

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Energetická náročnost provozu elektromobilu

Tomáš Mazura

Bakalářská práce

2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Mazura**
Osobní číslo: **D07467**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**
Název tématu: **Energetická náročnost provozu elektromobilu**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

1. Význam elektromobility z hlediska energetické náročnosti dopravy
2. Legislativní aspekty energetické náročnosti
3. Rozbor faktorů uplatnění elektropohonů
4. Předpoklady a možnosti rozvoje elektromobility

Závěr


Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle pokynů vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jindřich Ježek, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **29. listopadu 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. května 2014**


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. listopadu 2013

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 30. 5. 2014

Tomáš Mazura

Na tomto místě bych chtěl rád poděkovat Ing. Jindřichu Ježkovi, Ph.D., za jeho cenné rady i čas, který mi věnoval při zpracování této bakalářské práce.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá problematikou energetické náročnosti provozu elektromobilu. V teoretické části se zaměřuje na význam elektromobility ve vazbě na energetické, legislativní a ekologické aspekty. Na základě analýzy faktorů provozu elektromobilu zdůrazňuje význam elektromobility jako součást perspektivního směru dalšího rozvoje dopravy a navrhuje podmínky, za jakých ji lze rozšířit v podmínkách ČR.

KLÍČOVÁ SLOVA

elektromobilita, energetická náročnost, infrastruktura, obnovitelné zdroje energie

TITLE

Energetic demandness of electromobile operation

ANNOTATION

This work focuses on the issue of energetic demandness of electromobile operation. The theoretical part focuses on the term of electromobility in relation to energetic, legislative and environmental aspects. Based on the analysis of electromobile factors operation, this work stresses the importance of electromobility as a part of promising direction for further development of transport and suggest conditions under which it can be extended in the Czech Republic.

KEYWORDS

electromobility, energetic demandness, infrastructure, renewable sources

OBSAH

ÚVOD	9
1 VÝZNAM ELEKTROMOBILITY Z HLEDISKA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	10
1.1 Energetická náročnost	10
1.2 Spotřeba energie	11
1.3 Udržitelný rozvoj	12
1.4 Elektromobilita	13
1.5 Kvalita dopravy	17
2 LEGISLATIVNÍ ASPEKTY ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	19
2.1 Výběr legislativy EU	19
2.1.1 Východiska energetické legislativy.....	19
2.1.2 Aktuální energetické vize a cíle	21
2.1.3 Energeticko – klimatický balíček.....	23
2.1.4 Nízkouhlíkové hospodářství.....	24
2.1.5 Kjótský protokol	25
2.1.6 Bílá kniha - plán jednotného evropského dopravního prostoru	27
2.1.7 Podpora elektromobility.....	29
2.2 Výběr legislativy ČR	31
2.2.1 Státní energetická koncepce.....	31
2.2.2 Dopravní politika pro období 2014 – 2020	33
2.2.3 Podpora elektromobility.....	34
3 ROZBOR FAKTORŮ UPLATNĚNÍ ELEKTROPOHONŮ	36
3.1 Zásobníky energie	36
3.1.1 Palivové články.....	36
3.1.2 Akumulátorové baterie.....	37
3.1.3 Superkondenzátory	40
3.2 Účinnost využití energie	40
3.3 Infrastruktura	42
3.4 Náklady na provoz	45
3.5 Dojezdová vzdálenost	50
3.6 Emisní zátěž	52
3.7 Energetické požadavky	54
3.7.1 Potenciál obnovitelných zdrojů.....	55
3.7.2 Využití fotovoltaické energie.....	56
3.8 Materiálové požadavky	58
3.9 Vyhodnocení analýzy	59

4	PŘEDPOKLADY A MOŽNOSTI ROZVOJE ELEKTROMOBILITY	61
4.1	Infrastruktura	62
4.2	Zvýhodnění uživatelů elektromobilů	63
4.3	Informační kampaně a odborná příprava	64
	ZÁVĚR	65
	POUŽITÁ LITERATURA	66
	SEZNAM TABULEK	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	77
	SEZNAM ZKRATEK	78
	SEZNAM PŘÍLOH	80

ÚVOD

S ekonomickým rozvojem se zvyšují nároky na potřebu primárních energetických zdrojů. Základním primárním zdrojem energie v dopravě je ropa a přestože se odhady její rozumné ekonomické dostupnosti liší, nesporným faktem je, že skončila její levná éra, která stimulovala rozvoj ekonomiky.

Zejména Evropa je v tomto směru ohrožena, protože je více než z poloviny závislá na dovozu primárních paliv a tato závislost se neustále zvyšuje. Dovážená paliva pochází ze zemí potenciálně politicky nestabilních. Rostoucí spotřeba energie může vést jednak k nejistotě stability dodávek a cenovým výkyvům, protože s primárními zdroji lze objektivně snadno spekulovat na finančních trzích a současně je zde možnost hospodářsky a politicky ovládat země, které nedostatečně disponují svými energetickými zdroji.

Dalším závažným aspektem užívání fosilních paliv jsou ekologické dopady, zejména nárůst emisí oxidu uhličitého a jeho vliv na klimatické podmínky. Na tuto skutečnost již reaguje evropská legislativa, čímž přispívá i k širší celosvětové debatě.

Vzhledem k těmto souvislostem je v oboru dopravy stále aktuálnější potřeba zajištění zdrojů energie a omezení nárůstu jejich spotřeby. Hledají se proto způsoby jak uvést do rovnováhy potřebu energetických zdrojů a způsoby jejich efektivního získávání. Možnost je zvýšení diverzifikace zdrojů a rozšíření nových technologií typu elektromobilu.

Elektromobily nejsou v dopravě novinou. Na evropských silnicích se objevily již na počátku dvacátého století. Ve Spojených státech se v té době vyrábělo dokonce o třetinu více elektromobilů, než vozů se spalovacím motorem. Na počátku dvacátého století však převzal na více než sto let vládu spalovací motor, zejména díky levné ropě a úspěšným zavedením sériové výroby Henryho Forda. Tím byl vývoj elektromobilů na dlouhou dobu pozastaven.

Zájem o elektromobilitu se vždy výrazně zvýšil v době ropných krizí, kdy stoupá poptávka po alternativních možnostech pohonu. V posledních letech je to v souvislosti s potřebou energetické nezávislosti a ekologickým aspektům dopravy. Tento trend potvrzuje i automobilový průmysl, vlastní model elektromobilu nyní nabízí nebo vyvíjí téměř každá automobilová značka.

Cílem práce je na základě analýzy faktorů energetické náročnosti provozu elektromobilu zdůraznit význam elektromobility jako součást perspektivního směru dalšího rozvoje dopravy a navrhnout podmínky, za jakých ji lze rozšířit v podmínkách ČR.

