



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

**Ústav automobilů, spalovacích
motorů a kolejových vozidel**

Hybridní a elektrické pohony autobusů

Hybrid and Electric Drives of Buses

Bakalářská práce

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní obor: 3901R051 Konstruování podporované počítačem
Vedoucí práce: Ing. Josef Morkus, CSc.

Jan Valenta

Praha 2015

Vysoká škola: **České vysoké učení technické v Praze**
Fakulta : **strojní**
Ústav: **12120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Akademický rok: **2014/2015**



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): **Jan Valenta**

studijní program: **B 2341 Strojírenství**
studijní obor: **3901R051 Konstruování podporované počítačem**

Název tématu: **Hybridní a elektrické pohony autobusů**

Název tématu anglicky: **Hybrid and Electric Drives of Buses**

Označení diplomové práce: **BP 2015 – MV 02**

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte rešerši autobusů s hybridním pohonem a elektrobusů. Zjistěte uspořádání hnacího ústrojí, typ a výkon spalovacího motoru a elektromotoru/generátoru, typ a kapacitu akumulátoru a další technické údaje. Proved'te posouzení příčin vzniku, výhod a nevýhod těchto pohonů a navrh'nete jejich kategorizaci.

Rozsah průvodní zprávy: min. 25 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek v textu)

Rozsah grafických prací:

Doporučené podklady: Přednášky hybridní pohony,
internetové podklady,
M. Novotný: BP Hybridní pohony sportovních, soutěžních a
závodních automobilů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Morkus, CSc.

Odborný konzultant:


Datum zadání bakalářské práce: 30.4.2015

Datum odevzdání bakalářské práce: 19.6.2015

Studijní a zkušební řád ČVUT v Praze, čl. 21, odst. 4: „Pokud student neodevzdal bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.“

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použitých literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Zadání bakalářské práce převzal dne: 30.4.2015


.....
podpis diplomanta



Doc. Ing. Oldřich **VÍTEK**, Ph.D.
vedoucí ústavu 12120





Prof. Ing. Michael **VALÁŠEK**, DrSc.
děkan fakulty strojní

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Hybridní a elektrické pohony autobusů“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Josefa Morkuse CSc., s použitím zdrojů uvedených na konci mé bakalářské práce v seznamu zdrojů. Nemám námitky proti použití mé práce pro potřeby ČVUT v Praze.

V Praze dne 18. 6. 2015

.....

Jan Valenta

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Morkusovi, CSc. za jeho cenné rady, připomínky a odborné konzultace, které posloužily k vypracování mé závěrečné práce.

Anotační list

Jméno autora:	Jan VALENTA
Název BP:	Hybridní a elektrické pohony autobusů
Anglický název:	Hybrid and Electric Drives of Buses
Rok:	2015
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Obor studia:	3901R051 Konstruování podporované počítačem
Ústav:	<i>Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel</i>
Vedoucí BP:	<i>Ing. Josef Morkus CSc.</i>
Konzultant:	-
Bibliografické údaje:	počet stran 60 počet obrázků 42 počet tabulek 15 počet příloh 0
Klíčová slova:	Hybrid, hybridní pohon, elektrický pohon, elektrobus, normy EUROx, pohonné jednotky, akumulátory, Volvo, Optare Versa, Škoda, SOR, dotace.
Keywords:	Hybrid, hybrid drive, electric drive, hybridbus, elektrobus, standard EUROx, powerplant, batteries, Volvo, Optare Versa, Starbus, Starbus, SOR, grant.
Anotace:	Náplní této bakalářské práce je rozbor problematiky v oblasti hybridních autobusů a elektrobusů. Pojednává o komponentech a druzích pohonů. Posuzuje vznik, výhody a nevýhody daných pohonů. Práce kategorizuje tyto autobusy do několika skupin.
Abstract:	The aim of this bachelor's thesis is analysis of the problems of hybrid buses and electric bus. Discusses the components and types of drives. Assessing the formation, advantages and disadvantages of the drives. Work categorizes these buses into several groups.

OBSAH

1.	ÚVOD	9
2.	DEFINICE POHONŮ PRO HYBRIDNÍ AUTOBUSY A ELEKTROBUSY	10
2.1	HYBRIDNÍ POHON.....	10
2.1.1	<i>Druhy hybridních pohonů dle koncepce uspořádání</i>	10
2.1.1.1	Sériový hybridní pohon.....	11
2.1.1.2	Paralelní hybridní pohon	12
2.1.1.3	Kombinovaný hybridní pohon.....	12
2.1.2	<i>Druhy hybridních pohonů dle funkce</i>	13
2.1.2.1	Mild hybrid	13
2.1.2.2	Full hybrid.....	14
2.1.2.3	Plug-in hybrid	14
2.1.3	<i>Výhody a nevýhody hybridních pohonů</i>	14
2.2	ELEKTRICKÝ POHON	15
2.2.1	<i>Výhody a nevýhody elektrických pohonů</i>	15
3	DŮVODY PRO ZAVEDENÍ HYBRIDNÍCH AUTOBUSŮ A ELEKTROBUSŮ	17
3.1	SNIŽOVÁNÍ ZÁSOB ROPY A VÝVOJ CEN PALIVA	17
3.2	EMISNÍ LIMITY PRO AUTOBUSY.....	18
3.2.1	<i>Emisní normy EUROx</i>	18
4	KOMPONENTY HYBRIDNÍCH POHONŮ A ELEKTRICKÝCH POHONŮ	19
4.1	POHONNÉ JEDNOTKY	19
4.1.1	<i>Spalovací motory</i>	19
4.1.2	<i>Elektromotory</i>	20
4.2	ZÁSOBNÍKY ENERGIE	20
4.2.1	<i>Akumulátory</i>	20
4.2.2	<i>Superkondenzátory</i>	21
4.2.3	<i>Setrvačníky</i>	22
4.3	PŘEVODOVÁ ÚSTROJÍ.....	23
4.3.1	<i>Plně automatické převodovky</i>	23
4.3.2	<i>Automatizované převodovky</i>	24
5	KATEGORIZACE HYBRIDNÍCH AUTOBUSŮ A JEJICH TECHNICKÉ PARAMETRY	25
5.1	KLASICKÉ HYBRIDNÍ AUTOBUSY	25
5.1.1	<i>Volvo 7900 hybrid</i>	25
5.1.2	<i>SOR NBH 18</i>	26
5.1.3	<i>Tata Starbus CNG Hybrid</i>	28
5.1.4	<i>Optare Versa V970-H</i>	29



5.1.5	MAN Lion's City Hybrid.....	30
5.1.6	Iveco Irisbus Citelis 18 m Hybrid.....	32
5.2	PLUG-IN HYBRIDNÍ AUTOBUSY	33
5.2.1	Škoda H12	33
5.2.2	Solaris Urbino 18 Hybrid Vossloh Kiepe.....	34
5.3	OPORTUNITNÍ PLUG-IN HYBRIDNÍ AUTOBUSY	36
5.3.1	Volvo 7900 Electric hybrid.....	36
6	KATEGORIZACE ELEKTROBUSŮ.....	39
6.1	KLASICKÉ ELEKTROBUSY	39
6.1.1	Optare Versa V1100-EV	39
6.1.2	SOR EBN 11.....	41
6.1.3	BYD electric bus	42
6.2	OPORTUNITNÍ ELEKTROBUSY	43
6.2.1	Gyrobus.....	44
6.2.2	Siemens/Rampini.....	45
6.2.3	Solaris Urbino Electric 12.....	46
7	DOTACE – MOŽNOSTI SPOLUFINANCOVÁNÍ.....	48
7.1	STRUKTURÁLNÍ A INVESTIČNÍ FONDY EU OBDOBÍ 2014-2020	48
7.1.1	IROP	48
7.1.1.1	Nízkoemisní vozidla a související stanice.....	48
7.1.2	OP PIK (OPER. PROGRAM PODNIKÁNÍ A INOVACE PRO KONKURENCESCHOPNOST)	48
7.2	DALŠÍ ZDROJE SPOLUFINANCOVÁNÍ.....	49
7.2.1	HORIZON 2020	49
7.2.2	EPSILON.....	49
8	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	58
	SEZNAM TABULEK	60
	SEZNAM GRAFŮ	60

1. Úvod

Tato bakalářská práce ve formě rešerše řeší autobusy s hybridním pohonem a elektrobusy. Jejím cílem je popsání uspořádání hnacího ústrojí, typy spalovacích motorů a elektromotorů, typ a kapacita akumulátorů a popis dalších technických údajů. Bude provedeno posouzení příčin vzniku. Dále budou vyhledány výhody a nevýhody těchto pohonů. Důležitou část tvoří vlastní kategorizace těchto autobusů, kde budou v přehledných tabulkách shrnuty technické údaje ke každému autobusu zvlášť.

2. Definice pohonů pro hybridní autobusy a elektrobusy

2.1 Hybridní pohon

Hybridní pohon obecně znamená kombinaci několika zdrojů energie pro pohon jednoho daného vozidla. Vozidlo musí být vybavené nejméně dvěma zásobníky energie (palivová nádrž, baterie aj.) a odpovídajícími agregáty (spalovací motor, elektromotor aj.), které tuto energii transformují na trakční práci. Nejméně jeden z těchto zásobníků je zpravidla dobíjitelný během jízdy. [9] Zdroje mohou být použity samostatně nebo společně v závislosti na situaci.

Může se jednat např. o spalovací motor, elektromotor a akumulátor, palivový článek, elektromotor a akumulátor, spalovací motor a setrvačnick apod. Dochází k různým kombinacím, nejrozšířenější koncepce je spalovací motor, elektromotor a akumulátor. [2] Z technického pohledu zůstávají vozidla využívající hybridní pohon na rozhraní mezi konvenčním spalovacím a elektrickým způsobem pohonu, proto se jim začalo říkat hybridní. [3]

Poprvé v roce 1969 byl společností Daimler-Benz představen hybridní městský autobus Mercedes-Benz OS 302 jako experimentální vozidlo na frankfurtském autosalonu. Hybridní systém se skládal ze vznětového motoru, který byl doplněn stejnosměrným elektromotorem a olovenými bateriemi. [5] K praktickému užití dochází až po roce 2000. Mezi prvními začala hybridní autobusy sériově vyrábět firma Orion Bus Industries, která byla součástí koncernu Daimler. Do roku 2012, než firma zanikla, vyrobila 3 200 hybridních autobusů pro velká americká města, mezi něž patří New York (přes 1 700 ks). [1]

Druhy hybridních pohonů se v dnešní době dělí dle funkce a konstrukčního uspořádání.

2.1.1 Druhy hybridních pohonů dle koncepce uspořádání

Systémy s akumulátorem energie lze v principu rozdělit do následujících třech skupin – sériové, paralelní a kombinované uspořádání pohonu. Každá z těchto skupin má určitě své výhody a naopak nevýhody. Rozdělení dle struktury pohonu nejvíce závisí na vzájemných vazbách mezi hnacími složkami (spalovací motor, elektromotor poháněný akumulátory, převody a spojky). Elektromotor může pracovat ve dvou režimech – generátor a motor. Hybridní pohony mají možnost rekuperace. Při brzdění funguje

elektromotor jako generátor, který přemění kinetickou energii na elektrickou a ta se nakonec uloží do baterií. [1,10]

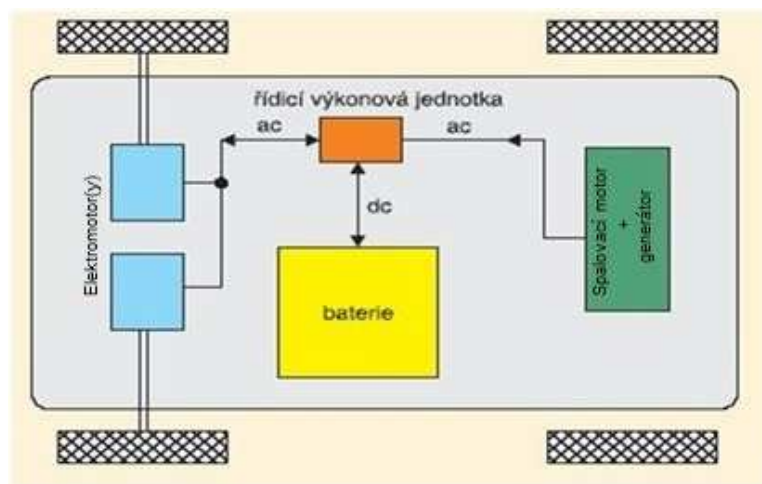
2.1.1.1 Sériový hybridní pohon

Jak již název napovídá, jedná se o vzájemné uspořádání komponentů za sebou viz obr. 1. Dalším velkým specifikem je, že mezi spalovacím motorem a hnací nápravou, na které bývá umístěn elektromotor(y), není pevná vazba. Zdrojem energie je právě spalovací motor, ten pohání generátor a vzniklým elektrickým proudem pak pohání elektromotor(y), případně dobíjí baterie. [2] Jestliže baterie nemohou pokrýt momentální potřebu energie, je spalovací motor automaticky startován. Vozidlo, které je vybaveno sériovým pohonem, je určeno především k jízdě na menší vzdálenosti a jízdě po městě. [11]

Výhod tohoto uspořádání je hned několik. První velkou výhodou je, že je možné nastavit pracovní bod spalovacího motoru tak, aby jeho účinnost byla při daném výkonu maximální. Navíc lze elektromotory umístit přímo do kol a pohánět každé kolo samostatně, tím se vyhnout celé řadě konstrukčních zádrhelů (jako převodovka, hnací hřídele). [10,12]

