivočlánkové autobusy.
- Současné vyšší náklady alternativních pohonů mohou být do budoucna významně sníženy nebo zcela eliminovány, přičemž mnohou sehrát významnou roli i daňové nástroje.
- Diesel-hybridní pohony mohou poskytnout nákladově efektivní řešení v krátkodobém časovém horizontu jako přemostující technologie k pohonům s nulovými lokálními emisemi.

Konkrétní hodnoty ze Studie EU dokládající tyto závěry jsou uvedeny dále v kapitole 7 spolu s údaji z průzkumu.

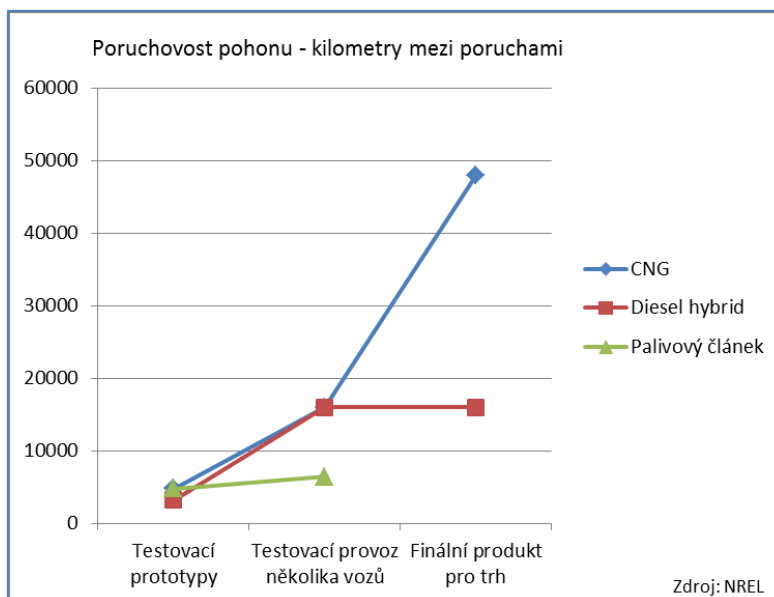
4.2 Zpráva NREL

Průběžná zpráva National Renewable Energy Laboratory v USA [2] k výsledkům provozu palivočlánkových autobusů v roce 2012 shrnuje výsledky zkušebních provozů s cestujícími u deseti amerických dopravců nebo zkušebních organizací na celkem 25 vozidlech. Zpráva na

základě podrobných statistických údajů hodnotí především spotřebu energie a spolehlivost měřenou mílemi mezi poruchami a porovnává je pro diesel-hybridní, plynový (CNG) a palivočlánkový pohon v závislosti na vývojovém stadiu příslušného produktu. Hlavní závěry v přepočtu na evropské jednotky názorně ukazují grafy na obrázcích 5 a 6.



Obr. 5 Spotřeba paliva pro vybrané pohony (zdroj: [2], vlastní přepočet)



Obr. 6 Míra poruchovosti pro vybrané pohony (zdroj: [2], vlastní přepočet)

Zpráva ukazuje především výhodnost palivočlánkových pohonů s ohledem na hospodaření s energií a na souvislosti mezi provozními parametry vozidel a zralostí produktu. Zpráva si všímá, že fc-busy procházejí podobným vývojem jako autobusy na CNG, ale poněkud pomaleji, což vysvětluje složitostí integrace vodíkového hospodářství a elektrické trakční výzbroje na jednom vozidle. Dále si všímá vysokých pořizovacích nákladů fc-busů, které vysvětluje jejich omezeným počtem, a tudíž malou ekonomii z rozsahu.

Zpráva také vyjadřuje podporu ministerstva energetiky (DOE) konstrukci fc-busu s palivovými články o menší kapacitě doplněné bateriemi s větší kapacitou (princip podobný projektu TriHyBus – viz kapitola 6.2.4) s ohledem na možné snížení pořizovacích nákladů.

Vedle souhrnných výsledků uvádí zpráva i základní statistické údaje z provozu, které spolu s dalšími doplňujícími údaji, získanými od dopravců, byly použity ke zpracování příslušných případových studií v kapitole 6.

4.3 CIVITAS 2013

Dokument „CIVITAS policy note: Smart choices for cities – Clean buses for your city, 2013“ [7] (dále „CIVITAS 2013“) byl zpracován v rámci projektu CIVITAS WIKI pod evropskou iniciativou CIVITAS v roce 2013. Slouží jako informační a metodická pomůcka pro evropská města při základním rozhodování o možných strategických směrech pro rozvoj „čisté“ městské dopravy v kontextu politiky EU ke snižování emisí skleníkových plynů s cíli do roku 2020 a 2050.

CIVITAS 2013 v této souvislosti stručně hodnotí klady a zápory jednotlivých pohonů pro městské autobusy, přičemž si všímá hlavních provozních vlastností a souvisejících výhod a nevýhod, požadavků na infrastrukturu, jednotkové spotřeby energie, vybraných emisí a celoživotních nákladů (TCO). U spalovacích motorů uvádí kromě dieselu a CNG také biopaliva; vzhledem k zaměření této studie na elektrické pohony a konzistentnosti s daty z ostatních zdrojů nejsou spalovací motory na biopaliva dále zahrnovány do hodnocení.

CIVITAS 2013 využívá jako důležitý zdroj informací Studii EU [3] a odvolává se na ni. Některé poznatky, především v oblasti vlivu jednotlivých pohonů na životní prostředí, dále zpodrobňuje a rozšiřuje.

Vzhledem ke svému primárnímu účelu obsahuje CIVITAS 2013 i řadu zjednodušení, která nemusí vždy odpovídat poznatkům z konkrétních projektů elektrických autobusů a jejich hodnocení. Týká se to například palivočlánekového pohonu a související ekologické náročnosti výroby vodíku nebo provozní bezpečnosti. CIVITAS 2013 také zvlášť nerozlišuje a neanalyzuje parciální trolejbusy nebo plug-in hybridní autobusy jako samostatný produkt.

Konkrétní použité hodnoty z CIVITAS 2013 a závěry z nich vyvozené jsou uvedeny dále v kapitole 7.

5 Příklady konkrétních produktů pro e-mobilitu v MHD

5.1 Elektrobusy Škoda PERUN HE 26BB, Škoda PERUN HP 26BB, infrastruktura pro rychlé dobíjení

Výrobce: Škoda Electric

Popis produktu – elektrobus

12m třídvěřový nízkopodlažní městský autobus s elektrickým pohonem ve dvou koncepčních verzích:

- Škoda PERUN HE 26BB s vysokou kapacitou baterií pro dojezd až 150 km;
- Škoda PERUN HP 26BB pro průběžné dobíjení ve vzdálenosti do 30 km.



Škoda PERUN HE 26BB

Koncepce karoserie: Solaris Urbino 12 electric

Obsaditelnost: 27 míst k sezení, míst k stání: 58 (typ HE 26BB)/55 (typ HP 26BB)

Nástupní výška: 320 mm první a druhé dveře, 340 mm třetí dveře; snížená podlaha po celé délce prostoru pro cestující.

Prostor pro cestující je klimatizován – typ HE má klimatizaci v prostoru řidiče, HP má klimatizační jednotku, která je jak pro řidiče, tak pro cestující

Pohon: motor Škoda 4ML 3444 KK/4 o výkonu 160 kW situovaný před zadní nápravou

Trakční baterie:

a) Škoda PERUN HE 26BB:

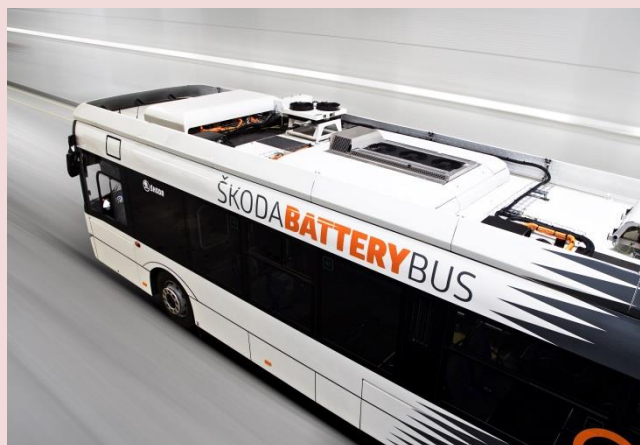
- Typ baterií: lithium-polymerové baterie (Li-Pol) high energy.
- Celkový počet bateriových článků ve vozidle: 1 134 s rozdělením do modulů po 21 článkách, které jsou po 18 ks (378 článkách).
- Pro optimalizaci obsaditelnosti jsou 2 boxy umístěny v zadní schráně a 1 box v předním nadkolí. Kapacita baterií: 222 kWh – dojezd na jedno nabití 150 km.
- Dobíjení: standardizovaným konektorem COMBO II. Typ HE není osazen rychlodobíjením. Vůz je koncepčně připraven pro nabíjení do 70 minut, noční nabíjení s vyvažováním 6 – 8 hodin.

a) Škoda PERUN HP 26BB:

- Typ baterií: lithium-ion baterie (Li-ion) high power, využívající nanotechnologie pro rychlejší dobíjení (anoda pokryta nanovrstvou oxidu titaničitého).
- Celkový počet bateriových článků ve vozidle: 560 s rozdělením do 56 modulů po 10 článkách, uložených ve třech bateriových boxech shodných s typem HE 26BB.
- Kapacita baterií: 76 kWh – dojezd na jedno nabití 30 km.
- Dobíjení: rychlodobíjení z konzole (viz popis níže) po dobu 6 – 8 minut, noční zásuvkové s vyvažováním 6 – 8 hodin.

Typ HE má baterie chlazené vzduchem, typ HP má baterie chlazené vodou. Vzniklé odpadní teplo lze využít k vytápění prostoru cestujících u typu HP. Elektrickou část vozidla doplňují další komponenty výkonové elektroniky od Škody Electric – měnič pomocných pohonů, trakční motor a přístrojová skříň – umístěné na střeše vozidla.

Podvozek: přední náprava ZF RL 75 EC (nezávislá náprava), hnací náprava ZF AV 132 otočená, centrální mazací bod – tuhé mazivo, na vyžádání dodáváno mazání Vogel KFBS1 s autodiagnózou, řízení ZF Servocom 8098.



Škoda PERUN HP 26BB

Brzdový systém: EBS (dvouokruhový), elektronický systém zamezující blokaci kol při brzdění (ABS) a prokluzu při rozjezdu (ASR), ruční brzda (parkovací) s možností mechanického odblokování brzdového systému zastávková brzda.

Odpružení: pneumatické, systém ECAS II: snížení 70 mm, zvednutí o cca 60 mm.

Popis produktu – infrastruktura pro rychlé dobíjení

Mechanická část – konstrukční řešení a funkce:

- Filozofií nabíjecího systému ŠKODA je instalovat na nabíjecí periferie vně vozidla externí nabíječ. Tím je zredukována hmotnost a náklady na straně vozidla. Nabíjecí infrastruktura je pak sdílená více vozidly a maximalizuje se její vytížení (na rozdíl od koncepce, kde má každé vozidlo výkonný nabíječ, který je využíván vždy jen po zlomek doby, tzn. pouze v době nabíjení). Spojení s vozidlem probíhá pomocí automatizovaného ramene umístěného v nabíjecím stojanu, které dosedne na odhalené ližinové kontakty na střeše vozidla.
- Ližinové kontakty jsou během provozu ukryty proti znečištění (jsou dimenzovány na rozlomení ledu při námraze) a řidič udává tlačítkem na stanovišti povel k jejich odkrytí. Jakmile dojde k napojení ramene s kontakty na vozidle, začne se elektrobuses nabíjet a řidič do procesu dále nezasahuje.

Výkonové parametry:

- Vysokonapěťová statická část je uzpůsobena pro přívod 22 kV (lze případně 400 V i jiné napětí) a disponuje dvěma paralelně řazenými měniči. Každý o jmenovitém výkonu 300 kW.
- Celkový jmenovitý nabíjecí výkon je 600 kW, což znamená nabíjecí proudy až 1 000 A – nabití proběhne za 7,6 min., energie dodaná během 1 minuty nabíjení odpovídá cca 6 km dojezdu.
- Vozidlo během dobíjení komunikuje s nabíječkou prostřednictvím standardu Combo II.

Doplňkové zařízení: Pojízdna nabíječka určená pro noční dobíjení v depu o výkonu 18 kW. Tímto způsobem lze nabíjet elektrobusesy Škoda PERUN HE/HP také u konvenčních stojanů určených k dobíjení osobních elektromobilů (obvykle s výkony 50 kW).

Hlavní přednosti produktu

a) Provozní přednosti elektrobusu

Elektrobusy Škoda PERUN využívají osvědčených komponent v mechanické a elektrické části:

- Elektrická část vychází z konstrukčních řešení trakční výzbroje Škoda Electric pro trolejbusy Škoda, které jsou úspěšně provozovány v ČR i v zahraničí, včetně konstrukčních řešení pro nezávislý provoz s bateriovými zásobníky energie nebo přídavným dieselagregátem. Součástí řešení je mj. mikroprocesorově řízený napěťový střídač s možností rekuperace, bezúdržbové baterie.
- Podvozek a karoserie typu Solaris Urbino 12 electric jsou od počátku řešeny pro potřebu elektrobusů v městských podmínkách, čemuž odpovídají použité komponenty a konstrukce mechanické části vozidla. Elektrobusy tohoto typu s různými pohonnými jednotkami jsou v počtu desítek kusů nasazeny v pravidelném provozu v různých evropských městech.
- 100% bezemisní provoz – uživatelsky přívětivý.

Variabilní řešení elektrobusu Škoda PERUN podle kapacity zásobníku energie umožňuje reagovat na různé provozní požadavky dopravců v závislosti na konkrétních podmínkách nasazení vozidla, při maximální standardizaci dílčích komponent a využívání osvědčené praxe v konstrukčním řešení vozidla a jeho pohonu.

b) Provozní přednosti nabíjecího zařízení

Nabíjecí zařízení Škoda Electric vychází z nejnovějších poznatků o provozu průběžně dobíjených elektrobusů a z provozních zkušeností dopravců, s nimiž výrobce úzce spolupracuje.

Standard Combo II je v současné době nejpokrokovějším standardem pro dobíjení silničních elektrických vozidel, využívaným hlavními světovými výrobci vozidel a dobíjecí infrastruktury.

Konstrukční řešení nabíjecího zařízení s umístěním pasivních kontaktů na střeše klade důraz na co nejnižší váhu infrastruktury na vozidle, a tím optimalizaci jeho provozně ekonomických vlastností (obsaditelnost, manévrovatelnost, jednotková spotřeba energie na místokilometr).

Referenční provoz

První prezentace elektrobusů Škoda PERUN HE 26 BB se uskutečnila v rámci projektu Evropské dny mobility v Praze v září 2013 a následně byl elektrobus představen na českém veletrhu CZECHBUS 2013 v listopadu téhož roku. Po dokončení homologačního procesu absolvoval elektrobus prezentační jízdy v Pardubicích, Českých Budějovicích, Hradci Králové, Mariánských Lázních, Liberci, Opavě, Olomouci, Zlínu nebo polském Krakově.

Škoda Electric společně s Plzeňskými městskými dopravními podniky, Západočeskou Univerzitou a Plzeňskou teplárenskou se zapojila do prestižního evropského unijního projektu ZeEUS (Zero Emission Urban Bus System; Městský autobusový systém s nulovými emisemi), který cílí na implementaci elektrobusů do veřejné dopravy a jehož koordinátorem je mezinárodní asociace pro veřejnou dopravu UITP. V rámci tohoto projektu budou v letech 2015 – 2017 nasazeny dva bateriové autobusy Škoda PERUN HP doplněné rychlodobíjecí stanicí ŠKODA na autobusových linkách č. 27 a 33. Vedle Plzně je do projektu zapojeno dalších 7 evropských měst (Barcelona, Bonn, Cagliari, Glasgow, Londýn, Münster a Stockholm).

Další informace o produktu: Škoda Electric a.s. www.skoda.cz

5.2 Trakční elektrovýzbroje Cegelec do tramvají, trolejbusů a elektrobusů

Výrobce: Cegelec a.s.

Popis produktů:

Trakční měniče

- TV Progress: pro regulaci DC trakčních motorů tramvají a trolejbusů;
- TV Europulse: pro regulaci AC trakčních motorů tramvají a trolejbusů

Statické měniče

- pro napájení pomocných obvodů vozidel MHD, která vyžadují stejnosměrné napětí
- pro odlišné hodnoty napětí, než je trolejové, resp. střídavé napětí; statické měniče této řady jsou dodávány pod označením SMT, SMTK, SMTS.

Kontejnery Integra: konstrukční uspořádání integrující všechny základní prvky trakční elektrovýzbroje vozidla do jednoho kontejneru s přínosy ve snížené hmotnosti a úspoře místa na střeše trolejbusu; určené pro trolejbusy provozované v soustavě 600 V nebo 750 V.

Hlavní přednosti produktů

Příznivé provozní vlastnosti díky osvědčeným technickým řešením: optimální jízdní a brzdě charakteristiky, vysoká spolehlivost ve vztahu k přechodným jevům, výrazné snížení počtu kontaktních prvků, kompaktní konstrukce kontejnerového provedení (viz foto), možnost rekuperace generované elektrické energie při jízdě zpět do trolejového vedení, úspory elektrické energie (až o 30 %), zvýšená spolehlivost elektrozařízení, a tedy i celého vozidla: střední vzdálenosti mezi poruchami trolejbusů cca 70 000 km.

Součást inovativních řešení pro e-mobilitu v ČR i v zahraničí ve spolupráci se světovými výrobci dopravních prostředků – příklady:

- trakční výzbroj v plně nízkopodlažních 18m kloubových trolejbusech Solaris pro BBG Eberswalde (Německo): první trolejbusy s nulovými emisemi, vybavené zásobníkem brzdě energie – superkondenzátory a bateriovým pomocným pohonem (viz foto),
- dodávky trakčních zařízení do elektrobusů AMZ Electric Smile, SOR a SOLARIS.



Referenční provoz

Trolejbusy: BOGDAN, Kyjev – 175 ks trakčních měničů, 282 ks statických měničů;
BOGDAN, Simferopol – 10 ks trakčních měničů, 43 ks statických měničů;
LAZ, Ukrajina – 226 ks trakčních měničů;
JUMZ T2, Ukrajina – 57 ks trakčních měničů;
SOLARIS, Opava – 14 ks trakčních měničů;
SOLARIS, Ostrava – 20 ks trakčních měničů, 282 statických měničů;

SOLARIS, Winterthur – 10 ks trakčních měničů;
 SOLARIS, San Remo – 2 ks trakčních měničů;
 SOLARIS, Tallinn – 14 ks trakčních měničů, 26 ks statických měničů;
 SOLARIS, Kaunas – 43 trakčních měničů, 90 ks statických měničů;
 SOR, Ostrava – 2 ks trakčních měničů; SOLARIS, Salzburg, 37 ks Integra;
 SOLARIS, Eberswalde – 12 ks Integra;
 SOLARIS, Bologna – 11 ks Integra;
 SOLARIS, Ancona – 3 ks Integra.

Elektrobusy: SOR, Ostrava – 4 ks trakčních měničů;
 SOR, Slovensko – 6 ks trakčních měničů;
 SOR Libchavy – 2 ks trakčních měničů;
 SOR, Německo – 2 ks trakčních měničů;
 SOR, Hradec Králové – 2 ks trakčních měničů;
 ARRIVA, Bruntál – 1 ks trakčního měniče.

V současné době připravuje Cegelec a.s., ve spolupráci se SOR Libchavy, realizaci elektrobuseu dobíjeného přes pantograf z tramvajového trolejového vedení 600 V DC.

Další informace o produktech: Cegelec a.s. Praha, www.cegelec.cz

5.3 Plug-in hybridní autobus Volvo 7900 a dobíjecí infrastruktura

**Výrobce autobusu a dodavatel systému vozidlo-
infrastruktura:** Volvo Bus Corporation

Popis produktu – autobus

12m třídvěřový nízkopodlažní městský autobus se širokou střední uličkou a rovnou podlahou.

Maximální počet cestujících: 89 (34 sedících).

Rozměry a hmotnost: délka 12,0 m, výška 3,28 m, šířka 2,55 m, celková hmotnost vozidla: 19 000 kg.



Pohon Volvo Electric Hybrid Driveline:

- elektromotor I-SAM o výkonu 150 kW, 19 kWh trakční baterie a řídicí jednotku;
- čtyřválcový vznětový motor Volvo DSK240 EU6 o objemu 5,1 l a výkonu 177 kW;
- dvánáctistupňová automatická převodovka Volvo I-Shift se zvláštním programem pro hybridní pohon.

Elektronicky řízené diskové brzdy (EBS). Elektrické nebo pneumatické ovládání dveří.

Vytápění, ventilace a klimatizace prostoru pro cestující a pro řidiče (oddělené zóny). Max. výkon klimatizační jednotky: 28 kW AC.

Schéma plug-in hybridního (též elektrického hybridního) pohonu znázorňuje obrázek:

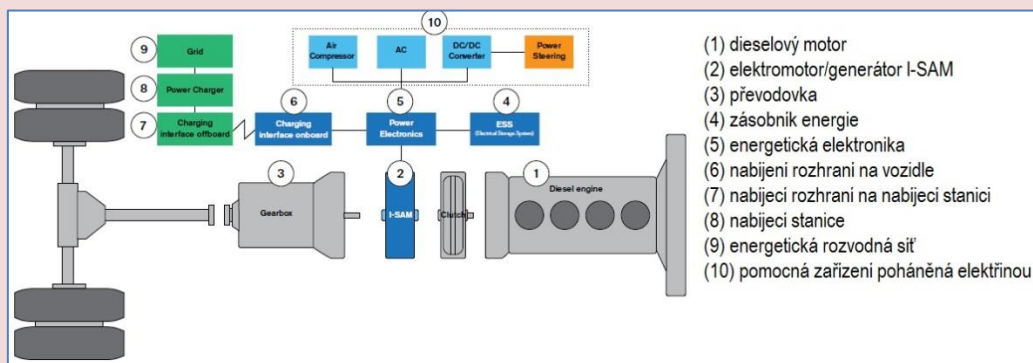


Schéma plug-in hybridního (elektrického hybridního) pohonu

Při plně elektrickém provozu, jehož dojezd na jedno nabití baterií činí cca 7 km, odebírá pohon energii z trakčních baterií. Při poklesu kapacity nebo při potřebě dodatečného výkonu je pohon přepínán na hybridní, kdy je krouticí moment automaticky rozdělován mezi elektromotor a dieselový motor podle aktuálních provozních podmínek. Samozřejmostí pohonu je rekuperace brzdové energie.

Průběžné dobíjení trakčních baterií trvá cca 6 minut. Je aktivováno automaticky při přistavení autobusu do požadované polohy a končí plným nabitím baterií nebo na pokyn řidiče.

Popis produktu – dobíjecí infrastruktura

Typově řešená čtyřpólová dobíjecí konzole pantografového typu, výsuvná z pevného pylonu na ližinové kontakty ve střeše autobusu (viz obrázek). Základní technické parametry:

- vstupní napětí: 400 V AC ($\pm 10\%$), 50/60 Hz (± 2 Hz);
- výstupní napětí: 0 – 750 V DC;
- maximální přenášený výkon: 150 kW do plug-in hybridního autobusu, možnost 300 kW do plně elektrického autobusu;
- komunikace s vozidlem pomocí wi-fi sítě, vyhovuje standardům ISO 15118-1:8 (komunikační rozhraní vozidlo-síť) a ČSN EN 61851-23 (stejnoseměrné nabíjecí stanice elektrických vozidel);
- výška nabíjecího zařízení nad zemí složeného/vysunutého: 4,6 m/3,0 – 3,2 m.

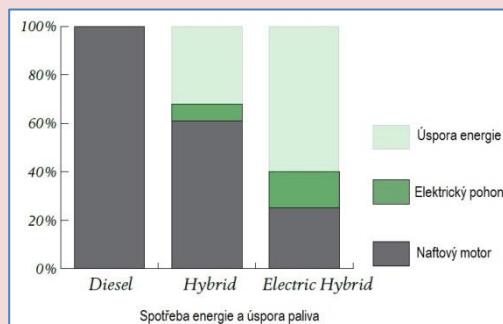


Hlavní přednosti produktu

Vysoká spolehlivost: konstrukce autobusu a jeho pohonu odzkoušená v provozu s rozmanitými klimatickými a geografickými podmínkami, dobíjecí systémy dodávány renomovanými světovými výrobci (např. Siemens a ABB);

Významné úspory energie a emisí: viz graf, úspora emisí cca 75 %;

Prakticky neomezený nezávislý dojezd při významném podílu plně elektrického provozu;



Otevřená architektura a standardizace dobíjecí infrastruktury: řešení, které dává provozovateli volnost ve výběru dodavatele autobusů a dobíjecí infrastruktury.