1 VÝZNAM ELEKTROMOBILITY Z HLEDISKA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

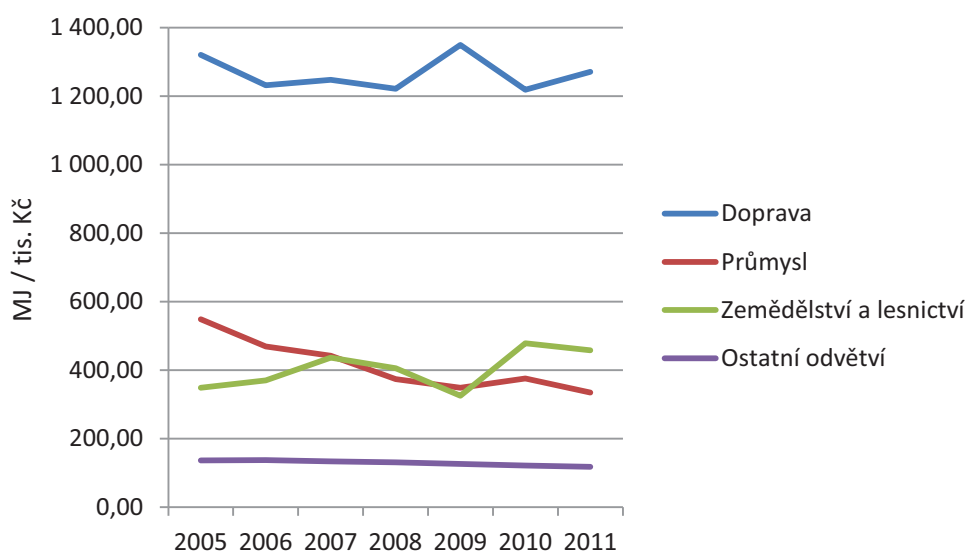
1.1 Energetická náročnost

Energetická náročnost obecně představuje množství energie, které kladou celá odvětví nebo jednotlivé technologie na spotřebu energie potřebné k zajištění určitého výkonu (objemu výroby, služeb apod.). Zahrnuje hledisko ekonomické ve smyslu výdajů za spotřebovanou energii a hledisko ekologické ve významu hospodaření s energiemi.

Makroekonomického hodnocení energetické náročnosti využívá agregované indexy, které poskytují souhrnný pohled na vývoj národního hospodářství jako celku nebo jednotlivých odvětví skrze energetickou náročnost spotřeby primární energie na jednotku HDP, tj. podíl spotřeby primární energie¹ a výkonu ekonomiky. [1]

Největší podíl na energetické náročnosti hospodářství ČR v sektorovém členění zaujímá právě sektor dopravy,² následovaný sektorem průmyslu. Požadavkem v sektoru dopravy je kvalitní mobilita při co nejnižších nárocích na energetické zdroje. [2]

Obrázek č.1: Energetická náročnost vybraných sektorů ČR



Zdroj: [2]

Mikroekonomické hodnocení energetické náročnosti v jednotlivých dopravních módech představuje množství energie spotřebované na jednotku přepravního výkonu, tj.

¹ Primární energetické zdroje zahrnují domácí vytěžená paliva, vodní a větrnou elektřinu, jaderné teplo, saldo dovozu a vývozu a změnu stavu zásob paliv a energie.

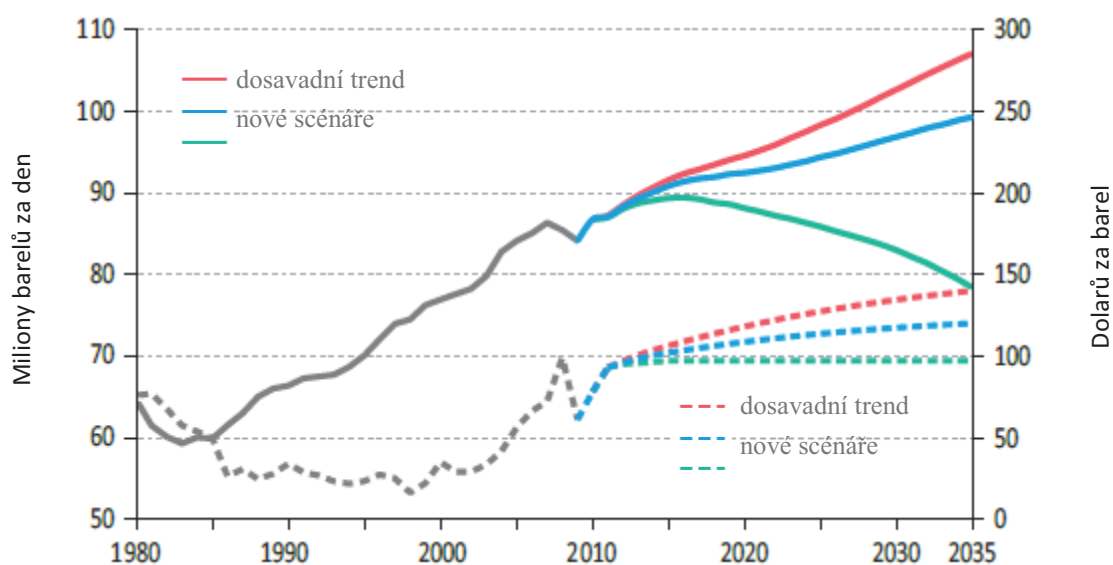
² Energetická náročnost dopravy je oproti ostatním odvětvím vysoká i vzhledem k zahrnuté individuální automobilové dopravě s podílem přibližně 50 %, která nevytváří žádnou přidanou hodnotu do národní ekonomiky. [2]

množství přepravených osob nebo zboží na jednotku vzdálenosti (v kWh s ohledem na elektrické pohony). Čím větší přepravní výkon daný druh dopravy na jednotku spotřebované energie uskuteční, tím je příslušný druh dopravy energeticky úspornější. [3]

1.2 Spotřeba energie

Od konce 70. let 20. století narůstá negativní působení dopravy, zejména v oblastech spotřeby neobnovitelných zdrojů a jejich vlivu na znečištění ovzduší. Aspekt spotřeby fosilních paliv způsobuje budoucí ohrožení dopravní mobility. Vzhledem k současnému vývoji celosvětového růstu spotřeby energie, s dominancí fosilních paliv, dojde v tomto století k jejich nedostatku, které nebude snadné nahradit. Podle dlouhodobých výhledů,³ budou ekonomicky využitelné celosvětové zásoby ropy vyčerpány za 40 let, zemního plynu za 65 let a uhlí za 200 let, a to i přes nově objevená naleziště a technologický pokrok v těžbě nekonvenčních zdrojů, neboť jejich přídavný potenciál je kompenzován právě rostoucí spotřebou, vyššími náklady a ekologickými požadavky na těžbu. [4]

Obrázek č. 3: Predikce spotřeby ropy a vývoje cen



Zdroj: [5]

Podle IEA lze v delším období očekávat spíše mírný růst cen, závislý na globální politické situaci, neboť dostupnost a cena ropy je do značné míry téma mezinárodně politické.