Mezi nevýhody sériového uspořádání patří vícenásobná přeměna energie. Dochází k přeměně mechanické energie spalovacího motoru na elektrickou, která se pak zpět přemění elektromotorem na mechanickou energii. Další nevýhoda je ve vyšší hmotnosti, která je způsobena vahou generátoru. [1]

Obr. 1: Sériové uspořádání hybridního pohonu. [2]



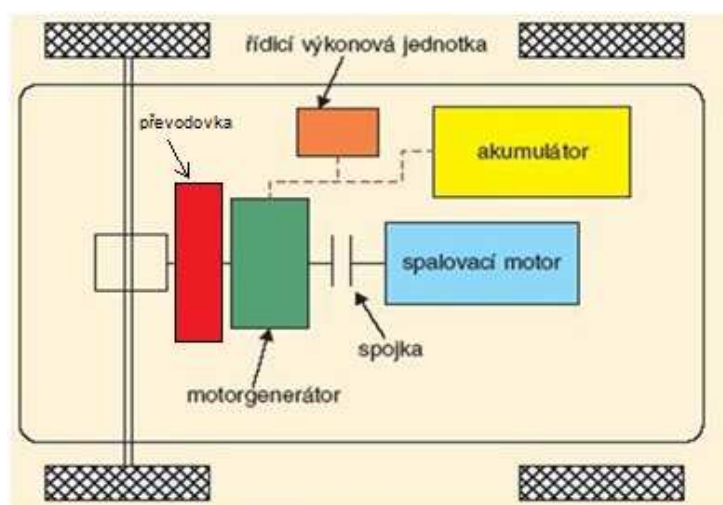
2.1.1.2 Paralelní hybridní pohon

Je druhým konstrukčním typem uspořádání systému pohonu viz obr. 2. Při tomto uspořádání je spalovací motor spojen mechanicky s poháněnou nápravou. Tento typ se skládá z klasického spalovacího motoru, mechanické převodovky a elektromotoru (generátoru). Elektromotor pomáhá vozidlu při rozjíždění, jízdě a předjíždění a je možná i jízda na čistě elektrickou energii. Tento systém je účinnější oproti sériovému systému. [3,10]

Vozidlo, které je vybaveno paralelním pohonem, je určeno především pro příměstský provoz s méně zastávkami.

Nevýhoda je, že spalovací motor a elektromotor mají stejné otáčky, proto není možné nastavit pracovní bod spalovacího motoru tak, aby jeho účinnost byla při daném výkonu maximální. Další nevýhodou je omezená možnost rekuperace, pokud nelze spalovací motor při brzdění odpojit spojkou. [1]

Obr. 2: Paralelní uspořádání hybridního pohonu. [2]



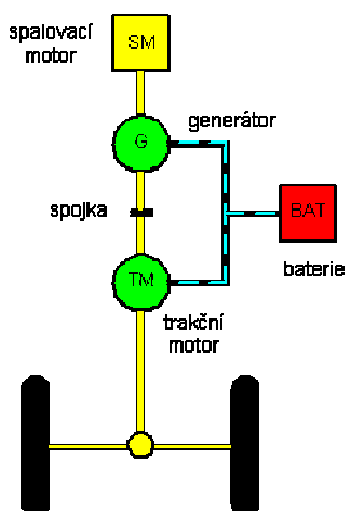
2.1.1.3 Kombinovaný hybridní pohon

Poslední skupinou jsou kombinované hybridní pohony. Vznikly díky nedostatkům předchozích systémů, ale dokážou také využít jejich výhod a skloubit je dohromady. Tento typ umožňuje přepínání mezi paralelním a sériovým zapojením, díky tomu se zvyšuje jeho efektivita. Nevýhodou jsou vyšší nároky na řídicí systém. [1,13]

- Přepínatelné pohony

U tohoto systému záleží na zapojení spojky. Při rozpojené spojce pracuje čistě jako sériový pohon a při sepnutí spojky jako paralelní pohon. [10]

Obr. 3: Kombinované přepínatelné uspořádání hybridního pohonu. [13]



2.1.2 Druhy hybridních pohonů dle funkce

Toto dělení můžeme také nazvat „stupeň hybridizace“, tím máme na mysli, v jaké míře je ve vozidle použito hybridního pohonu. Podle stupně hybridizace dělíme hybrid na mild, full, plug-in. Dále by se mohl, mezi již zmíněné zařadit i micro hybrid, což je pouze klasický Start & Stop systém, který je popsán v následujícím odstavci.

2.1.2.1 Mild hybrid

U tohoto typu hybridního pohonu je po celou dobu jízdy využíváno spalovacího motoru. Pro podporu spalovacího motoru používá elektromotor, který je umístěn v hnací větvi mezi motorem a převodovkou. Elektromotor pracuje jako spouštěč motoru či jako generátor k dobíjení akumulátorů (energie vznikající při brzdění) nebo jako podpora spalovacího motoru při zrychlování a ve vysokých výkonech. Dobíjení probíhá pomocí rekuperace a spalovacího motoru. Mild hybrid využívá i systému Start & Stop, který slouží k ekonomickému chodu motoru – umožní vypnutí spalovacího motoru ve chvíli, kdy dojde k výraznému zpomalení či zastavení (stání na křižovatkách, popojíždění v kolonách). [1,16]

2.1.2.2 Full hybrid

Jedná se o plně hybridní koncepci. Vozidla jsou schopna jet pouze na elektrický pohon nebo mohou kombinovat spalovací, tak elektrický motor. Při jízdě pouze na elektrickou energii dokážou ujet několik kilometrů o menší rychlosti. V tomto režimu má vozidlo v podstatě nulové emise. [17]

2.1.2.3 Plug-in hybrid

U tohoto typu je možností pro dobíjení baterií využití veřejné sítě – pomocí napájecích kabelů nebo střešního sběrače. V poslední době se zkouší indukční dobíjení, které se v praxi prozatím příliš nepoužívá. Většinou se u nich používají akumulátory typu Li-Ion. Je potřeba větší kapacita baterií a to se odráží samozřejmě na ceně. V autobusové dopravě není takový problémem velikost baterií jako u osobních automobilů. Akumulátory se umisťují na místa, kde nepřekáží. Výhodou u autobusů je, že pokud není trasa příliš dlouhá, ujede ji autobus pouze na elektrickou energii bez zapojení spalovacího motoru. Plug-in hybrid má výhodu v tom, že má možnost větší akumulace energie. [1,16,17]

2.1.3 Výhody a nevýhody hybridních pohonů

V předchozích kapitolách byly hybridní pohony rozděleny dle druhů. U každého jsem se snažil o uvedení hlavních výhod a nevýhod. Níže jsou uvedeny obecné výhody a nevýhody hybridních pohonů.

Výhody

- ekologický provoz – jedná se o možnost jízdy pouze na elektrickou energii
- dojezd na elektřinu až desítky km (celkový dojezd stejný s dieselovým autobusem)
- nižší spotřeba paliva – zejména ve městech/nižší náklady na provoz
- menší produkce emisí – dodržení emisních limitů v legislativě
- rekuperace – zpětné získání energie při brzdění
- dobíjení – rekuperací nebo spalovacím motorem (plug-in dobíjení ze sítě)
- kroutící moment od nulové rychlosti – lepší zrychlení
- možnost využití stávajícího systému čerpacích stanic

Nevýhody

- vyšší cena pořízení
- větší nároky na údržbu
- větší a těžší pohon
- baterie – drahé, těžké, rozměrné, malá hustota energie, nutnost chlazení a ohřívání
- složitost – komplikované a prostorově náročné řešení. [1]

2.2 Elektrický pohon

Jednou možností alternativního pohonu vozidel je čistě elektrický pohon. Neprodukuje žádné škodlivé emise a má nízkou hladinu hluku. Na druhou stranu má zpravidla menší jízdní výkon, omezený dojezd a vyšší cenu.[2]

Nejdůležitější složky pohonu jsou měnič, elektromotor a řídicí část. Elektromotor pak pohání hnací nápravu. [6] Elektrickou energii získává elektromobil z akumulátorů (baterií) nebo superkondenzátorů, případně z palivových článků. Baterie se skládají z jednotlivých článků, které jsou následně sdružovány do paketů. K dobíjení elektrobusů se používají výkonné nabíjecí stanice. [7]

V roce 1881 byl vyroben ve Francii první elektrobus. Jeho autorem byl inženýr N.J. Raffard, který zkonstruoval elektrobus pro 31 pasažérů. Jeho hmotnost byla 8 600 kg. Dosahoval maximální rychlosti 12 km/h a na jedno nabití byl schopen urazit až 40 km. [8]

Počátky elektrobusů jsou datovány již do 50. let 20. století. Jednalo se o tzv. gyrobusey. Byly koncipovány v poválečném Švýcarsku. Firma Oerlikon ve Švýcarském Yverdonu se snažila o aplikaci setrvačníku jako akumulátoru energie v dopravě. [4]

2.2.1 Výhody a nevýhody elektrických pohonů

Výhody

- ekologický provoz – žádné emise při provozu (pokud není využíváno naftové topení)
- ekonomický provoz – nižší provozní náklady (až čtyřikrát oproti dieselovému autobusu)
- velmi nízká úroveň hluku
- nižší vibrace



- vysoká účinnost pohonu – až 90% oproti spalovacímu motoru se 40%
- rekuperace – zpětné získání energie při brzdění
- lehká ovladatelnost a říditelnost mechanických veličin (moment, rychlost, poloha)
- možnost získání dotace – státní, EU

Nevýhody

- vyšší cena pořízení – větší množství baterií
- omezený dojezd na jedno nabití
- dlouhá doba nabíjení – cca 6 - 8 h
- větší kapacita baterií = menší kapacita pro přepravu osob
- baterie jsou – drahé, těžké, rozměrné, malá hustota energie, nutnost chlazení a ohřívání. [1]

3 Důvody pro zavedení hybridních autobusů a elektrobusů

Vzhledem k docházejícím zásobám ropy a velkému problému se znečišťováním ovzduší bylo již před desítky lety započato hledání alternativních zdrojů energie. V dnešní době je tato problematika rozvíjena především díky tlaku zákonných požadavků na mezinárodní úrovni (platná legislativa) a tlaku Evropské unie.

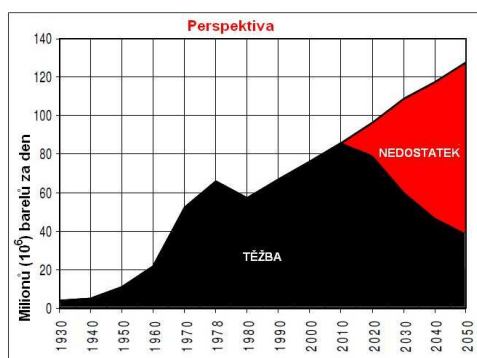
Je velice důležité si uvědomit neustálý růst počtu vozidel se spalovacími motory i jiné zdroje znečištění (továrny, tepelné elektrárny aj.). Cílem zavedení hybridních a elektrických autobusů je jednak snižování znečištění životního prostředí, dále snížení ekonomické a politické závislosti na fosilních palivech.

3.1 Snižování zásob ropy a vývoj cen paliva

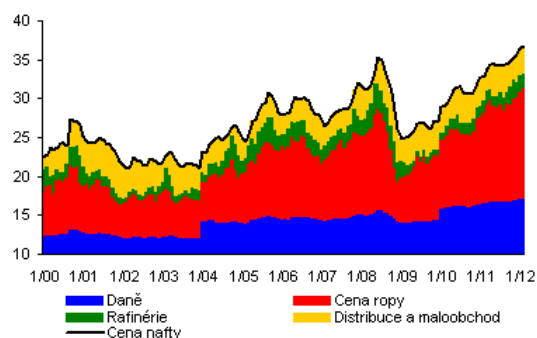
Ropa je v dnešní době strategickou surovinou, za kterou neexistuje plnohodnotná náhrada (patří tedy mezi neobnovitelné zdroje). V současné době se zásoby ropy odhadují cca na 1,65 bilionů barelů ropy, z toho se každý den vytěží v průměru okolo 87 milionů barelů. V roce 2014 byla denní světová spotřeba ropy 90 milionů barelů, což je více než se vytěží za jeden den. Se zvyšujícím se tempem spotřeby a se stále obtížnější těžbou budou stávající objevené zásoby nedostačující viz graf 1. [1, 20]

Co se týká ceny pohonných hmot (benzínů a naft), tak v ČR (nejen) je ovlivněna tržními faktory (cena ropy USD, kurz koruny vůči dolaru, zisk rafinérií aj.) a administrativními vlivy (spotřební daň, DPH, nepřímo i zpříšňování maximálních limitů na obsah škodlivých látek aj). Na grafu č. 2 jsou zobrazeny faktory a vlivy ovlivňující cenu – největším faktorem je cena ropy. [19]

Graf 1: Těžba ropy – pokles. [1]



Graf 2: Vliv faktorů na vývoj ceny pohonných hmot 2000-2012. [19]



3.2 Emisní limity pro autobusy

První norma, která poprvé stanovovala maximální množství výfukových zplodin, vznikla již v roce 1968 v Kalifornii. V Evropě začala první emisní norma platit až v roce 1971, jednalo se o vyhlášku EHK 15. Počítalo se v ní s měřením oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků. Časem se přidalo měření oxidů dusíku. Již v roce 1989 byla nahrazena vyhláškou EHK 83, která se stala základem pro dnešní předpisy. Postupem času, díky snaze sjednocení legislativy ve státech Evropské unie, se objevují nové emisní předpisy, které nesou název EURO (méně známe pod názvem EU) doplněný o číslo revize předpisu. V zemích, které nebyly v Evropské unii, byly tyto normy přebírány. [1,2,21]

3.2.1 Emisní normy EUROx

Emisní normy EURO jsou rozděleny podle hmotnosti vozidla na jednotlivé kategorie a určují maximální přípustné hodnoty emisí oxidu uhelnatého, uhlovodík, oxid dusíku a částic. Normy pro osobní automobily jsou označeny arabskými číslicemi (EURO 1 - 6), pro autobusy a nákladní vozy potom římskými číslicemi (EURO I - VI).