Referenční provoz: Göteborg, Hamburk, Stockholm (součást projektu ZeEUS).

Další informace o produktu: Volvo Group Czech Republic s.r.o. www.volvobuses.com

6 Zkušenosti z provozu elektrických autobusů – případové studie

6.1 Elektrobusy (e-busy)

6.1.1 Provoz elektrobusů MHD v rámci projektu „100 Bus Electriques“

a) Popis vozidla

Park malých a středních elektrobusů různých typů s různými trakčními bateriemi. Typická vozidla:

- OREOS 22 (výrobce Gépébus): 5m elektrobus o kapacitě 22 sedících, motor o výkonu 22 kW, olověné baterie o kapacitě 42 kWh
- OREOS 55 (výrobce Gépébus): 8m elektrobus o kapacitě 55 sedících, motor o výkonu 120 kW, nikl-kadmiové baterie o kapacitě 73 kWh
- Europolis (výrobce Irisbus): 7,5m elektrobus o kapacitě 44 sedících, motor o výkonu 140 kW, baterie ZEBRA (nikl-chlorid, provozní teplota cca 300°C) o kapacitě 160 kWh



Foto: EdF

b) Údaje z provozu

Sledované období	1. čtvrtletí 2005
Místo	18 měst ve Francii
Počet vozů	70
Najeto celkem km	600 000 km (odborný odhad, přesná statistika není k dispozici)
Průměrná spotřeba kWh/km	0,6 kWh/km (Oreos 22) 1,2 kWh/km (ostatní)
Průměrný dojezd na jedno nabití km	55 (OREOS 22) 130 (OREOS 55), s dobíjením na trase 130 (Europolis)
Další provozní údaje	Disponibilita parku: 95 % Provoz cca 10 až 12 hodin denně Průměrná délka linky cca 3 až 6 km Denní proběh jednoho vozidla cca 100 km

c) Další provozní zkušenosti

Projekt „100 elektrických autobusů“ byl ve Francii vyhlášen v roce 2002 ve spolupráci s organizacemi ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie – Environment and Energy Efficiency Agency), EDF, (Electricité de France), GART (Groupement des Autorités Responsables de Transport), a UTP (Union des Transports Publics). Sledovaná data jsou z období cca prvních tří měsíců provozu.

Sledovaný provoz zahrnoval převážně okružní linky v historických centrech měst, kyvadlovou dopravu (především ze záchytných parkovišť do center) a v omezeném rozsahu i standardní linkový provoz MHD.

Malá kapacita olověných baterií u elektrobusů OREOS 22 byla řešena jejich výměnou během dne v uzavřených prostorách. Doba výměny činila cca 5 až 6 minut.

Pro elektrobusy Europolis s bateriemi ZEBRA a OREOS 55 s nikl-kadmiovými bateriemi bylo používáno noční dobíjení v garáži třífázovou zásuvkou 63 A. Pro elektrobusy OREOS 55 bylo navíc používáno dobíjení ve 120kW rychlonabíjecí stanici na trase.

Baterie a nakládání s nimi byly zpravidla zajištěny dodavatelským způsobem (leasing) kvůli nedostatku potřebných dovedností u dopravců a rizikům poruch.

Lithium-iontové baterie nebyly v době projektu dostatečně vyvinuté pro použití v trakci, ale byly vnímány jako perspektivní směr.

Projekt inspiroval další využití elektrobusů v areálech velkých institucí nebo v lyžařských areálech.

Malé elektrobusy se velmi osvědčily ve specifických podmínkách historických center, kde jejich provozní omezení nebránila jejich užitku. Projekt však také potvrdil potřebnost dalšího vývoje elektrobusů o větší kapacitě a delším dojezdu pro běžný městský provoz.

Podobné zkušenosti byly zaznamenány také v Římě při provozu parku cca 50 elektrických minibusů o délce 5m, s kapacitou 27 cestujících a s obdobným charakterem provozu a použité technologie (krátké linky v historickém centru, 45 km dojezd, olověné baterie vyměňované během dne). Tyto elektrické minibusy jsou provozovány od poloviny 90. let.

d) Zdroj informací: EDF, Electric Buses Division, Eltis.org

6.1.2 Provoz elektrobusů MHD v Dopravním podniku Ostrava

a) Popis vozidla

10,5m třídvěřový městský nízkopodlažní elektrobus SOR EBN10,5

Počet míst: 19 sedících a 66 stojících

Pohon: asynchronní šestipólový vodou chlazený elektromotor o výkonu 120 kW pro trvalý provoz s elektrickou rekuperační brzdou;

Zdroj energie: 180 článkové lithium – iontové trakční baterie 2,5÷4,25 V/300 Ah.

Nezávislé naftové topení



Koncept a montáž elektrobusu navrhly a provedly dílny DP Ostrava, nyní dceřiná společnost EKOVA ELECTRIC a.s.

b) Údaje z provozu

Sledované období	2. pololetí 2012, není-li uvedeno jinak
Místo	MHD Ostrava
Počet vozů	4
Najeto celkem km	86 300; od začátku provozu do ledna 2015 cca 620 000
Průměrná spotřeba kWh/km	0,89 kWh/km průměr parku od začátku provozu do ledna 2015: 0,83 kWh/km
Průměrný dojezd na jedno nabití km	140
Další provozní údaje	Disponibilita: 83 % Proběh mezi poruchami: 43 000 vzkm Minimální spotřeba trakční energie: 0,83 kWh/km Maximální spotřeba trakční energie: 0,94 kWh/km Průměrná rekuperační účinnost: 32 % Dobíjení z 30 % na 100 %: pomalé 3× 400 V AC/32 A 7 hodin, rychlé 3× 400 V AC/250 A 60 minut, později sníženo na 200A, čas 1,5 hod – šetrnější k trakčním akumulátorům

c) Další provozní zkušenosti

Elektrobusesy jsou využívány v provozu na dělených směnách mezi dopravními špičkami, dobíjení probíhá během polední přestávky. Ranní proběh je 85 vzkm, odpolední proběh 100 vzkm. Mezi ranním a odpoledním proběhem jsou trakční baterie vybity ze 100 % na 60 až 70 % kapacity.

Maximální dojezd prázdného vozidla je 250 km.

Třemi nejčastějšími příčinami oprav byly závady na karosérii (25 %), pravidelná údržba (20 %) a závady na osvětlení (16 %). Závady na pohonu, bateriích a jejich dobíjení tvořily celkem 12 % všech oprav.

Ve sledovaném období byly zaznamenány dva výpadky vozu na trase, žádný nesouvisel s pohonem – porucha dveří a poškození zámku bočních dvířek.

Pořizovací náklady jednoho vozidla činí 8,5 mil. Kč + 2 mil. Kč předpokládaná výměna trakčních baterií v polovině životnosti.

Výchozí kalkulované náklady životního cyklu vozidel a infrastruktury včetně odpisů a výměny trakčních baterií:

Celkem:	32,84 Kč/vzkm, z toho
• trakční energie:	1,89 Kč/vzkm
• opravy a udržování vozidel:	5,17 Kč/vzkm (po dobu záruky 2,17 Kč/vzkm)
• opravy a udržování infrastruktury:	0,08 Kč/vzkm

Aktualizovaný údaj: V období leden – listopad 2014 činily kalkulované náklady životního cyklu vozidel a infrastruktury včetně odpisů a výměny trakčních baterií 35,25 Kč/vzkm.

Porovnání kalkulovaných nákladů elektrobuseu se srovnatelnými náklady autobusu a trolejbusu u DPO: 98 % autobusu, 78 % trolejbusu.

Předpokládaná roční úspora emisí: 2,05 t, z toho 80 kg CO₂

Snížení hlučnosti o 8 dB oproti dieselovému pohonu

d) Zdroj informací: Dopravní podnik Ostrava

6.1.3 Provoz průběžně dobíjeného elektrobuseu Siemens/Rampini u Wiener Linien

a) Popis vozidla

Nízkopodlažní městský elektrobuseu Rampini, typ Alè electric s pohonem Siemens, průběžně dobíjený ze svrchního trakčního vedení; délka 7,7 m, přepravní kapacita 13 sedadel a 33 míst k stání (respektive invalida na vozíku a 26 míst ke stání).

Elektrické vytápění a chlazení (klimatizace) prostoru pro cestující i stanoviště řidiče.

Nabíjení:

- rychlé provozní nabíjení: vozidlo je přes dvoupólový jednoramenný sběrač proudy napájeno z dvoustopého vrchního trakčního vedení trolejbusového typu o napětí 600 V DC. Toto vedení je zásobováno elektrickou energií z blízké tramvajové trati (jeden vodič dvoustopého nabíjecího vedení je připojen k trolejovému drátu tramvaje, druhý



Foto: Siemens

ke kolejnicím. Provozní nabíjení je využíváno v průběhu celého dne vždy při pobytu vozidla na konečné zastávce Schwarzenbergplatz, resp. Schotterring.

- noční vyrovnávací nabíjení: vozidlo je ve vozovně nabíjeno z dvoustopého trakčního vedení trolejbusového typu o napětí 600 V DC (též je možno jej nabíjet ze zásuvky 3× 400 V 50 Hz).

b) Údaje z provozu

Sledované období	od začátku roku 2013
Místo	Vídeň, linka 2A a 3A (okružní v historickém centru), provozovatel MHD Wiener Linien
Počet vozů	12 vozů
Najeto celkem km	Denní proběh cca 1 000 km
Průměrná spotřeba kWh/km	Na sběrači vozidla: 1,0 kWh/km pro trakci
Průměrný dojezd na jedno nabití km	Celodenní provoz (6.30 až 20.00 hodin) 120 km bez nabíjení
Další provozní údaje	62 km/h

c) Další provozní zkušenosti

Během provozu byly zaznamenány tyto provozní a ekonomické přínosy provozu elektrobusů:

- příznivá reakce okolí na tichý, čistý a spolehlivý provoz elektrobusové linky,
- plynulá a klidná jízda v příjemném klimatizovaném prostoru,
- levná infrastruktura – využití pevných trakčních zařízení, již dříve vybudovaných pro napájení tramvají (měničny, trakční vedení), též pro nabíjení akumulátoru elektrobusu, a to včetně jejich výkonové rezervy, která vznikla v posledních letech v důsledku nasazení moderních tramvají s nižší spotřebou energie,
- levná energie – je využita i rekuperovaná elektrická energie, která je dosud mařena v brzdových odporových tramvají.

Provoz elektrobusů je kromě jiného součástí výzkumného projektu „e-mobility on demand“, realizovaného jako naplňování konceptu smart city ve Vídni (blíže viz kapitola 7.6).

d) Zdroj informací: Wiener Linien, Siemens

6.1.4 Zkušební provoz elektrobusu Solaris Urbino electric

a) Popis vozidla

i) 12m elektrobus Solaris Urbino 12 electric: kapacita 23 až 34 sedících cestujících, pohon 160kW elektromotor Vossloh Kiepe, lithium-iontové baterie 210 kWh, 600 V.



Foto: Solaris

ii) 8,9m midibus Solaris Urbino 8,9 LE electric: kapacita 21 až 29 sedících cestujících, pohon: 120kW elektromotor Vossloh Kiepe, lithium-iontové baterie 121 kWh, 600 V

b) Údaje z provozu

Sledované období	2012
Místo	5 evropských měst s různými geografickými a provozními poměry, normální linkový provoz *)
Počet vozů	3
Najeto celkem km	5 300
Průměrná spotřeba kWh/km	1,02

Průměrný dojezd na jedno nabití km	126
Další provozní údaje	Disponibilita přes 80 % Provoz na sklonu až 13 % Minimální spotřeba trakční energie: 0,72 kWh/km Max. rekuperace: 60% Maximální spotřeba trakční energie: 1,39 kWh v mrazech

*) Vzorek z celkem 30 měst se zkušebním provozem obou typů, pro něž jsou známa významná provozní data

c) Další provozní zkušenosti

Během zkušebního provozu byly zaznamenány pouze ojedinělé poruchy pohonu opravené na místě řidičem.

U nabíjecího systému došlo k ojedinělým poruchám dobíjení trakčních baterií – softwarové problémy v komunikaci mezi nabíjecí stanicí a vozidlem. Byla také sledována nižší spolehlivost nabíjecích stanic v zimě (zpětná vazba do konstrukce).

V mrazech byly problémy s klimatizační jednotkou (zpětná vazba do konstrukce).

Výrobce zaznamenal pozitivní ohlasy z propagace elektrobuse v médiích a sociálních sítích.

d) Zdroj informací: Solaris Bus & Coach SA

6.1.5 Provoz elektrobuse MHD v Turíně

a) Popis vozidla

EPT - Cacciamali "Elfo": 7,48m elektrický midibus pro městský provoz o kapacitě 15 sedících a 22 stojících

Baterie: olověné gelové, 200 V, výměna po 4,5 letech

Indukční dobíjení IPT Charge, výrobce Conductix Wampfler: pevná část na konečných stanicích na vyznačených místech pod vozovkou



Foto: Conductix Wampfler

b) Údaje z provozu

Sledované období	2010
Místo	Turín, Itálie; dvě 7km linky MHD
Počet vozů	23
Najeto celkem km	1 mil. km (odborný odhad, přesná statistika není k dispozici)
Průměrná spotřeba kWh/km	0,95 kWh/km
Průměrný dojezd na jedno nabití km	200 (nabití v noci)
Další provozní údaje	Disponibilita parku: N/A Délka linky: 7 km Maximální spotřeba trakční energie: 1,25 kWh/km Pomalé dobíjení na 100 % kapacity přes noc v depu Rychlé indukční dobíjení na konečných zastávkách: 60 kW během cca 7 minut, dobítí o cca 10 až 15 % kapacity Dobíjení na trase udržuje nabití baterií na cca 80 % Účinnost indukčního dobíjení: 95 %

c) Další provozní zkušenosti

V provozu od roku 2003.

Cívka vozidlové části indukčního dobíjení snižuje světlost výšku podvozku, jeho použití proto vyžaduje rovnou vozovku.

Podle údajů výrobce nepřináší indukční nabíjení zdravotní rizika, protože vinutí cívky je dostatečně vzdáleno od prostoru pro cestující a jeho hodnoty nepřesahují normy Mezinárodní komise pro ochranu před neionizujícím zářením.

Cena jednoho autobusu činila 420 000 € (10,5 mil. Kč), což je cca dvojnásobek srovnatelného dieselového autobusu.

Další související pořizovací náklady:

- nabíjecí stanice: 70 000 € (1,75 mil. Kč)
- nabíjecí usměrňovač: 10 000 € (250 tis. Kč)

Kromě ekologických přínosů se projevují finanční přínosy v podobě 20% úspory nákladů na údržbu a o 20 % delší životnost v porovnání se srovnatelným dieselovým autobusem. Očekává se, že celoživotní náklady těchto vozidel budou srovnatelné.

d) Zdroj informací: Eltis.org, Conductix Wampfler

6.1.6 Srovnávací zkušební provoz elektrobuse AMZ CS v Dopravním podniku Ostrava

a) Popis vozidel

Porovnání provozních výsledků elektrobuse dvou typů v linkovém provozu DP Ostrava za shodných podmínek při účasti zpracovatelů Studie

Srovnávané elektrobusey:

AMZ CS10E, výrobce LBUS Ltd. (Litva): 10 m dlouhý, plně nízkopodlažní, třídvéřový elektrobuse s kapacitou 83 míst, z toho 24 k sezení; hmotnost prázdného elektrobuse: 10,5 tun.

Trakční výzbroj: elektromotor TAM 1052C6B o výkonu 120 kW a trakční měnič řady SBA020, koncipovaný na bázi IGBT tranzistorů; výrobce: Cegelec.

Li-ion baterie umístěné v zadní věži vozidla a po stranách vozidla pod sedadly cestujících; kapacita 230 kWh; max. dojezd dle výrobce 240 km.

K vytápění slouží odpadní teplo z trakčních baterií a přídavné naftové topení.

Referenční elektrobuse: SOR EBN10,5 – podrobné informace viz v kapitole 6.1.2.

b) Údaje z provozu

Sledované období	Červenec 2013 – 8 dní
Místo	MHD Ostrava, linky 38 a 52
Počet vozů	1
Najeto celkem km	1233
Průměrná spotřeba kWh/km	1,04 (referenční elektrobuse: 0,85); měření prováděno kalibrováním elektroměrem
Průměrný dojezd na jedno nabití km	170 (referenční elektrobuse: 140)
Další provozní údaje	Disponibilita: 100 % Rychlé dobíjení: 250 A, 1 hodina (údaj výrobce) Pomalé dobíjení: 32 A, 8 hodin + 1 hodina na vyvažování baterií (individuální dobíjení jednotlivých článků nenabitých na plnou kapacitu)



c) Další provozní zkušenosti

Souhrnné srovnání provozních ukazatelů elektrobuse AMZ s referenčním elektrobusem SOR (100 %):

- Počet míst: 98 %
- Hmotnost prázdného elektrobuse: 102 %
- Dojezd na jedno nabití: 121 % *)
- Spotřeba trakční energie na vozokilometr: 122 %
- Spotřeba trakční energie na místokilometr: 125 %

*) Dle doporučení výrobce byl elektrobuse provozován tak, aby při dojezdu do vozovny ve vozidle zůstala kapacita baterie na cca 10 % (u referenčního elektrobuse SOR je doporučená zbytková kapacita 20 %). S ohledem na odlišnou zůstatkovou kapacitu doporučenou výrobcem nelze dojezdovou vzdálenost navzájem plně srovnat. Elektrobuse AMZ přesto ukázal, že za vhodných provozních podmínek může splňovat požadavky tzv. nočního elektrobuse nabíjeného pouze jednou pro celodenní provoz.

Subjektivní dojmy konzultantů ze srovnávacího provozu:

Klady: Vnější vzhled je velmi nápaditý, vnitřní prostor s nezakrytým zadním oknem působí vzdušně a je zde patrná snaha konstruktérů co nejméně omezovat cestující schránkami s bateriemi pod sedadly. Řidič chválí výbornou manévrovatelnost díky menšímu rozvoru náprav i další zařízení pro usnadnění jeho práce, například ruční retardér.

Zápory: Schránky s bateriemi pod sedadly přes snahu konstruktérů snižují jízdní komfort a reálně dosažitelnou kapacitu – patrně zejména ve stísněném prostoru mezi protilehlými sedadly. Zásuvka pro dobíjení je zabudována pod složitě otevíranou zadní kapotou, která znesnadňuje přístup. Dílenské provedení karoserie je nedbalé a působí hluk při jízdě.

Závěry ze srovnávacího provozu: Konstrukce mechanických částí elektrobuse i jeho celkový design mohou významně přispět k ovladatelnosti vozidla a k dalším jeho příznivým parametrům a užitným vlastnostem, což vytváří prostor pro technické zdokonalování i pro konkurenci mezi konkrétními výrobky od konkrétních výrobců. Fyzikální omezení daná současnými vlastnostmi trakčních baterií umožňují reálné zvyšování dojezdové vzdálenosti pouze za cenu proporcionálního nebo nadproporcionálního nárůstu spotřeby trakční energie.

d) Zdroj informací: Dopravní podnik Ostrava, Cegelec, Proelektrotechniky.cz

6.1.7 Srovnávací zkušební provoz elektrobuse BYD v Dopravním podniku Ostrava

a) Popis vozidel

Porovnání provozních výsledků elektrobuse dvou typů v linkovém provozu DP Ostrava za shodných podmínek při účasti zpracovatelů Studie

Srovnávaný elektrobuse:

BYD (Čína): 12 m dlouhý elektrobuse, dvoudveřový, se sníženou podlahou v přední a střední části vozidla plně nízkopodlažní; kapacita 54 míst, z toho 24 k sezení; hmotnost prázdného elektrobuse: 13,3 tun.

Pohon: 2 AC synchronní motory BYD TYC90A integrované do nábojů zadních kol, každý o jmenovitém výkonu 75 kW a maximálním příkonu 90 kW.



Fe baterie (využívající sloučenin lithia, železa a fosforu) o kapacitě 324 kWh/600 Ah, rozmístěné ve dvou sloupcích nad předními koly, v zadní části autobusu a na střeše; garantovaný dojezd dle výrobce 250 km.

Dobíjení probíhá z nabíjecí stanice pomocí ručně zasunovaného dvojitého konektoru.

K vytápění slouží odpadní teplo z trakčních baterií a přídatné naftové topení.

Referenční elektrobus:

SOR EBN10,5 – podrobné informace viz v kapitole 6.1.2.

b) Údaje z provozu

Sledované období	Květen/červen 2014 – 18 dní
Místo	MHD Ostrava, linky 38
Počet vozů	1
Najeto celkem km	3137
Průměrná spotřeba kWh/km	1,09 (referenční elektrobus: 0,85); měření prováděno kalibrovaným elektroměrem
Průměrný dojezd na jedno nabití km	261 (referenční elektrobus: 140)
Další provozní údaje	Disponibilita: 100 % Dobíjení: 5 hodin proudem 60 kW (30 kW × 2, 380V, 3 fáze, AC); doba nabíjení proudem 50A z 20% na 100%: max. 7,5hod

c) Další provozní zkušenosti

Souhrnné srovnání provozních ukazatelů elektrobusu BYD s referenčním elektrobusem SOR (100 %):

- Počet míst: 64 %
- Hmotnost prázdného elektrobusu: 129 %
- Dojezd na jedno nabití: 179 % *)
- Spotřeba trakční energie na vozokilometr: 128 %
- Spotřeba trakční energie na místokilometr: 202 %

*) při poklesu kapacity z 100% na 20% (v reálném provozu je dojezd vozidla ovlivněn stylem jízdy řidiče, teplotními podmínkami a použitím celovozové klimatizace).

Hodnocení DPO ze srovnávacího provozu:

- vyšší dojezdová vzdálenost - vyšší počet a kapacita trakčních akumulátorů;
- lépe rozložená hmotnost trakčních baterií;
- obtížnější přístup k trakčním bateriím;
- větší komfort pro cestující – celovozová klimatizace;
- prostornější stanoviště řidiče, citlivější posilovač řízení – menší ovládací síla na volant;
- snazší připojení vozidla k nabíjecí stanici – pouze zasunutí dvou konektorů ve tvaru tankovací pistole;
- umístěním pohonu v kolech zadní nápravy poskytuje více prostoru pro elektrovýzbroj vozidla;
- dvoudveřové provedení;

- obtížnější přístup pro cestující k sedadlům v první řadě sedadel za 2. dveřmi (vysoký schod);
- nižší výška stropu v zadní části vozu – problém pro vyšší osoby.

Shrnutí: Dojezdu 250 km je dosaženo zvýšeným objemem a hmotností trakčních baterií, která omezuje prostor pro cestující a zvyšuje celkovou hmotnost vozidla. Při délce 12 m má elektrobuses BYD přepravní kapacitu odpovídající zhruba 8m midibusu. To se promítá do velmi vysoké spotřeby trakční energie na místoklometr. Dojezd 250 km je přitom pro většinu celodenních směn stále nedostatečný, je nutno řešit průběžné dobíjení trakčních akumulátorů během směny. Pro obchodní strategii výrobce je charakteristický vstřícný přístup k zákazníkovi a výhodné záruční podmínky, které pomohou snížit provozní náklady.

d) Zdroj informací: Dopravní podnik Ostrava, BYD

6.2 Palivočláňkové autobusy (fc-busy)

6.2.1 Projekt HyFleet:CUTE a návazný provoz fc-busů v Londýně

a) Popis vozidla

i) Projekt HyFleet:CUTE: 12m fc-bus Mercedes-Benz Citaro

Dva typy pohonu:

- 250kW palivové články, bez trakčních akumulátorů (kapacita autobusu 70 cestujících)
Palivový systém: 9 tlakových nádrží, tlak 35 MPa (350 bar), 40 kg vodíku
- 120kW palivové články, trakční akumulátory 180 kW o kapacitě 26,9 kWh (kapacita autobusu 70 cestujících)
Palivový systém: 7 tlakových nádrží, tlak 35 MPa (350 bar), 35 kg vodíku (prototyp vyvinutý a testovaný během trvání projektu)



Foto: FuelCellToday

ii) Návazný provoz v Londýně:

Pro tento účel konstruovaný 12m jednopodlažní autobus, karoserie Wrightbus Pulsar, podvozek VDL SB200

Pohon: Hybridní systém Bluways s palivovými články a trakčními bateriemi, výrobce ISE

Zdroj energie: palivový článek výrobce Ballard Power Systems pro těžká vozidla typu FCVelocity HD6 o výkonu 150 kW

b) Údaje z provozu

Sledované období	1/2006 – 12/2009 – projekt HyFleet:CUTE
Místo	Linky MHD v 9 různých městech: Amsterdam, Barcelona, Peking, Hamburk, Londýn, Lucemburk, Madrid, Perth (Austrálie) a Reykjavík
Počet vozů	33
Najeto celkem km	1 mil. km, z toho 340 000 km v Hamburku (9 autobusů)
Průměrná spotřeba kg/100 km	22 kg – ekvivalent 73 l nafty (bez trakčních baterií) 12 kg – ekvivalent 40 l nafty (s trakčními bateriemi)
Průměrný dojezd na jedno naplnění nádrže km	200 km (bez trakčních baterií) 250 km (s trakčními bateriemi)
Další provozní údaje	Disponibilita vozidla: 92 % (rozmezí 79 až 94 %) Disponibilita plnicích stanic: 90 % Zaznamenáno cca 330 poruch

c) Další provozní zkušenosti

Provoz autobusů byl ověřován v různých geografických a klimatických podmínkách městského provozu s průměrnou cestovní rychlostí 16,4 km/h, v rozmezí 11 až 22 km/h. Projekt zahrnoval rozmanité klimatické a geografické poměry – plochý i hornatý terén, průměrné vnější teploty v rozmezí $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+36\text{ }^{\circ}\text{C}$. Klimatické a geografické rozdíly neměly zásadní vliv na rozmanitost provozu.