Silniční doprava se na energetické spotřebě dopravy v ČR podílí téměř 90 %. Energetické zajištění silniční dopravy je proto strategickým faktorem. S tím souvisí

³ Podle Colin J. Campbella z Oxfordské univerzity, který upřesnil tzv. ropný vrchol na rok 2006.

požadavek na bezpečné skladování energie s vysokou hmotností i objemovou hustotou, který splňují tolik rozšířená fosilní paliva.

Z hlediska dopadů dopravy na životní prostředí je největší problém produkce oxidu uhličitého spalováním fosilních paliv, které podle většinového názoru vědců způsobuje oteplování atmosféry. Oteplování atmosféry je do značné míry způsobeno i odlesňováním, přeměnou pastvin na ornou půdu a další lidskou činností. V podmínkách ČR nejvíce znečišťuje ovzduší silniční doprava, vzhledem k zastoupení individuální automobilové dopravy a silniční nákladní dopravy využívající převážně ropné produkty:

Tabulka č. 1: Produkce CO₂ jednotlivými druhy dopravy v ČR [tis. tun]

Mód	2005	2007	2009	2011	2012
IAD	9890	10521	10329	9547	9250
Silniční nákladní	5102	5551	5418	5369	5337
Silniční veřejná	1856	2052	1968	1952	1941
Letecká	1028	1106	1070	990	926
Železniční motorová trakce	289	298	298	282	273

Zdroj: [6]

Negativní dopad na lidské zdraví působí zejména v prostředí městských aglomerací, charakteristické vysokou hustotou IAD. Pro lidský organismus jsou škodlivé emise obsahující oxid uhelnatý, nespálené uhlovodíky, oxidy dusíku, pevné částice a zvýšená hladina zvuku.

Řešením uvedených negativních dopadů je příklon k trvale udržitelnému rozvoji, což znamená hledání environmentálně šetrných forem dopravy, vývoj nových pohonů pro silniční dopravu a preferenci hromadné dopravy s využitím el. trakce a kolejového vedení. [7]

1.3 Trvale udržitelný rozvoj

Princip trvale udržitelného rozvoje je definován jako „rozvoj uspokojující požadavky současnosti bez toho, aby byla narušena schopnost příštích generací uspokojit své vlastní potřeby,“ a to pokud jde o potřeby ekonomické, sociální i environmentální. [7, str. 107]

Obecnou definici trvale udržitelného rozvoje lze upřesnit na obor dopravy a energetiky:

„Udržitelná doprava je taková doprava, která vytváří podmínky pro takové přemísťování osob a nákladů, které je na jedné straně funkční, bezpečné a ekonomické a na druhé straně není v rozporu s udržitelnou spotřebou přírodních zdrojů, snižuje zátěž životního prostředí a eliminuje negativní vlivy na lidské zdraví.“ [7, str. 21]

V oblasti energetiky jde o „*snahu o co nejmenší negativní dopady v průběhu celého energetického cyklu na životní prostředí, při zachování ekonomického rozvoje a řešení sociálních problémů.*“ [8, str. 9] K snížení poškozování životního prostředí z energetických procesů vedou dvě základní cesty: snižování poptávky po energii, produkce energie takovým způsobem, aby docházelo k co nejmenším negativním environmentálním dopadům, což zahrnuje využití čistých technologií a využití obnovitelných zdrojů energie. [8]

V podmínkách ČR jsou za obnovitelné zdroje považovány nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.⁴ Jejich společnou vlastností je „*schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.*“ [9, § 7]

Doprava a energetika jsou vzájemně propojená odvětví vzhledem k pokrytí energetických požadavků dopravy:

- sladění struktur forem dodávané a spotřebované energie,
- zajištění rozvodu a akumulace jednotlivých forem energie,
- bezpečnostní požadavek, neboť doprava i energetika tvoří společnou oblast kritické infrastruktury. [10]

1.4 Elektromobilita

Naplnění cílů trvale udržitelného rozvoje a udržitelné dopravy nabízí koncepce elektromobility. Elektromobil je označováno vozidlo, které ke svému pohybu užívá elektropohon bez závislosti na spalovacím motoru a konvenčních zdrojích energie. Elektromobilita přináší mnoho výhod. Základní výhodou je dopad na životní prostředí. Při jízdě elektromobil neprodukuje žádné emise oxidu uhličitého ani jiné emise, což předurčuje jeho uplatnění zejména v městské dopravě, vzhledem k vysoké hustotě a kongescím dopravy. Mezi další výhody vyplývající z vlastností elektromotoru patří jednoduchost (nevyžadující převodovku), výhodná momentová charakteristika, krátkodobá přetížitelnost, velká účinnost transformace el. energie, oproti klasickému spalovacímu motoru a rekuperace energie,⁵ což se v souhrnu projevuje úsporou energie a nižšími provozními náklady. [11]

⁴ Podle definice zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů.

⁵ Rekuperace je proces přeměny kinetické energie dopravního prostředku zpět na využitelnou elektrickou energii při elektrodynamickém brzdění, využitím vlastnosti elektrického motoru, který může pracovat také jako generátor elektrické energie. Rekuperace je nejběžnější v městské dopravě, vzhledem k častému střídání jízdních režimů. [12]

Základní koncepce využití elektrické energie k pohonu vozidel lze v současnosti rozlišit do čtyř základních směrů, v závislosti na technickém řešení zdroje energie pro elektropohon.

Pohony napájené z trakčních akumulátorů, které jsou zdrojem elektrické energie pro elektromotor. Rozhodujícími parametry akumulátoru jsou výkonová hustota určující konečnou rychlost a zrychlení vozidla, energetická hustota určuje dojezd. Nevýhodou je stále velký poměr hmotnosti k akumulované energii, vysoká cena akumulátorů a nízká životnost. Vzhledem k potenciálu zvyšování parametrů akumulátorů, možnosti propojení s inteligentními energetickými soustavami a využitím decentralizovaných obnovitelných zdrojů se jedná o perspektivní směr rozvoje a řešení problému individuální automobilové dopravy. V posledních letech je nástup elektromobility spojen právě s touto koncepcí. [13]

Pohony napájené z palivových článků, který mění chemickou energii paliva přímo v elektrický proud pro elektromotor. Palivovému článku, na rozdíl od akumulátorových baterií, je stále přiváděno palivo a přestože tato koncepce je již dlouho známá, v současnosti je stále problematická vzhledem k složitosti technického řešení, výroby a skladování vodíku, jako nevhodnějšího prvku. Protože vodík je pouze nosičem energie, jeho výroba je vzhledem k nízké účinnosti transformace energie poměrně nákladná a vyžadující neefektivní nakládání zdrojů energie.⁶ Další komplikací je poměrně velký objem a hmotnost palivových článků. Výhodou je naopak vysoký dojezd na jedno natankování, možnost využití stávající palivové infrastruktury pro přenos vodíku.