V následující tabulce 1 jsou zapsány hodnoty pro jednotlivé normy týkající se autobusové dopravy. Složení výfukových plynů (emisí), které jsou produkovány motory a následně vypouštěny do ovzduší je následující – oxid uhelnatý (CO), uhlovodíky (HC), oxidy dusíku (NOx), pevné částice (saze – PM). [21,22]

Tab. 1: Přehled limitů jednotlivých emisních norem pro naftové motory. [21]

Rok	Norma	CO (g/km)	NOx (g/km)	HC+Nox (g/km)	PM (g/km)
1993	EURO I	3,16	-	1,13	0,18
1996	EURO II	1,00	-	0,70	0,08
2000	EURO III	0,64	0,50	0,56	0,05
2005	EURO IV	0,50	0,25	0,30	0,025
2009	EURO V	0,50	0,18	0,23	0,005
2014	EURO VI	0,50	0,08	0,17	0,005

4 Komponenty hybridních pohonů a elektrických pohonů

„Kostru“ systému pohonů můžeme rozdělit na pohonné jednotky, mezi které patří spalovací motor a elektromotor, dále jsou nutné zásobníky energie (akumulátory, superkondenzátory, setrvačníky). V neposlední řadě jsou součástí systému převodová ústrojí.

4.1 Pohonné jednotky

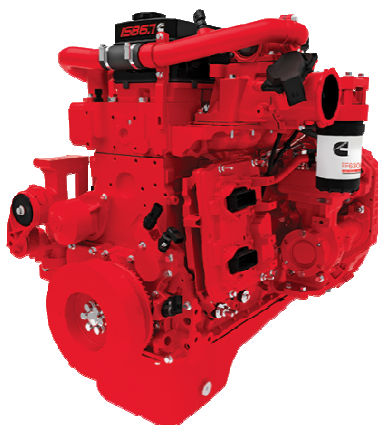
Pohonné jednotky jsou rozděleny na dvě skupiny – spalovací motory a elektromotory.

4.1.1 Spalovací motory

Ve většině případů hybridních autobusů je coby primární zdroj energie spalovací motor – diesellový agregát. V tomto případě se tedy jedná o diesel – elektrický pohon. Spalovací motor je mechanický tepelný stroj, který přeměňuje chemickou energii při spalování paliva na energii tepelnou a mechanickou působením na píst. Zdroj energie pro spalovací motor je zpravidla přiváděn ve formě naftového či benzínového paliva z nádrže.

Spalovací motory se rozdělují podle působení spalin na pístové, lopatkové, a tryskové. Pro pohon motorových vozidel se převážně používají pístové spalovací motory, které se vyznačují nejmenší hmotností, jsou okamžitě schopny provozu a mají dobrou účinnost. Tyto pístové spalovací motory mají další dělení podle různých hledisek (podle druhu paliva, způsobu tvorby směsi, postupu plnění pracovního válce, způsobu zapálení palivové směsi, průběhu hoření palivové směsi a konstrukční úpravy). [2,26,27]

Obr. 4: Vznětový motor Cummins ISB6.7 použitý např. v Škoda H12. [61]



4.1.2 Elektromotory

Fungují na principu tzv. elektromagnetické indukce. Jednoduše řečeno to znamená, že v magnetickém poli vytvořeném elektrickým proudem se souhlasné póly magnetů odpuzují a nesouhlasné se přitahují. Elektromotor se skládá ze statoru a rotoru. Stator je pevná část stroje, která bývá vnější částí stroje. Na statoru bývají upevněny cívky vinutí s magnetickým obvodem, magnety a elektromagnety. V dutině statoru je pohyblivě umístěn rotor, který je otočná část stroje s magnetickým obvodem, vinutím a hřídelí. [35]

Elektromotory můžeme rozdělit na DC – motory (Direct Current) a AC – motory (Alternative Current).

DC - motory – jedná se o stejnosměrné elektromotory. Ty dále dělíme na motory: se sériovým buzením, s cizím buzením, derivačním buzením a se smíšeným buzením.

AC - motory – toto označení je pro střídavé motory, které jsou rozděleny na asynchronní, synchronní motor s permanentními magnety.

Zvolit vhodný elektromotor je náročná věc. Musí se zohlednit mnoho aspektů. Záleží na uspořádání pohonu, kde je nutné si uvědomit, zda půjde o paralelní či sériový. Další aspekt je způsob chlazení, které je potřeba z důvodu zahřívání motoru.

4.2 Zásobníky energie

Jako zásobníky elektrické energie slouží akumulátory (baterie), vysoko energetické kondenzátory a také setrvačnick. Volba zásobníku energie je vázána na mnoha faktorech. Záleží na koncepci pohonných komponentů, na velikosti energetické hustoty a na velikosti výkonné hustoty.

4.2.1 Akumulátory

Akumulátor je soustava elektrochemických článků, které elektrickou energii akumulují ve formě chemické energie. Hlavní charakteristickým rysem je, že akumulátory jsou schopny vícenásobného nabití a vybití. Dochází k tomu díky vnějšímu elektrickému proudu, který reakční produkty vzniklé při postupném vybití opětovně převede na původní aktivní reaktanty. [28] Základními technickými parametry jsou jeho napětí, hmotnost a kapacita. Každý akumulátor má svou danou kapacitu. Je dána množstvím

elektrické energie, kterou je schopen akumulátor pojmout (akumulovat) a naopak zase vydat. Kapacita baterie se udává v jednotkách ampérhodiny (Ah) nebo kWh.[29]

Existuje velké množství druhů akumulátorů. Mezi významnější patří – olovené, nikel-metalhydridové (Ni-MH), nikel-kadmiové (Ni-Cd), lithium-iontové (Li-Ion) a lithium-polymerové (Li-pol). [14]

První hybridy dříve obsahovaly převážně olovené akumulátory s kyselým elektrolytem. Nevýhodou u nich byla jejich hmotnost, velikost a toxicita některých komponentů. Vhodnější jsou akumulátory Ni-MH, které mají dvojnásobnou energetickou hustotu v porovnání s olovenými = stejný dojezd menší hmotnost. Právě díky své hmotnosti našly své uplatnění v hybridních pohonech. Podobně jako Ni-MH jsou hojně využívány Li-Ion, které jsou na bázi přenosu iontů mezi elektrodami přes elektrolyt. Mají ještě vyšší energetickou hustotou než Ni-MH. Další výhodou je, že mají elektrolyt v gelové nebo tuhé formě. Následovníkem Li-Ion jsou lithium-polymerové akumulátory. Ty mají ještě lepší vlastnosti, mezi které opět patří vyšší energetická hustota a nižší hmotnost. Nevýhodou je menší životnost v porovnání s ostatními. Tuto technologii již využívá několik hybridních autobusů. [28,29,30]

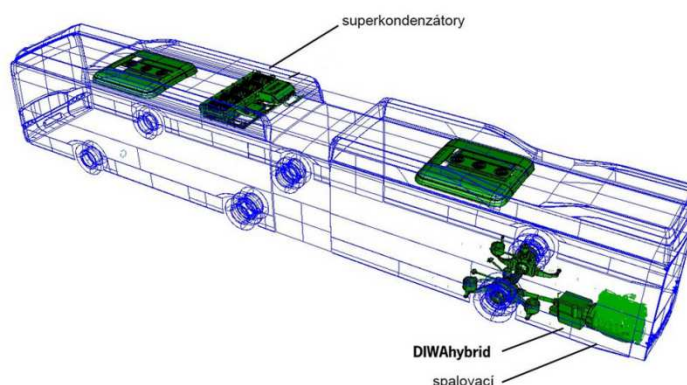
Je důležité si uvědomit, že akumulátory u elektrických vozidel a u hybridních vozidel jsou stejného typu. Rozdíl je pouze v nabíjení a vybití. U hybridních autobusů dochází k vybití/nabíjení akumulátoru pouze částečně. [2]

4.2.2 Superkondenzátory

Někdy se nazývají také superkapacity či ultrakapacity. Energie se zde akumuluje do elektrického pole nabitého kondenzátoru. Na rozdíl od předchozích akumulátorů mají nižší energetickou hustotou (až o řád nižší), ale kompenzují to díky velmi rychlému nabití a vybití. Zajímavá je jejich životnost, která se pohybuje kolem až několika stovek tisíc nabití/vybití. Jejich základem je speciální materiál elektrod s velkou plošnou hustotou (práškový uhlík nanesený na hliníkovou fólii), čímž se zajistí kapacita v řádu tisíců faradů. Elektrody jsou odděleny polypropylenovou fólií a prostor je vyplněn tekutým elektrolytem. [14]

Využití superkapacitoru je jak u hybridních autobusů, tak i u elektrobusů. Jsou určeny k rychlé akumulaci energie při rekuperaci během brzdění a k rychlému dodání energie pro akceleraci.

Obr. 5: Umístění superkondenzátoru na střeše autobusu Urbino 18 DIWAhybrid. [31]



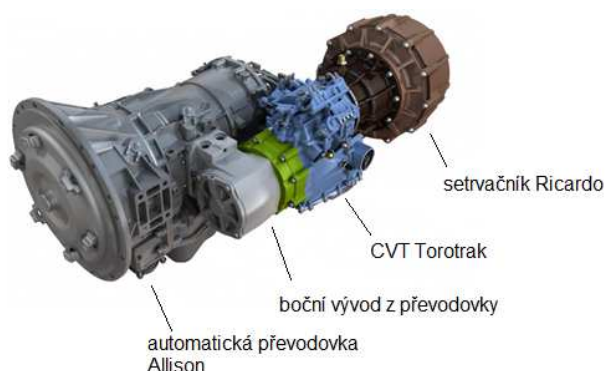
4.2.3 Setrvačníky

U setrvačníku je důležité, že jeho nahromaděná mechanická energie může být přeměněna pomocí generátoru na elektrickou. Můžeme ho také přímo kombinovat se spalovacím motorem.

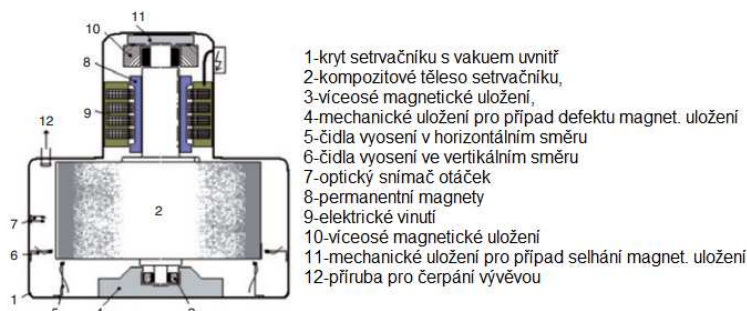
Princip uložení energie v setrvačníku je velmi jednoduchý. Množství uložené energie je přímo úměrné hmotnosti a druhou mocninou úhlové rychlosti rotujícího kola okolo osy procházející těžištěm.

Jako příklad můžeme uvést hybridní autobus APTS Phileas. Jedná se o nízkopodlažní tříčlankový autobus, který hybridně kombinuje spalovací motor, elektromotor a setrvačnick (300 kW/4 kWh). Setrvačnick akumuluje energii získanou výhradně rekuperací při deceleraci. Akumulovaná energie postačí vozidlu k dojezdu přibližně 3 km a úspora paliva v hybridní soustavě proti konvenčním pohonům představuje asi 30 %, přičemž samotnému setrvačnicku je odhadem přičítáno asi 10 %. [2,14,32]

Obr. 6: Převodovka a setrvačnick autobusu Flybus. [1,33]



Obr. 7: Schéma setrvačnickového akumulátoru energie. [14]



4.3 Převodová ústrojí

Převodovky slouží ke změně převodu mezi motorem a hnacími koly tak, aby spalovací motor pracoval v optimálním režimu bez ohledu na rychlost jízdy stále v otáčkách, ve kterých má plný výkon. Na trhu je mnoho variací převodovek. V autobusech se používají převážně automatické a automatizované převodovky. Manuální se již prakticky nepoužívají.

4.3.1 Plně automatické převodovky

Skládá se z hydrodynamického měniče a planetových soukolí. Řazení probíhá pomocí lamelových spojek a brzd, které umožňují kombinací planetových soukolí dosahovat různých převodových poměrů.

Mezi její výhody patří především lepší přenos točivého momentu na hnanou nápravu, zajištění plynulého rozjezdu vozidla pouhým sešlápnutím plynového pedálu bez nutnosti ovládání spojkového pedálu a již zmíněná automatická volba potřebného převodového stupně. Automatická převodovka je ideální především do pomalého městského provozu. [41]

Nejběžněji používaná převodovka v hybridních autobusech je od výrobce Allison. Na obrázku 8 je zobrazena převodovka Allison H 40/50 EP.