Jde o autobusy s palivovými články první generace. Tyto autobusy byly konstruovány přednostně s ohledem na vysokou spolehlivost. Při konstrukci nebyla zvláště zohledňována hospodárnost provozu.

Příčinami odstavení autobusů mimo provoz byly pravidelná údržba pohonu (39 %), pravidelná údržba ostatních částí autobusu (15 %), poruchy pohonu na palivovém článku (26 %), jiné poruchy palivového článku (6 %), poruchy ostatních částí autobusu (8 %), poruchy vodíkových plnicích stanic (4 %) a úpravy pohonu (2 %). Obecně největší problémy působily běžné mechanické nebo elektrické součástky, nesespecifické pro pohon palivovými články.

Projekt HyFleet:CUTE zahrnoval také provozování 14 autobusů s vodíkovým spalovacím motorem v MHD Berlín, které nejsou předmětem této studie.

Celkové náklady projektu: 43 mil. €, z toho 19 mil. € zdroje EU a 24 mil. € průmyslové a další organizace.

V návaznosti na příznivé výsledky projektu HyFleet:CUTE je od roku 2011 v Londýně provozován v běžném provozu na lince RV1 park 8 autobusů Wrightbus/ISE/Ballard s palivovými články nové generace. Za období 2011 až březen 2014 činil jejich celkový proběh cca 542 000 vzkm. Jejich průměrná disponibilita činila 61 %. Provoz těchto fc-busů je součástí projektu CHIC (viz dále v kapitole 6.2.5).

d) Zdroj informací: Informační materiály projektu HyFleet:CUTE a CHIC, Transport for London

6.2.2 Provoz fc-busů společnosti SunLine Transit Agency, USA

a) Popis vozidla

2 typy autobusů s palivovými články:

i) Autobus New Flyer, H40LFR, model 2009

Délka 40 stop (12 m), kapacita 37 míst k sezení, klimatizace

Pohon: dva indukční motory Siemens, každý o výkonu 85 kW

Zdroje energie:

Palivový článek výrobce Ballard Power Systems pro těžká vozidla typu FCVelocity HD6 o výkonu 150 kW

Palivový systém: 6 tlakových nádrží, tlak 35 MPa (350 bar), 46 kg vodíku

Lithium-iontové baterie o kapacitě 47 kWh, chlazeny klimatizační jednotkou

Řídicí hybridní systém Bluways s komponenty trakčního systému Siemens ELFA



Foto: SunLine Transit Agency

ii) Autobus ELDorado National – „Buy-America Fuel Cell Bus“

Délka 40 stop (12 m), klimatizace

Pohon: hybridní systém BAE Systems Series HybriDrive®

Zdroje energie:

Palivový článek výrobce Ballard Power Systems pro těžká vozidla typu FCVelocity HD6 o výkonu 150 kW

Palivový systém: 8 tlakových nádrží, tlak 35 MPa (350 bar), 50 kg vodíku

Lithium-iontové baterie 200 kW o kapacitě 11 kWh

b) Údaje z provozu

Sledované období	5/2010 až 1/2012 (New Flyer), 12/2011 až 7/2012 (ELDorado)
Místo	Linkový provoz SunLine Transit Agency, Jižní Kalifornie
Počet vozů	2
Najeto celkem km	51 000 (New Flyer), 38 000 (ELDorado)
Průměrná spotřeba kg/100 km	9,84 – ekvivalent 33 l nafty (New Flyer) 8,96 – ekvivalent 30 l nafty (ELDorado)
Průměrný dojezd na jedno naplnění nádrže km	460 (New Flyer) 558 (ELDorado)
Další provozní údaje	Disponibilita celkem 62 % (New Flyer), 71 % (ELDorado) Proběh mezi poruchami: New Flyer: 3 900 vzkm – pohon 3 900 vzkm ELDorado: 2 700 vzkm – pohon 4 600 vzkm; palivový článek 12 700 vzkm

c) Další provozní zkušenosti

SunLine Transit Agency sleduje provoz různých typů autobusů poháněných palivovými články v běžném provozu soustavně od roku 2006. Cestovní rychlost se pohybuje kolem 20 km/h, čili jde o běžný městský provoz. Disponibilita za celé období od ledna 2006 se pohybuje v rozmezí 51 % až 76 %. Jako cílová hodnota pro autobusy na palivové články je stanovena disponibilita 85 %.

Nejnižší disponibilita 51 % byla zaznamenána v období 11/2008 až 6/2009. Hlavní příčinou byly problémy s trakčními bateriemi, které nemohly být rychle odstraněny pro nedostatek finančních prostředků, a rekonstrukce a opravy plicí infrastruktury. V případě eliminování těchto událostí by disponibilita činila 74 %.

Hlavní příčinou nedosahování cílové hodnoty byly problémy s trakčními bateriemi (50 %), řídicím hybridním systémem (29 %) a kvalitou údržby u dopravce (16 %); procenta se vztahují k autobusům New Flyer v období 5/2010 až 1/2012. K problémům s bateriemi přispívají i extrémně vysoké teploty v létě, které zatěžují klimatizaci a chlazení.

Na autobusu New Flyer bylo za sledované období zaznamenáno 13 poruch, všechny na pohonu. Na autobuse ELDorado bylo zaznamenáno celkem 14 poruch, z toho 8 na pohonu a z toho 3 na palivovém článku.

Cena vozidla: 1,2 mil. \$ – 24 mil. Kč (New Flyer)

Cena vodíku pro dopravce: 8 \$ – 160 Kč/kg

Kalkulované náklady vozidla vč. odpisů (New Flyer): 4,82 \$ – 96,40 Kč/vzkm, z toho

- trakční palivo: 0,79 \$ – 15,80 Kč/vzkm
- opravy a udržování vozidel: 0,62 \$ – 12,40 Kč/vzkm

d) Zdroj informací: SunLine Transit Agency; U.S. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory

6.2.3 Provoz parku fc-busů dopravců AC Transit a CTT Transit, USA

a) Popis vozidla

Autobus Van Hool A 330 for USA; výrobce Van Hool, Belgie

Délka 40 stop (12 m), 25 míst k sezení

Pohon:

Elektrická trakční jednotka se dvěma motory Siemens (další *podrobnosti pohonu výrobce neudává*)

Hybridní řídicí jednotka Van Hool

Zdroje energie:

Palivový článek: palivový článek výrobce UTC Power typu FCVelocity HD6 o výkonu 120 kW

Palivový systém: 8 tlakových nádrží, tlak 35 MPa (350 bar), 40 kg vodíku

Lithium-iontové baterie o kapacitě 21 kWh



Foto: NREL

b) Údaje z provozu

Sledované období	8/2010 až 7/2012
Místo	Linkový provoz u dopravců v San Franciscu, Hartfordu (Connecticut) a Flintu (Michigan)
Počet vozů	16
Najeto celkem km	328 000
Průměrná spotřeba kg/100 km	9,3 – ekvivalent 31 l nafty
Průměrný dojezd na jedno naplnění nádrže km	430
Další provozní údaje	Disponibilita: průměr 54 %, měsíční rozmezí 20 % až 85 % Proběh mezi poruchami: AC Transit: 3 200 vzk, CTT Transit: 3 990

c) Další provozní zkušenosti

Tato případová studie shrnuje zkušenosti dvou dopravců z USA, prezentovaných ve zprávě DOE. V obou případech jde o městský provoz v hustě osídlené zástavbě.

Hlavní důvody odstavení mimo provoz byly jednak technické úpravy prováděné výrobcem a jednak poruchy, týkající se především mechanických a pomocných součástí autobusu (klimatizace, ovládání dveří, vzduchové kompresory), vodíkového hospodářství na vozidle (ventily, regulátory) nebo problémů s elektrickou částí pohonu (trakční baterie, trakční měniče, motory a softwarové problémy). Palivový článek se na celkové době mimo provoz podílel minimálně, CTT Transit udává hodnotu 6 %. Dobu odstavení výrazně prodlužovalo čekání na náhradní díly, zejména ze zámoří.

d) Zdroj informací: U.S. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory

6.2.4 Projekt TriHyBus

a) Popis vozidla

Prototyp založený na 12m městském autobusu Irisbus Citelis; trojitě hybridní pohon: palivový článek, trakční baterie a superkapacity

Kapacita 96 cestujících, z toho 26 sedících

Pohon: asynchronní čtyřpólový motor ML3444 K/4, 120 kW, 300 V, bez převodovky, výrobce ŠKODA ELECTRIC a.s.

Zdroje energie:

Palivový článek: 6× stack (každý stack 100 cel), maximální výkon 50 kW, výstupní napětí 300 až 560 V, max. výstupní proud 150 A; výrobce Proton Motor Fuel Cell GmbH; životnost udávaná výrobcem je 4000 provozních hodin.

Palivový systém: kompozitní tlakové nádrže (4× 205 l), tlak 35 MPa (350 bar), 20 kg vodíku

22 lithium-iontových akumulátorů UEV-18XP o max. výkonu 120 kW, celkové kapacitě 26 kWh a jmenovitém napětí 18,2 V DC; výrobce Maxwell Technologies; životnost udávaná výrobcem je 1000 cyklů plného nabití a vybití.

4 superkapacity o využitelné energii 1 kWh; jmenovité kapacitě 17,8 F (trvalý proud 150 A); využívaný výkon: až 200 kW při rozjezdu, 300 kW při brzdění; výrobce Valence Technology; životnost udávaná výrobcem je 1 mil. cyklů plného vybití a nabití v rozpětí 62,5 až 390 V.

Řídicí systém: hybridní řídicí jednotka Škoda Electric, systém MMI (man-machine interface) IFE Halden

Montáž autobusu a systémová integrace: Škoda Electric



b) Údaje z provozu

Sledované období	1/2012 až 4/2013
Místo	MHD Neratovice, demonstrační jízdy na různých místech
Počet vozů	1
Najeto celkem km	1400, z toho na lince cca 120 km (odhad provozovatele, přesné údaje nejsou k dispozici)
Průměrná spotřeba kg/100 km	7,75 – ekvivalent 20 l nafty
Průměrný dojezd na jedno naplnění nádrže km	275
Další provozní údaje	Disponibilita celkem 58 % (včetně infrastruktury) - z toho disponibilita vozidla 91 % Zaznamenána 1 porucha na vozidle Doba plnění nádrže: 10 minut

c) Další provozní zkušenosti

Vozidlo je prototyp k demonstračním účelům vodíkové technologie, provozovaný ÚJV Řež v rámci projektu koordinovaného ÚJV Řež a spolufinancovaného ze 75 % ze zdrojů EU. Projekt zahrnoval vývoj, konstrukci a zprovoznění autobusu v období 1/2008 až 12/2009. Podmínkou projektu byla povinnost provozovat autobus do konce roku 2014. O dalším pokračování provozu bude rozhodnuto během roku 2015 v závislosti na jeho možném začlenění do evropského projektu lokální výroby vodíku pomocí elektrolýzy.

Autobus slouží hlavně k demonstračním jízdám; Veolia Transport (nyní Arriva Praha) jej podle možností nasazuje na lince MHD Neratovice. Tento zkušební charakter provozu má

vliv i na vykazované ukazatele, které nejsou plně srovnatelné s výsledky linkového provozu s cestujícími u jiných případových studií.

Trojité hybridní pohon byl koncipován pro městský režim provozu, a to tak, aby maximálně hospodařil s pohybovou energií vozidla a s elektrickou energií k pohonu, s přínosy pro spotřebu paliva a životnost energetických zařízení.

Trojité hybridní konstrukce využívá energii palivového článku s malou dynamikou k základní zátěži a k dobíjení trakčních baterií a kapacitorů. K rozjezdu a zrychlení je využívána především energie z kapacitorů, které se okamžitě dobíjejí rekuperací.

Podle předpokládaného provozního režimu se uvažuje s výměnou palivového článku z důvodu opotřebení po cca 10 letech.

Trakční baterie se do power managementu zapojují pouze v případě delších jízd do kopce či v případě vybití kapacitorů, a většinu času tak slouží jako záložní či dojezdový zdroj autobusu. Proto se předpokládá, že baterie nebude nutno během 12 let životnosti autobusu měnit, tak jako u elektrobuseů využívajících pouze trakční baterie dobíjené ze sítě.

Kapacitory jsou provozovány pouze v rozpětí 200 až 350 V, což neodpovídá plným cyklům. Také u nich se proto předpokládá, že nebude nutno je během životnosti autobusu měnit.

Díky trojitě hybridní koncepci a městskému režimu provozu lze v porovnání s obvykle používanými hybridními systémy typu „palivový článek – baterie“ (viz případové studie z USA) použít k pohonu palivový článek s výkonem cca 35 až 40 % a dosáhnout úspor paliva cca 15 až 20 %. V porovnání s první generací autobusů s palivovými články bez hybridního pohonu (viz případová studie k projektu HyFleet:CUTE) má TriHyBus palivový článek s 20% výkonem a dosahuje 65% úspory paliva.

Ve sledovaném období byla zaznamenána jedna porucha elektroniky brzdového pedálu – problém s identifikací.

Během sledovaného období proběhla revize plnicího zařízení (3 dny). Byla objevena závada – problémy s dodavatelem při jejím odstranění.

Ve sledovaném období používal TriHyBus 2. generaci palivových článků s lepší dynamikou, než u původně instalovaného palivového článku. Důvodem výměny nebyly technické problémy, nýbrž možnost výrobce otestovat nově vyvinutý palivový článek na tomto projektu.

Celkové náklady projektu: 83,6 mil. Kč, z toho

- 25 mil. Kč vodíková infrastruktura
- 58,6 mil. Kč vývoj a dodání vozidla

Cena vodíku pro dopravce: 120 Kč/kg

d) Zdroj informací: ÚJV Řež, a. s.

6.2.5 Provoz parku fc-busů v projektu CHIC

a) Popis vozidla

Různé typy palivočlánekových autobusů od různých výrobců: EVO Bus, Van Hool, Wrightbus, APTS a New Flyer

Zdroje energie u vybraných pohonů:

Evo Bus: dvě 120kW palivočlánekové jednotky, 258kW Li-Ion baterie, 35 kg vodíku v 7 nádržích



Foto: CHIC

Van Hool: jedna 150kW palivočlánková jednotka, 100kW Li-Ion baterie, 35 kg vodíku v 7 nádržích

Wrightbus: jedna 75kW palivočlánková jednotka, 240kW superkapacitorová jednotka, 33 kg vodíku v 4 nádržích

New Flyer: jedna 150kW palivočlánková jednotka, 47kWh Li-Ion baterie, 46 kg vodíku v 8 nádržích

Všechny pohonné jednotky pracují s vodíkem o tlaku 250 barů (35 MPa).

b) Údaje z provozu

Sledované období	2010 – 3/2014 (nultá fáze od roku 2009)
Místo	Linkový provoz ve městech Aargau, Bolzano, Londýn, Milán a Oslo (nultá fáze: Whistler, Kolín nad Rýnem)
Počet vozů	26 (včetně nulté fáze: 54)
Najeto celkem km	1 328 000 (včetně nulté fáze: 5,5 mil. km)
Průměrná spotřeba kg/100 km	Průměr: 13 kg (ekvivalent 43 l nafty) 12m autobusy: 8,5 kg (ekvivalent 28 l nafty)
Průměrný dojezd na jedno naplnění nádrže km	250 – 300 km Max. dojezd: 460 km (Whistler)
Další provozní údaje	Disponibilita: celkem v rozmezí 40 – 75 %, nejčastěji v rozmezí 60 – 70 %

c) Další provozní zkušenosti

Projekt CHIC probíhá v letech 2010 – 2016. Jako nové provozní aplikace (tzv. fáze 1) zahrnuje provoz celkem 26 palivočlánkových autobusů ve městech Aargau, Bolzano, Londýn (viz též v kapitole 6.2.1), Milán a Oslo. Spolu s těmito aplikacemi byla do projektu zahrnuta i tzv. nultá fáze zahrnující zkušenosti z provozu palivočlánkových autobusů v Kolíně nad Rýnem, Hamburku a kanadském Whistleru (viz samostatná případová studie v kapitole 6.2.6).

Provoz je testován v různých městech s různým prostředím. Zahrnuje rozmanitý terén (plochý, hornatý), rozmanitý provozní režim (městský, příměstský, venkovský) a rozmanité rozmezí a rozmanité klimatické podmínky (mírné oceánské klima, horské zimní podmínky i horké středomořské klima).

Celkový rozpočet projektu CHIC (1. fáze) činí 81,8 mil. €, z toho 26 mil € je pokryto příspěvkem FCH JU (Společného podniku EU pro vodík a palivové články).

Nejčastější příčinou odstávky autobusů byly běžné poruchy dílčích mechanických a elektrických zařízení bezprostředně nesouvisejících s palivočlánkovým zdrojem energie. V důsledku problémů na straně dodavatelů oprav a náhradních dílů mohly i tyto běžné problémy zapříčinit poměrně dlouhé odstavení z provozu.

d) Zdroj informací: European Hydrogen Association

6.2.6 Whistler Fuel Cell Bus

a) Popis vozidla

Autobus New Flyer, H40LFR, model 2009

Délka 12,5 m, kapacita 37 míst k sezení, 23 míst k stání, max. 60 cestujících

Pohon: dva indukční motory Siemens, každý o výkonu 85 kW



Foto: BC Transit

Zdroje energie:

Palivový článek výrobce Ballard Power Systems pro těžká vozidla typu FCVelocity HD6 o výkonu 150 kW

Palivový systém: 8 tlakových nádrží, tlak 35 MPa (350 bar), 56 kg vodíku

Lithium-fosfátové baterie – dvě jednotky o celkové kapacitě 47 kWh, chlazeny klimatizační jednotkou

Pohon: Siemens ELFA integrovaný výrobcem ISE

b) Údaje z provozu

Sledované období	4/2014 – 3/2014
Místo	Linkový provoz dopravní společnosti BC Transit ve Whistleru (Kanada, Britská Kolumbie)
Počet vozů	20
Najeto celkem km	3 027 000 km
Průměrná spotřeba kg/100 km	Průměr: 15,67 kg (ekvivalent 52 l nafty)
Průměrný dojezd na jedno naplnění nádrže km	366 – 467 km
Další provozní údaje	Průměrná disponibilita: celkem 70 %, rozmezí 58 – 80 %

c) Další provozní zkušenosti

Projekt „Whistler Fuel Cell Buses“, řízený dopravní společností BC Transit, byl vyhlášen v roce 2006. V roce 2009 byl dodán první z parku celkem dvaceti palivočláňkových autobusů – jedná se tak o jeden z nejrozsáhlejších parků takovýchto autobusů na světě. V březnu 2014 byl zkušební provoz slavnostně ukončen a vyhodnocen. V červnu 2014 udělilo Kanadské sdružení městské dopravy (CUTA) účastníkům projektu ocenění za inovaci.

Provoz měl smíšenou povahu (městský, venkovský) a probíhal v náročných geografických a klimatických podmínkách – v teplotních rozmezích -20°C až 34.7°C.

Provoz byl nepříznivě poznamenán bankrotem systémového integrátora jeho pohonu, společnosti ISE, v počátcích projektu. Jeho roli tak museli převzít ostatní výrobci podílející se na konstrukci a dodání vozidel.

Další provozně ekonomické údaje:

- průměrná vzdálenost mezi poruchami: 2 393 km
- průměrná vzdálenost mezi poruchami ve vztahu k pohonu: 3 082 km
- průměrná vzdálenost mezi poruchami ve vztahu k palivočláňkové jednotce: 14 277 km

Nejproblémovějším komponentem byl vzduchový kompresor pro chlazení palivočláňkové jednotky. Dalším problémovou součástí bylo odpružení autobusu, značně namáhané při velké hmotnosti vozidla a náročném provozu. Provoz byl obecně poznamenán také průběžným vývojem dílčích součástek autobusu, který měl za následek dlouhé doby dodání, nepříznivě promítnuté do disponibility vozidel.

Pořizovací cena autobusu: 2,1 mil. kanadských \$ (cca 42 mil. Kč)

Náklady na údržbu: 1,1 kanadských \$/km (22 Kč)

- z toho údržba pohonu: 0,62 kanadských \$/km (12 Kč)

d) Zdroj informací: U.S. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory

6.3 Diesel-hybridní autobusy

6.3.1 Provoz hybridních autobusů v Londýně

a) Popis vozidla

11 sériových a 88 paralelních standardních a patrových hybridních autobusů od výrobců Alexander Dennis Limited, Optare, Volvo a WrightBus, s různými pohonnými jednotkami od výrobců Siemens, BAE, ISAM a Allison.

Ukládání elektrické energie: Li-ion baterie (196 vozidel), NMH baterie (10 vozidel), superkapacitor (1 vozidlo)

Údaje se týkají dvou vozových parků:

- zkušebního parku;
- parku pro financování z prostředků fondu Green Bus Fund, do něhož byly vybrány nejspolehlivější typy autobusů od Alexander Dennis Limited a Volvo.

b) Údaje z provozu

Sledované období	9 až 12/2012
Místo	MHD Londýn, 16 linek, 7 dopravců
Počet vozů	celkem 207
Najeto celkem km	3,5 mil. km (odborný odhad, statisticky nesledováno)
Průměrná spotřeba l/100 km	34,7
Další provozní údaje	Disponibilita: Zkušební park 87 %, Green Bus Fund 99 % 30 % průměrné snížení spotřeby paliva oproti dieselovému pohonu u srovnatelného autobusu

c) Další provozní zkušenosti

V 56 % doby, kdy autobusy zkušebního parku nebyly k dispozici, byly příčinou poruchy hybridního pohonu.

Hodnoty disponibility a podílu hybridního pohonu na odstavení mimo provoz vykazovaly značné rozpětí:

- disponibilita: 35 až 99 %
- podíl poruch hybridního systému: 4 až 78 %

Zkušební park vykazoval rovněž velké rozpětí spotřeby paliva: 21,4 až 55 l/100 km; nižší hodnoty platí pro jednoposchodové autobusy.

Disponibilita autobusů Green Bus Fund se pohybovala v rozmezí 96 až 100 %, nejčastěji činila 99 %.

Průměrná spotřeba paliva u parku Green Bus Fund se pohybovala v rozmezí 32,2 až 40,6 l/100 km; všechny autobusy tohoto parku jsou dvouposchodové.

d) Zdroj informací: Transport for London



Foto: Transport for London

6.3.2 Zkušební provoz hybridního autobusu Volvo 7700 v Praze a Chomutově

a) Popis vozidla

Sériově vyráběný 12m hybridní městský autobus Volvo 7700, kapacita 95 cestujících,

Pohon: paralelní hybrid Volvo I-SAM, dieselový motor Volvo D5 o výkonu 157 kW, 120kW elektromotor, Li-Ion trakční baterie o kapacitě 1,2 kWh; 12rychlostní převodovka I-Shift s automatickým systémem řazení rychlostí



Foto: Volvo

b) Údaje z provozu

Sledované období	6/2012, 9/2012
Místo	Praha (3 zatížené městské linky), Chomutov (příměstský režim, kopcovitý terén)
Počet vozů	celkem 1
Najeto celkem km	8 700; z toho 4 300 Praha a 4 200 Chomutov
Průměrná spotřeba l/100 km	30,4; z toho 30,2 Praha a 30,6 Chomutov
Další provozní údaje	Průměrná disponibilita vozidla: 87,5 % Disponibilita hybridního pohonu: 100 % Úspory nafty oproti dieselovému pohonu: - městský provoz Praha: 28 % - příměstský provoz Chomutov: 20 %

c) Další provozní zkušenosti

Jízda autobusu byla hodnocena jako plynulá a tichá. Během zastavení je vypínán dieselový motor a rozjezd probíhá na elektrický pohon.