Hybridní koncepce, je kombinace několika zdrojů energie, tj. spalovací motor spolu s palivovým článkem/akumulátorem a elektromotorem. Smyslem hybridní koncepce je takové propojení zdrojů, aby se využilo co nejvíce ze specifických předností jednotlivých koncepcí při současném omezení jejich nevýhod. Nejběžnější je kombinace elektrického motoru s akumulátorem a spalovacím motorem. Elektrický pohon je využíván zejména při rozjezdu, což je energeticky nejnáročnější fáze pohybu vozidla. Spalovací motor se použije v ustáleném provozním režimu.

Výhodou je optimalizace výkonu, vysoký dojezd při zvýšené šetrnosti k životnímu prostředí, nehlučnost, nižší provozní náklady (20 % úspory paliva) a komfort srovnatelný s klasickým vozidlem. Vozidlo nepotřebuje žádné dobíjení, veškerá elektrická energie pro elektrický pohon je získávána ze spalovacího motoru.

⁶ V současnosti je nejlevnější získávání vodíku štěpením uhlovodíků (zemní plyn, ropa), což je v rozporu s myšlenkou alternativního, nefosilního paliva.

Nevýhodou je složitost koncepce. Přestože tato koncepce v počátcích řešila období omezené hodnoty parametrů akumulátorů, je stále předmětem zájmů výrobců automobilů (např. Toyota). Výhledově lze očekávat vývoj hybridních pohonů s palivovými články s přímou konverzí kapalných paliv na vodík. Jedná se však v zásadě o snížení spotřeby fosilních paliv a dopadů na životní prostředí, nikoliv o dlouhodobé řešení.

Pohony závislé na elektrické trakci - technicky vyřešená koncepce, která se uplatňuje zejména v kolejové dopravě. Využití nachází zejména v MHD a železniční dopravě, s velkými dopravními a přepravními proudy. [14]

Přínosy elektromobility vyplývají zejména z podmínek lokálního provozu. Pokud se uvaží celý životní cyklus elektromobilů, zahrnující jejich výrobu a výrobu el. energie, nemusí být podle některých studií⁷ v porovnání se spalovacími motory tak výrazně ekologické. Ve skutečnosti může docházet k přesunu nepříznivých vlivů v rámci celkové zátěže pro životní prostředí. Výsledný efekt ekologické výhodnosti proto závisí na řadě dalších faktorů:

- energetickém mixu výroby elektrické energie,
- náročnosti těžby prvků pro výrobu akumulátorových baterií s toxickým dopadem na životní prostředí,
- životnosti a recyklovatelnosti akumulátorů.

Dostupnost a ekonomická výhodnost OZE jako vhodného energetického mixu pro výrobu el. energie je důležitým předpokladem uplatnění elektromobilů. Přestože využívání obnovitelných zdrojů je předmětem kritiky, např. v souvislosti s vládní dotační podporou výkupu el. energie, obecně právě velké startovací projekty napomáhají postupnému snížení nákladů spojených s výrobou komponentů solárních panelů a rychlejší návratnosti investice bez nutnosti dotační politiky. V rámci užšího, emisního pohledu se za nízko-emisní zdroje považuje i jaderná energie a fosilní zdroje v kombinaci se zachycováním a ukládáním uhlíkových emisí.⁸

Výroba elektromobilů souvisí s požadavky na materiálové zajištění řady prvků pro akumulátorové baterie a palivové články (zejména vzácný prvek lithium), které s sebou nesou znečištění životního prostředí, stejně jako konečná demontáž, problematika a možnosti recyklace a manipulace s průmyslovým odpadem. Lze konstatovat, že čím delší je životnost

⁷ Podle vypracovaných studií např. Norské vědecko-technologické univerzity a výzkumu v Číně, která elektromobily zavádí ve významné míře. [15]

⁸ Technologie zachycování a ukládání oxidu uhličitého (CCS) zahrnuje na sebe navazující procesy separace oxidu uhličitého, jeho dopravy a ukládání. Jednotlivé prvky jsou sice testovány, ale komplexní technologie zatím v praxi dlouhodobě nebyla odzkoušena.

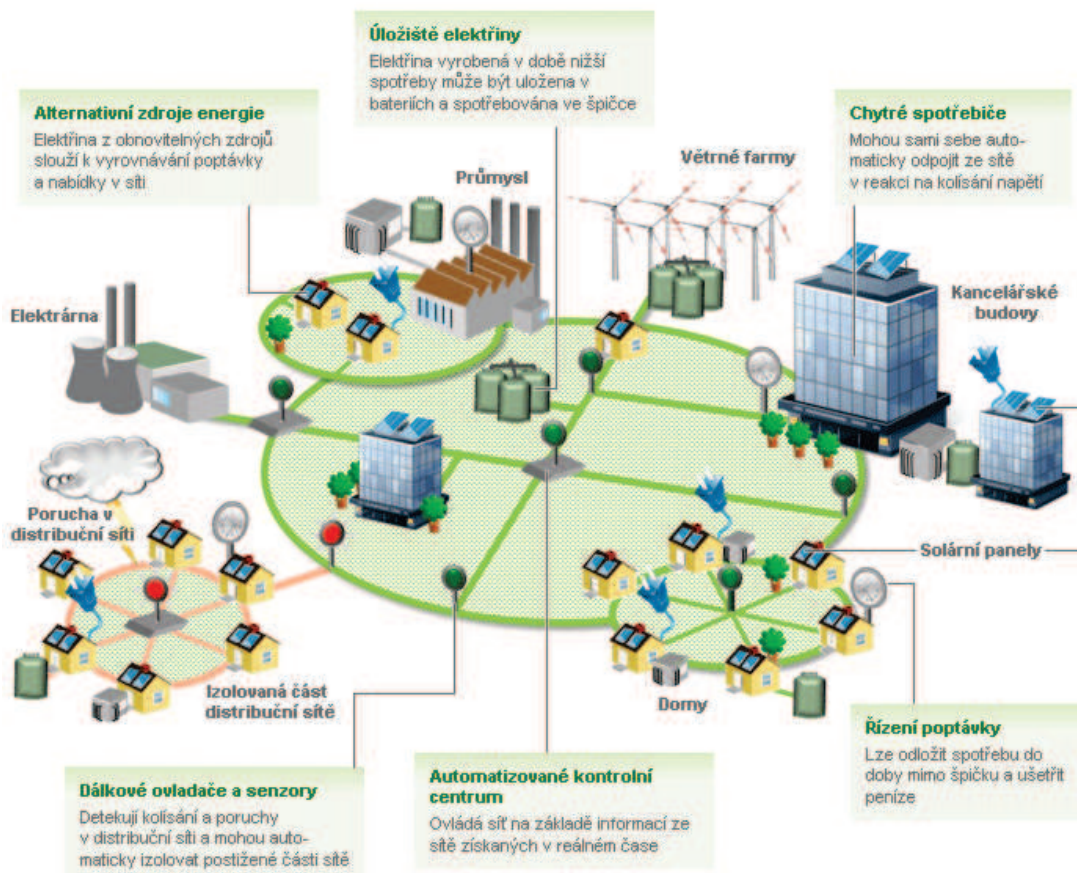
rozhodujících komponentů elektromobilů, tím menší bude jejich nepříznivý dopad na životní prostředí vzhledem k časovému rozložení případných negativních dopadů. [16]