Obr. 8: Převodovka Allison H 40/50 EP. [42]



4.3.2 Automatizované převodovky

Tato převodovka se také často nazývá „robotizovaná“. Na rozdíl od automatické je principiálně shodná s manuální převodovkou, ale rozdíl je v tom, že spojku a řazení neovládá řidič nýbrž řídicí jednotka. Díky tomu převodovka řadí a ovládá spojku sama bez zásahu řidiče. Oproti automatické je méně náchylná na poruchy. V hybridních autobusech se často používají převodovky od výrobce Eaton a Volvo (I-shift). [43]

Obr. 9: Přebodovka Eaton EH-8E406A-CD se zabudovaným elektromotorem/generátorem. [43]



Obr. 10: Přebodovka Volvo I-shift AT2412D1 se zabudovaným elektromotorem/generátorem a AC/DC měničem. [1]



5 Kategorizace hybridních autobusů a jejich technické parametry

Hybridní autobusy jsem rozdělil do následujících třech kategorií podle jejich společných znaků. U každého autobusu je tabulka, ve které jsou shrnuty jeho parametry, které jsou uvedeny výrobcem. V tabulce je zapsán druh hybridního motoru, informace o spalovacím motoru a elektromotoru, typ akumulátoru, pohonné ústrojí, rozměry a hmotnost, karoserie, cena. Hybridních autobusů se vyrábí mnoho typů. V této bakalářské práci jsem se snažil vybrat jejich typické představitele. U některých autobusů nebylo možné dohledat úplně všechny informace.

5.1 Klasické hybridní autobusy

Jedná se o hybridní autobusy, které se dobíjí pouze rekuperací. Čistě elektrický pohon většinou pouze pro rozjezd nebo do malých rychlostí max 20km/h.

5.1.1 Volvo 7900 hybrid

Hybridní autobus Volvo 7900 je druhým sériově vyráběným hybridním autobusem značky Volvo. Má novou lehčí konstrukci, která dopomáhá k úspoře paliva až o 39%. Jde o paralelní hybridní technologii. Elektromotor využívá při výjezdu ze zastávek a na jízdu maximálně do 20 km/h. Brzdná energie je rekuperována do baterií. Je optimalizován pro vnitřní a městské i příměstské dopravní podmínky. Autobusy jsou rozšířeny již v Maďarsku, Dánsku, Polsku, Velké Británii, Švédsku, Brazílii a Švýcarsku. [45,46]

Obr. 11: Volvo 7900 Hybrid. [47]



Obr. 12: Vnitřní uspořádání. [48]



Tab. 2: Volvo 7900 hybrid – parametry. [49,50,51]

Druh hybridního pohonu	paralelní; „full hybrid“	
Spalovací motor	<i>Druh</i>	vznětový, Common rail
	<i>Zdvihový objem</i>	5 100 cm ³
	<i>Počet válců</i>	4
	<i>Plnění</i>	přepřítňované
	<i>Výkon</i>	177 kW při 2 200 ot/min
	<i>Točivý moment</i>	918 Nm při 1 400 ot/min
	<i>Emisní norma</i>	EURO 6
	<i>Spotřeba paliva</i>	-
Elektromotor	<i>Druh</i>	synchronní šestifázový s permanentními magnety
	<i>Výkon</i>	150 kW
	<i>Točivý moment</i>	1 200 Nm
Akumulátor	<i>Druh</i>	Li-Ion
	<i>Kapacita</i>	1,2 kWh
	<i>Dojezd na elektřinu</i>	-
	<i>Dobití baterií</i>	rekuperace
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	automatická I-shift
	<i>Počet převodových stupňů</i>	dvanáct
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	12,00 m
	<i>Šířka</i>	2,55 m
	<i>Výška</i>	3,28 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	-
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	19 000 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	-
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2+2+2
	<i>Nástupní výška</i>	-
	<i>Výška podlahy</i>	340 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	28+62
Cena	12 000 000 Kč	

5.1.2 SOR NBH 18

Jedná se o nízkopodlažní městský autobus, který je určený pro hromadnou přepravu osob na kratší vzdálenosti. Karoserie vychází z městského autobusu NB 18. Je vybaven paralelní hybridní pohonnou jednotkou firmy Allison, která umožňuje akumulaci brzděné energie. Ta je následně využívána pro rozjezd. Nabízí vysoký přepravní komfort pro řidiče i cestující. Součástí výbavy mimo jiné jsou i zařízení pro nevidomé cestující. Tyto autobusy jsou v provozu i v Praze kde vykazují o 17% nižší spotřebu paliva než srovnatelné kloubové autobusy s klasickým pohonem. [52]

Obr. 13: SOR NBH 18. [53]



Tab. 3: SOR NBH 18 – parametry. [53,54, 55]

Druh hybridního pohonu	paralelní; „full-hybrid“	
Spalovací motor	<i>Druh</i>	vznětový, Common rail
	<i>Zdvihový objem</i>	6 700 cm ³
	<i>Počet válců</i>	6
	<i>Plnění</i>	přepřňované
	<i>Výkon</i>	184 kW při 2 300 ot/min
	<i>Točivý moment</i>	1 020 Nm při 1 500 ot/min
	<i>Emisní norma</i>	EURO 5
	<i>Spotřeba paliva</i>	-
Elektromotor	<i>Druh</i>	synchronní třífázový s permanentními magnety
	<i>Výkon</i>	160 kW
	<i>Točivý moment</i>	1 200 Nm
Akumulátor	<i>Druh</i>	NiMH, 600V
	<i>Kapacita</i>	-
	<i>Dojezd na elektřinu</i>	-
	<i>Dobití baterií</i>	rekuperace
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	automatická-Allison EP50
	<i>Počet převodových stupňů</i>	-
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	18,75 m
	<i>Šířka</i>	2,55 m
	<i>Výška</i>	3,30 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	16 500 kg
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	25 500 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	11,25 m
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2+2+2+2+2
	<i>Nástupní výška</i>	320 mm
	<i>Výška podlahy</i>	340 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	44+88
Cena	10 000 000 Kč	

5.1.3 Tata Starbus CNG Hybrid

Autobusy Indického výrobce jsou určeny pro veřejnou dopravu ve městech. Patří mezi nízkopodlažní autobusy, které jsou vhodné i pro handicapované cestující. Osobně vidím výhodu v kombinaci CNG spalování s hybridním pohonem. Využívá elektrický motor k rozjezdu a v nízkých rychlostech. [56]

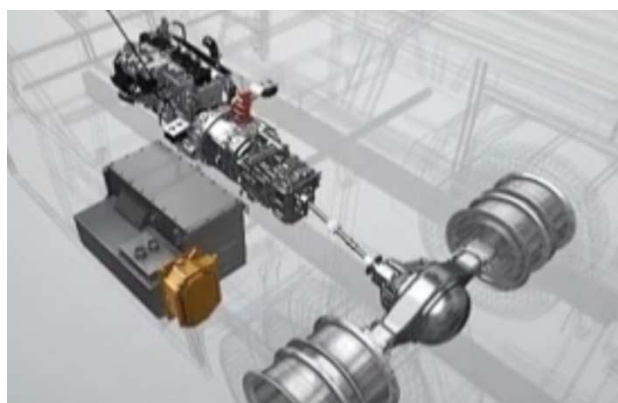
Tab. 4: Tata Starbus CNG Hybrid – parametry. [56, 57]

Druh hybridního pohonu	paralelní; „full-hybrid“	
Spalovací motor	Druh	Cummins 6B5.9 CNG
	Zdvihový objem	5 900 cm ³
	Počet válců	6
	Plnění	přepřehované
	Výkon	172 kW při 2 300 ot/min
	Točivý moment	678 Nm při 1 600 ot/min
	Emisní norma	EURO 6
	Spotřeba paliva	-
Elektromotor	Druh	synchronní třífázový s permanentními magnety
	Výkon	44 kW
	Točivý moment	-
Akumulátor	Druh	Li-Ion
	Kapacita	3,74 kWh
	Dojezd na elektřinu	-
	Dobití baterií	rekuperace
Pohonné ústrojí	Převodovka	-
	Počet převodových stupňů	-
	Hnaná náprava	zadní
Rozměry a hmotnost	Délka	12,00 m
	Šířka	2,55 m
	Výška	3,30 m
	Provozní hmotnost	12 200 kg
	Maximální techn. přípustná	16 200 kg
	Vnější obrysový poloměr zatáč.	-
Karoserie	Počet dveří	2+2
	Nástupní výška	-
	Výška podlahy	400 mm
	Obsaditelnost	32+X
Cena	-	

Obr. 14: Tata Starbus CNG Hybrid. [56]



Obr. 15: Uložení hybridního systému. [56]



5.1.4 Optare Versa V970-H

Versa je ideální pro jízdu po městě. Dle výrobce se jedná o prémiový produkt, který je navržen pro pohodlí cestujících. Většina těchto autobusů se nachází ve Velké Británii. [58]

Obr.16: Optare Versa V970-H. [58]



Tab. 5: Optare Versa V970-H – parametry. [59,60]

Druh hybridního pohonu	sériový; full hybrid“	
Spalovací motor	<i>Druh</i>	vznětový, Common rail, Mercedes-Benz
	<i>Zdvihový objem</i>	4 250 cm ³
	<i>Počet válců</i>	4
	<i>Plnění</i>	přepřehované
	<i>Výkon</i>	115 kW při 2 200 ot/min
	<i>Točivý moment</i>	610 Nm při 1 200 ot/min
	<i>Emisní norma</i>	EURO 5
	<i>Spotřeba paliva</i>	-
Elektromotor	<i>Druh</i>	-
	<i>Výkon</i>	134 kW
	<i>Točivý moment</i>	320 Nm
Generátor	<i>Druh</i>	výrobce Siemens
	<i>Výkon</i>	118 kW
Akumulátor	<i>Druh</i>	superkapacitor
	<i>Kapacita</i>	0,5 kWh 700V
	<i>Dojezd na elektřinu</i>	-
	<i>Dobití baterií</i>	rekuperace
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	-
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	9,70 m
	<i>Šířka</i>	2,50 m
	<i>Výška</i>	3,10 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	-
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	12 500 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	7 m
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2
	<i>Nástupní výška</i>	245 mm
	<i>Výška podlahy</i>	318 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	32+21
Cena	cca 8 000 000 Kč	

5.1.5 MAN Lion's City Hybrid

První prototyp byl již v roce 2001 testován na běžných linkách v Norimberku. Od té doby byla nasazena řada dalších prototypů do běžného provozu v Německu, Francii a Španělsku. V reálném provozu dosáhl hybridní autobus snížení spotřeby paliva až o jednu třetinu ve srovnání s konvečním městským autobusem, toto přispělo k rozhodnutí spustit sériovou produkci. [15]

Obr. 17: MAN Lion's City Hybrid. [18]



Obr. 18: Umístění částí hybridního pohonu. [18]



Tab. 6: MAN Lion's City Hybrid – parametry. [18,23]

Druh hybridního pohonu	sériový; „full-hybrid“	
Spalovací motor	<i>Druh</i>	vznětový, Common rail, Cummins D 0836 LOH
	<i>Zdvihový objem</i>	6 900 cm ³
	<i>Počet válců</i>	6
	<i>Plnění</i>	přepřehované
	<i>Výkon</i>	184 kW při 2 300 ot/min
	<i>Točivý moment</i>	1 050 Nm při 1 400 ot/min
	<i>Emisní norma</i>	EURO 6
	<i>Spotřeba paliva</i>	-
Elektromotor	<i>Druh</i>	asynchronní motory
	<i>Výkon</i>	2*75 kW
	<i>Točivý moment</i>	3 000 Nm
Generátor	<i>Druh</i>	synchronní třífázový s permanentními magnety
	<i>Výkon</i>	150 kW
Akumulátor	<i>Druh</i>	superkapacitor
	<i>Kapacita</i>	0,4 kWh
	<i>Dojezd na elektřinu</i>	až 200 m
	<i>Dobití baterií</i>	rekuperace
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	-
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	11,98 m
	<i>Šířka</i>	2,50 m
	<i>Výška</i>	3,30 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	12 640 Kg
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	18 000 Kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	-
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2+2+2
	<i>Nástupní výška</i>	320 mm
	<i>Výška podlahy</i>	340 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	36+62
Cena	cca 14 000 000 Kč	

5.1.6 Iveco Irisbus Citelis 18 m Hybrid

Irisbus nabízí autobusy Citelis s hybridním diesel – elektrickým pohonem ve verzi 12 m i 18 m, a také pod názvem Access´Bus GX 327 a GX 427 sestavené v závodě v Rorthais. Vozidlo používá šestiválec Tector EEV, generátor o výkonu 140 kW v závislosti na délce vozidla a asynchronní trakční motor. Hybridní technologie byla vyvinuta ve spolupráci se společností BAE Systeme. Spotřeba paliva je ve srovnání s odpovídající konveční verzí nižší přibližně o jednu třetinu paliva. [24,25]

Obr. 19: Iveco Irisbus Citelis 18 m Hybrid. [24]



Tab. 7: Iveco Irisbus Citelis 18 m Hybrid – parametry. [24,25]

Druh hybridního pohonu	sériový; „full-hybrid“	
Spalovací motor	<i>Druh</i>	vznětový, Common rail, IVECO TECTOR 6 EEV
	<i>Zdvihový objem</i>	5 900 cm ³
	<i>Počet válců</i>	6
	<i>Plnění</i>	přepřehované
	<i>Výkon</i>	220 kW při 1 850 ot/min
	<i>Točivý moment</i>	1 100 Nm
	<i>Emisní norma</i>	EURO 5
	<i>Spotřeba paliva</i>	-
Elektromotor	<i>Druh</i>	-
	<i>Výkon</i>	120 kW
	<i>Točivý moment</i>	3 800 Nm
Generátor	<i>Druh</i>	-
	<i>Výkon</i>	140 kW
Akumulátor	<i>Druh</i>	Li-Ion
	<i>Kapacita</i>	11 kWh, 635 V
	<i>Dojezd na elektřinu</i>	-
	<i>Dobití baterií</i>	rekuperace
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	-
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	17,99 m
	<i>Šířka</i>	2,50 m
	<i>Výška</i>	3,39 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	-
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	26 000 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	11,70 m

Karoserie	Počet dveří	2+2+2
	Nástupní výška	-
	Výška podlahy	-
	Obsaditelnost	40-115
Cena		-

5.2 Plug-in hybridní autobusy

Tyto hybridní autobusy mají kromě rekuperace také možnost dobíjení pomocí napájecích kabelů. Jsou schopni jet delší trasu čistě na elektrickou energii.