Disponibilitu ovlivnila především nehoda s poškozením zpětného zrcátka při zkušebním provozu v Praze, v jejímž důsledku byl autobus tři dny odstaven z provozu. Další odstávky (celkem 5 dní) způsobily drobné opravy a seřizování z různých příčin, které nesouvisely s hybridním pohonem.

d) Zdroj informací: Volvo Group Czech Republic s.r.o.

6.4 Parciální trolejbusy

6.4.1 Projekt Slide In, Landskrona

a) Popis vozidla

Solaris Trollino 12 s trakční výzbrojí Škoda, rok výroby 2013

Délka 12 m, kapacita 27+3 míst k sezení, 28 míst k stání, max. 56 cestujících

Pohon: asynchronní motor Škoda o výkonu 160 kW

Zdroje energie: trakční napětí 750 V DC, baterie Altair Nano 450V, kapacita 54 kWh pro nezávislý dojezd až 20 km



Foto: Slide In

b) Údaje z provozu

Sledované období	8/2013 až 8/2014
Místo	Trolejbusová linka 3, Landskrona, Švédsko
Počet vozů	1
Najeto celkem km	35,4 tis. km během 236 dnů provozu
Průměrná spotřeba kWh/km	1,1 kWh/km, z toho trakční spotřeba 0,57 kWh/km (včetně 0,19 kWh/km rekuperace)
Další provozní údaje	Průměrná rekuperace: 0,19 kWh/km Průměrná spotřeba energie z trakční baterie: 0,77 kWh/km Průměrný denní provoz - závislý: 62 km - nezávislý: 88 km Disponibilita se zahrnutím plánované údržby: 96 % Disponibilita bez plánované údržby: 100 %

c) Další provozní zkušenosti

Provoz je realizován v rámci evropského projektu Slide In (partneři: University of Lund, Skånetrafiken, ÅF, Motivationshuset, Volvo Powertrain, E.ON). Rozpočet projektu činí 1,6 mil. €. Doba trvání projektu: 2011 – 2015. Projekt je financován z programu EU LIFE+.

Landskrona je švédské město s 28 670 obyvateli. Od roku 2003 je zde linka 3 MHD o délce 3 km provozována jako trolejbusová. V provozu jsou 4 trolejbusy Solaris Trollino.

V rámci projektu Slide In obsluhovalo vozidlo střádač trolejbusovou linku a autobusové linky s průměrným denním proběhem 150 km. Nezávislý provoz činil v průměru 59 % celkového oběhu. Denně proběhlo v průměru 10 nabíjecích a vybíjecích cyklů baterií.

Podle řešitelů projektu Slide In stačí pro účel nabíjení elektrifikace jen 10 % délky tratě.

Celková struktura spotřeby energie (10denní průměr, červen 2014):

- pohon: 0,57 kWh/km (včetně 0,19 kWh/km rekuperace)
- pomocná zařízení: 0,32 kWh/km
- topení: 0,02 kWh/km
- chlazení: 0,17 kWh/km
- brzdné odporůvky: 0,02 kWh/km.

Naměřené údaje jsou průběžně aktualizovány, podrobnosti jsou dostupné na internetových stránkách projektu: www.slidein.se

Disponibilita elektrického pohonu byla 100 %. Kromě 9denní pravidelné údržby bylo vozidlo ve sledovaném období mimo pravidelný provoz na lince pouze ze studijních a prezentačních důvodů.

Cena vozidla činila 570 000 €, tj. o cca 25 % více než u srovnatelného standardního trolejbusu. Z tohoto cenového rozdílu připadalo cca 70 % na úkor baterií, zbytek byly náklady na automatické připojování sběračů k troleji, energetický management spojený s dobíjením atd. Při zobecňování této zkušenosti je nicméně třeba vzít v úvahu jednorázový nákup jednoho speciálního vozidla pro potřebu projektu jakožto „půjzdne laboratoře“ pro optimalizaci jízdních parametrů před hromadným nasazením těchto dopravních prostředků, což ovlivnilo i uvedený cenový rozdíl.

d) Zdroj informací: Slide In, LU Open Innovation center

6.4.2 Projekt trolejbus 063 - bezemisní vozidlo Eberswalde

a) Popis vozidla

Solaris Trollino 18 s trakční výzbrojí Cegelec, rok výroby 2013

Délka 18 m, 41 + 3 míst k sezení, 98 míst k stání

Pohon: 6pólový asynchronní trakční motor TSA Wien o výkonu 250 kW

Zdroje energie: trakční napětí 600 V DC

s přípravou na 750 V DC, 0,88kWh superkondenzátory

LS Mtron, trakční baterie EVC – LYP200/108A: 2×108 článků v sérii, kapacita 200 Ah;

Celková energie 70,4 kWh, využitelná energie 42,2 kWh pro nezávislý dojezd až 20 km



Foto: Cegelec

b) Údaje z provozu

Sledované období	nepřetržitě od 07/2012, údaje k 12/2014
Místo	Trolejbusové linky 861 a 862 v Eberswalde, Německo
Počet vozů	1
Najeto celkem km	139 005 km
Průměrná spotřeba kWh/km	spotřeba trakčního pohonu 1,86 kWh/km (bez rekuperace, bez klimatizace a topení) spotřeba trakčního pohonu 1,23 kWh/km (včetně rekuperace, bez klimatizace a topení)
Další provozní údaje	Průměrná spotřeba komfortního topení: 0,56 kWh/km v jednotlivých měsících: • 0,04 kWh/km (červenec) • až 1,40 kWh/km (leden) Průměrná spotřeba statického měniče s komfortní klimatizací: 0,34 kWh/km v jednotlivých měsících: • 0,54 kWh/km (červenec) • až 0,25 kWh/km (leden) Průměrná spotřeba energie ze superkapacitoru: 0,31 kWh/km Průměrný denní provoz: • závislý: 174 km • nezávislý: 34 km Disponibilita vč. plánované údržby: 93% Disponibilita bez plánované údržby: 96%

c) Další provozní zkušenosti

BBG Eberswalde provozuje celkem 12 trolejbusů Solaris Trollino 18, z toho 11 trolejbusů je vybaveno zásobníky brzdě energie a pomocným dieselagregátem (APU), jeden trolejbus je bezemisní a kromě zásobníku brzdě energie je namísto pomocného dieselagregátu instalován box s trakčními bateriemi. Bateriový box obsahuje 2× 108 článků zapojených v sérii ve třech vrstvách. Každý článek má vlastní balancer. Bateriový box je vybaven topením o výkonu 300 W/24 V – ochrana proti promrznutí baterií, v boxu je také ventilátor pro chlazení baterií a BMS (Battery Management Systém).

Celý bateriový box má hmotnost 1020 kg, z toho samotné články baterií 756 kg. Doba nabíjení (SOC 25 – 85 %) je cca 75 minut. Trolejbus jezdí v režimu cca 15 km pod trolejí a 5 km v nezávislé trakci – dle požadavku provozovatele, během jízdy pod trolejí se baterie dobije na plnou kapacitu za cca 20 minut. Předpokládaná životnost baterií je

3 000 nabíjecích cyklů (SOC 25 – 85 %). Podle dosavadní provozní zkušenosti zůstává po ujetí trasy 5 km v nezávislé trakci stále minimálně 75 % kapacity baterie, je proto předpoklad, že baterie při tomto způsobu provozu vydrží až 12 000 nabíjecích cyklů.

BBG Eberswalde a Cegelec provádí nyní vyhodnocení ekonomiky dlouhodobého provozu trolejbusu 063 v porovnání s trolejbusy s pomocným dieselagregátem. Z dosavadních výsledků vyplývá, že trolejbus s trakční baterií vykazuje díky vhodně zvolené strategii power managementu shodnou spotřebu energie jako ostatních 11 ks s dieselagregátem. Trakční baterie je tedy v tomto střídavém režimu nabíjena z brzdové energie bez navýšení spotřeby z troleje a zároveň nespotřebovává žádnou naftu, jako zbylých 11 ks s APU. Konečné výsledky by měly být zveřejněny v létě 2015. Pak bude také možné porovnat nejen pořizovací cenu pomocného bateriového agregátu s dieselagregátem, ale i provozní náklady v delším časovém úseku.

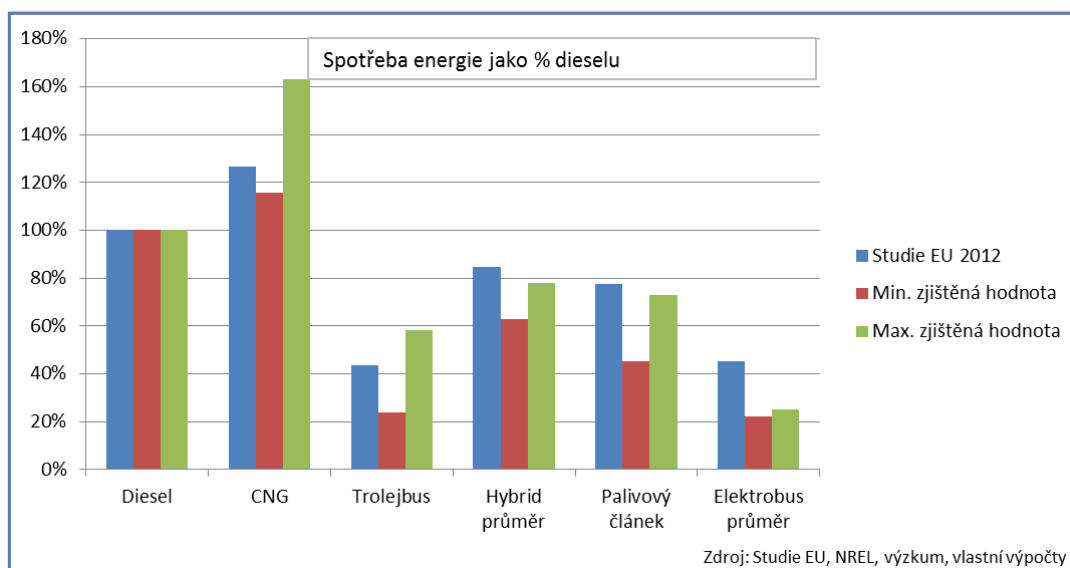
d) Zdroj informací: BBG Eberswalde/Cegelec a.s. Praha

7 Analýza získaných poznatků

7.1 Spotřeba energie

Při porovnání informací ze Studie EU, zprávy NREL, případových studií a dalších zdrojů informací [10] je patrné, že ačkoliv různé zdroje uvádějí různé konkrétní hodnoty, vzájemné vztahy mezi parametry jednotlivých sledovaných pohonů pro autobusy jsou navzdory různým zdrojům informací velmi podobné.

Jako první je to zřejmé u zjištěné jednotkové spotřeby energie udávané jako procento diesellového pohonu, kterou ukazuje graf na obrázku č. 7.



Obr. 7 Porovnání spotřeby energie jako % dieselu (zdroj: [2], [3], [10])

Z grafu je vidět, že energeticky nejméně hospodárný, a to i v porovnání s dieselem, je plynový pohon s ohledem na konstrukci motoru. Veškeré pohony využívající elektromotor, včetně diesel-hybridního pohonu, jsou naproti tomu energeticky mnohem hospodárnější, přičemž minimální spotřebu energie ukazuje elektrobús a trolejbus, a to až na úrovni 20 % dieselu.

7.2 Emise a hlučnost

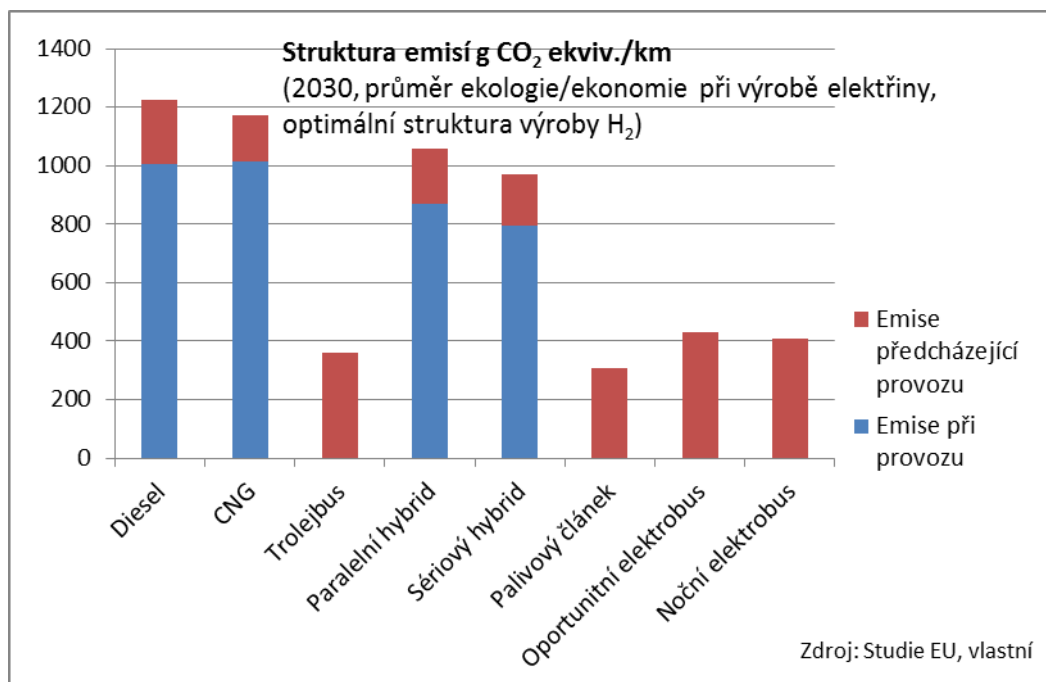
Pro porovnání míry emisí skleníkových plynů byly využity výsledky Studie EU [3] – viz též kapitola 4.1, rozlišující

- emise předcházející provozu, tj. vznikající od vytěžení energetického zdroje po jeho použití ve vozidle – „well-to-tank“,
- emise vznikající při vlastním provozu vozidla – „tank-to-wheel“,
- emise celkem jako součet obou předchozích – „well-to-wheel“.

Výsledky ukazuje graf na obrázku č. 8. Uvedený zdroj uvádí jako celoevropský stav a vývoj ve struktuře výroby elektrické energie hodnoty pro maximálně ekologickou variantu a pro maximálně nákladově efektivní variantu. Pro jednoduchost a názornost byl v této Studii jako srovnávací základ použit průměr uvedených hodnot. Konkrétní národní hodnoty se mohou

od uvedeného průměru odchylovat v závislosti na struktuře výroby elektrické energie, stavu konkrétních energetických zdrojů a bilanci domácí výroby a importu elektřiny.

Pro palivočlánekové pohony byla použita optimální struktura výroby vodíku dle [3].



Obr. 8 Porovnání struktury emisí podle místa vzniku (zdroj: [3], vlastní výpočty)

Z obrázku je vidět, že elektrické pohony bez ohledu na primární zdroj energie mají díky své schopnosti efektivně hospodařit s energií vozidla (viz obrázek č. 7) menší míru emisí skleníkových plynů, a to nejen lokálně, ale i v měřítku „well-to-wheel“.

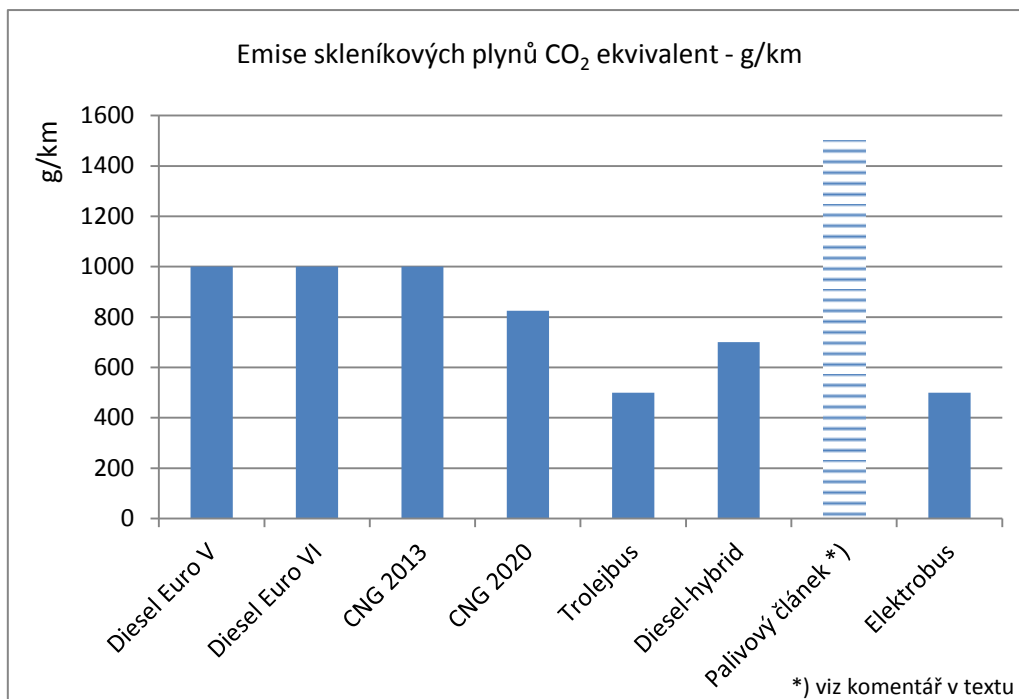
CNG ukazuje stejné nebo jen nepatrně větší emise skleníkových plynů „tank-to-wheel“ oproti standardnímu dieselu a menší jednotkové emise skleníkových plynů z pohledu „well-to-wheel“ vzhledem k jednodušším procesům předcházejícím jeho spotřebě v pohonu.

Dokument CIVITAS 2013 [7] – viz kapitola 4.3 – vyčísľuje pro jednotlivé pohony jednak emise skleníkových plynů a lokální emise oxidů dusíku (NO_x) a pevných částic (PM₁₀). CIVITAS 2013 nerozlišuje zvlášť emise well-to-tank a well-to-wheel, z kontextu však vyplývá, že půjde o souhrnné emise well-to-wheel. Oproti výše uvedené Studii EU blíže rozlišuje technologie pro diesel (Euro V a Euro VI) a očekávaný vývoj technologií pro pohony CNG (2013 a 2020). Naproti tomu v případě hybridních pohonů uvádí pouze sériový hybrid. Srovnání jednotlivých pohonů z pohledu emisí dle tohoto dokumentu ukazují grafy na obrázcích 9 a 10.

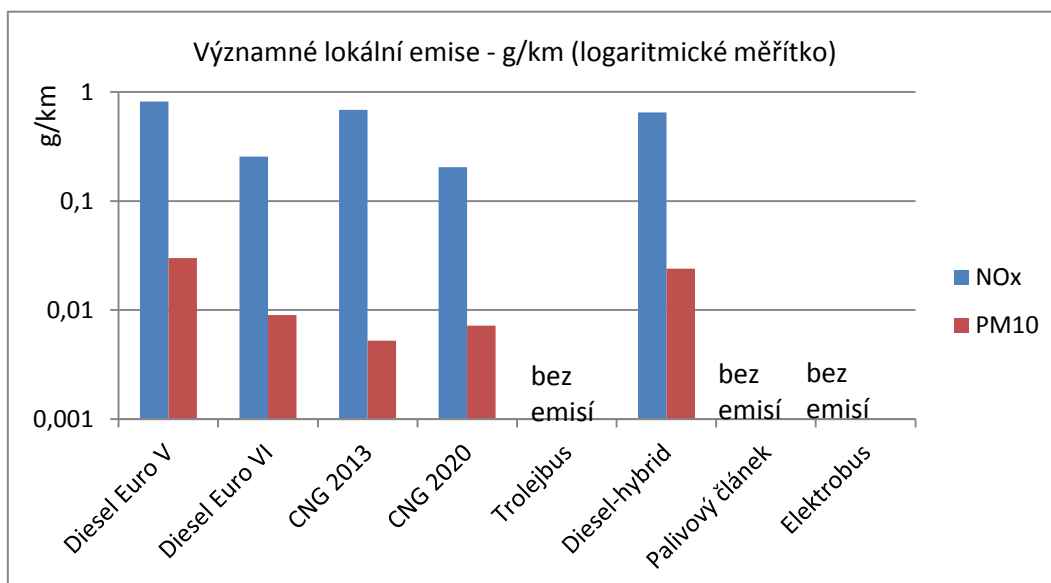
Vzhledem k tomu, že podíl bezemisních zdrojů elektřiny v ČR je v úhrnu podobný evropskému průměru (oba se pohybují v rozmezí 40 – 50 % a liší se zejména poměrem jaderných a obnovitelných zdrojů energie), lze s jistou tolerancí považovat průměrné evropské hodnoty emisí u elektrického pohonu za relevantní i pro ČR.

Pro srovnání účinků jednotlivých pohonů, kvantifikovaných v dokumentu CIVITAS 2013, byly výše uvedené emise oceněny finančními škodami z externalit, vycházejícími z pracovních podkladů zpracovatelů pro cost-benefit analýzu projektu trasy D pražského metra (v přípravě). Jejich základem je studie „Ing. Jan Zeman, CSc.: Emisní náročnost v české dopravě, Praha 2005“, s hodnotami dále překalkulovanými na cenovou úroveň 2013 a se zohledněnou strukturou emisních a bezemisních zdrojů elektřiny v ČR v uvedeném roce.

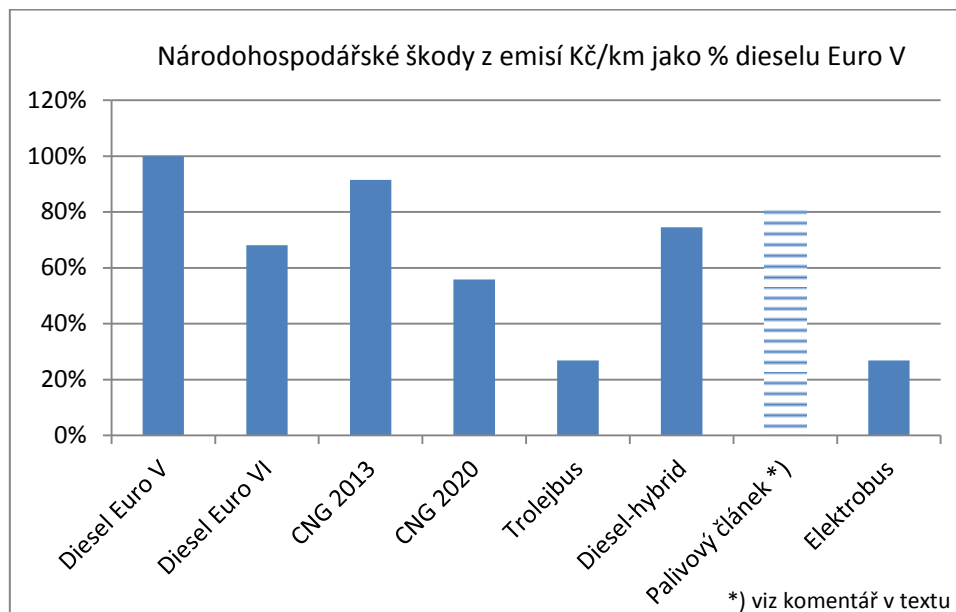
Srovnání těchto národohospodářských škod vyjádřené jako procento v současnosti používaného dieselu Euro V ukazuje graf na obr. 11.



Obr. 9 Porovnání emisí skleníkových plynů celkem (zdroj: [7], vlastní výpočty)



Obr. 10 Porovnání významných lokálních emisí celkem (zdroj: [7], vlastní výpočty)



Obr. 11 Porovnání národohospodářských škod z emisí (zdroj: [7], vlastní výpočty)

K problematice cost-benefit analýzy viz blíže v kapitole 8.

Pokud jde o údaje převzaté z CIVITAS 2013, je třeba upřesnit následující:

Pro CNG je velmi rozdílné, zda daná země disponuje vlastními zdroji zemního plynu či jej importuje, resp. v jakém poměru jsou obě varianty. Od toho se odvíjejí i emise well-to-wheel.