Elektromobilita neznamená jen konkrétní koncepci technického řešení. Uplatnění pohonů elektromobilů vyžaduje zvýšené nároky v širších oblastech:

- inteligentní dopravní infrastruktury, včetně sítí nabíjecích stanic,
- inteligentních energetických sítí, včetně energetických zásobníků,
- ekologických zdrojů energie a ekologických výrobních postupů,
- tvorby legislativy a investic.

Význam inteligentních sítí spočívá v rozšíření a zvýšení spolehlivosti dosavadního řetězce výroby, distribuce a spotřeby elektrické energie. Inteligentní sítě v praxi vytvoří podmínky pro efektivní řízení toků energie, možnosti snížení špiček v energetické síti a řízení odpovědi sítě na okamžitou poptávku, s využitím moderních komunikačních zařízení a chytrých elektroměrů v podmínkách velkého podílu rozptýlených obnovitelných zdrojů jako předpoklad rozvoje elektromobility.

Obrázek č. 3: Princip inteligentní sítě



Zdroj: [17]

Obnovitelné zdroje energie jsou charakteristické nestabilními dodávkami energie, závislými na přírodních podmínkách. Jeden z prostředků, jak je eliminovat nebo z části omezit je akumulace jejich energie. Pro akumulaci a regulaci elektrické energie lze v principu využít dobíjecí systémy a zásobníky energie elektromobilů.

Tato integrace optimalizuje výrobu a spotřebu el. energie se zapojením koncových uživatelů do řízení poptávky v roli přímých účastníků distribučního procesu, čímž se přispěje k stabilitě a zkvalitnění parametrů přenosové soustavy. Jejich vývoj, větší komerční využití a rozšíření jsou však na samém počátku.⁹ [18]

Očekávané přínosy elektromobility:

- snížení ekologické zátěže území způsobené dopravou v městských aglomeracích,
- zvýšení účinnosti využití zdrojů, skrze účinnost elektropohonů a rekuperace energie,
- přínos ve zvýšení schopnosti energetických sítí akceptovat nestabilní a rozptýlené obnovitelné zdroje,
- zvýšení energetické bezpečnosti území rozvojem decentralizovaných zdrojů,
- příležitost k zvýšení konkurenceschopnosti na základě rozvoje moderních technologií,
- ekonomická výhodnost provozu,
- spolehlivost, bezpečnost dynamiky dopravy v důsledku zvýšené inteligence vozidel i odpovídajících infrastruktur. [18]

Obrázek č. 4: Sportovní elektromobil Toyota s technologií bezdrátového dobíjení



Zdroj: [15]

⁹ První evropský projekt inteligentní sítě zahájený v roce 2012 s názvem Nice Grid, probíhá ve Francii. Zahrnuje sektor obsahující 1500 odběrných míst se zásobníky energie o celkovém výkonu 5MW, sektor pro integraci OZE o celkovém výkonu 2,5MW a ostrovní systém s 200 spotřebiteli zahrnující úložiště el. energie. Projekt prověřuje reálné možnosti snížení investic do infrastruktury, správu úrovně spotřeby a eliminaci výpadků, integraci obnovitelných zdrojů, a nezávislý krátkodobý provoz v případě odpojení od hlavní sítě. [19]

1.5 Kvalita dopravy

Aspekty, které ovlivňují budoucí výběr dopravního prostředku a tím budoucí směr dopravy není jen otázkou technickou či ekonomickou, ale komplexnější, související s kvalitou: „*Kvalita dopravy představuje soubor vlastností, které jsou potřebné pro splnění opodstatněných požadavků uživatele dopravy. Základním měřítkem kvality je uživatel, který rozhoduje o tom, který dopravní obor využije, jaký dopravní prostředek nebo jakého dopravce a to na základě míry naplnění jeho potřeb.*“ [20, str. 118]

Užitek cestujícího individuální dopravy je odvozen od kvality dopravních prostředků, dopravní infrastruktury a souhrnem kritérií kvality.

Kritéria kvality zahrnují požadavky uživatele na bezpečnost, spolehlivost, komfort, výkon, spotřebu, dojezdovou vzdálenost, náklady na provoz, emise, životnost apod.

Komfort je jeden z rozhodujících faktorů, proč je preferovaná individuální osobní doprava. Zahrnuje pohodlí, nákladový prostor vozidla, dostupnost infrastruktury - minimální omezení vjezdů, dostupnost parkování, rychlost tankování/nabíjení, nízká hlučnost provozu, snadnost pořízení nového vozidla, legislativní požadavky provozu vozidla apod.

Výběr o způsobu dopravy ovlivňuje i subjektivní zkušenost uživatele dopravy a také jeho postoje. Pozitivní zkušenost vede k opakované volbě, postoje uživatele mohou být tak výrazným faktorem v rozhodování, že mají větší váhu než racionální úvahy, věcné argumenty nebo objektivní analýzy. Příkladem může být ekologický postoj a zdravý životní styl, jehož výsledkem je preference železniční či cyklistické dopravy.

Mají-li získat silniční vozidla s elektrickým pohonem významnější podíl na trhu, kromě cenové a technické konkurenceschopnosti s klasickými pohony, nesmí zaostávat ani v oblastech kvality dopravy, které uživatel vyžaduje a vyhledává. [21]

2 LEGISLATIVNÍ ASPEKTY ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

2.1 Výběr legislativy EU

Energetická a dopravní politika patří mezi provázané priority EU. Jednou z charakteristik evropského hospodářství je jeho energetická závislost na dovozech ze zahraničí, především pro sektor dopravy. Významná je i environmentální dimenze, v podobě využívání nekonvenčních zdrojů energie a plnění mezinárodních závazků, z nichž nejvýznamnější je Kjótský protokol.