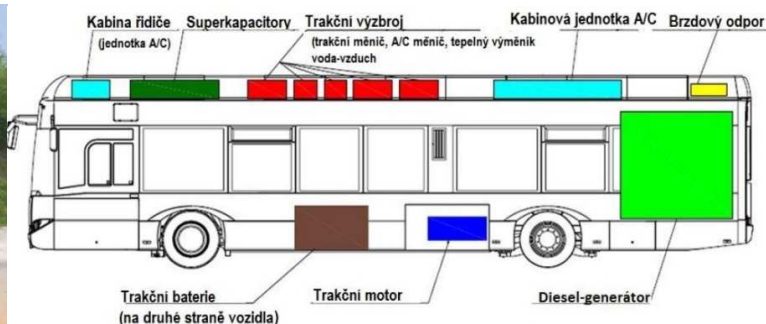
5.2.1 Škoda H12

Tento autobus byl navržen jako sériový hybrid. Primárním zdrojem energie je spalovací motor – dieselový agregát. Jeho hlavní výhodou je schopnost využívat bateriový pohon, který do vzduchu nevypouští žádné zplodiny a navíc není hlučný. Na tento bezemisní pohon ujede až 10 km bez nutnosti dobíjení baterií či použití diesel generátoru. Výrobce garantuje úsporu paliva 20 - 25 % s tím, že k upřesnění je třeba delší doba provozu v různých podmínkách a není vyloučeno ani vyšší číslo. Na vývoji se podílela Západočeská univerzita v Plzni. [61]

Obr. 20: Škoda H12. [61]



Obr. 21: Umístění komponentů v autobuse. [62]



Tab. 8: Škoda H12 – parametry. [61,62,63,64]

Druh hybridního pohonu	sériový; „full-hybrid“	
Spalovací motor	Druh	vznětový, Common rail, Cummins ISB6.7 250B
	Zdvihový objem	6 700 cm ³
	Počet válců	6
	Plnění	přepřlňované
	Výkon	184 kW
	Točivý moment	660 Nm při 1 600 ot/min
	Emisní norma	EURO 5
	Spotřeba paliva	-

Elektromotor	<i>Druh</i>	Škoda Electric, asynchronní
	<i>Výkon</i>	130 kW
	<i>Točivý moment</i>	-
Generátor	<i>Druh</i>	výrobce Kirsch
	<i>Výkon</i>	188 kW
Akumulátor	<i>Druh</i>	superkapacitor, Li-Ion
	<i>Kapacita</i>	21F, 69Ah 350V
	<i>Dojezd na elektřinu</i>	10 km
	<i>Dobití baterií</i>	rekuperace, 3fázová síť
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	automatická
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	12,00 m
	<i>Šířka</i>	2,55 m
	<i>Výška</i>	3,23 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	13 400 kg
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	18 300 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	-
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2+2+2
	<i>Nástupní výška</i>	-
	<i>Výška podlahy</i>	-
	<i>Obsaditelnost</i>	30+41
Cena		-

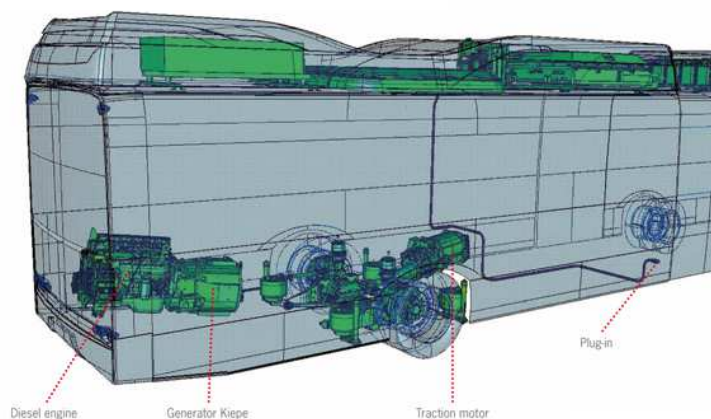
5.2.2 Solaris Urbino 18 Hybrid Vossloh Kiepe

Tento autobus má sériové uspořádání a trakční pohon od firmy Vossloh Kiepe. Může projet určitou část trasy pouze díky práci elektrického motoru. Dále může být pohonný systém spojen s GPS, což umožňuje přesně stanovit místa, ve kterých má autobus přejít na elektrický pohon i bez zásahu řidiče. [2]

Obr. 22: Solaris Urbino 18 Hybrid Vossloh Kiepe. [73]



Obr. 23: Uspořádání hybridního pohonu. [1]



Tab. 9: Solaris Urbino 18 Hybrid Vossloh Kiepe – parametry. [73,74]

Druh hybridního pohonu	sériový; „full-hybrid“	
Spalovací motor	<i>Druh</i>	vznětový, Common rail, Cummins ISBe 285
	<i>Zdvihový objem</i>	6 690cm ³
	<i>Počet válců</i>	6
	<i>Plnění</i>	přepřlňované
	<i>Výkon</i>	210 kW při 2 300 ot/min
	<i>Točivý moment</i>	1 020 Nm při 1 500 ot/min
	<i>Emisní norma</i>	EURO 5
	<i>Spotřeba paliva</i>	-
Elektromotor	<i>Druh</i>	-
	<i>Výkon</i>	240 kW 600V
	<i>Točivý moment</i>	-
Akumulátor	<i>Druh</i>	Lithium iron phosphate, superkapacitory
	<i>Kapacita</i>	26,5 kWh 384V, superkapacitory 1 kWh
	<i>Dojezd na elektřinu</i>	-
	<i>Dobití baterií</i>	rekuperace, 3 fázová síť 400V 68A
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	-
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	18,00 m
	<i>Šířka</i>	2,55 m
	<i>Výška</i>	3,50 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	-
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	-
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	23,00 m
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2+2+2+2
	<i>Nástupní výška</i>	-
	<i>Výška podlahy</i>	320 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	46+X
Cena	-	

5.3 Oportunitní plug-in hybridní autobusy

Název oportunitní je z důvodu „příležitostného“ dobíjení baterií v dobíjecích stanicích na trase. Stanice je nutné rozmístit vhodně na trase tak, aby byl autobus schopný uazit trasu mezi zastávkami bez jakýchkoliv obtíží. Je vhodné stanice umístit například do velkých přestupních či konečných stanic, kde je dostatek prostoru. Dobíjecí technologie musí být volena tak, aby byly akumulátory nabity na potřebnou kapacitu během běžného pobytu v takovéto přestupní stanici. Dobíjení může probíhat také jako „bezkontaktní dobíjení“, které je na principu elektromagnetické indukce. Dobíjení probíhá tak, že autobus zastaví nad vinutím dobíjecí cívky umístěné pod povrchem vozovky. Elektrický proud, který začne při nabíjení cívkou protékat, vytvoří silné elektromagnetické pole, které indukuje střídavé napětí ve vodivé sběrnici na vozidle. Střídavý elektrický proud ze sběrnice je dále usměrňován a slouží k dobíjení baterií. Sám princip indukčního dobíjení u autobusů není novinkou. Již od roku 2003 slouží více než dvacet indukčně dobíjených elektrických autobusů na linkách MHD v italském Turíně. Dalším způsobem může být tzv. dobíjení pomocí pantografového sběrače. Ten je umístěn na střeše autobusu a s využitím odbočky tramvajového vedení nebo samostatného napájecího vodiče instalovaného ve stanicích.

U oportunitních plug-in hybridních autobusů dochází ještě k větší úspoře paliva než u plug-in hybridů. Může fungovat jako plně elektrický autobus ve vybraných oblastech, ale také se chová jako hybrid na další části trasy. [2,7,34,37]

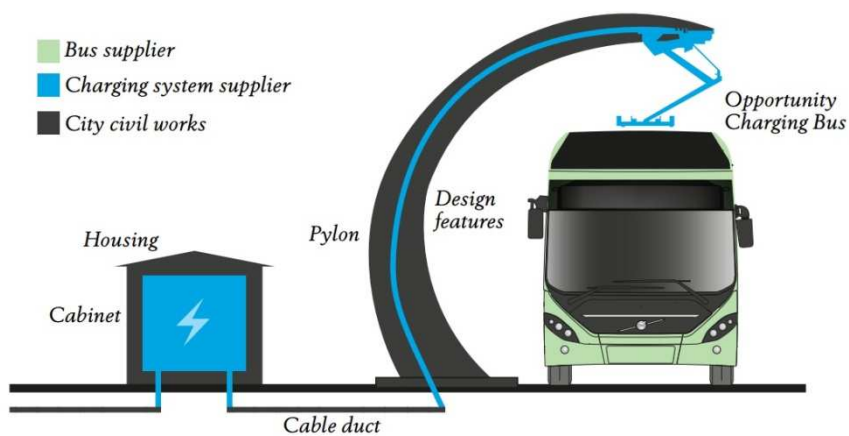
5.3.1 Volvo 7900 Electric hybrid

Městský nízkopodlažní autobus Volvo 7900 Hybrid Electric je tichý, ekologicky čistší a s výrazně nižší spotřebou paliva, představuje nyní novou generaci řešení veřejné dopravy. Jeho plug-in technologie snižuje spotřebu paliva a emisí oxidu uhličitého až o 75% v porovnání s konvenčním dieselovým autobusem. Celková spotřeba paliva je snížena až o 60%. Ve vybraných nabíjecích stanicích se dobijí střešním sběračem s automatickým naváděním výkonem 300 kW po dobu 6 minut, což stačí na ujetí 10 km. Nevýhodou je budování nové elektrické infrastruktury pro dobíjecí stanice. Od prosince 2014 je v provozu na lince 109 městské dopravy v německém Hamburku.[65]

Obr. 24: Volvo 7900 Electric Hybrid. [66]



Obr. 25: Schematické zobrazení nabíjení. [65]



Obr. 26: Pohled na střešní sběrač. [65]



Tab. 10: Volvo 7900 Electric Hybrid – parametry. [48,50, 51]

Druh hybridního pohonu	paralelní; „plug-in“	
Spalovací motor	<i>Druh</i>	vznětový, Common rail
	<i>Zdvihový objem</i>	5 100 cm ³
	<i>Počet válců</i>	4
	<i>Plnění</i>	přepřňované
	<i>Výkon</i>	177 kW při 2 200 ot/min
	<i>Točivý moment</i>	918 Nm při 1 400 ot/min
	<i>Emisní norma</i>	EURO 6
	<i>Spotřeba paliva</i>	-
Elektromotor	<i>Druh</i>	synchronní šestifázový s permanentními magnety
	<i>Výkon</i>	150 kW
	<i>Točivý moment</i>	1 200 Nm
Akumulátor	<i>Druh</i>	Li-Ion
	<i>Kapacita</i>	19 kWh
	<i>Dojezd na elektřinu</i>	10 km
	<i>Dobití baterií</i>	rekuperace, střešním sběračem
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	automatická I-shift
	<i>Počet převodových stupňů</i>	dvanáct
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	12,00 m
	<i>Šířka</i>	2,55 m
	<i>Výška</i>	3,28 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	-
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	19 000 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	-
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2+2+2
	<i>Nástupní výška</i>	-
	<i>Výška podlahy</i>	340 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	32+63
Cena	-	

6 Kategorizace elektrobusů

Elektrobusy rozumíme autobusy, které ke svému pohonu používají elektromotor, ale na rozdíl od trolejbusů využívají jako zdroj elektřiny baterie (akumulátory) nebo vodíkové palivové články. Elektrobusy se uplatní hlavně v městském provozu s kratší ujetou vzdáleností a častějšími rozjezdy a zastaveními. Je nutné podotknout, že na trhu se vyskytuje mnoho výrobců elektrobusů. Pro potřeby mé bakalářské práce jsem se snažil vybrat typické zástupce, které jsem rozdělil do následujících kategorií.