Diesel-hybridní pohony hodnocené v rámci tohoto dokumentu vycházejí z využívání dieselu Euro V. Výrobci (například Volvo) však nyní i u těchto pohonů přecházejí na diesel Euro VI, s příslušnými dopady na emise. CIVITAS 2013 ani další dokumenty rovněž neuvažují a nehodnotí plug-in hybridní pohon jako samostatnou kategorii.

V případě palivočlánekového pohonu platí, že související emise skleníkových plynů uváděné v CIVITAS 2013, a tím i příslušné národohospodářské škody, jsou založeny na současné struktuře výroby vodíku. Jak uvádí aktuální studie ÚJV Řež [8], celosvětově se dnes většina vodíku (cca 95 %) vyrábí s fosilních paliv (v první řadě parním reformingem zemního plynu, dále parciální oxidací nižších uhlovodíků a v poslední řadě jako vedlejší produkt při zkapalňování či zplyňování uhlí). Všechny tyto procesy jsou doprovázeny výraznými emisemi CO₂.

Tímto způsobem nicméně vzniká vodík především jako odpadní surovina v chemické výrobě a případný provoz palivočlánekových autobusů pak není příčinou jejich vzniku. Jedná se vlastně o využití odpadu či druhotných surovin pro energetické účely. Tomu budou odpovídat i skutečně vznikající emise v porovnání alternativ s provozem a bez provozu palivočlánekových autobusů.

Kromě emisí spojených s výrobou vodíku je nutné zohlednit také jeho distribuci, která dnes téměř bez výjimky probíhá ve stlačené podobě silničními nákladními vozidly. Jisté energetické nároky následně představuje i samotné tankování, kdy energie kompresoru je přímo úměrná požadovanému tlaku (350 či 700 bar) a množství emisí CO₂ se opět odvíjí od energetické mixu dané země.

Současně ve světě existuje celá řada projektů, kdy je vodík vyráběn pomocí elektrolýzy štěpením vody za využití „zelené“ elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (fotovoltaika či vítr). Do této kategorie spadá většina nově vybudovaných zdrojů vodíku primárně zaměřených na jeho výrobu pro provoz palivočlánekových vozidel. V případě, že je takto

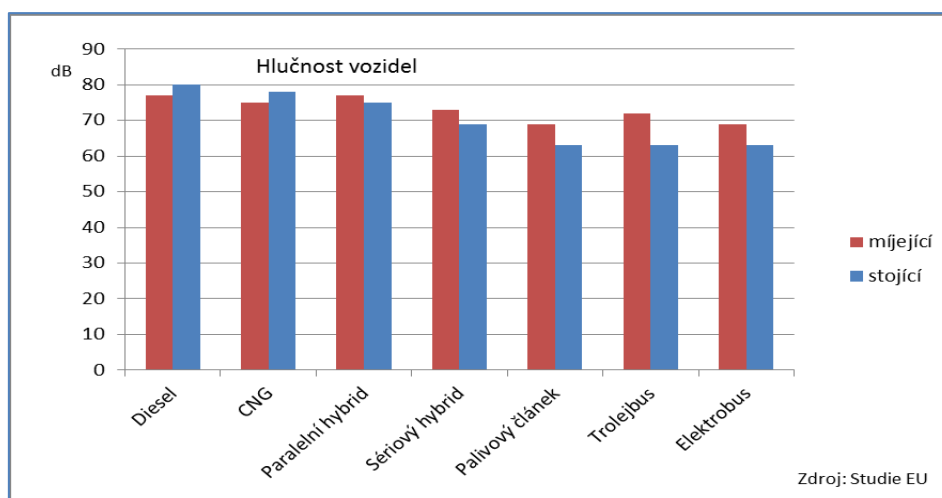
vyrobený vodík použit v dopravním sektoru, mohou se emise CO₂ v celém řetězci od výroby k pohonu blížit nule a být zatíženy pouze požadavky na kompresi vodíku (tankování).

K relevantnosti uvedených souhrnných údajů o emisní náročnosti pro jednotlivé pohony „ekologických“ autobusů v českém prostředí lze tedy souhrnně konstatovat:

- Český zdrojový mix pro výrobu elektřiny je co do poměru uhlíkových a bezuhlíkových zdrojů v úhrnu podobný evropskému průměru. Průměrné evropské hodnoty emisí pro čisté elektrické pohony tedy mohou být s jistými výhradami relevantní i pro ČR.
- U CNG jsou značné rozdíly mezi zeměmi podle vlastních zdrojů/importu zemního plynu. Lze očekávat, že ČR bude mít hodnoty souvisejících emisí spíše nad evropským průměrem.
- U vodíku jako zdroje elektřiny pro pohon je zásadní, jaký je jeho konkrétní zdroj a zda jde o odpadní produkt nebo zda se vyrábí za účelem pohonu vozidel. Použití uváděných průměrných hodnot pro odhad emisní náročnosti palivočlánkových vozidel může být v konkrétním případě velmi zavádějící.

Srovnání ve Studii EU [3] i CIVITAS 2013 [7] nezahrnuje vliv nanočástic produkovaných oběma typy pohonů při spalování i mimo něj, které mají schopnost pronikat buněčnou stěnou a dlouhodobě nepříznivě ovlivňovat lidské zdraví a obranyschopnost organismu. Tato problematika je poměrně složitá a závisí na množství okolností. Podle výsledků testování uvedených např. v prezentaci ARB [10] lze obecně konstatovat, že nanočástice produkované CNG jsou v některých případech menší a koncentrovanější, a tudíž i potenciálně nebezpečnější, než u dieselu. Pro městský provoz, kde je možnost jejich rozptýlení v ovzduší omezená, proto oba pohony představují významné zdravotní riziko.

Důležitým vlivem na životní prostředí analyzovaným v rámci Studie EU i CIVITAS 2013, který se na ni odkazuje, je také hlučnost pohonů. Srovnání ukazuje graf na obrázku č. 12, rozlišující hlučnost při stání vozidla a jeho míjení pozorovatele.



Obr. 12 Porovnání hlučnosti (zdroj: [3])

Úhrnem lze tedy konstatovat, že

- plně elektrické pohony pro autobusy (tj. elektrobusy a trolejbusy, včetně parciálních trolejbusů) jsou životnímu prostředí vždy méně škodlivé než diesel a CNG, a to i se zohledněním primárních zdrojů elektřiny;
- diesel-hybridní pohony jsou v současné době jednoznačně méně škodlivé než diesel a CNG; v dalším vývoji bude záležet na technickém zdokonalování obou pohonů,

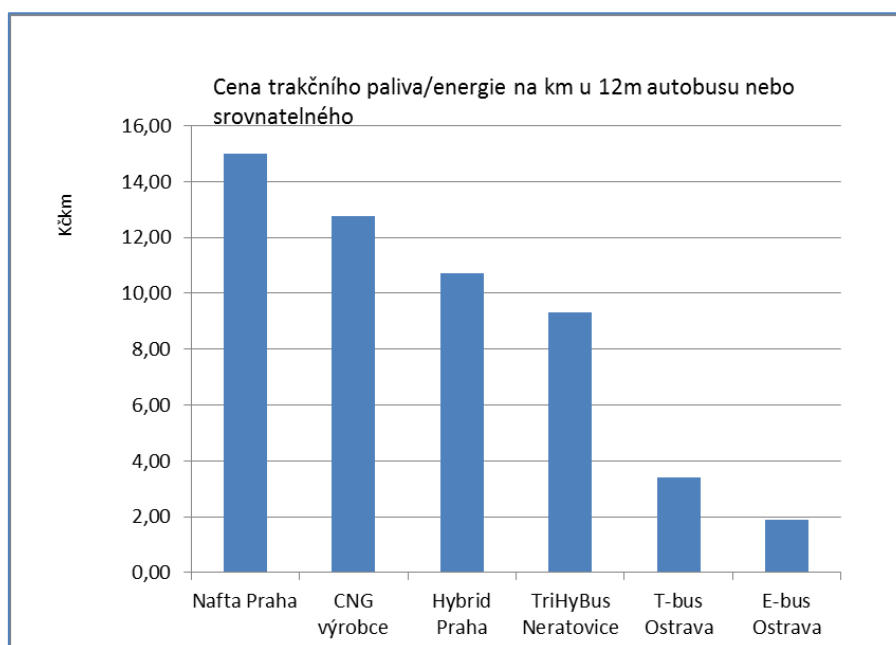
v případě plug-in hybridního pohonu také na proporci plně elektrického provozu na celkovém oběhu vozidla;

- palivočlánkové pohony jsou lokálně zcela bezemisní a jejich celkovou emisní náročnost je nutno vždy počítat pro daný konkrétní zdroj vodíku;
- elektrický pohon bez ohledu na primární zdroj elektřiny je vždy méně hlučný než spalovací motor.

Toto konstatování by mělo sloužit jako první vodítko pro rozhodování o celkové koncepci parku městských autobusů včetně využití elektricky poháněných vozidel. Konkrétní vyčíslení ekologických přínosů jejich zavádění musí být předmětem cost-benefit analýzy pro daný konkrétní projekt (viz kapitola 8), která hodnotí jeho finanční a celospolečenské aspekty a porovnává veškeré související náklady a přínosy převedené na peněžní jednotky.

7.3 Nákladovost

Energetická náročnost se promítá také do nákladů na spotřebované palivo nebo trakční energii, jak ukazuje graf na obrázku č. 13. Ty jsou u všech elektrických pohonů nižší než u spalovacích motorů, tedy dieselu a CNG.

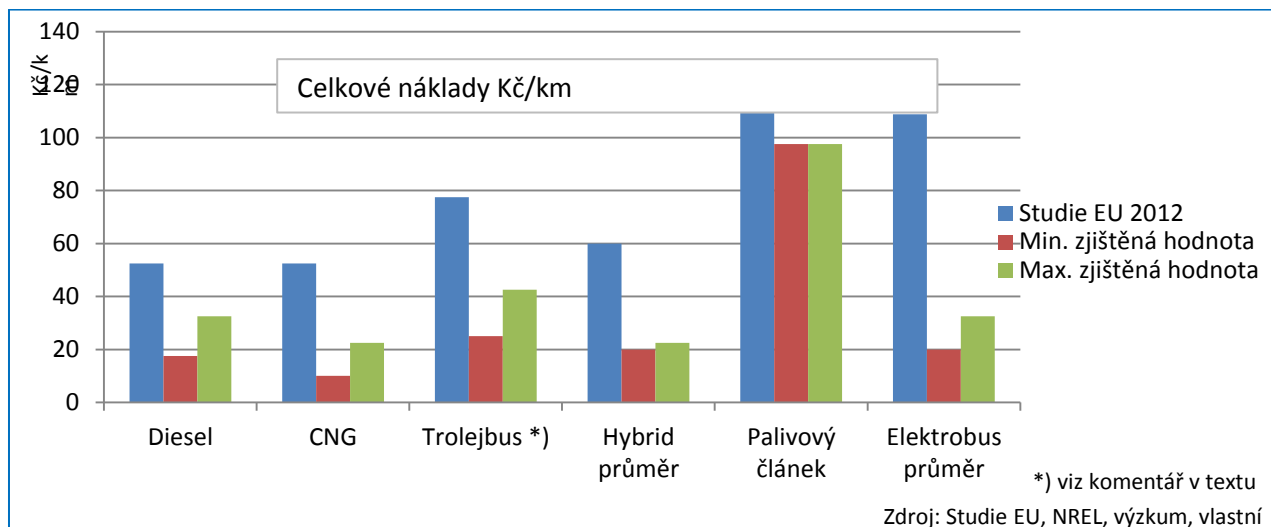


Obr. 13 Porovnání nákladů na trakční palivo a energii (zdroj: [10])

Rozdíl mezi elektrobusem a trolejbusem je dán konkrétním typem porovnávaných dopravních prostředků – 10,5m elektrobusem lehké stavby a standardním 12m trolejbusem.

Podobně jako v případě emisí skleníkových plynů i zde kompenzuje nízká cena CNG nevhodnost pohonu oproti dieselu, nepřeváží však hospodárnost elektrického pohonu u diesel-hybridního autobusu.

Jsou-li brány v úvahu veškeré životní náklady dopravního prostředku, hrají zde roli i další faktory, především sériovost výroby a náklady na potřebnou infrastrukturu. Obrázek č. 14 ukazuje srovnání různých kalkulací z různých zdrojů, které se – podobně jako v případě hodnocení energetické náročnosti – liší v konkrétních hodnotách, ale shodují ve vzájemných vztazích mezi jednotlivými pohony. Dokument CIVITAS 2013 [7] se v této oblasti odkazuje na Studii EU [3], proto dále není zvlášť jmenován jako samostatný zdroj informací.



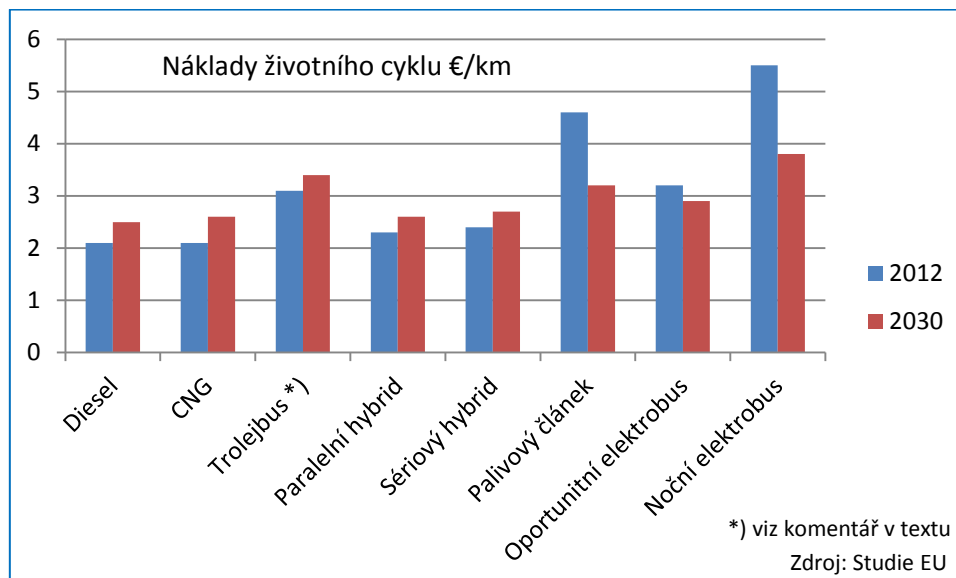
Obr. 14 Porovnání celoživotních nákladů (zdroj: [2], [3], [10])

Z grafu je patrné následující:

- Diesel a CNG jako zavedené produkty na zavedených trzích s jednoduchou konstrukcí mají nejnižší celoživotní náklady.
- Trolejbus je zatížený pořizovacími a udržovacími náklady pevné trakční infrastruktury. Při využití provozu bez troleje náklady infrastruktury na jednotku provozního výkonu proporcionálně klesají, zvýší se však cena vozidla. Toto snížení a zvýšení v přepočtu na vozový kilometr je velmi individuální.
- E-busy a fc-busy jsou poznamenány prakticky kusovou výrobou, která neumožňuje uplatnit ekonomii z rozsahu, a fc-busy navíc náklady vodíkové infrastruktury.

V konkrétních případech se však tyto náklady mohou velmi lišit od celoevropského předpokladu [3], jak ukazují například výsledky elektrobuse DP Ostrava (viz kapitola 6.1.2), a provozování elektrobuse tudíž může být nákladově srovnatelné s dieselovými autobusy nebo dokonce výhodnější.

Studie EU naproti tomu dává e-busům a fc-busům jako jediným pohonům potenciál pro snižování nákladů, s ohledem na vývoj technologií a přechod na sériovou výrobu. Názorně to ukazuje graf na obrázku č. 15.



Obr. 15 Předpokládaný vývoj celoživotních nákladů (zdroj: [3])

Do předpokládaného růstu celoživotních nákladů u dieselu, diesel-hybridu a CNG se promítá mimo jiné očekávaný vývoj cen fosilních paliv.

U trolejbusu jako jediného elektrického autobusu se také očekává nárůst celoživotních nákladů, především v důsledku náročnosti infrastruktury na lidskou práci a předpokládaného růstu její ceny.

Jak ale řečeno výše, tyto údaje nezohledňují provoz parciálního trolejbusu bez troleje, díky němuž podíl nákladů na infrastrukturu v celkových nákladech na jednotku provozního výkonu proporcionálně klesá a zároveň přitom vzroste pořizovací cena vozidla, podle odhadu výrobců o cca 10 – 15 %. Konkrétní vztah mezi tímto poklesem a nárůstem uvedených nákladů bude vždy velmi individuální.

Jako příklad lze aplikovat nárůst ceny vozidla o 10 % na nákladové kalkulace trolejbusů DP Ostrava, kde odpisy vozidla činí cca 17 % a náklady infrastruktury cca 11 % kalkulovaných vlastních nákladů na vozokilometr (zdroj: DPO). Zjednodušeným propočtem lze dojít k závěru, že při cca 20 a více procentech nezávislého provozu převáží úspora nákladů na infrastrukturu vyšší cenu vozidla.

Tam, kde náklady infrastruktury (tj. odpisy a údržba) mají větší podíl na celkových vlastních nákladech trakce, bude vyšší i nákladová efektivnost parciálního trolejbusu oproti standardnímu trolejbusu.

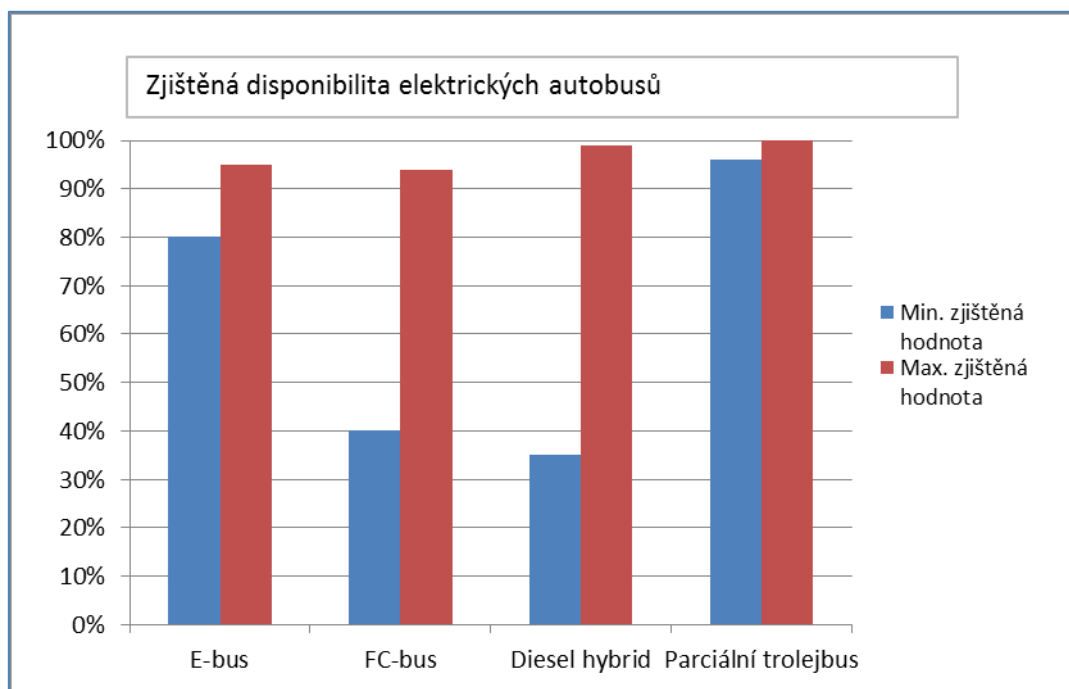
Je přitom třeba zdůraznit, že uvedený modelový propočet se týká nákladové, tedy finanční efektivnosti pro provozovatele. Pokud jde o související externality, tedy dopady celospolečenské povahy vyčíslené v peněžních jednotkách, snižuje je provoz v elektrické trakci oproti dieselové až o více než 70 % (viz kapitola 7.2).

7.4 Provozní spolehlivost

Srovnáním provozní spolehlivosti alternativních pohonů se Studie EU ani CIVITAS 2013 bezprostředně nezabývala, i když se tento faktor nutně promítl do kalkulace celoživotních nákladů skrze náklady na provoz a údržbu i předpokládané kilometrické proběhy. NREL [2]

porovnává poruchovost měřenou kilometrickými proběhy mezi poruchami pro vybrané pohony s ohledem na jejich vývojové stadium, viz kapitola 4.2.

Pro potřebu této Studie byly analyzovány údaje z případových studií v kapitole 6, které odrážejí konkrétní zkušenosti z provozu elektrických autobusů. Spolehlivost e-busů, fc-busů, diesel-hybridních autobusů a parciálních trolejbusů vyjádřenou jako disponibilitu vozidla v rozpětí minimálních a maximálních zjištěných hodnot ukazuje graf na obrázku č. 16.



Obr. 16 Porovnání disponibility

Takto sumarizované údaje potvrzují to, co je zřejmé z textu případových studií v kapitole 6: Provozní spolehlivost alternativních pohonů má velký rozptyl nejvyšších a nejnižších hodnot, přičemž maxima odpovídají běžné míře spolehlivosti standardních vozidel.

Důvodem poměrně vysoké spolehlivosti e-busů je především jejich poměrně jednoduchá konstrukce bez nutnosti integrovat větší počet různých zařízení. Konkrétní případ neúspěšného provozu e-busů v DP hl. m. Prahy [10], jejichž hlavním problémem bylo množství mechanických závad, zároveň ukazuje, jak nevhodný výběr konkrétního vozidla pro konkrétní provozní podmínky může bezdůvodně zkreslit názor dopravce na elektrobus jakožto druh pohonu.

Do výsledků fc-busů se promítá především relativně malá velikost jejich vozových parků, řádově v jednotlivých kusech. Jak je zřejmé z případových studií, sám palivový článek je nejméně zranitelnou součástí pohonu. Nejčastější příčinou odstávky jsou zcela banální mechanické závady, jejichž řešení však trvá poměrně dlouho s ohledem na zkušební charakter provozu a kusovou výrobu.

V případě diesel-hybridních pohonů, které ukazují nejvyšší a zároveň i nejnižší zjištěné hodnoty disponibility, je zřejmé, jak velmi záleží na konkrétní konstrukci vozidla a precizně provedeném vyvážení hybridního pohonu. S tím je nutno přistupovat i k závěrům zprávy NREL [2] v kapitole 4.2. Pověst hybridních pohonů jakožto nespolehlivých tedy neplatí všeobecně, pro efektivní provozování je však nutno velmi dobře volit konkrétní typ vozidla.

U parciálních trolejbusů byly sledovány údaje z prezentovaných projektů Slide In a z provozu v Eberswalde. Protože jde o hodnocení spolehlivosti, nebyla zde zohledněna plánovaná údržba, která fakticky snižuje dobu provozu o cca 3 – 4 %. Údaje ukazují, že instalace bateriových zásobníků energie nijak nesnižuje provozní spolehlivost trolejbusů, jejichž konstrukce je léty prověřená sériovou výrobou.

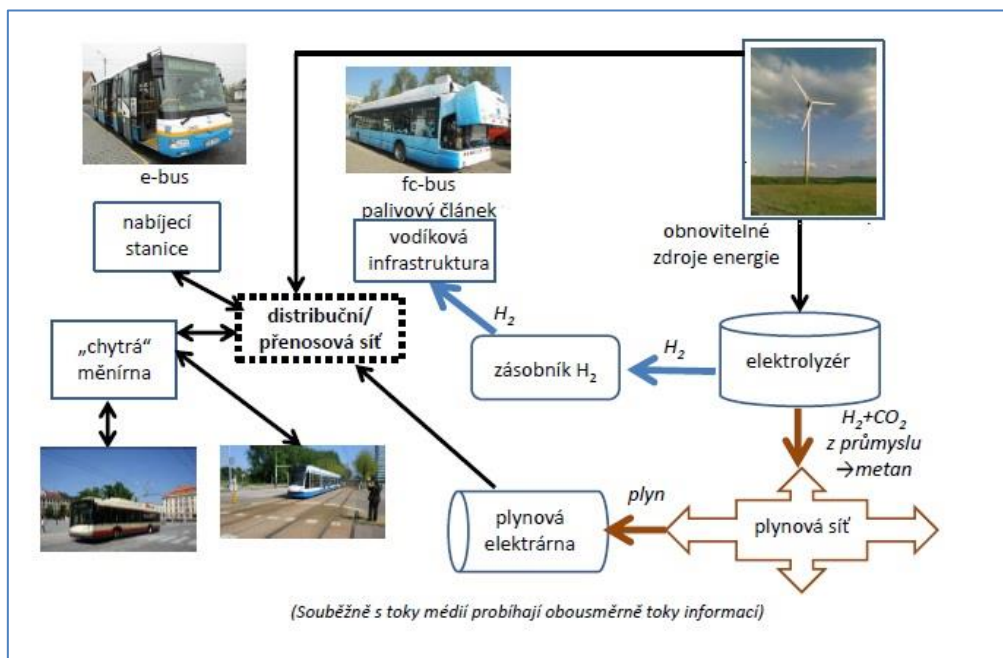
7.5 Elektromobilita MHD a koncept „smart grid“

Dosah elektromobility MHD se neomezuje jen na přepravní trh nebo odvětví dopravy obecně. Na rozdíl od autobusů se spalovacími motory zasahují elektrické pohony o systémovou úroveň výš, do národní energetické soustavy. V tomto směru mohou hrát významnou roli při rozvíjení konceptu tzv. inteligentních sítí, neboli „smart grids“. Názorně to ukazuje obrázek č. 17. I když tato oblast nebyla přímo předmětem analýzy v této Studii, je natolik důležitá, že si zaslouží alespoň základní vysvětlení.