Tyto aspekty ve velké míře ovlivňují a formují cíle energetické a dopravní politiky, k jejich naplnění dochází prostřednictvím legislativních aktů: nařízení, směrnic, rozhodnutí, doporučení a stanovisek,¹⁰ která jsou pro všechny členské státy EU závazná a musí být následně přejímána do zákonů i předpisů na národních úrovních.¹¹

2.1.1 Východiska energetické legislativy

První zmínky o energetické politice pochází z Pařížské smlouvy z roku 1951 zakládající Evropské společenství uhlí a oceli. Cílem společenství bylo zejména mezivládní podřízení produkce strategických surovin uhlí a oceli, a tím zamezení politické nestability. V roce 1958 vzniklo Evropské společenství pro atomovou energii, které vymezilo bezpečné a mírové využití jaderné energie. Rozvíjející se průmysl a obecný nedostatek tradiční energie z fosilních paliv definoval tehdejší energetické cíle - nezávislost a stabilitu.

V sedmdesátých letech minulého století narůstaly ceny surovin, a to přimělo EHS k prvním podnětům v energetických úsporách, k investicím do rozvoje nových technologií jako je jaderná energie, diverzifikaci vstupních zdrojů. Významným aktem se stalo postupné odstraňování vnitřního cla a nastolení jednotného cla pro třetí země. Hlavní prioritou energetické politiky bylo zajištění energie a rozvoj energetiky. Druhá ropná krize na konci sedmdesátých let zdůraznila význam nastolených cílů. [22]

Počátek moderní energetické legislativy tvoří Evropská energetická charta (1991) za jejímž zrodem stála příležitost překonat hospodářské rozdělení evropského kontinentu

¹⁰ Nařízení, které má obecnou působnost, je závazné v celém rozsahu a přímo použitelné ve všech členských státech. Směrnice je závazný legislativní akt, určená pro každý stát, pokud jde o výsledek, jehož má být dosaženo, přičemž volba formy a prostředků se ponechává vnitrostátním orgánům. Rozhodnutí je závazné v celém rozsahu, může se týkat konkrétních členů. Doporučení a stanoviska nejsou závazná.

¹¹ Mezi důležité nástroje utvářející evropskou legislativu patří Bílé a Zelené knihy, což jsou nelegislativní dokumenty, pravidelně vydávané EK. Smyslem těchto knih je hodnocení dosavadního stavu, nastartování a podpoření debaty na evropské úrovni k určitému tématu (Zelená kniha), které mohou vyústit ke konkrétním návrhům (Bílá kniha) a doporučením. Dokumenty tak přispívají ke kvalitě nově přijímané legislativy. [23]

a potřeba rozvoje a podpory mezivládní energetické spolupráce. Současně byla podepsána Smlouva o EU (1992). Přestože neobsahovala samostatnou kapitolu věnovanou energetice, její přínos spočíval v rozvoji a utváření společného energetického trhu. Právně závazný se stal Protokol Energetické charty (podepsán v roce 1994), ve kterém se zdůrazňuje význam hospodárného a efektivnějšího nakládání s energiemi a podpora energeticky účinných technologií. [24]

V polovině devadesátých let rostla spotřeba energie a s tím související potřeba zajištění zdrojů fosilních paliv. Výchozím dokumentem se stala Bílá kniha o energetické politice, která definovala tři základní výzvy: posilování konkurenčního prostředí v oblasti výroby elektrické energie, zvyšování bezpečnosti výroby elektrické energie a ochranu životního prostředí. Zároveň se pozornost zaměřuje na další snižování závislosti EU na dovozu energie a energetických zdrojů, především prostřednictvím efektivnějšího využívání svých vlastních zdrojů.

Ústředním faktorem se stala liberalizace energetického trhu, který byl do té doby v režii státních monopolů členských států, vzhledem ke své investiční náročnosti a strategicko-bezpečnostnímu charakteru. Liberalizace energetiky spočívá ve vytváření jednotného celoevropského konkurenčního prostředí a cíli na zabezpečení spolehlivých dodávek, transparentnosti a vzájemné propojenosti. [25]

Zelená kniha o evropské strategii pro zabezpečení dodávek energií (2000) upřesnila energetické hrozby v podobě neustálého zvyšování evropské závislosti na externích energetických zdrojích a velmi malý manévrovací prostor z hlediska podmínek dodávek energií, nutnost aktivního přístupu vzhledem k hrozbě klimatických změn a schopnosti plnit mezinárodní závazky (Kjótský protokol). Na základě analýzy Zelená kniha dospěla k následujícím doporučením, které formulují budoucí směřování evropské energetické politiky:

- zvýšení zabezpečení dodávek energií, trvalého úsilí o podporu vývoje a využití obnovitelných energetických zdrojů (vodní, větrné, solární elektrárny a zařízení využívající geotermální energie a spalující biomasu),¹²
- nutnost regulace růstu poptávky zejména v sektoru dopravy, který představuje značnou část evropské spotřeby energií, jedním z řešení byla podpora biopaliv,¹³

¹² směrnice 2001/77/EC o podpoře elektřiny z obnovitelných zdrojů, s cílem do roku 2010 dosáhnout 12 % hrubé národní spotřeby energie z obnovitelných zdrojů a podílu 22,1 % elektřiny vyrobené z obnovitelných energetických zdrojů. Členské státy se pro dosažení těchto komunitárních cílů definují své národní směrné cíle v obou dvou kategoriích. Ty se mohou u jednotlivých států lišit v závislosti na jejich přírodních podmínkách.

vyvolání diskuze o další budoucnosti jaderné energie a její bezpečnosti vzhledem k jejím environmentálním aspektům. [26]

2.1.2 Aktuální energetické vize a cíle

V dalším období dochází v rámci snah o rozvoj nové energetické politiky EU k poměrně dynamickému vývoji v oblasti legislativy i strategických dokumentů. EU významně zvýšila pozornost vůči účinnému využívání energie jako reakce na postupné vyčerpávání zásob fosilních paliv, prohloubení vysoké závislosti na dovozu paliv z nestabilních oblastí, přetrvávající volatilita cen ropy, zemního plynu a hrozba klimatických změn vyvolaných emisemi skleníkových plynů. [27]

V 2005 EK zveřejnila další Zelenou knihu o energetické účinnosti, s cílem iniciovat debatu o zefektivnění využívání energie v jednotlivých sektorech, která vyústila v Akční plán pro energetickou účinnost, s cílem dvacetiprocentní úspory roční spotřeby energie do roku 2020.