6.1 Klasické elektrobusy

Jsou to elektrobusy, které mají dostatečně velkou kapacitu baterií pro celodenní jízdu. Vystačí jim tak pro celodenní provoz. Dobíjení probíhá v noci, kdy je možnost odstavit elektrobus na dostatečně dlouhou dobu, která je potřebná pro dobití. K dobíjení dochází nejčastěji v garážích pomocí výkonných nabíjecích stanic. Problém klasických elektrobusů je rozpor mezi dojezdem (váhou baterií) a obsaditelností (váhou cestujících) s nápravovým zatížením. To zřejmě vede k vývoji oportunitních elektrobusů. [7]

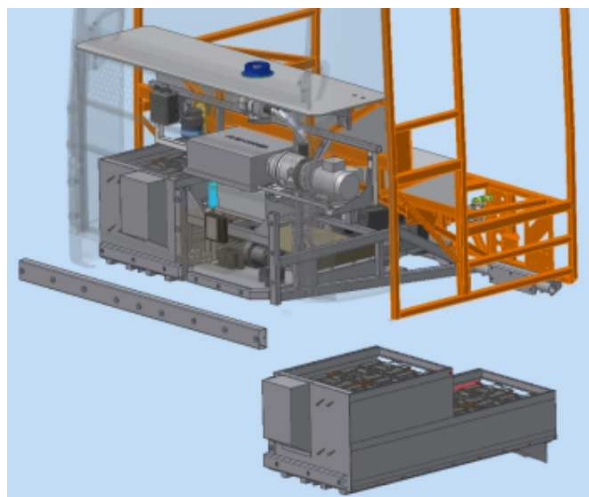
6.1.1 Optare Versa V1100-EV

Autobus Optare je dodáván s různými dieselovými pohony i jako plně elektrický. Nabíjení probíhá buďto prostřednictvím zabudovaného nabíjecího zařízení ze standardní třífázové zásuvky po dobu 6 hodin nebo externím dobíjecím zařízením (off-board charging system) výkonem 50 kW po dobu 2 hodin. V prosinci 2014 byl zahájen provoz těchto autobusů v Londýně. Elektrobus používá k vytápění naftové topení. [68]

Obr. 27: Optare Versa V1100-EV. [67]



Obr. 28: Uložení baterie. [67]



Obr. 29: Pohled na umístění komponentů elektrického pohonu. [67]



Tab. 11: Optare Versa V1100-EV - parametry. [59, 67, 68]

Elektromotor	<i>Druh</i>	Magtec P144
	<i>Výkon</i>	150 kW při 2 650 ot/min
	<i>Točivý moment</i>	2 380 Nm při 2 650 ot/min
Akumulátor	<i>Druh</i>	lithium-železo-magnesium-fosfátové
	<i>Kapacita</i>	138 Ah, 2*333V DC
	<i>Dojezd na jedno nabití</i>	110-150 km
	<i>Dobití baterií</i>	3 fázová síť- nabíjení 6h nebo přídatné dobíjecí zařízení 50kW-nabíjení 2h
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	-
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	11,10 m
	<i>Šířka</i>	2,50 m
	<i>Výška</i>	2,80 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	-
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	12 500 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	9,1 m
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2
	<i>Nástupní výška</i>	245 mm
	<i>Výška podlahy</i>	318 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	40+23
Cena		-

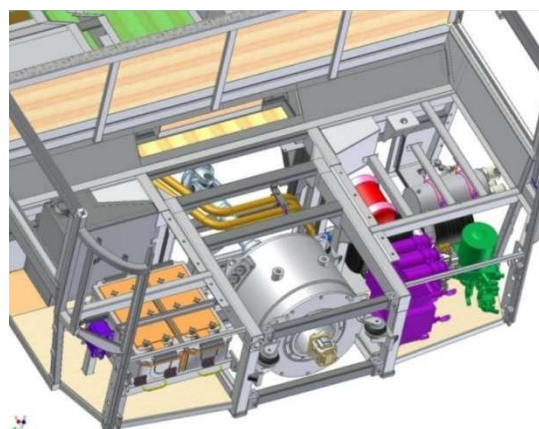
6.1.2 SOR EBN 11

Elektrobus SOR EBN 11 je jedenáctimetrové nízkopodlažní dvounápravové, dvou nebo třídvéřové vozidlo, vybavené dvěma klimatizačními jednotkami, které jsou určeny pro zvýšení cestovního komfortu řidiče i cestujících. Je určený pro hromadnou přepravu osob na kratší vzdálenosti v městském provozu. Elektrobus používá k vytápění naftové topení 24 kW. Několik těchto vozů vlastní DP Ostrava. [69]

Obr. 30: SOR EBN 11. [69]



Obr. 31: Uspořádání součástí pohonu. [69]



Tab. 12: SOR EBN 11 – parametry. [69,70]

Elektromotor	<i>Druh</i>	TAM 1049 Pragoimex – asynchronní šestipólový, vodou chlazený
	<i>Výkon</i>	120 kW
	<i>Točivý moment</i>	968 Nm
Akumulátor	<i>Druh</i>	Li-ion
	<i>Kapacita</i>	172 kWh
	<i>Dojezd na jedno nabití</i>	120-150 km
	<i>Dobití baterií</i>	3 fázová síť- nabíjení 6-7h nebo rychlonabíjení až 250A cca 1h
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	-
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	11,10 m
	<i>Šířka</i>	2,50 m
	<i>Výška</i>	2,90 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	10 000 kg
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	16 500 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	12 m
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	1+2
	<i>Nástupní výška</i>	325 mm
	<i>Výška podlahy</i>	360/380 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	30+63
Cena		-

6.1.3 BYD electric bus

Elektrobusy BYD neboli Build Your Dreams jsou již poměrně rozšířené. Vyrábí se velké množství variant, já jsem vybral jako představitele 12 m verzi s největší možnou kapacitou baterií. Nově se vyrábí i 18 m verze s dojezdem až 170 km. Ta má kapacitu baterií 270 kWh a 150 míst pro cestující. Vyrábí se i ve formě doubledeckeru pro Londýn s dojezdem až 240 km. Elektrobus je vybaven elektrickou klimatizací, která slouží i pro vytápění do teplot cca -10°C . Pro větší mrazy je k dispozici naftové topení. Elektrobusy BYD jsou v provozu po celém světě: Čína, Německo, USA, Anglie, Španělsko, Turecko aj. Výrobní kapacita je až 7 000 ks za rok. [76]

Obr. 32: BYD electric bus 12 m. [76]



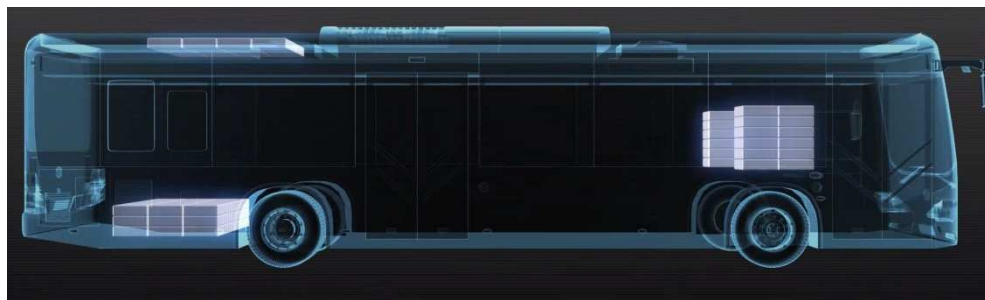
Obr. 33: BYD electric bus 10,5 m (doubledecker). [76]



Obr. 34: Elektromotory jsou umístěny v nábojích kol. [76]



Obr. 35: Pohled na umístění baterií. [76]



Tab. 13: BYD electric bus 12 m – parametry. [75,76]

Elektromotor	<i>Druh</i>	AC synchronní 2*BYDTC90A nebo 2*BYDTC180A
	<i>Výkon</i>	2*75kW, 2*150kW
	<i>Točivý moment</i>	2*350Nm, 2*150Nm
Akumulátor	<i>Druh</i>	Iron-Phosphate
	<i>Kapacita</i>	380 kWh
	<i>Dojezd na jedno nabití</i>	až 300 Km
	<i>Dobití baterií</i>	60kW (480V, 3 fázová síť, AC) 5h 200kW (480V, 3 fázová síť, AC) 1,6h
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	-
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	12,3 m
	<i>Šířka</i>	2,55 m
	<i>Výška</i>	3,49 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	14 000 kg
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	18 500 kg
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	12,8 m
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2+2
	<i>Nástupní výška</i>	340 mm
	<i>Výška podlahy</i>	370 mm
	<i>Obsaditelnost</i>	37+31
Cena	cca 14 000 000 Kč	

6.2 Oportunitní elektrobusy

Význam slova oportunitní a princip dobíjení je již vysvětlen v kapitole 5.3. Oportunitní plug-in hybridní autobusy.

Tyto elektrobusy mají menší kapacitu baterií než klasické elektrobusy. Oportunitní nabíjení ještě není příliš rozšířené, ale dá se předpokládat, že se bude dále rozvíjet. Např. firma SOR má vlastní projekt automatického dobíjecího stojanu o výkonu 150 kW.

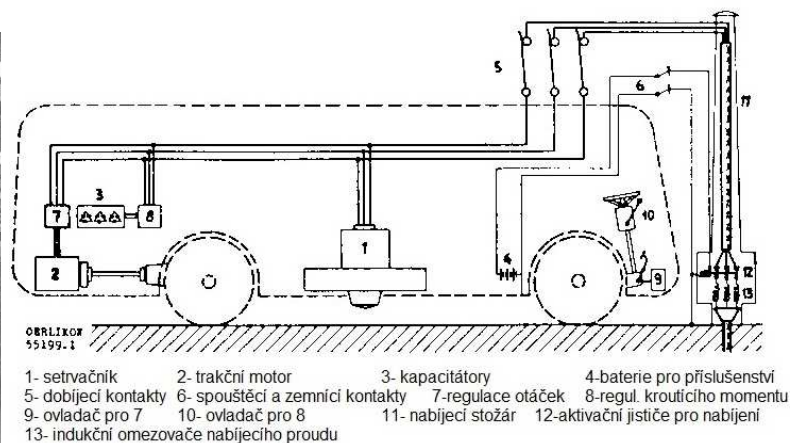
Obr. 36: Projekt nabíjecího stojanu 150 kW firmy SOR. [69]



6.2.1 Gyrobus

Již v 50. letech 20. století firma Oerlikon ve Švýcarském Yverdonu se snažila o aplikaci setrvačnicku jako akumulátoru energie v dopravě. Gyrobus (obr. 4) byl předělaný trolejbus, kterému byl nainstalován jeden a půl tuny vážící setrvačnick o průměru 1,6 m. Setrvačnick byl uložen ve vzduchotěsné komoře naplněné plynným vodíkem. Maximální otáčky setrvačnicku byly až 3 000 ot/min.[4] Dobíjecím místem byla zastávka. [1] Po zastavení ve stanici se vysunul gyrobus sběrače a pomocí elektromotoru se roztočil setrvačnick do požadovaných otáček. Za 1,5 minuty se naakumulovalo cca 10 kWh energie. Tato energie postačila pro pohodlné dojetí do další zastávky (vzdálené 2 km). Zpětný převod na elektrickou energii zajišťoval elektromotor v generátorovém režimu. Gyrobuses byly staženy z důvodu gyroskopického momentu, který způsoboval špatnou ovladatelnost vozidla. Jednou z jejich hlavních překážek byla také jeho neschopnost získat pevné postavení na trhu. Další nevýhoda byla vysoká cena elektřiny (dříve nižší náklady za pohonné hmoty). Také zde byly obavy o bezpečnost přepravovaných osob při havárii setrvačnicku. [4]

Obr. 37: Gyrobus. [4]



6.2.2 Siemens/Rampini

Elektrobus používá k vytápění elektrické topení, což je pro životní prostředí jeho velkým pozitivem. Tím je docíleno zcela bezemisního provozu, na rozdíl od některých jiných elektrobusů, jejichž vytápění obstarává naftový agregát. Bohužel velká spotřeba elektrické energie při topení výrazně zkracuje dojezd. Nejsou potřeba dobíjecí stanice, lze využít existující infrastrukturu pro trolejbusy a tramvaje. Dobíjení probíhá pomocí děleného pantografu. Neúspěšně byl zkoušen i v Praze, nyní je v provozu ve Vídni. [71]

Obr. 38: Siemens/Rampini. [72]



Obr. 39: Dobíjení elektrobusu. [72]



Tab. 14: Siemens/Rampini – parametry. [37,71,72]

Druh pohonu		
Elektromotor	Druh	Siemens ELFA
	Výkon	85kW
	Točivý moment	-
Akumulátor	Druh	Li-Fe
	Kapacita	96kWh 600V
	Dojezd na jedno nabití	100-150 km
	Dobití baterií	průběžné nabíjení pomocí střešního sběrače 10-15min 90A nebo 3 fázová síť
Pohonné ústrojí	Převodovka	-
	Počet převodových stupňů	jeden
	Hnaná náprava	zadní
Rozměry a hmotnost	Délka	7,72 m
	Šířka	2,20 m
	Výška	3,05 m
	Provozní hmotnost	-
	Maximální techn. přípustná	12 000 kg
	Vnější obrysový poloměr zatáč.	-
Karoserie	Počet dveří	2+1
	Nástupní výška	250 mm
	Výška podlahy	3 150 mm
	Obsaditelnost	13+33
Cena	cca 12 000 000 Kč	

6.2.3 Solaris Urbino Electric 12

Solaris nabízí tento elektrobuses standardně jako plug-in, ale nabízí i možnost se střešním nebo indukčním dobíjením. Verze s indukčním dobíjením má systém nabíjení výkonem 200 kW od firmy PRIMOVE Bombardier, stejně tak i trakční baterie. Infrastruktura indukčního dobíjení je ukryta pod vozovkou a její chladicí systém je integrován do reklamního sloupku na zastávce. Po provedení všech potřebných testů začal 4/2014 pravidelný provoz 12 m elektrobusem a od 12/2014 začal provoz i 18 m verze na okružní městské lince M19, provozované dopravním podnikem Braunschweiger Verkehrs-AG v Německu. Výkon nabíjení 200 kW umožňuje 12 m elektrobusem průběžné dobíjení během 10 minut pobytu na konečné zastávce na kapacitu plně dostačující pro 12 km trasy. Kromě toho budou dobíjeny během několika sekund pobytu na dvou zastávkách na trase. Na plnou kapacitu jsou trakční baterie dobity přes noc v depu. Elektrobuses má trakční baterie o kapacitě 60 kWh. [77]