Pojmem „smart grid“ se rozumí elektrická distribuční nebo přenosová síť doplněná o obousměrnou datovou komunikační síť, která umožňuje v reálném čase pružně a efektivně sladit výrobu a spotřebu elektrické energie. Koncept „smart grid“ je řešením zejména tam, kde je třeba vyvažovat nepravidelnosti dodávky elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Obecně přispívá k celkovému hospodaření s energií bez ohledu na její zdroje.

Jak patrně z obrázku, na straně spotřeby elektrické energie z veřejné sítě znamená elektromobilita MHD dobíjení elektrobuses a odběr energie trolejbusů (a kolejových vozidel) z trakčního vedení. Linkový charakter provozu s chováním do značné míry předvídatelným představuje významnou příležitost ke vzájemné koordinaci výroby a spotřeby elektřiny, mnohem větší než u individuální elektromobility.

Ačkoliv při současném stavu technologie lze stěží očekávat, že by trakční baterie na vozidlech sloužily jako dočasné zásobníky energie v rámci sítě (jsou příliš citlivé na režim nabíjení a vybíjení – viz kapitola 3.1), po jejich vyřazení z mobilního provozu na konci životnosti je lze pro tento účel ještě dlouho využívat ve stacionárním režimu.



Obr. 17 Vztah elektromobility MHD a konceptu „smart grid“

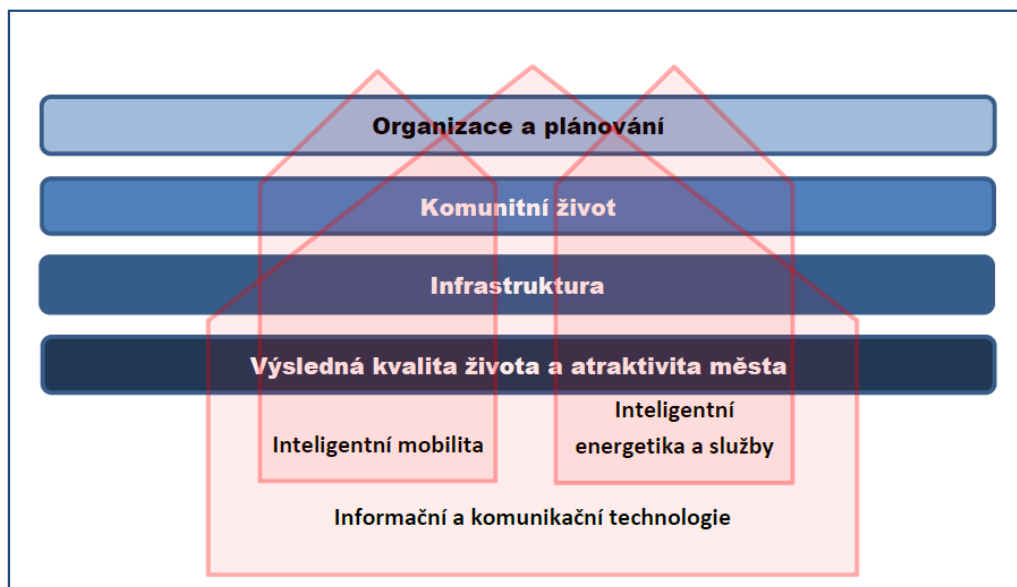
U pevných trakčních zařízení nabízejí „inteligentní“ měnírny (například ABB Enciline nebo Alstom HESOP) možnost rekuperace veškeré brzděné energie nejen v rámci sítě trakčního vedení, jejíž kapacita je omezená, ale i do veřejné distribuční sítě. Tím může dojít až k 15% úsporám elektrické energie.

Obrázek č. 17 ukazuje také možné propojení vodíkové, plynové a elektrické infrastruktury v rámci konceptu „smart grid“. Zařízení typu „power-to-gas“, které jsou v současné době ve zkušebním provozu, ukládají elektrickou energii z obnovitelných zdrojů do zásob vodíku, případně zemního plynu, pomocí elektrolýzy. Odtud je pak možno ji přeměnit zpět na elektřinu buď v palivových článcích, nebo v plynových elektrárnách. Stejnou roli mohou v budoucnu sehrát i jaderné zdroje s vysokoteplotními reaktory IV. generace, využívajícími použité palivo ze současných jaderných elektráren a vyrábějícími současně elektřinu a vodík. Pokud by navíc byla právě probíhající renesance metanolových palivových článků úspěšná, lze elektrická palivočlávková vozidla pohánět také metanolem získaným z obnovitelných zdrojů. Pokusy s takto poháněnými osobními automobily mají v současné době podporu zejména v Dánsku.

Konkrétní příklady „smart grids“ jsou dnes v různých stadiích zkoušek a popisované technologie jsou k dispozici jako komerční produkty nebo jako testovaná zařízení.

7.6 Elektromobilita MHD a koncept „smart city“

Koncept smart city se snaží maximálně využít moderních technologií, především informačních, pro ovlivňování kvality života v daném městě takovým způsobem, aby docházelo k synergickým efektům mezi různými odvětvími (doprava, logistika, bezpečnost, energetika, správa budov, atd.) s ohledem na energetickou náročnost a kvalitu života občanů v daném městě. Přitom je kladen důraz na „tvrdé“ i „měkké“ aspekty řízení života ve městě.



Obr. 18 Základní schéma konceptu „smart city“

Jak ukazuje schéma na obrázku č. 18, smart city je tak možné vidět ve čtyřech úrovních:

- organizace a plánování, pro něž informační technologie umožňují získat a zpracovat potřebná data;

- komunitní život, v němž pomocí elektronických informačních systémů může vedení města s občany bezprostředně komunikovat, a získávat tak od nich potřebné informace i odezvu na své řízení města;
- infrastruktura, především energetika, doprava, městské služby a budovy a jejich „inteligentní“ řízení pomocí informačních a komunikačních technologií;
- výsledná kvalita života a atraktivita města, která je konečným cílem zavádění konceptu smart city, je v mnoha ohledech subjektivní, a tudíž obtížně měřitelná.

Koncept smart city se tedy netýká pouze používaných technologií, nýbrž si klade za cíl napomoci celkovému hospodářskému růstu měst a kvalitě jejich životního prostředí prostřednictvím jejich efektivního fungování, k čemuž patří i příznivé subjektivní vnímání života ve městě jeho občany. Využití moderních technologií v této souvislosti není samoúčelné, nýbrž je technickým prostředkem k dosažení hospodářských cílů.

Infrastrukturu smart city tvoří tři základní pilíře:

- inteligentní mobilita;
- inteligentní energetika a služby;
- informační a komunikační technologie.

a) Inteligentní mobilita zahrnuje zejména:

- řízení a regulaci dopravy ve městě (včetně cyklistiky a dopravy v klidu) pomocí dopravní telematiky, administrativních opatření i plánovitého rozvoje městské dopravní infrastruktury – důležitým nástrojem je přitom evropská metodika Plánů udržitelné mobility (SUMP);
- podporu uživatelsky příjemné hromadné dopravy jako plnohodnotné alternativy k dopravě individuální (mějme na paměti, že v přepočtu na jednotku přepravního výkonu působí elektromobil přibližně stejný objem externalit jako dieselový autobus);
- podporu zavádění ekologicky čistých pohonů v dopravě hromadné i individuální (například rozvoj elektrické MHD, dobíjecí infrastruktura pro elektromobily nebo systémy car sharingu elektrických vozidel).

b) Inteligentní energetika a služby zahrnují zejména:

- podporu využívání obnovitelných zdrojů energie nebo kombinované výroby elektřiny a tepla a jejich bezpečnou integrace do městské energetické sítě;
- inteligentní řízení spotřeby energie, včetně energetického hospodářství budov a podpory jejich energeticky úsporných řešení;
- inteligentní řízení městských služeb směrem k efektivnímu využívání energie a přírodních zdrojů – především energeticky úsporné veřejné osvětlení, efektivní odpadové hospodářství a efektivní hospodaření s vodou.

c) Informační a komunikační technologie podporují jak infrastrukturní stránky městského života, tak samotný proces řízení města. Vedle již zmíněné dopravní telematiky sem patří například:

- systémy inteligentního řízení veřejného osvětlení a dalších městských služeb;
- systém inteligentního řízení spotřeby energií a vody;
- monitorovací a bezpečnostní systémy pro ochranu majetku a občanů ve městě, včetně požární signalizace a monitoringu životního prostředí;

- monitorovací a diagnostické systémy pro včasnou detekci poruch v městské infrastruktuře;
- inteligentní platební systémy v městských službách (například veřejná doprava nebo parkování);
- informační systémy pro ochranu a monitoring vážně nemocných a zdravotně postižených občanů, aj.

Jak patrně, fungování smart city se prolíná s dalšími „inteligentními“ koncepty, zejména s výše zmíněnými „chytrými sítěmi“ – smart grid a inteligentními budovami.

Koncept smart city jako cíl bývá zpravidla formalizován ve strategických dokumentech města. K jeho naplnění pak směřují konkrétní dílčí projekty, zaměřené do jednotlivých oblastí.

Elektrické autobusy a jejich infrastruktura jsou z tohoto pohledu součástí pilířů „inteligentní mobility“ a „inteligentní energetika a služby“. Jejich přínos spočívá v několika důležitých vlastnostech:

- Jejich pohon je lokálně bezemisní a z pohledu „well-to-wheel“ ekologicky efektivnější, než u dopravních prostředků poháněných spalovacími motory (viz kapitola 7.2). Tím přispívají ke zlepšení prostředí ve městě.
- Kromě toho jsou součástí hromadné dopravy, která je z národohospodářského pohledu efektivnější než doprava individuální, a svými vlastnostmi (tichý a bezemisní provoz) vybízí k jejímu lepšímu využívání.
- Využití možností daných informačními technologiemi, které se nabízejí veškeré hromadné dopravě (například integrované jízdenkové systémy, informační systémy pro cestující, diagnostické systémy pro provoz vozidel, navigační systémy), může jejich používání dále atraktivit pro uživatele a zefektivnit pro provozovatele.
- Jako součást energetické soustavy města (viz kapitola o „smart grid“) mohou dále přispívat k efektivnějšímu využívání energie z pohledu nabídky a poptávky.

Příkladem integrace provozu elektrobusů do konceptu smart city je Vídeň (viz případová studie v kapitole 6.1.3). Koncept smart city se zde rozvíjí z iniciativy vedení města od roku 2011 a elektrobusy jsou zapojeny do výzkumného projektu „e-mobility on demand“, zkoumajícího praktické využití moderních technologií v městské mobilitě.

Koncept smart city je přednostně zaměřen na sídla velkoměstského typu s ohledem na naléhavost řešení jejich problémů. Může však být stejně dobře aplikován jak na malá města, tak na rozsáhlejší územní celky typu „smart region“.

Ačkoliv formálně je nositelem projektu smart city zpravidla vedení příslušného města, jeho faktickou hnací silou bývají často průmyslové společnosti z elektrotechniky, energetiky a informatiky. Zavádění tohoto konceptu pro ně totiž představuje jednak významnou tržní příležitost, a jednak cenný zdroj dat pro další zdokonalování jejich produktů a služeb. Projekty smart city tak často vznikají jako partnerství mezi municipalitou či regionem a průmyslem.

8 Zavádění a rozvíjení elektrických autobusů jako projekt

8.1 Projekt jako nezbytnost

Rozvoj elektromobility v MHD přímo podporuje mimo jiné dokument EU „Bílá kniha: Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje“ (tzv. „Bílá kniha o dopravě“ [10]) a platná státní energetická koncepce ČR (viz kapitola 1.1). Na tomto základě vzniká řada podpůrných programů využitelných pro financování projektů elektrické MHD – viz kapitola 9.

Přitom je kladen stále větší důraz na kvalitní přípravu projektů, zasazených do kontextu dlouhodobé strategie měst a obcí směřující k trvale udržitelné mobilitě a podpořených odborně zpracovanými studiemi proveditelnosti a analýzami nákladů a přínosů (tzv. cost-benefit analýza). Prosté nárokování příspěvku na investici, byť plánovanou, bez důkladného zasazení do uvedeného kontextu a jeho přesvědčivého zdůvodnění má tedy jen minimální naději na úspěch.

Jak je zřejmé z výsledků analýzy i z případových studií a informací o konkrétních produktech, nabízí elektrické autobusy ve městě významné příležitosti, především v rovině sociálně ekonomické, a jejich technologie se neustále rozvíjejí a zdokonalují. Zároveň mají tyto technologie stále mnohá omezení v oblasti technické, provozní a finanční, a to jak obecně, tak u konkrétních produktů.

Nejméně šťastným způsobem, jak je zavádět, je proto jednorázová akce typu „pořídme si elektrobus, ať jsme světoví“. K jejich zavádění, případně dalšímu rozvíjení ve městě je mnohem užitečnější přistupovat jako k rozvojovému projektu, který vychází z potřeby dopravní strategie města a konkrétního přepravního trhu a nachází pro něj vhodné technické řešení.

8.2 Základní postup přípravy a realizace projektu

Příprava a realizace projektu musí sledovat jednotlivé kroky v následující logické sekvenci:

a) Definování projektu a jeho cílů

- vymezení společenské potřeby – národohospodářského, ekologického aj. problému (např. nedostatečný rozvoj daného regionu, nedostatečná kapacita dopravní sítě, problém s bezpečností dopravy aj.);
- vymezení cílů, které reagují na tuto potřebu (například zvýšení výkonnosti dopravní sítě, zlepšení ekologických dopadů dopravy, aj.);
- definování základního technického řešení, které uspokojí tyto cíle, ve variantách přicházejících v úvahu (rozšíření silnice nebo nová silnice, tramvaj, elektrobus či trolejbus aj.).

b) Technické, finanční a ekonomické zhodnocení projektu a výběr nejlepší varianty

- vypracování studie proveditelnosti a cost-benefit analýzy;
- rozhodnutí o optimální variantě realizování projektu.

c) Příprava realizace projektu

- zpracování a vyřízení příslušné žádosti o financování a spolufinancování;

- příprava realizační fáze projektu podle zvoleného obchodního modelu – příslušná výběrová řízení a uzavření smluv.

d) Dodání a zprovoznění vozidel a infrastruktury

e) Pilotní provoz a jeho vyhodnocení

f) Přechod na rutinní provoz a jeho průběžné vyhodnocování.

Tímto způsobem se lze vyhnout neúspěchu, který hrozí při nekonceptním jednorázovém nákupu elektrobusů z čistě marketingových, případně jiných důvodů. Navíc platí, že **bez tohoto postupu nemá projekt šanci na jakoukoliv míru spolufinancování ze zdrojů EU nebo jiných.**

Při realizaci takového projektu je vhodné vytvořit projektový tým složený jednak z potřebně kvalifikovaných zaměstnanců dopravce, případně municipality, a jednak z externích odborníků. Jejich kombinací je možno účinně propojit detailní znalost místních poměrů s celkovým přehledem o trzích a možnostech elektrických autobusů, tak aby výsledné řešení bylo prakticky realizovatelné a zároveň nebylo omezováno každodenní rutinou provozovatele.

8.3 Definování projektu a jeho cílů

Pro konkrétní případ elektrobusů je v této fázi třeba provést následující činnosti:

- ujasnit si předpokládaný budoucí vývoj přepravního trhu v oblastech obsluhovaných MHD spolu s požadavky a předpokládaným vývojem nadřazených systémů – zejména územní rozvoj, životní prostředí a energetika;
- propojit tyto předpoklady se strategickými dokumenty města v oblasti řízení mobility a energetiky;
- vytipovat oblasti, kde požadavky na dopravní obsluhu mohou splňovat elektrické autobusy, zvláště z pohledu zátěžových proudů, požadavků na ekologickou dopravu a blízkosti energetické infrastruktury (například dojezdová vzdálenost do depa nebo na konečné zastávky elektrické trakce);
- stanovit základní provozně technické požadavky, případně rozpočtová omezení;
- zjistit aktuální informace o existujících produktech na trhu elektrických autobusů a příslušné infrastruktury z hlediska provozních vlastností, cen a výsledků zkušebních provozů;
- stanovit koncepční varianty možného řešení provozních požadavků na základě znalosti konkrétních produktů;
- provést první orientační technické, finanční a sociálně ekonomické zhodnocení těchto variant;
- vybrat preferovaná řešení z provozně technického pohledu, která budou předmětem dalšího hodnocení.

8.4 Studie proveditelnosti a cost-benefit analýza

8.4.1 Studie proveditelnosti a základní koncepční rozhodování

Důležitým nástrojem pro zdůvodnění projektu a jeho spolufinancování ze zdrojů EU je právě zmíněná **studie proveditelnosti a analýza nákladů a přínosů** neboli **cost-benefit analýza (CBA)**, na niž se odvoláváme mj. i v kapitole 7.

Studie proveditelnosti postupně vymezují projekt z hlediska jeho cílů a technického řešení a zhodnotí jeho realizovatelnost po technické a finanční stránce.

Při zpracování studie proveditelnosti je mimo jiné **rozhodováno o základní technologické a obchodní koncepci elektrobusů** (tato rozhodnutí lze zčásti provést již ve fázi definování projektu):

a) **Základní druh pohonu:** parciální trolejbus, bateriový elektrobus, palivočlánkový autobus, nebo diesel-hybridní autobus – hlavním kritériem bude zdroj energie/infrastruktury k dispozici a základní provozní požadavky

b) V případě, že volíme bateriový elektrobus, je třeba vybrat **základní provozní koncepci elektrobusu:**

- noční elektrobus se zásuvkovým dobíjením během noční provozní přestávky, maximálně s jedním mezidobíjením během dne;
- průběžně dobíjený elektrobus s několika mezidobíjením během dne.

Hlavním kritériem budou provozní požadavky dopravce a základní ekonomika provozu nočního a průběžně dobíjeného elektrobusu.

c) V případě, že volíme průběžně dobíjený elektrobus, je třeba vybrat **základní koncepci průběžného dobíjení:**

- dvoupólové dobíjení z troleje;
- čtyřpólové dobíjení některou z nabízených technologií (viz tabulka č. 2 v kapitole 3.3);
- indukční dobíjení.

Hlavním kritériem pro rozhodování budou provozně ekonomické parametry zamýšleného linkového provozu a uvažovaných vozidel a dobíjecí infrastruktury.

Obecně platí, že čím hustší provoz, tím více se vyplatí umístit většinu prvků dobíjení do pevné části dobíjecího zařízení a méně na samotné vozidlo (což vede ke konceptu čtyřpólového dobíjení). U méně hustého provozu je tomu naopak.

Roli při rozhodování dále mohou hrát rovněž například

- existence trolejové infrastruktury;
- požadavek na dobíjení s cestujícími ve vozidle;
- omezující požadavky na nadzemní konstrukce dobíjecí infrastruktury;
- omezené finanční možnosti zadavatele a provozovatele veřejné dopravy;
- stávající právní úprava technických požadavků na silniční vozidla.

Kombinace všech uvedených požadavků a omezení určuje různé možnosti technického řešení dobíjecí infrastruktury. Příklad:

- Při dvoupólovém dobíjení za přítomnosti cestujících je nutno konstrukcí vozidla zajistit potřebnou bezpečnost (analogicky jako u trolejbusu), což se promítne do ceny vozidla.

- Existence trakční měnárny v blízkosti zamýšlené dobíjecí stanice umožní nejen využít dvoupólové dobíjení z troleje, ale také zjednodušit, a tím zlevnit, konstrukci čtyřpólové dobíjecí stanice, je-li napojena na měnárnu a ne na veřejnou distribuční síť (za předpokladu, že konkrétní provozně technické parametry měnárny takového řešení umožňují).
- Základní volba mezi dvoupólovým a čtyřpólovým dobíjením je pak provozně ekonomická a odvíjí se od zamýšleného počtu vozidel a dobíjecích míst a od nabídky produktů u vozidel a dobíjecí infrastruktury.
- Omezující požadavky na nadzemní konstrukci dobíjecí infrastruktury z estetických nebo jiných důvodů (například v historických částech měst) mohou vést k indukčnímu dobíjení, které je však stále poměrně investičně náročné a energeticky ztrátové.
- V případě omezených finančních prostředků mohou požadavky na nízké náklady převážit požadavky na funkčnost, s příslušnými důsledky pro pověst elektrobuse u veřejnosti.
- Právní omezení, nejsou-li včas řešena, mohou jít proti veškeré konstrukční, provozní a ekonomické logice, přesto je nelze ignorovat.

Jak již vícekrát řečeno, neexistuje ideální řešení, pouze vhodné či méně vhodné řešení ve vztahu k požadavkům na dodávané přepravní služby a omezujícím podmínkám.

Dále je v této fázi třeba zvolit předpokládaný obchodní a provozní model. V úvahu může přicházet

a) prostý nákup vozidel a pořízení dobíjecí infrastruktury a jejich systémová integrace a provozování vlastními silami dopravce

Toto řešení je administrativně nejjednodušší, ale skrývá riziko problémů v oblasti systémové integrace mezi vozidlem a dobíjecí infrastrukturou, která je tím plně přenesena na dopravce.

b) řešení vozidel a dobíjecí infrastruktury jako dodávka na klíč a její zprovoznění, řízené podle pravidel řízení bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS).

U drážních systémů upravuje řízení RAMS norma ČSN EN 50126, kterou lze přiměřeně využít i pro tento případ. Přitom platí, že výhodou tohoto řešení je především přenesení systémové integrace vozidlo-infrastruktura na jednoho finálního dodavatele celého systému.

Systémové rozhraní je přitom možno volit

- buď mezi vozidlem včetně elektrické výzbroje a dobíjecí infrastrukturou;
- nebo mezi mechanickou částí vozidla jako jedním celkem a jeho elektrickou výzbrojí a dobíjecí infrastrukturou jako druhým celkem.

Přesné vymezení je náplní podrobné definice technického konceptu (viz výše).

Vždy je přitom třeba řešit systém jako otevřený s transparentními technickými požadavky, tak aby zadavatel nemohl čelit obvinění z diskriminace, resp. z kladení technických překážek volné soutěži.

Pokud jde o způsob financování, lze volit mezi tradičním nákupem z vlastních a/nebo cizích zdrojů nebo některým z alternativních modelů, jako např. leasing, PPP, případně EPC (podrobnosti viz například v [6]).

8.4.2 Cost-benefit analýza

Cost-benefit analýza (CBA) následně do hloubky hodnotí finanční a společenské efekty preferovaných variant řešení z pohledu možného spolufinancování z veřejných zdrojů.

Touto analýzou rozumíme metodický nástroj, který slouží k hodnocení investičních projektů, zejména projektů veřejných služeb, a rozšiřuje hodnocení finančních efektů o efekty celospolečenské. Hlavním cílem CBA je tedy

- zjistit a v penězích vyjádřit veškeré možné dopady projektu,
- na tomto základě vyvodit závěry, zda je projekt žádoucí a zda má význam jej provádět a financovat z veřejných zdrojů.

CBA má následující obecný obsah a strukturu:

- úvodní část,
- definice cílů projektu a výsledky studií proveditelnosti (volba variant, analýza poptávky a technický popis),
- finanční analýza,
- ekonomická analýza,
- analýza citlivosti a analýza rizik,
- závěrečné zhodnocení projektu.

Zatímco tedy finanční analýza hodnotí z různých hledisek bezprostřední finanční účinky projektu na jeho přímé účastníky, pak ekonomická, nebo též socioekonomická, analýza rozšiřuje toto hodnocení o peněžně vyčíslené celospolečenské efekty (zejména vliv projektu na emise, nehody, hluk, úspory času nebo uspořené náklady převedené individuální dopravy) a zároveň očišťuje o protisměrné finanční toky, zejména nepřímé daně a odvody. CBA přitom vždy porovnává variantu „s projektem“ a „bez projektu“.