Tabulka č. 2: Odvětvová spotřeba energie v EU a odhad úspor v roce 2020 [Mtoe]

Odvětví	Spotřeba energie v roce 2005	Spotřeba energie za běžných podmínek v roce 2020	Možnosti úspor energie v roce 2020
Domácnosti	280	338	91
Budovy	157	211	63
Doprava	332	405	105
Výroba	297	382	95

Zdroj: [28]

Sektor dopravy představuje nejvyšší růst spotřeby energie. Akční plán navrhuje základní možnosti úspor spočívající v oblasti podpory investic na rozvoj ekologických, inteligentních a energeticky účinnějších vozidel, zvýšení podílů hromadné dopravy a zprůšnění legislativních limitů emisí CO₂ nově uváděných vozidel na trh.

Přínos akčního plánu spočívá ve zvýšení evropské konkurenceschopnosti, posílení bezpečnosti dodávek energií a dvojnásobném snížení emisí, které požadoval Kjótský protokol po EU do roku 2012. Nezanedbatelným se stal i přírůstek pracovních míst a zaměstnanosti, neboť většina služeb a výrobků k posílení energetické účinnosti pochází ze států EU. Výsledkem bude průměrná úspora více než 15 miliard EUR ročně za paliva, zahrnující nezbytné investiční výdaje na úsporné a moderní technologie. [28]

¹³ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES o podpoře využívání biopaliv nebo jiných obnovitelných paliv pro dopravu - minimální podíl biopaliv a jiných alternativních pohonných paliv na energetickém obsahu benzínu a nafty činil 2 % do konce roku 2005, resp. 5,75 % do konce roku 2010.

EK v roce 2006 vydala Zelenou knihu s názvem Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii. Dokument pojmenovává současnou strategickou situaci Evropy v oblasti energetiky a z ní vyplývající hrozby, rostoucí závislosti na dovozech zdrojů energie, nerovnoměrné koncentrace zásob těchto zdrojů a růst jejich cen: „*v návaznosti na vysoké a nestabilní ceny energií roste celosvětová poptávka po energii. Dochází k nárůstu emisí skleníkových plynů. Zásoby ropy a zemního plynu se soustředí v několika málo zemích.*“ [29, str.3] Na základě analýz zvyšování efektivity a úspor, dokument navrhuje tři hlavní strategické cíle s konkrétními prioritami:

- udržitelnost – rozvojem obnovitelných zdrojů, nízkouhlíkových zdrojů, posilováním jaderné bezpečnosti a snížením poptávky po energii, s efektem snížení emise skleníkových plynů,
- konkurenceschopnost – zajištěním otevření trhu s energiemi¹⁴ se současnou podporou investic do ekologické výroby energie a do zvyšování energetické účinnosti,
- zabezpečení dodávek – zamezením vzrůstající závislosti EU na dovážené energii skrze diverzifikaci skladby zdrojů energie a tras dodávek dovážené energie. [29]

Analýza a návrhy Zelené knihy vyústily ve strategický soubor dokumentů, Energetické politiky pro Evropu (2007), která zavazuje Evropskou unii k ekonomice s nižší spotřebou založenou na bezpečnější, konkurenceschopnější a udržitelnější energii. Klíčovým pojmem spojujícím jednotlivé strategické cíle energetické politiky se stala energetická účinnost, která je i v současnosti významným faktorem.[27]

Rozhodujícím předpokladem se stala integrace energetické politiky, definovaná pozdější ratifikací Lisabonské smlouvy,¹⁵ kde je oblast energetiky zařazena do sdílených pravomocí, tzn. dochází k omezení suverenity členských států. Každý členský stát však stále stanoví podmínky ve využívání a volbě svých energetických zdrojů. Lisabonská smlouva potvrdila vytyčené energetické cíle a rozšiřuje je na oblasti zajištění fungování trhu s energií, bezpečnost dodávek energie, podporu energetické účinnosti a úspory energie, jakož i rozvoj nových a obnovitelných zdrojů a propojení energetických sítí. [30]

¹⁴ Jedním z nejvýznamnějších opatření je oddělení výroby elektrické energie od přenosové soustavy.

¹⁵ Lisabonskou smlouvou se mění Smlouva o Evropské unii, Smlouva o založení Evropského společenství a Smlouva o založení Evropského společenství pro atomovou energii.

2.1.3 Energeticko - klimatický balíček

V návaznosti na závěry Energetické politiky pro Evropu a v souladu s Lisabonskou strategií, je důležitým dokumentem Energeticko-klimatický balíček, který obsahuje konkrétní legislativní nástroje¹⁶ se závaznými cíli:

- snížení emisí skleníkových plynů o 20 % do roku 2020 oproti úrovni z roku 1990,
- snížení spotřeby primární energie o 20 % do roku 2020,
- zvýšení podílu OZE na konečné spotřebě energie na 20 % do roku 2020,
- desetiprocentní podíl biopaliv v dopravě do roku 2020.

Výběr konkrétních opatření zahrnuje: zvýšení energetické účinnosti, zavedení kritérií udržitelnosti pro biopaliva, ukládání oxidu uhličitého, rozšíření systému pro obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů v EU.

V rámci využití energie z obnovitelných zdrojů, jednotlivé členské země mají stanovené individuální podíly využití OZE s ohledem na odlišné výchozí podmínky a předpoklady, zveřejněné v národních akčních plánech tak, aby došlo v rámci celé EU ke splnění dvacetiprocentního cíle. Pro ČR je stanovený třináctiprocentní cíl.

V oblasti dopravy je povinností každé členské země dosažení desetiprocentního podílu obnovitelných zdrojů, které současně splňují kritéria udržitelnosti, aby byl zajištěn jejich skutečný přínos pro životní prostředí. Součástí směrnice je zpřísnění emisních limitů u nových osobních automobilů a zavedení standardů pro kvalitu paliv.¹⁷

Na významu nabývá podpora technologie CCS, s jejíž pomocí je možné oxid uhličitý zachycovat a ukládat. Její úspěšnou realizací by stávající uhelné zdroje splňovaly požadavky nízko-emisních zdrojů, čímž se podpoří budoucí energetický mix a nezbytná produkce domácích paliv. [31]

Přínosem energeticko-klimatického balíčku je i technologický rozvoj jako předpoklad dosažení konkurenceschopné ekonomiky a silné pozice v rámci budoucích vyjednávání mezinárodních klimatických závazků. Klimaticko-energetický balíček vyžaduje dodatečné investice ve výši přibližně 10 mld. eur ročně, což představuje celkové tříprocentní navýšení výdajů za celé uvažované období, za předpokladu průměrné ceny ropy ve výši přibližně 80 USD za barel. Vzhledem k současným cenám ropy a zpoplatnění emisí CO₂ energetických

¹⁶ Klimaticko-energetický balíček tvoří čtyři základní legislativní předpisy: směrnice 2009/29/ES o obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, rozhodnutí 406/2009/ES k dosažení redukčních cílů emisí skleníkových plynů, směrnici 2009/31/ES o zachytávání a ukládání CO₂ do geologického podloží, směrnici 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů.