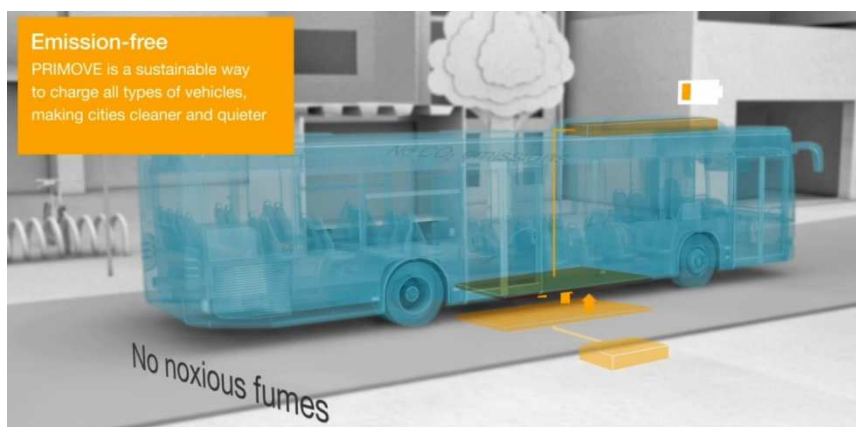
Obr. 40: Solaris Urbino Electric 12. [78]



Obr. 41: Zastávka v Braunschweig. [78]



Obr. 42: Schéma nabíjení.[78]





Tab. 15: Solaris Urbino Electric 12 – parametry. [77,78]

Elektromotor	<i>Druh</i>	asynchronní
	<i>Výkon</i>	160 kW
	<i>Točivý moment</i>	-
Akumulátor	<i>Druh</i>	Li-Ion
	<i>Kapacita</i>	kapacita dle specifikace
	<i>Dojezd na jedno nabití</i>	-
	<i>Dobití baterií</i>	Plug-in, Pantograf, Indukce
Pohonné ústrojí	<i>Převodovka</i>	-
	<i>Počet převodových stupňů</i>	jeden
	<i>Hnaná náprava</i>	zadní
Rozměry a hmotnost	<i>Délka</i>	12,00 m
	<i>Šířka</i>	2,55 m
	<i>Výška</i>	2,85 m
	<i>Provozní hmotnost</i>	-
	<i>Maximální techn. přípustná</i>	-
	<i>Vnější obrysový poloměr zatáč.</i>	18 m
Karoserie	<i>Počet dveří</i>	2+2
	<i>Nástupní výška</i>	320-340 mm
	<i>Výška podlahy</i>	-
	<i>Obsaditelnost</i>	max 41 míst k sezení
Cena		-

7 Dotace – možnosti spolufinancování

Oblast dotací může hrát významnou roli při pořízení autobusů. Je ale nutné splnit podmínky pro její čerpání. V současné době se nejčastěji jedná o podmínky související s životním prostředím, například nutnost splnit určenou emisní normu.

V převážné části se dotace přiklání k pořízení a vývoji elektrobusů. Hlavním zdrojem financování pro nákup elektrobusů budou v dotačním období 2014-2020 strukturální a investiční fondy EU.

7.1 Strukturální a investiční fondy EU období 2014-2020

7.1.1 IROP

Globální cíl Integrovaného regionálního operačního programu (IROP) je zajistit vyvážený rozvoj území, zlepšit veřejné služby a veřejnou správu pro zvýšení konkurenceschopnosti a zajištění udržitelného rozvoje v obcích, městech a regionech.

IROP podporuje pořízení elektrobusů v rámci Specifického cíle 1.2: Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy. Snahou je vytvoření funkční, bezpečné a ekonomické podmínky pro přemísťování osob, které nejsou v rozporu s udržitelnou spotřebou přírodních zdrojů a snižují zátěž na životní prostředí a lidské zdraví. Mezi dílčí cíle patří – rozvinout vozový park městských autobusů s alternativním pohonem. Rozsáhlé vozové parky městských autobusů jsou obzvláště vhodné pro zavedení alternativních pohonných systémů a paliv pro snížení uhlíkové zátěže z městské dopravy. Jednou z oblastí v cíli 1.2 je oblast: Nízkoemisní vozidla a související stanice. [36,37]

7.1.1.1 Nízkoemisní vozidla a související stanice

V této oblasti je podporován nákup nízkoemisních a bezemisních vozidel pro přepravu osob, které využívají alternativní zdroje energie jako elektřina, CNG a ty které splňují normu EURO 6. Dalším předmětem podpory je výstavba plnicích a dobíjecích stanic pro nízkoemisní a bezemisní vozidla pro přepravu osob za účelem zmírnění negativních dopadů v dopravě. [38]

7.1.2 OP PIK (Oper. program podnikání a inovace pro konkurenceschopnost)

Cílem programu je podpora konkurenceschopnosti podniků a udržitelnosti české ekonomiky prostřednictvím zaváděním nových technologií v oblasti nakládání energií a

druhotných surovin. Jedná se přímo o Program podpory Nízkouhlíkové technologie. Mezi tematickými cíly je: Modernizace dopravní infrastruktury a ekologická doprava. Tento program byl schválen teprve 29. 4. 2015. Je na něj uvolněno téměř 34 mld. korun z EFRR (Evropský fond pro regionální rozvoj), z toho cca 1,03 mld. korun bylo při přípravě dotačních programů vyčleněno na zintenzivnění používání nízkouhlíkových technologií (elektromobilita silničních vozidel). Prostředky na elektromobilitu budou ve fleetech českých firem (dotace pro podniky) – obce a kraje byly nakonec vyškrtuty. [38,39]

7.2 Další zdroje spolufinancování

U těchto finančních zdrojů jde spíše o dotace na výzkum pro elektromobilitu a snižování škodlivých látek v ovzduší.

7.2.1 HORIZON 2020

Pro podporu zavádění elektromobility, či komplexněji „Smart City“ 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. Dotace pro města (či městské dopravce) je obecně 100 %. 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. [37]

7.2.2 EPSILON

Je to alternativa pro Horizon 2020. Jedná se o domácí program Technologické agentury ČR EPSILON. Jedním z cílů je zavádění vyššího podílu využití elektrické energie pro pohony jako náhrada fosilních zdrojů. [40]

Jak je patrné, je nutné průběžně sledovat aktuální vývoj v přípravě a vyhlášení výzev programů pro využívání zdrojů spolufinancování na evropské a národní úrovni pro rozvoj elektrické dopravy ve městech. Ještě není mnoho informací ani výzev. Je to dáno z důvodu dotačního období, které začalo v roce 2014.

8 Závěr

Hybridní autobusy a elektrobusesy v poslední době zaznamenávají velmi významný pokrok. Na trhu se vyskytuje velké množství výrobců, kteří se snaží neustále zlepšovat své technologie, které by splňovali podmínky dnešní doby. Dalším důležitým článkem ve snaze zlepšit podmínky pro životní prostředí jsou dopravci. U nich je důležitá motivace k pořízení nízkoemisních či bezemisních autobusů formou dotací a příspěvků.

Autobusy jsem je rozdělil do kategorií podle společných znaků. U elektrobusesů jsem vycházel již z používaného členění, které jsem mírně upravil. Toto členění, které mi přišlo logické vzniklo na základě místa a délce nabíjení. U hybridních autobusů jsem se inspiroval z členění elektrobusesů a vzniklo tak zcela nové. Díky rychlému rozvoji technologií se dá očekávat, že přibudou další autobusy a budou se muset kategorie rozšířit o další skupiny.

Dle mého, vývoj v hromadné dopravě směřuje spíše k oportunitním elektrobusesům, které mají velkou výhodu v téměř nulových emisích. U hybridních autobusů se jde spíše cestou oportunitních plug-in hybridů, které dosahují hranice až 60% úspory paliva. Velký problém činí pro dopravní podniky pořizovací cena. Rozvoj alternativních způsobů přepravy by měl vést mimo jiné k poklesu množství dopravních nehod, kongescí, zlepšení životního prostředí snížením emisí, vibrací a hluku za současného zvyšování bezpečnosti provozu a zajištění bezbariérového přístupu.

Další a velice důležitou otázkou bude likvidace většího množství baterií a její dopad na životní prostředí.

Seznam použité literatury

- [1] MORKUS, Josef. *Přednášky Hybridní pohony* [online].[cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <
https://ssl.fs.cvut.cz/studium/u12120/2211150-Hybridni_pohony/>
- [2] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 158 s. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [3] VLK, F. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004, 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [4] Gyrobus: a great idea takes a spin. *Photo.proaktiva.eu* [online]. 2008 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: http://photo.proaktiva.eu/digest/2008_gyrobus.html
- [5] Alternative Drive Systems At Daimler AG For The Mobility Of The Future. *EMercedesBenz* [online]. 21.11.2007 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z:http://www.mercedesbenz.com/Nov07/21_Alternative_Drive_Systems_At_Daimler_AG_For_The_Mobility_Of_The_Future_3.html
- [6] KOBRLÉ, Pavel, *Elektrické pohony a výkonová elektronika*. [online]. 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://p.kobrlé.sweb.cz/pohony/Pohony.pdf>
- [7] Víte, jak fungují elektromobily a elektrobusy?. *Proelektrotechniky.cz* [online]. 12. 4. 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/25.php>
- [8] Historie elektromobilismu. *Elektromobily* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/historie-elektromobilismu>
- [9] HORÁK, Bohumil, KOZIOREK, Miroslav KOPŘIVA, Martin PAPOUŠEK, Zdeněk SLANINA. *Studie pohonu mobilního prostředku s palivovým článkem*. Ostrava, 2005. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5064.pdf>. Studie. VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [10] ČEŘOVSKÝ, Zdeněk, Zdeněk HALÁMKA, Petr HANUŠ, Pavel MINDL a Vladek PAVELKA. *Hybridní pohony automobilů a výzkumné pracoviště hybridních pohonů* [online]. [cit.2015-05-10]. Dostupné z: <http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/k314-SYMEP.pdf>
- [11] KAMEŠ, Josef. 2004. *Alternativní pohon automobilů*. 1. vyd. Praha: BEN, 231 s. ISBN 80-730-0127-6.

- [12] HORČÍK, Jan. Současnost a blížká budoucnost alternativních pohonů v dopravě. *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.pro-energy.cz/clanky7/1.pdf>
- [13] ČEŘOVSKÝ, Zdeněk. *Přednášky Elektromobily a hybridní elektromobily Díl IV. – Typy hybridních elektromobilů* [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2872877/>
- [14] MAREŠ, Jan, Martin LIBRA a Vladislav POULEK. Akumulace elektrické energie. *ELEKTRO* [online]. 2011, (2) [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42869.pdf>
- [15] PAVLŮSEK, Ondřej. MAN Lion's City Hybrid: Hybrid znamená o třetinu nižší spotřebu. *Auto.cz* [online]. 2010 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/man-lion-s-city-hybrid-52412>
- [16] PISTOIA, Gianfranco (ed.). *Electric and hybrid vehicles: Power sources, models, sustainability, infrastructure and the market*. Elsevier, 2010.
- [17] EMADI, ALI. 2014. *Advanced Electric Drive Vehicles* [online]. CRC Press [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=e-sBAAAQBAJ&pg=PA424&dq=full+hybrid&hl=cs&sa=X&ei=G4JQVdO0GeOHygPAilHYDA&ved=0CDoQ6AEwBA#v=onepage&q=full%20hybrid&f=false>
- [18] MAN Lion's City Hybrid. *MAN Autobusy* [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.bus.man.eu/cz/cz/mestske-autobusy/man-lions-city-hybrid/prehled/Prehled.html>
- [19] Faktory vývoje maloobchodních cen pohonných hmot. 2015. *Česká národní banka* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/zpravy_o_inflaci/2012/2012_II/boxy_a_prilohy/zoi_2012_II_box_2.html
- [20] Těžba a spotřeba ropy. 2015. *CENIA* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=tezba_a_spotreba_ropy
- [21] Emisní norma EURO. 2015. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [22] 3CSAD plní emisní normy EURO V. *3CSAD.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.3csad.cz/mhd-hranice/novinky/266-3csad-plni-emisni-normy-euro-v/>
- [23] Man - LION'S CITY HYBRID A37/3T, 12 Metres, Hybrid Class I, 3 Doors. *Bus To Coach* [online]. [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.bustocoach.com/en/content/man-lions-city-hybrid-a373t-12-metres-hybrid-class-i-3-doors>

- [24] Irisbus CITELIS 18 m ARTICULATED CITY BUS. CARGOMAX [online]. 2012 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: http://www.cargomax.com.mk/Irisbus_hybrid_Citelis18.php
- [25] SEMRÁD, Ivo. Autobusy s alternativním pohonem Iveco Irisbus: Sedm až osmnáct metrů. Auto.cz [online]. 2013 [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/autobusy-s-alternativnim-pohonem-iveco-irisbus-sedm-az-osmnact-metru-75356>
- [26] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [27] KOSTĚÁL, Jan a Bohuslav SUK. *Pístové spalovací motory*. 1. vyd. Praha: ČSAV, 1963, 830 s.
- [28] Co je to elektrochemický zdroj. *ELEKTRO* [online]. 2003 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/co-je-to-elektrochemicky-zdroj--12911>
- [29] VLK, František. Elektrická výzbroj motorových vozidel (2. část). *ELEKTRO* [online]. 2011, (4) [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/43351.pdf>
- [30] CENEK, Miroslav, Jiří KAZELLE a ROZSÍVALOVÁ. Rychlé nabíjení akumulátorových baterií elektrických vozidel. *ELEKTRO* [online]. 2013 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/rychle-nabijeni-akumulatorovych-baterii-elektricky-vozidel--14343>
- [31] Elektrobuses Bluetram spoléhají na superkondenzátory. *HYBRID.CZ* [online]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/tramvaje-bluetram-spolehaji-na-superkondenzatory>
- [32] PLOMER, Jan. Setrvačnick, inovativní řešení pro hybridní a elektrická vozidla, 1. díl. *HYBRID.CZ* [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/clanky /setrvacnik-inovativni-reseni-pro-hybridni-elektricka-vozidla-1-dil>
- [33] Flywheel Hybrid System – Setrvačnick. *Automobil revue* [online]. 2012 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/flywheel-hybrid-system-setrvacniky_40641.html
- [34] Oportunitní elektrobuses s nabíjením přes vrchní kontakt. *Trolejbusy v Praze* [online]. [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: http://www.trolejbusyvpraze.net/elektrobuses_oport_vrch.htm
- [35] Elektromotory. *Vítejte na Zemi...* [online]. [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=elektromotory>
- [36] IROP pro období 2014-2020. *Ministerstvo pro místní rozvoj* [online]. 2015 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.strukturalni-fondy.cz/getmedia/4fb4e1ed-e189-4507-9384-a935df3faed3/PD-IROP-20150421-final.pdf?ext=.pdf>

[37] SLAVÍK, Jakub. E-mobilita v MHD. *Proelektrotechniky.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/elektromobilita/156.php>

[38] OPPIK myslí i na energetiku, k dispozici bude téměř 34 miliard korun. *OP PIK* [online]. 2015 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.oppik.cz/dotacni-radce/kategorie/program-nizkohlukove-technologie>

[39] Program podpory Nízkouhlíkové technologie. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2015 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.czechinvest.org/nizkohlukove-technologie-ci>

[40] Program EPSILON. *TAČR* [online]. 2015 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.tacr.cz/index.php/cz/programy/program-epsilon.html>

[41] VLK, František. *Převodová ústrojí motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 312 s. ISBN 80-239-0025-0.