Analýza citlivosti a rizik pak doplňuje celkový obraz projektu a jeho efektivnosti o možné vlivy, které ji mohou ohrožit.

Je zřejmé, že pro spolufinancování z evropských zdrojů musí projekt vykázat malou finanční efektivnost (jinak by byl schopen samostatné existence na čistě komerční bázi) a zároveň velkou ekonomickou efektivnost (jinak by nebyl celospolečenský důvod jej dotovat).

Zpracování CBA pro účely žádosti o spolufinancování se řídí oficiálními metodikami DG REGIO (nyní [9]), případně souvisejícími národními metodikami. Vzhledem ke komplexnosti problému se zpravidla neobejde bez externích specialistů. CBA přitom může být jak samostatným dokumentem, tak součástí studie proveditelnosti.

Na kvalitní přípravu CBA a související studie proveditelnosti je třeba věnovat dostatek času – pro projekt v MHD lze stěží předpokládat méně než 6 měsíců.

8.5 Realizace projektu

Realizace projektu a její příprava se bude odvíjet od zvolené technické koncepce a obchodního modelu. V případě volby dodávky na klíč řízené podle principů RAMS ve smyslu ČSN EN 50126 se lze inspirovat informativním určením rolí jednotlivých účastníků projektu v konkrétních fázích životního cyklu, tak jak ukazuje tabulka č. 4.

Je třeba zdůraznit, že tato tabulka je pouze informativní a zaměřená na drážní systémy. Konkrétní role u konkrétního projektu se budou lišit podle způsobu smluvního vymezení vztahů mezi provozovatelem a dodavatelem. U dodávky na klíč, jejíž součástí bude i údržba,

je zřejmé, že role odběratele a provozovatele, která je v orientačním rozdělení dle uvedené normy sdružená, se v takovém případě bude lišit. Možná odpovědnost je proto v tabulce vyznačena kurzívou zvlášť. Tam, kde má dopravce určenou plnou odpovědnost, zůstává hlavnímu dodavateli a zároveň provozovateli specifická odpovědnost a naopak.

Tabulka č. 4 Orientační rozdělení odpovědností dle ČSN EN 50126, příloha E

Etapa /	Odběratel/ provozovatel	Schvalující instituce	Hlavní dodavatel	Subdodavatel	Dodavatelé
Koncepce	X/X				
Definice systému a podmínky použití	X/X				
Analýza rizika	X/(x)		X		
Požadavek na systém	X/X	(x)			
Rozdělení požadavků na systém	(x)/(x)		X		
Návrh a zavedení			X	(x)	
Výroba			X	X	X
Instalace			X	(x)	
Validace systému	X/(x)	X	X	(x)	
Přejímka systému	X/X	X			
Provoz a údržba	X/(x)		(x)	(x)	
Sledování výkonnosti	X/X		(x)	(x)	
Modifikace a regenerace	X/X		X	X	
Vyřazení z provozu a likvidace	X/X		(x)		

Zdroj: ČSN EN 50126, doplněno

kde

X – plná odpovědnost a účast

(x) – specifická odpovědnost a/nebo částečná účast

Podle zahraničních zkušeností jsou v praxi kritickým místem pro RAMS projektu rozhraní mezi jednotlivými subsystémy a přidělení odpovědností za bezchybnou kompatibilitu subsystémů, což ovlivní RAMS systému jako celku. Tomu je třeba věnovat pozornost při systémovém řešení projektu.

Dále je třeba věnovat pozornost důkladnému provedení a vyhodnocení pilotního provozu, tak aby nebylo nutno řešit základní problémy v rutinní fázi.

8.6 Multidisciplinární přístup k projektu

Je zřejmé, že realizace úspěšného projektu elektrických autobusů a jejich infrastruktury v sobě spojuje více různých odborností a přístupů:

- obchodně přepravní pro znalost přepravního trhu a definování jeho požadavků;
- technicko-manažerský pro definování dopravně technologického systému, který tyto požadavky optimálně uspokojí;
- finanční a ekonomický, který vyhodnotí finanční efekty systému na investory, provozovatele a dotující subjekty a jeho sociálně ekonomické přínosy, na nichž bezprostředně závisí míra spolufinancování z vnějších zdrojů;
- výrobně technologický, který naplní definovaný systém konkrétními produkty a technickými řešeními od konkrétních dodavatelů;
- systémově integrační, který zajistí provozní funkčnost systému;

- dopravně provozní, který dovede předpokládané vlastnosti systému do každodenní praxe.

Je zřejmé, že tyto odbornosti a přístupy budou jen zřídka k dispozici u jednoho zadavatele, resp. provozovatele. Jak již zmíněno v kapitole 8.2, pro úspěšnou realizaci projektu elektrických autobusů je proto užitečné spojit odbornost vlastních řídících a technických odborníků zadavatele s externími odborníky ze specializovaných firem a vysokých škol a v realizační fázi rovněž s odborníky z dodavatelských organizací. Fungující projektový tým řízený kvalifikovaným projektovým manažerem je pak důležitým předpokladem úspěšnosti projektu.

Přitom je třeba brát celou dobu v potaz jak odbornou erudici členů projektového týmu, tak časové nároky, které práce na projektu reálně přináší. Práce v projektovém týmu tedy nemůže být pouhou činností navíc v rámci již zcela zaplněného rozvrhu manažera či specialisty. V takovém případě totiž hrozí problémy s kvalitou projektového řešení nebo z dodržáním požadovaných termínů projektu.

Úspěch projektu se proto neobejde bez odpovídajících organizačních opatření na samém začátku jeho přípravy.

9 Aktuální možnosti spolufinancování rozvojových projektů pro elektrické autobusy

9.1 Finance podle vývojového stadia realizace

Pro stanovení zdrojů financování zavádění elektromobility do měst je zásadní, v jaké fázi nasazování elektromobility se žadatel nachází.

Hlavním zdrojem financování nákupu elektrobusů budou, stejně jako v dotačním období 2007 – 2013, strukturální a investiční fondy EU.

Pokud se jedná o pilotní projekt, při kterém jsou využívány inovativní technologie a postupy, pak ve spojení s výzkumnými institucemi a dalšími zahraničními partnery lze sledovat možnosti využití programu Horizon 2020.

V oblasti přípravy masivního nasazení elektrobusů do městské dopravy a to i například ve spojení s dalšími dopravci (předpoklad investice nad 30 mil. EUR) se nabízí využití zdrojů na technickou přípravu (studie proveditelnosti, cost-benefit analýzy, technické projektové dokumentace) v programu Evropské investiční banky ELENA. Prostředky z ELENA pak mohou napomoci přípravě projektu, který bude využívat pro spolufinancování prostředky Strukturálních a investičních fondů EU, tedy již zmíněných Operačních programů v gesci orgánů státní správy České republiky.

Mimo výše uvedené programy bude docházet k podpoře elektromobility jako celku (nikoliv jen v oblasti veřejné dopravy) i nepřímo. Města mohou již dnes využívat prostředky na tvorbu nízkouhlíkových strategií, a to například v rámci programů Central Europe nebo Programu DANUBE.

Podrobnosti těchto programů ukazují následující podkapitoly.

9.2 Operační programy ze strukturálních a investičních fondů EU

9.2.1 IROP

Na období let 2014 – 2020 se bude jednat především o prostředky sdružené v **Integrovaném regionálním operačním programu (IROP)**. Je nutno říci, že se jedná o podporu projektů mimo území hlavního města Prahy.

IROP nasazení elektrobusů podporuje v rámci Specifického cíle 1.2: Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy. V tomto cíli jsou vyhledávány projekty v níže uvedených oblastech:

a) Terminály

Předmětem podpory v této oblasti je výstavba a modernizace přestupních terminálů, souvisejících záchytných parkovišť a parkovacích domů v přímé návaznosti na veřejnou hromadnou dopravu (VHD) – tzv. systém Park and Ride (parkoviště pro osobní vozy s možností přestupu na VHD) včetně dalšího zázemí pro VHD, vybavení stávajících zastávek a terminálů bezbariérovým přístupem, výstavba návazných systémů Bike and Ride (prostor pro bezpečné uschování kola s možností přestupu na VHD). V případě samostatných projektů na parkovací systémy (P+R, B+R) je nezbytné přizpůsobit velikost projektu očekávané vytíženosti a využitelnosti pro podporu multimodality (využití VHD).

Součástí projektu může být doplňkově zeleň v okolí přestupních terminálů, budov a na budovách.

b) Telematika

Předmětem podpory v této oblasti je výstavba, zavedení, rekonstrukce nebo modernizace inteligentních dopravních systémů (ITS) a dopravní telematiky pro veřejnou dopravu, zavádění nebo modernizace informačních, řídicích, dispečerských, rezervačních, odbavovacích a platebních systémů pro veřejnou dopravu a systémů ITS podporujících přímou mobilitu, tzv. Door-to-Door mobility.

c) Bezpečnost

Předmětem podpory v této oblasti je zvyšování bezpečnosti železniční, silniční, cyklistické a pěší dopravy (např. bezbariérový přístup, zvuková a jiná signalizace pro nevidomé – přizpůsobení komunikací pro nemotorovou dopravu osobám s omezenou pohyblivostí nebo orientací).

d) Nízkoemisní vozidla a související plnicí stanice

Předmětem podpory v této oblasti je nákup nízkoemisních a bezemisních vozidel, využívajících alternativní zdroje energie jako je elektřina, CNG a další, splňujících normu Euro VI pro přepravu osob, nákup trakčních vozidel městské dopravy (tramvaje, trolejbusy) pro zajištění základní dopravní obslužnosti v rámci závazku veřejné služby. Vozidla zohledňují specifické potřeby účastníků dopravy se ztíženou možností pohybu a orientace.

Dalším předmětem podpory je výstavba plnicích a dobíjecích stanic pro nízkoemisní a bezemisní vozidla pro přepravu osob za účelem zmírnění negativních dopadů v dopravě. Podporují se projekty subjektů, které zajišťují dopravní obslužnost v závazku veřejné služby.

e) Cyklodoprava

Předmětem podpory v této oblasti je výstavba a modernizace cyklostezek v podobě stavebně upravených a dopravním značením vymezených komunikací, na kterých je vyloučená automobilová doprava. Výstavba a modernizace cyklotras se zaměřením na podporu integrovaných řešení, např. cyklistické pruhy na komunikacích nebo víceúčelové pruhy. Součástí projektu může být budování doprovodné infrastruktury, např. stojanů na kola, úschoven kol, odpočívadel, značení a dopravních značení. Doplnkově lze do projektu zařadit zeleň, např. zelené pásy a liniové výsadby u cyklostezek a cyklotras.

Hlavními podmínkami financování projektu z IROP jsou především soulad projektu s Kartou souladu projektu s principy udržitelné mobility, resp. s Plánem udržitelné městské mobility (SUMP). Platí přitom, že ve městě nad 150 tis. obyvatel bude po roce 2016 nutno zpracovat SUMP, ve městech do 150 tis. postačí Karta projektu. O nutnosti zpracovat SUMP je v současné době vedeno jednání mezi MD ČR a Evropskou komisí. „Kartou souladu“ může být jakýkoliv strategický dokument, který bude definovat směr udržitelné dopravy ve městě a který bude schválen orgány města. Projekt také musí obsahovat nákup vozidel splňujících normu Euro VI a musí přispívat k eliminaci negativních vlivů na životní prostředí.

Na současném návrhu IROP by neměly být vážné změny, jeho schválení se čeká na konci června 2015. První výzvy tak mohou přijít na podzim 2015.

V dubnu 2015 by měly být projednány a schváleny Podmínky pro žadatele a příjemce dotací, tj. všeobecné podmínky pro žádosti.

Kontaktním místem pro žádosti budou krajské pobočky Centra pro regionální rozvoj (CRR). Jejich role ale bude spíše podpůrná, veškerá komunikace ohledně žádostí bude probíhat elektronicky.

9.2.2 OPD

Dotace do **dražní infrastruktury (včetně trolejbusových drah)** jsou v nadcházejícím období předmětem **Operačního programu Doprava (OPD)** v gesci Ministerstva dopravy ČR.

V rámci OPD se elektrické MHD týká zejména specifický cíl 1.4: Vytvoření podmínek pro zvýšení využívání veřejné hromadné dopravy ve městech v elektrické trakci. V rámci tohoto specifického cíle je možno financovat např. výstavbu a modernizace infrastruktury systémů městské a příměstské dopravy na drážním principu (metro, tramvaje, tram-train, trolejbusy).

Podpora z OPD pokrývá celé území ČR.

Příjemci podpory v rámci OPD budou vlastníci/správci dotčené infrastruktury. Alokované prostředky budou ve městech, kde budou realizovány integrované územní investice, součástí tzv. **integrovaných nástrojů**:

a) Integrované územní investice (ITI) využitelné v metropolitních oblastech (Praha, Brno, Ostrava, Plzeň), včetně jejich funkčního zázemí. Z hlediska koncentrace obyvatelstva jsou k těmto centrům přiřazeny Ústecko-Chomutovská, Olomoucká a Hradecko-Pardubická aglomerace (celkem 7 ITI).

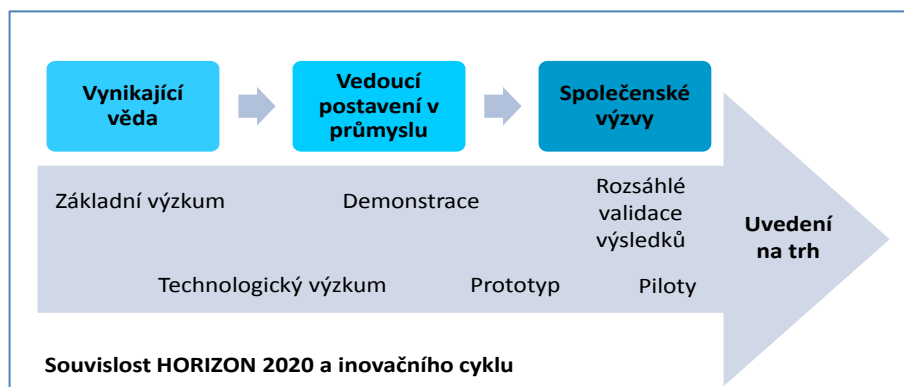
b) Integrované plány rozvoje území (dále jen IPRÚ), zahrnující ostatní aglomerace krajských měst (České Budějovice, Karlovy Vary, Liberec – Jablonec, Jihlava, Zlín) a jejich zázemí a město Mladá Boleslav a jeho zázemí (celkem 6 IPRÚ).

9.3 Další zdroje spolufinancování

9.3.1 HORIZON 2020

Program **HORIZON 2020** je největším a nejvýznamnějším programem financujícím na evropské úrovni vědu, výzkum a inovace v letech 2014 – 2020. Program navazuje na rámcové programy pro výzkum, které vyhláší EU již od roku 1980 v podobě tzv. rámcových programů pro výzkum, technologický rozvoj a demonstrace.

Program HORIZON 2020 se od posledního 7. rámcového programu (7. RP) liší větším důrazem na podporu inovací, což se prakticky projeví například v zavedení nových úvěrových nástrojů a v podpoře inovací u malých a středních podniků. Integruje v sobě také dřívější Rámcový program pro konkurenceschopnost a inovace (CIP) a Evropský inovační a technologický institut (EIT). Podporována je také návaznost na strukturální fondy a na jiné programy EU. Program HORIZON 2020 má rozpočet až 80 miliard EUR a je postaven na třech pilířích – „Vynikající věda“, „Vedoucí postavení v průmyslu“ a „Společenské výzvy“ (viz obrázek č. 19).



Obr. 19 Souvislost pilířů HORIZON 2020 a inovačního cyklu

Pro podporu zavádění elektromobility, či komplexněji „Smart City“ (viz kapitola 7.6) vyhovují především ty sekce HORIZON 2020, které se věnují tzv. Společenským výzvám (Societal Challenges). V rámci tohoto pilíře elektromobilitu podporují oblasti Zajištěná, čistá a účinná energie a Inteligentní, ekologická a integrovaná doprava. Priority a podporované aktivity jsou stavěny vždy na dvouleté období, přičemž první začalo rokem 2014 a končí tedy v roce 2015. Pro získání podpory z HORIZON 2020 je potřeba vytvořit především kvalitní konsorcium řešitelů (napříč EU) a přesně zacílit požadovaný směr projektu dle relativně obecně popsanych požadavků EU. Dotace pro města (či městské dopravce) je obecně 100 %.

V rámci společenské výzvy Zajištěná, čistá a účinná energie byly podporovány především tři oblasti:

- energetická účinnost;
- nízkouhlíkové technologie;
- inteligentní města a obce.

Program samotný uvádí: „Udržitelný rozvoj městských oblastí je výzva s klíčovým významem. To vyžaduje nové, efektivní a uživatelsky přívětivé technologie a služby, a to zejména v oblasti energetiky, dopravy a informačních a komunikačních technologií. Tato řešení však potřebují integrovaný přístup, a to jak z hlediska výzkumu a vývoje vyspělých technologických řešení, stejně jako jejich konkrétní nasazení. Zaměření na technologie inteligentních měst bude mít za následek, v komerčním měřítku, řešení s vysokým tržním potenciálem.“

Cílem společenské výzvy Inteligentní, ekologická a integrovaná doprava je dospět v Evropě k dopravnímu systému, který bude účinně využívat zdroje, bude šetrný k životnímu prostředí, bude bezpečný a funkční. Hlavní směry výzkumu tvoří úsporná a ekologická doprava, lepší mobilita, méně dopravních zácp, zvýšení bezpečnosti, vedoucí pozice evropského dopravního průmyslu ve světě a socioekonomický výzkum.

9.3.2 EPSILON

Alternativou pro program HORIZON 2020 je využití domácího programu Technologické agentury České republiky (TA ČR) EPSILON. Tento program si klade výzkumné cíle (energie v dopravě):

- zvyšovat podíl kapalných biopaliv jako náhrada fosilních zdrojů;
- zvyšovat podíl využití elektrické energie pro pohony jako náhrada fosilních zdrojů;
- výhledově zavádět využití vodíku jako zdroje energie pro pohon v dopravě.

Neformální podmínkou financování je spolupráce podniku (tj. i dopravních podniků) a výzkumného subjektu (např. vysoké školy). Podpora se pak pohybuje v rozmezí 25 – 100 % nákladů, v závislosti na druhu aktivit a typu žadatele.

9.3.3 ELENA

ELENA je nástrojem pro granty na technickou podporu. To znamená, že z programu ELENA je možné financovat přípravu studie proveditelnosti a analýz trhu, tvorbu investičních programů, obchodní plány, energetické audity, přípravu postupů zadávání veřejných zakázek a smluvní dohody a předávání řízení investičních programů nově přijatým zaměstnancům.

ELENA se zaměřuje na tyto oblasti:

- veřejné i soukromé budovy, vč. sociálního bydlení a veřejného osvětlení;
- integrace obnovitelných zdrojů energie do staveb;

- městská doprava;
- místní infrastruktura včetně „smart grids“ (viz kapitola 7.5), ICT infrastruktury pro energetickou efektivnost, infrastruktura pro vozidla s alternativním pohonem.

Nástroj ELENA kryje až 90 % veškerých nákladů na technickou přípravu takových projektů. Typicky se jedná o přípravu dokumentace u projektů nad 30 milionů EUR, přičemž základní podmínkou je nutnost udržet pákový efekt ve výši minimálně 20 bodů. To konkrétně znamená, že pokud program ELENA poskytne například 1 mil. EUR na přípravu projektu, musejí tyto náklady být nezbytné pro vyvolání investice ve výši minimálně 20 mil EUR. Typickým příkladem je studie proveditelnosti vč. tvorby finančního modelu pro renovaci celého bytového fondu města, nebo veřejného osvětlení apod.

Ukázkou projektu využívajícího tyto prostředky může být projekt Bezemisní autobusy v Nizozemí (projekt „The Zero Emission Buses in Netherlands“). Jeho cílem byla výměna dieselových autobusů za bezemisní vozidla v provinciích Severní Brabantsko a Limburg. ELENA zde financuje v projektu služby specializovaných konzultantů na podporu organizace, koordinace, obstarávání a usnadnění všech relevantních činností a odborných znalostí. Podpora ze strany ELENA dosáhla 2,45 mil. EUR, přičemž tyto prostředky pomohly mobilizovat investice ve výši 587 milionů EUR z veřejných zdrojů a v rámci návazných finančních modelů ve spolupráci se soukromými subjekty.

9.3.4 DANUBE

Města mohou již dnes využívat prostředky na tvorbu nízkouhlíkových strategií, a to například v rámci programů Central Europe nebo Programu DANUBE. Ministerstvo dopravy pak může využít prostředky na výstavbu nabíjecích stanic pro individuální elektromobilitu, například formou výstavby na parkovištích P+R či na páteřní dopravní infrastruktuře. Ministerstvo průmyslu a obchodu bude podporovat individuální elektromobilitu v podnikatelském sektoru v rámci Operačního programu podnikání a inovace pro konkurenceschopnost. Další prostředky a opatření pak lze očekávat s končícím procesem přípravy Národního akčního plánu čisté mobility, který je připravován v gesci Ministerstva životního prostředí.

9.4 Připravenost uživatelů

Jak patrné, je užitečné průběžně sledovat aktuální vývoj v přípravě a vyhlašování programů pro využívání zdrojů spolufinancování na evropské a národní úrovni a konzultovat možnosti jejich využití pro rozvoj elektrické dopravy ve městech. Přitom se nabízí zavedené i méně obvyklé zdroje financování.

Zároveň je vhodné v dostatečném předstihu definovat projekt a zahájit práce na jeho přípravě, tak aby v případě otevření programu pro přijímání žádosti o spolufinancování byl dostatek času na kvalitní, nezpochybnitelnou žádost.

Je rovněž žádoucí vyvíjet průběžně iniciativy k tomu, aby byla elektromobilita v MHD odpovídajícím způsobem neustále zohledňována v programových dokumentech na národní úrovni, řešících problematiku ekologicky čisté mobility, a přijímána jako stálý a rozvíjející se fenomén, významně přispívající čisté mobilitě ve městech.

10 Závěry a doporučení

10.1 Souhrnné závěry Studie

10.1.1 Perspektivy elektrických autobusů

V současné době se jako nejperspektivnější jeví

- ze středně- a dlouhodobého pohledu oportunitní (neboli průběžně dobíjené) elektrobuses (dobíjené přes den na trase) a palivočláňkové autobusy;
- z krátkodobého pohledu diesel-hybridní autobusy;
- z krátkodobého i dlouhodobého pohledu parciální trolejbusy tam, kde dojezd bez troleje může napomoci významně optimalizovat náklady na jednotku přepravního výkonu a zároveň nahradit provoz dieselových nebo plynových autobusů, s příslušnými celospolečenskými přínosy.

10.1.2 Energetická hospodárnost a vlivy na životní prostředí

Elektrický pohon je energeticky nejehospodárnější i nejekologičtější, a to jak v místě, tak se zohledněním výroby energie podle principu „well-to-wheel“. Platí to pro všechny druhy elektrických autobusů včetně diesel-hybridního. Konkrétní hodnoty se různí podle zdrojů informací, relace mezi nimi se řádově příliš neliší.

V případě palivočláňkových pohonů pro městské autobusy je pro posouzení ekologické náročnosti třeba posuzovat konkrétní zdroj vodíku pro konkrétní projekt. Vodík může být vyráběn elektrolýzou z obnovitelných zdrojů energie, kde dopad na životní prostředí je minimální. Může také být odpadním produktem v chemické výrobě, jejíž uhlíkové emise jsou značné, ale provozem palivočláňkových autobusů využívajícím tento „odpad“ se nijak významně nezvyšují.

CNG se co do národohospodářských škod z emisí v současné době blíží dieselu Euro V a převyšuje diesel Euro VI. Z tohoto pohledu je pro město CNG pohon méně ekologický než elektrické pohony včetně diesel-hybridního. Srovnání pohonů z pohledu emisí nanočástic nebylo předmětem podrobné analýzy v rámci této Studie, z dostupných zdrojů se však lze domnívat, že v městském provozu představuje CNG zdravotní rizika minimálně srovnatelná se standardním dieselem. S ohledem na tyto skutečnosti je označování CNG v městském provozu jako „ekologický“, případně „čistý“ pohon přinejmenším velmi sporné, byť je tato fráze poměrně zažitá.

Tím není nijak zpochybňováno využití tohoto pohonu v jiném než městském prostředí. Rovněž je zřejmé, že náhrada starších dieselových autobusů novými plynovými autobusy bude fakticky znamenat přínos pro životní prostředí ve městě, podobně jako náhrada starších dieselových autobusů novými diesely.

Prodloužení dojezdu trolejbusu mimo trolej pomocí jednotky na spalovací motor řeší provozní problémy spojené se závislostí trolejbusu na trolejové infrastruktuře, je však sporné z pohledu ekologických účinků. Jako perspektivní a celospolečensky žádoucí se proto jeví spíše koncept parciálního trolejbusu, využívajícího bateriový zdroj energie pro nezávislý provoz na významné části oběhu vozidla.

10.1.3 Náklady

Náklady na trakční energii či palivo jsou u elektrických pohonů, včetně diesel-hybridních, nižší než u spalovacích motorů, včetně plynových.

Z pohledu celoživotních nákladů jsou elektrické pohony prozatím dražší než spalovací motory, elektrobusy a palivočlánkové autobusy však zároveň mají vysoký potenciál postupného zlevňování díky možnostem sériové výroby.

U trolejbusů jako tradičně zavedeného produktu (historicky starého více než sto let) se díky prodlouženému dojezdu s bateriovými zásobníky snižuje podíl nákladů infrastruktury na celkových celoživotních nákladech. Nákladovou efektivnost je pak třeba posuzovat vždy pro daný konkrétní projekt.

Konkrétní nabízené produkty a technologie se přitom mohou svými parametry lišit od průměru.

10.1.4 Provozní spolehlivost

Provozní spolehlivost elektrických autobusů je ovlivněna především sériovostí jejich výroby a konkrétním technickým řešením. U osvědčených produktů plně odpovídá běžnému standardu u vozidel MHD. Nejčastější příčinou odstavení mimo provoz bývají banální mechanické závady přímo nesouvisející s elektrickým pohonem.

10.1.5 Další závěry

Existuje velká variabilita technických řešení, která se neustále vyvíjejí. Při jejich volbě je žádoucí uzpůsobovat zvolené technické řešení požadavkům konkrétního přepravního trhu, ne naopak.

Rychlý vývoj technologií v e-mobilitě tedy představuje potenciál pro životní prostředí i trh, a to jak v rámci samotné elektromobility, tak v synergiích mezi elektromobilitou a energetikou s podporou informačních systémů při rozvíjení konceptů „smart grid“ a „smart city“.

V zahraničí existuje úzká spolupráce výzkumné sféry, výrobců a dopravců vedená snahou co nejrychleji dostat nové produkty na běžný trh. V ČR se zatím podobné iniciativy uplatňují jen málo.

10.2 Závěry a doporučení pro dopravce a municipality

10.2.1 Elektrobusy

Elektrobusy učinily během nedávného období významný pokrok pro praktické využití u dopravců. Omezení spojená s jejich dojezdem lze účinně řešit rychlodobíjením během dne. Mohou proto být efektivní a ekologickou alternativou k autobusům, ale i k trolejbusům na trasách, kde se nevyplatí udržovat trolejovou infrastrukturu. Mohou také předcházet zavedení trolejbusů či prodloužení trolejbusových tratí v rozvíjející se nové zástavbě, kde dosud nejsou pevně stabilizované trasy a přepravní proudy cestujících.

Průmysl již dnes nabízí řadu zajímavých a potenciálně výhodných řešení pro elektromobilitu MHD a neustále vznikají a jsou zkoušena další. Lze si z nich vybrat pro konkrétní podmínky svého vlastního přepravního trhu. Je však třeba dobře znát současné a budoucí požadavky tohoto trhu i možnosti nabízených technických řešení.

Příkladem úspěšného nasazení elektrobusů v ČR je jejich provoz v DP Ostrava. O provoz těchto vozidel je mezi provozovateli MHD stále rostoucí zájem. Příkladem neúspěchu je ukončený provoz elektrobusů v DP hl. m. Prahy. Hlavní příčinou neúspěchu zde bylo použití nesprávného konkrétního produktu nesprávným způsobem, nikoliv nasazení elektrobusu obecně.

10.2.2 Palivočláňkové autobusy

Palivočláňkové autobusy jsou v ČR, na rozdíl od zahraničí, prozatím ve velmi raném stadiu a omezují se na jediný projekt TriHyBus. Tento pohon přesto není radno podceňovat. Podobně jako elektrobusy se rychle vyvíjí a do budoucna je mu na evropské i světové úrovni dáována velká perspektiva, protože spojuje výhody čistě elektrického pohonu s dojezdovou vzdáleností spalovacích motorů. Důležitou hnací silou, podobně jako v zahraničí, přitom mohou paradoxně být velcí automobiloví výrobci nebo bohaté společnosti spojené s provozováním konvenčních čerpacích stanic, které využívají příležitosti stát se významným hráčem v souvislosti s alternativními pohony.

Vyplatí se proto dění v tomto oboru sledovat a bude-li příležitost, zapojit se do rozvojových projektů.

10.2.3 Parciální trolejbusy

Tam, kde existuje infrastruktura pro trolejbusy, se nabízí možnost efektivní kombinace elektrobusů a trolejbusů ve formě parciálních trolejbusů, u níž může být dostačující i elektrifikace 30 % nebo pouhých 10 % celkové trasy.

Jejich problémem v ČR stále zůstávají legislativní nejasnosti. Zatímco trolejová infrastruktura je zařízení jednoznačně podléhající zákonu o drahách a souvisejícím předpisům, u trolejbusů s prodlouženým dojezdem není dáno, zda jde o drážní vozidlo (jako doposud) nebo spíše o silniční vozidlo využívající ke svému provozu částečně drážní infrastrukturu (jak by napovídala technická logika).

10.2.4 Diesel-hybridní autobusy

Diesel-hybridní autobusy mají menší jednotkové náklady na palivo oproti standardním dieselovým autobusům i oproti autobusům na CNG pohon. V porovnání s CNG je jejich provoz, zvláště v uzavřené městské zástavbě také méně zdraví škodlivý. Vzhledem k fungujícímu trhu hybridních autobusů je vhodné při nákupu těchto vozidel využít vyjednávací sílu kupujícího a zároveň propagovat tento pohon jako ekologicky šetrný.

Plug-in hybridní autobus fakticky představuje elektrobus s prodlouženým dojezdem, využívající dieselový pohon mimo uzavřené městské centrum. Toto konstrukční řešení je určeno zejména pro smíšený provoz ve městech s bezemisními zónami, které autobus projíždí v plně elektrickém režimu.

10.2.5 Efektivnost provozu a financování

Případné navýšení nákladů na elektrické autobusy oproti standardním pohonům bývá plně nebo alespoň částečně kompenzováno ekologickými přínosy. Ty je možno alespoň orientačně vyčíslit v peněžních jednotkách na základě statistických údajů a výsledků publikovaných odborných studií, a tím ovlivnit politické rozhodnutí ve prospěch potřebných dotací z veřejných zdrojů.

Pro první srovnání možných řešení stačí orientační propočty a kalkulace. Pro konkrétní investiční záměr je žádoucí provést detailnější zhodnocení daného konkrétního projektu a možných alternativ formou studie proveditelnosti nebo jiného odpovídajícího dokumentu.

Investiční záměr je vhodné realizovat formou rozvojového projektu, jehož základem je jasné stanovení potřeby a možností využití elektrických autobusů. Projektový tým by měl zahrnovat zaměstnance dopravce, případně municipality, i externí specialisty, tak aby byla účinně propojena znalost místních poměrů s celkovým přehledem o trzích a možnostech elektrických autobusů.

Elektromobilita má podporu v rámci EU, čemuž odpovídají i finanční zdroje, které lze získat na spolufinancování projektů v elektromobilní MHD. Je rovněž jasně zakotvena ve státní

energetické koncepci ČR. Pro financování příslušných projektů jsou k dispozici finanční zdroje v rámci národních a nadnárodních programů, podrobněji rozebrané v této studii. Je přitom vhodné dále zřetelně projevit zájem o jejich využití ve vztahu ke správcům těchto zdrojů a připravit k tomuto účelu kvalitní projekty.

Příprava žádosti o spolufinancování se neobejde bez vypracování cost-benefit analýzy (analýzy nákladů a přínosů), která hodnotí strategický smysl a cíl projektu a podrobně posuzuje jeho finanční a celospolečenskou efektivnost včetně externalit. Zapojení vnějších expertů do této činnosti může významně přispět k celkové úspěšnosti projektu a uspořít čas žadateli.

Není důvod k obavám ze zapojení dopravce do rozvojových projektů, případně do projektů elektromobility řešených formou veřejně soukromých partnerství nebo dodávek „na klíč“. Je pouze třeba znát a vyčíslit hlavní příležitosti a rizika takovýchto řešení a podle toho nastavit smluvní vztahy a finanční toky v rámci projektu.

10.3 Závěry a doporučení pro veřejnou administrativu

10.3.1 Hlavní oblasti veřejné podpory

Elektromobilita představuje potenciál pro podporu z veřejných zdrojů státu a EU ve dvou základních oblastech:

- podpora výzkumu, vývoje a zkoušek v běžném provozu u produktů ve vývoji (vyvíjené elektrobuses, palivočlánkové autobusy a jejich součásti – trakční baterie, palivové články, hybridní systémy a jejich řízení) a u systémů smart grids.
- dotace na ekologickou MHD u hotových produktů (metro, trolejbusy nebo sériově vyráběné elektrobuses) v návaznosti na dopravní strategie měst a regionů.

V obou případech je třeba se soustředit na přípravu a realizaci konkrétních projektů, zahrnujících zástupce průmyslu, dopravců, výzkumné a vývojové sféry a dalších zúčastněných subjektů v rámci příslušných národních i nadnárodních programů. Zvláště významné mohou být takovéto projekty při praktickém naplňování konceptu smart city.

Je namístě obezřetnost při zahrnování pohonu na CNG mezi ekologickou dopravu v případě městských autobusů, s ohledem na jeho problematické dopady na životní prostředí v městských podmínkách. Naopak je na zvážení, zda striktní odmítání naftového pohonu jako „neekologického“, pokud by se týkalo i diesel-hybridních autobusů, není de facto kontraproduktivní.

Návratnost vynaložených prostředků z veřejných zdrojů vychází ze sociálně ekonomických přínosů elektrické MHD, a to jak ekologických, tak ostatních (zejména úspor času nebo úspor nákladů převedené individuální dopravy). Tyto efekty lze s využitím existujících informací alespoň rámcově vyčíslit v peněžních jednotkách a postavit vedle čistě finančního hodnocení. Pro detailní hodnocení finančních a sociálně ekonomických účinků projektu při zpracování cost-benefit analýz je třeba se řídit pokyny oficiální metodiky DG REGIO nebo příslušných národních metodik.

10.3.2 Vícezdrojové financování

Pro financování projektů elektromobility MHD je třeba zapojit veřejné i soukromé finanční zdroje včetně zdrojů EU, kde má elektromobilita podporu.

Pro realizaci každého z těchto projektů je nutno najít vhodné organizační a finanční schéma, včetně různých forem veřejně soukromých partnerství.

Vhodnost konkrétního organizačního a finančního schématu je třeba analyzovat a podpořit studií proveditelnosti, cost-benefit analýzou (viz kapitola 8) nebo jiným srovnatelným dokumentem.

10.3.3 Legislativní problémy

Je žádoucí urychleně řešit legislativní bariéry, bránící zavádění inovativních technologií v elektrické MHD do provozní praxe.

Týká se to zejména trolejbusů s prodlouženým dojezdem. Zatímco trolejová infrastruktura je zařízení jednoznačně podléhající zákonu o drahách a souvisejícím předpisům, u vozidel panují nejasnosti ohledně jejich příslušností drážní nebo silniční legislativě.

Prodloužený dojezd trolejbusu mimo trakční vedení se přitom stále více stává standardem a technologie umožňují zvýšit jeho podíl až na 70 i více procent, s příslušným pozitivním dopadem na nákladovou efektivnost této dopravy, a tím i veřejné finance.

10.3.4 Interpretace pojmů „čistá mobilita“ a „elektromobilita“

Je rovněž zapotřebí ujasnit a správně interpretovat obecně rozšířené pojmy, jako zejména „čistá mobilita“ nebo „elektromobilita“, a to jak při běžné komunikaci s veřejností, tak při formulaci strategických dokumentů na národní úrovni.

Tyto pojmy jsou často používány v omezeném nebo zavádějícím slova smyslu. Pod „čistou mobilitou“ jsou v některých případech chápána pouze silniční vozidla na tzv. alternativní pohony, tj. spalovací motory neužívající tradiční benzín a naftu. Pod „elektromobilitou“ se často rozumí výlučně nebo převážně prostředky individuální automobilové dopravy využívající k pohonu elektromotor.

Z hlediska energetické efektivnosti a souvisejících přínosů v oblasti životního prostředí je rozhodující elektrická MHD, drážní a silniční, s ohledem na nejnižší vynaloženou energii na jednotku přepravního výkonu. Elektrické autobusy, tedy elektrobusy a parciální trolejbusy, zde představují rychle se rozvíjející směr. Zasazení elektrické MHD do celkové koncepce městské mobility a její podpora z veřejných zdrojů vytváří předpoklad pro efektivní zlepšení životního prostředí ve městech.

10.3.5 Komunikace s dopravci a jejich motivace

Dopravci představují velmi důležitý meziklánek mezi cestující veřejností jakožto uživateli veřejné dopravy, municipalitami a regiony jakožto jejími objednateli a dodavatelským průmyslem. Průběžná komunikace státních institucí s dopravci proto může být klíčová pro rozvoj ekologicky šetrné a uživatelsky atraktivní hromadné dopravy.

Je žádoucí motivovat dopravce

- k rozvoji elektrické MHD, protože standardní dieselový pohon, který je nejméně ekologický, je vzhledem ke zralosti trhu stále nejlevnější;
- k zapojení do rozvojových projektů elektrické MHD kvůli nezbytnosti konzistentních dat z reálného provozu s cestujícími pro vývoj technologií, které nelze plně nahradit laboratorními zkouškami.

Je rovněž žádoucí podpořit celkový zájem dopravců a jejich interní iniciativy směřující k rozvoji elektrické MHD, tak aby tomu nebránily administrativní překážky na straně státu a jiných veřejných institucí ani vžitě předsudky či zavedené stereotypy.

Kromě jednotlivých dopravců je pro státní správu vhodným zastřešujícím subjektem pro komunikaci v těchto otázkách Sdružení dopravních podniků ČR, které pro tento účel zřídilo samostatnou Pracovní komisi pro elektromobilitu.

Seznam literatury

- [1] Chapman, D., Cowdell T. Understanding and managing public sector markets (1993). Sheffield: Sheffield Business School
- [2] Eudy, L., Chandler, K., Gikakis, C (2012). Fuel Cell Buses in U.S. Transit Fleets: Current Status 2012. Technical Report NREL/TP-5600-56406
- [3] Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (2012). Urban buses: Alternative powertrains for Europe
- [4] Johnson, G., Scholes, K., Whittington, R. Exploring Corporate Strategy (2008). Harlow: Pearson Education Limited 2008, ISBN 978-0-273-71192-6
- [5] Slavík, J. Finanční průvodce nefinančního manažera. Praha: Grada Publishing 2013 ISBN 978-80-247-4593-0
- [6] Slavík, J. Marketing a strategické řízení ve veřejných službách. Praha: Grada Publishing 2014 ISBN 978-80-247-4819-1
- [7] Civitas WIKI Consortium. CIVITAS policy note: Smart choices for cities – Clean buses for your city, 2013
- [8] Polák, L., Čermáková, J. Analýza energetické náročnosti pro stanovené způsoby výroby, distribuce, skladování a využívání vodíku. ÚJV Řež, a.s. 2013
- [9] Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020, European Commission REGIO DG 02 2014
- [10] Další zdroje informací, neuvedené výše:
- údaje od partnerů studie: ŠKODA ELECTRIC a.s., Cegelec Praha a.s., Volvo Group Czech Republic s.r.o. a SmartPlan s.r.o.
 - údaje od dalších spolupracujících organizací Studie: Sdružení dopravních podniků ČR, Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, ČVUT Fakulta dopravní, Dopravní podnik Ostrava a.s., EKOVA ELECTRIC a.s., ÚJV Řež a.s., Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost, Dopravní podnik města Brna, a.s., SOR Libchavy spol. s r.o., Siemens, s.r.o., ABB s.r.o., Solaris Bus & Coach S.A., European Hydrogen Association, BC Transit (Kanada), SunLine Transit Agency (USA), Transport for London (V. Británie), Lunds universitet – LU Open Innovation center (Švédsko)
 - publikované informace z projektů HyFleet: CUTE, 100 Bus Electriques, CHIC, Whistler Fuel Cell Buses, Slide In, Trolley, High V.LO-City, ZeEUS a Flanders' DRIVE
 - odborná média a informační portály: Proelektrotechniky.cz, FuelCellToday, Railway Gazette International, Eltis.org
 - bakalářská práce Tomáš Ludvík: Ekonomika provozu elektrobusu, FD ČVUT 2013
 - ARB's Study of Emissions from "Late-model" Diesel and CNG Heavy-duty Transit Buses: Preliminary Nanoparticle Measurement Results, California Environmental Protection Agency, Air Resources Board (ARB) 2010
 - Evropská komise: Bílá kniha. Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje. KOM(2011)144 v konečném znění („Bílá kniha o dopravě“)
 - archiv zpracovatele
- (souhrnně označované jako „údaje z průzkumu“)

Příloha: ŠKODA ELECTRIC – generální partner studie

Stručné představení výrobce

ŠKODA ELECTRIC je jedním z předních evropských výrobců trolejbusů, elektrických pohonů a trakčních motorů pro tramvaje, trolejbusy, lokomotivy, metro atd. Škoda Electric je součástí nadnárodní skupiny ŠKODA TRANSPORTATION, která má několik dceřiných společností v České republice, ale také v Německu, Polsku, Maďarsku a Rusku. Jako inovativní společnost, která sleduje moderní trendy a díky vysokým investicím do výzkumu a vývoje může Škoda Electric přicházet na trh s novými a moderními produkty, které si úspěšně nacházejí své místo na domácím i zahraničních trzích.

Škoda Electric nabízí svým zákazníkům moderní nízkopodlažní trolejbusy o délce 12 m, 15 m a 18 m, které jsou vybaveny veškerou elektrovýzbrojí a asynchronním motorem Škoda. Moderní trolejbusy mohou být opatřeny také pomocným dieselaagregátorem a mikroprocesorově řízeným napěťovým střídačem s možností rekuperace, ale také bezúdržbovými bateriemi nebo výkonnými superkapacitami. Mezi další významné okruhy výroby patří výroba trakčních motorů, které se vyznačují vysokou technologickou vyspělostí s maximální spolehlivostí a synchronních motorů s permanentními magnety. Třetím pilířem je výroba moderních trakčních pohonů pro 100% nízkopodlažní vozidla, plně otočné podvozky např. pro tramvaje, elektrické lokomotivy, LRV (Light rail vehicle) nebo trolejbusy.

Elektrobus Škoda PERUN – historie a dosavadní úspěchy

Elektrobus Škoda PERUN ve dvou typových verzích, HE 26BB pro maximální dojezd a HP 26BB pro rychlé průběžné dobíjení, spolu s dobíjecím zařízením konstrukce Škoda Electric jsou podrobně popsány v kapitole 5.1 této studie. Zde je přiblížena historie jeho konstrukce a dosavadní úspěchy.

Projekční příprava vozu Škoda PERUN HP 26BB byla zahájena již v polovině roku 2013, samotná karoserie byla dodána na počátku roku 2014 a po montáži všech komponent byly od září 2014 zahájeny zkušební jízdy potřebné ke schválení vozidla.

Společnost se již v roce 2013 naplno pustila do vývoje bateriových autobusů a výsledkem byl elektrobus s vlastní elektrickou výzbrojí s obchodním názvem Škoda Perun, jehož jméno je zkratkou anglického sousloví Pure Electric RUNner a zároveň nese jméno slovanského boha blesku. První prezentace se uskutečnila v rámci projektu Evropské dny mobility v Praze v září 2013 a následně byl elektrobus představen v listopadu na českém veletrhu CZECHBUS 2013. Po dokončení homologačního procesu absolvoval elektrobus prezentační jízdy v Českých Budějovicích, Hradci Králové, Liberci, Mariánských Lázních, Olomouci, Opavě, Pardubicích, Zlínu nebo polském Krakově.

Standardní bateriový autobus Škoda Perun HE není jediným bateriovým autobusem, který společnost nabízí. Druhým typem elektrobusu je Škoda Perun HP, který se zásadně liší v řešení baterií, délkou dojezdu a možnostmi nabíjení. Tento typ byl představen na tiskové konferenci společnosti v rámci veletrhu CZECHBUS 2014, kde ŠKODA ELECTRIC jako jeden z největších světových výrobců trolejbusů vystavovala na vlastním stánku, jenž byl mj. oceněn porotou veletrhu třetím místem za nejlepší expozici do 100 m².

Čím se tedy nový Perun liší od toho, s nímž se mohla veřejnost seznámit o rok dříve? Jiné je už samotné typové označení obou elektrobusů. Zatímco první vůz nese oficiálně celé jméno Škoda PERUN HE 26BB, v případě mladšího z vozů jde o Škoda PERUN HP 26BB. Význam obchodního jména PERUN byl již vysvětlen v předchozím odstavci, Škoda 26 vychází z typového značení trolejbusů se stejným typem karoserie (tj. Škoda 26 Tr Solaris) a písmena

BB jsou zkratkou pro anglické Battery Bus (bateriový autobus). Až potud jsou tedy oba modely shodné. Klíčová jsou následující dvě písmena v typovém značení, a sice HE a HP. Ty totiž odkazují právě na odlišný typ užitých baterií a způsob nabíjení.

V prvním případě je kladen důraz na maximalizaci dojezdu, která, při plně elektrickém pohonu všech pomocných zařízení včetně klimatizace, dosahuje až 150 km.

Ve druhém případě odpovídá konstrukční řešení průběžnému dobíjení s dojezdovou vzdáleností 30 km a je zaměřeno na optimální provozní vlastnosti vozidla a minimální dobu průběžného dobíjení.

Škoda Electric společně s Plzeňskými městskými dopravními podniky, Západočeskou Univerzitou a Plzeňskou teplárenskou se zapojila do prestižního evropského unijního projektu ZeEUS (Zero Emission Urban Bus System; Městský autobusový systém s nulovými emisemi), který cílí na implementaci elektrobuses do veřejné dopravy a jehož koordinátorem je mezinárodní asociace pro veřejnou dopravu UITP. V rámci tohoto projektu budou v letech 2015 – 2017 nasazeny dva bateriové autobusy Škoda PERUN HP doplněné rychlodobíjecí stanicí ŠKODA na autobusových linkách č. 27 a 33. Vedle Plzně je do projektu zapojeno dalších 7 evropských měst (Barcelona, Bonn, Cagliari, Glasgow, Londýn, Münster a Stockholm).

ŠKODA ELECTRIC a.s.

Škoda Electric podporuje elektromobilitu

„Elektromobilita rozdmýchává nebývalým způsobem dlouho stojaté vody oboru veřejné dopravy. Ani baterioví skeptici a ortodoxní zastánci dieselových pohonů nezůstávají nedotčeni a stále častěji připouštějí, že tento směr skutečně může představovat blízkou budoucnost dopravy zejména v přeplněných městech, která denně podstupují extrémní ekologickou zátěž. Vývoj celého oboru ale není neobvyklý.

Nejprve bylo na řadě překonat základní technické překážky a omezení. Technici jsou ve shodě. Vozidla na baterie jezdí spolehlivě a již nyní jsou ve stavu, kdy jimi lze začít revitalizovat vozové parky dopravních podniků. První referenční projekty již existují.

Příkladem může být ZeEUS v Plzni. Na úvod dva bateriové autobusy, dobíjecí stanice, jedna linka. Ještě nebyl ukončen ani testovací provoz a zájem veřejnosti je nebývalý. Pochopení města, zájem dopravního podniku a motivace výrobce zafungovaly, a daly tedy vzniknout projektu, který může odstartovat přeměnu celé dopravní infrastruktury jedné aglomerace. Musí se samozřejmě osvědčit. Zůstává sice stále mnoho nedořešených otázek ohledně systémů nabíjení nebo vhodného provozu, ale to jsou vše přirozené a řešitelné problémy související s novou technologií. Nyní tedy nastává fáze, kdy důležité bude pochopení a podpora institucí, které určují legislativu a ovlivňují finance. Nezbyvá než doufat, že i jinde se podaří zájmy propojit. Výsledný přínos za to jistě stojí.“

Ing. Radek Svoboda, ŠKODA ELECTRIC a.s.