[42] Allison H 40 EP and H 50 EP Specification. Allison Hybrid [online]. 2014 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.allisontransmission.com/docs/default-source/specification-sheets/hybrid_4050ep_apr12.pdf?sfvrsn=2

[43] LECHNER, G, Harald NAUNHEIMER a Joachim RYBORZ. *Automotive transmissions: fundamentals, selection, design, and application*. New York: Springer, 1999, xxii, 448 p. ISBN 35-406-5903-X.

[44] ISB6.7 for School Bus. *Cummin* [online]. 2014 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://cumminsengines.com/isb67-school-bus-2013?#overview>

[45] Volvo 7900 Hybrid - saves up to 39 % of your fuel cost. VOLVO BUSES [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://www.volvobuses.com/BUS/GLOBAL/EN-GB/PRODUCTS_SERVICES/BUSES/CITY%20BUSES/VOLVO_7900_HYBRID/Pages/Introduction.aspx

[46] RÁC, Jan. Jubileum: Více než 2000 prodaných hybridních autobusů Volvo. *BUSportál* [online]. 2015 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.busportal.cz/modules.php?name=article>

[47] Volvo 7900 Hybrid. *Farathon* [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.farathon.com/en/volvo-7900-hybrid>

[48] Volvo Bus Suisse: Specifications. Volvo Buses [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://www.volvobuses.com/bus/switzerland/ch-fr/types_de_bus/stadtbusse/volvo_7900_hybrid/Pages/Specifications.aspx

- [49] Volvo - 7900 HYBRID EURO VI, 12.1 Metres, Hybrid Class I, 3 Doors. *BusToCoach* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.bustocoach.com/en/content/volvo-7900-hybrid-121-metres-hybrid-class-i-3-doors-0>
- [50] I-SAM paralell hybrid system. *Volvo trucks* [online]. [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: <http://www.volvotrucks.com/trucks/uk-market/en-gb/aboutus/environment-new/volvohybridconcept/technology/Pages/volvoi-samhybridsystem.aspx>
- [51] Volvo 7900 hybrid Better business for greener cities. *VOLVO BUSES* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://euro6.volvobuses.com/pdf/Volvo-7900-Hybrid-Euro6-Brochure-EN.pdf>
- [52] SOR Libchavy: Tisková zpráva - Ekologické autobusy pro hlavní město Prahu. *BUSportál* [online]. 2009 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.busportal.cz/modules.php?name=article>
- [53] Autobus SOR NBH 18 Městský s hybridním pohonem. *SOR* [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://sor.cz/site/download/NBH18-1275483498.pdf>
- [54] AVENUE DIESEL: TECHNICAL SPECIFICATIONS. *Temsabus* [online]. 2010 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.temsabus.lt/wp-content/uploads/2013/01/City-avenue-diesel.pdf>
- [55] Chystají se autobusy s hybridním pohonem. *Praha.eu* [online]. 2011 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/mhd/chystaji_se_autobusy_s_hybridnim_pohonem.html
- [56] The wheels of a greener world, now in India!. *TATA Sturbus* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.buses.tatamotors.com/download/images/starbus-cng-hybrid.pdf>
- [57] Starbus Hybrid. *TATA Sturbus* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.buses.tatamotors.com/products/starbus-hybrid.aspx>
- [58] Versa. *Optare* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.optare.com/versa/>
- [59] Hybrid Optare Versa buses on the way for Greater Manchester schools. *Routeone* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.route-one.net/vehicles/hybrid-optare-versa-buses-way-greater-manchester-schools/>
- [60] Versa – style and comfort redefined. *Optare* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://static1.squarespace.com/static/5318a7c0e4b03ba2018b69f4/t/53abd621e4b073e1bdede7ab/1403770401168/versa+brochure_spec.pdf

- [61] HYBRIDBUS ŠKODA H12. Škoda [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/cs/produkty/elektricke-a-hybridni-autobusy/hybridbus-skoda-h12/>
- [62] ŠKODA ELECTRIC: TRENDY V OBLASTI E-MOBILITY. *Proelektrotechniky.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/pdf/SeminarEbusyII/Vejbor_Emobilita_Skoda.pdf
- [63] ŠKODA ELECTRIC: Hybrid a e-busy Testovací provoz hybridu (PMDP). *Proelektrotechniky.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/pdf/SeminarEbusy/Vejbor_Hybrid.pdf
- [64] Hybridbus H12. Škoda [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://skoda.cz/cs/produkty/elektricke-a-hybridni-autobusy/hybridbus-skoda-h12/Contents.3/0/2FAFD022F86F088C7FCAD7B199A0536/resource.pdf>
- [65] Volvo 7900 Electric Hybrid – silent and emission-free capacity. *Volvo* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://electrichybrid.volvobuses.com/pdf/Opportunity_Charging_System_FS_EN.pdf-na
- [66] Volvo führt komplett neuen Elektro-Hybridbus ein: Der Volvo 7900 Electric Hybrid. *Volvo Busse* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.volvobuses.com/bus/germany/de-de/Aktuelles%20und%20Veranstaltungen/Presseinfos/Pages/Volvo%20f%C3%BChrt%20komplett%20neuen%20ElektroHybridbus%20ein%20Der%20Volvo%207900%20Electric%20Hybrid.aspx>
- [67] Solo and Versa EV: All electric citybus vehicles. *Optare* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://blogs.coventry.ac.uk/covid/wp-content/uploads/sites/11/2014/02/Optare-Solo-Versa-EV.pdf>
- [68] Versa – style and comfort redefined. *Optare* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://static1.squarespace.com/static/5318a7c0e4b03ba2018b69f4/t/53abd621e4b073e1bdede7ab/1403770401168/versa+brochure_spec.pdf
- [69] Elektrobusy SOR. *Proelektrotechniky.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/pdf/SeminarEbusyII/Cerny_SOR_Ebusy.pdf
- [70] Elektrobus SOR EBN 8 / 9,5 / 11 městský/ meziměstský: <http://sor.cz/site/download/SOR-listy-CZ-1427718170.pdf>. SOR [online]. 2014 [cit. 2015-05-26].

- [71] PAVEC, Michal. Výrobci cítí v elektrobusech velký byznys. Do jejich vývoje dávají desítky milionů. *Byznys* [online]. 2014 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-61754370-vyrobci-citi-v-elektrobusech-velky-byznys-do-jejich-vyvoje-davaji-desitky-milionu>
- [72] MIKŠÍK, Daniel. ELEKTROBUS SIEMENS-RAMPINI SE PŘEDSTAVIL PRAZE. *Veřejná hromadná doprava* [online]. 2014 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: <http://verejna-hromadna-doprava.cz/clanky/vozidla/elektrobusey/elektrobus-siemens-rampini-v-praze.php>
- [73] Hybrydowy autobus z Polski – Solaris Urbino 18 Hybrid. *SD smart driver* [online]. 2012 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.smartdriver.pl/hybrydowy-autobus-z-polski-solaris-urbino-18-hybrid>
- [74] Solaris Urbino 18 Hybrid – Vossloh Kiepe. Solaris bus [online]. 2010 [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: http://solarisbus.com/files/press/solaris_presseinformation_iaa.pdf
- [75] BYD Auto Electric Bus. *Plug In America* [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.pluginamerica.org/vehicles/byd-auto-electric-bus>
- [76] BYD Electric Bus. *BYD* [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.bydeurope.com/vehicles/ebus/types/12.php>
- [77] Elektrobus Solaris s indukčním dobíjením v pravidelném provozu s cestujícími. *Proelektrotechniky.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/zajimave-projekty/28.php>
- [78] Urbino 12 electric. Solaris [online]. 2014 [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: http://www.solarisbus.com/vehicle/urbino-12-electric#goTo|urbino1_scene1

Seznam obrázků

Obr. 1: Sériové uspořádání hybridního pohonu. [2]	11
Obr. 2: Paralelní uspořádání hybridního pohonu. [2]	12
Obr. 3: Kombinované přepínatelné uspořádání hybridního pohonu. [13]	13
Obr. 4: Vznětový motor Cummins ISB6.7 použitý např. v Škoda H12. [61].....	19
Obr. 5: Umístění superkondenzátoru na střeše autobusu Urbino 18 DIWAhybrid. [31]	22
Obr. 6: Převodovka a setrvačnick autobusu Flybus. [1,33]	22
Obr. 7: Schéma setrvačnickového akumulátoru energie. [14].....	23
Obr. 8: Převodovka Allison H 40/50 EP. [42]	23
Obr. 9: Převodovka Eaton EH-8E406A-CD se zabudovaným elektromot./generátorem. [43]	24
Obr. 10: Převodovka Volvo I-shift AT2412D1 se zabudovaným elektromotorem/generátorem a AC/DC měničem. [1]	24
Obr. 11: Volvo 7900 Hybrid. [47]	25
Obr. 12: Vnitřní uspořádání. [48]	25
Obr. 13: SOR NBH 18. [53]	27
Obr. 14: Tata Starbus CNG Hybrid. [56]	29
Obr. 15: Uložení hybridního systému. [56]	29
Obr. 16: Optare Versa V970-H. [58].....	29
Obr. 17: MAN Lion's City Hybrid. [18]	31
Obr. 18: Umístění částí hybridního pohonu. [18].....	31
Obr. 19: Iveco Irisbus Citelis 18 m Hybrid. [24]	32
Obr. 20: Škoda H12. [61]	33
Obr. 21: Umístění komponentů v autobuse. [62].....	33
Obr. 22: Solaris Urbino 18 Hybrid Vossloh Kiepe. [73]	34
Obr. 23: Uspořádání hybridního pohonu. [1].....	35
Obr. 24: Volvo 7900 Electric Hybrid. [66]	37
Obr. 25: Schematické zobrazení nabíjení. [65]	37
Obr. 26: Pohled na střešní sběrač. [65].....	37
Obr. 27: Optare Versa V1100-EV. [67].....	39
Obr. 28: Uložení baterie. [67].....	40
Obr. 29: Pohled na umístění komponentů elektrického pohonu. [67]	40
Obr. 30: SOR EBN 11. [69].....	41
Obr. 31: Uspořádání součástí pohonu. [69]	41

Obr. 32: BYD electric bus 12 m. [76].....	42
Obr. 33: BYD electric bus 10,5 m (doubledecker). [76].....	42
Obr. 34: Elektromotory jsou umístěny v nábojích kol. [76].....	42
Obr. 35: Pohled na umístění baterií. [76].....	43
Obr. 36: Projekt nabíjecího stojanu 150 kW firmy SOR. [69]	44
Obr. 37: Gyrobus. [4]	44
Obr. 38: Siemens/Rampini. [72]	45
Obr. 39: Dobíjení elektrobusu. [72].....	45
Obr. 40: Solaris Urbino Electric 12. [78]	46
Obr. 41: Zastávka v Braunschweig. [78]	46
Obr. 42: Schéma nabíjení.[78].....	46

Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled limitů jednotlivých emisních norem pro naftové motory. [21].....	18
Tab. 2: Volvo 7900 hybrid – parametry. [49,50,51]	26
Tab. 3: SOR NBH 18 – parametry. [53,54, 55]	27
Tab. 4: Tata Starbus CNG Hybrid – parametry. [56, 57].....	28
Tab. 5: Optare Versa V970-H – parametry. [59,60]	30
Tab. 6: MAN Lion´s City Hybrid – parametry. [18,23].....	31
Tab. 7: Iveco Irisbus Citelis 18 m Hybrid – parametry. [24,25].....	32
Tab. 8: Škoda H12 – parametry. [61,62,63,64]	33
Tab. 9: Solaris Urbino 18 Hybrid Vossloh Kiepe – parametry. [73,74].....	35
Tab. 10: Volvo 7900 Electric Hybrid – parametry. [48,50, 51].....	38
Tab. 11: Optare Versa V1100-EV - parametry. [59, 67, 68].....	40
Tab. 12: SOR EBN 11 – parametry. [69,70].....	41
Tab. 13: BYD electric bus 12 m – parametry. [75,76]	43
Tab. 14: Siemens/Rampini – parametry. [37,71,72].....	45
Tab. 15: Solaris Urbino Electric 12 – parametry. [77,78].....	47

Seznam grafů

Graf 1: Těžba ropy – pokles. [1]	17
Graf 2: Vliv faktorů na vývoj ceny pohonných hmot 2000-2012. [19].....	17