¹⁷ Nařízení, které stanoví povinnost snížit emise CO₂ z nových automobilů postupně mezi roky 2012 a 2015 na průměrně 120 g/km a dále na 95 g/km v roce 2020, přepracované znění směrnice o jakosti paliv, které vyžaduje, aby dodavatelé paliv do roku 2020 snížili emise skleníkových plynů z řetězce výroby paliva o 6 %. [29]

produktů, lze očekávat finanční úspory oproti původnímu využívání tradičních zdrojů energie. Díky tomuto balíčku je Evropa prvním regionem na světě, který provádí takto dalekosáhlé právně závazné cíle v oblasti klimatu a energie. Je to významný příspěvek k dosažení ambiciózní mezinárodní dohody o klimatu v rámci prosincové konference OSN věnované tomuto tématu. [32]

2.1.4 Nízkouhlíkové hospodářství

Nejnovější iniciativou EK je plán vybudování konkurenceschopného nízkouhlíkového hospodářství do období roku 2050, který je reakcí na celosvětové výzvy řešení klimatických a energetických problémů. Plán navrhuje snížení emisí CO₂ o 80 % až 95 % oproti roku 1990, skrze výrazné omezení dopadů znečišťujících fosilních paliv. Plán předpokládá:

- rozvoj obnovitelných zdrojů a dalších nízkouhlíkových zdrojů a nosičů energie, snížení evropské poptávky po energii a aktivní přístup v celosvětovém úsilí o zastavení změn klimatu,
- liberalizaci trhu s energiemi, podpora investic do ekologické výroby energie a do zvyšování energetické účinnosti skrze vývoj nových technologií,
- snížení dovozní závislosti EU skrze diverzifikaci zdrojů energie s širším využitím domácí a obnovitelné energie a diverzifikací tras dodávek dovážené energie.

Na základě scénářů dekarbonizačních strategií zásadní změny vyžadují vývoj a brzké zavedení nízkouhlíkových decentralizovaných systémů energií a inteligentních sítí vzhledem k proměnlivosti obnovitelných zdrojů. Nutností bude zvýšení úspor energií jako předpoklad snížení poptávky po primárních zdrojích energie až o 40 % v porovnání se současností a s tím související oddělení hospodářského růstu od spotřeby energií. Podíl nízkouhlíkových technologií zdrojů energie se zvýší na 75 % až 80 % v roce 2030 a téměř na 100 % v roce 2050. Rozhodujícím zdrojem se očekává elektrická energie, neprodukující žádné emise CO₂, a využití technologie zachycování a ukládání uhlíku v závislosti na případném omezení jaderné energie. V dopravě se předpokládá nadpoloviční snížení emisí CO₂ oproti roku 1990.

Investiční výdaje budou v souhrnu 1,5 až 2,2 bilionů EUR. Výsledkem nízkouhlíkové ekonomiky v jejím dlouhém období bude snížení průměrných nákladů na paliva o 175 až 320 miliard EUR ročně ve srovnání s investicemi 270 miliardami EUR. Konkrétní hodnota úspor bude záviset na vývoji cen fosilních paliv. Jak vyplývá ze světového energetického výhledu IEA z roku 2010, v případě neustálé rostoucí spotřeby nebo omezení těžby fosilních paliv dojde k růstu jejich ceny, což potvrzují zkušenosti ze sedmdesátých a začátku osmdesátých let (ropná krize a její následky).

Smysl evropské nízkouhlíkové vize dokládá i obdobný přístup nově se rozvíjejících zemí typu Číny, Indie, Brazílie a Jižní Koreje, které se soustřeďují na výzkum a rozvoj energetiky a dopravy skrze inovace, doprovázené vyššími podíly investic v porovnání s evropskými investicemi. [33]

Domnívám se, že s ohledem na podmínky Lisabonské smlouvy nelze úspěšně naplnit dlouhodobou energetickou strategií EU, pokud bude nadále vyžadován výslovný souhlas členských států. Realizace cílů energetické politiky EU vyžaduje vysoké investice zejména od soukromých zdrojů. Jejich návratnost bývá v energetice dlouhodobého charakteru a pro jejich příliv jsou proto nutné stabilní podmínky a jasně nastavené právní cíle.

2.1.5 Kjótský protokol

Strategie EU v politice snižování emisí je provázána s úsilím v rámci mezinárodního společenství, které nejlépe charakterizuje Rámcová úmluva OSN o změně klimatu z roku 1992. Dlouhodobým cílem této úmluvy je stabilizace atmosférické koncentrace skleníkových plynů na úroveň, která by zabránila nebezpečnému působení lidské činnosti na klimatický systém.¹⁸ Úmluva je opatřena dodatky a protokoly, které umožňují budoucí flexibilitu vyjednávání v rámci každoročních konferencí smluvních stran, které hodnotí a kontrolují způsob plnění tohoto dokumentu a ukládají státům další úkoly.

Nejdůležitějším závazkem úmluvy v podobě snižování emisí skleníkových plynů se stalo přijetí tzv. Kjótského protokolu z roku 1997, jehož konkrétním závazkem signatářů bylo do konce tzv. prvního kontrolního období 2008 až 2012 snížení emisí skleníkových plynů¹⁹ nejméně o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990. Pro platnost Protokolu bylo potřeba ratifikace minimálně 55 států a také ratifikace průmyslově vyspělými státy, aby jejich podíl na emisích všech zemí v dodatku 1 protokolu činil alespoň 55 %. Součástí Protokolu tvoří tzv. flexibilní mechanismy, které umožňují splnit část závazků prostřednictvím snížení emisí na území jiného státu nebo odkoupením od jiného státu právo vypouštět skleníkové plyny. Flexibilní mechanismy tvoří: obchodování s emisemi, společně zaváděná opatření, mechanismus čistého rozvoje. [34]

Dalším mezníkem se stala v prosinci 2012 Osmnáctá konference smluvních stran, která schválila dodatek, kterým bylo potvrzeno pokračování Protokolu a jeho druhé kontrolní období, stanovené na osm let (2013 – 2020). V rámci druhého kontrolního období se část

¹⁸ Podle IPCC dochází k oteplování zeměkoule, vlivem skleníkových plynů se zvýšila průměrná teplota o 0,6 °C stupně a bez učiněných změn, naroste o 1,4 °C až 5,8 °C do konce století.

¹⁹ Redukce se týkají emisí oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného, hydrogenovaných fluorovodíku, polyfluorovodíku a fluoridu sírového, vyjádřených ve formě ekvivalentu CO₂ (tzv. uhlíkový ekvivalent) antropogenních emisí. [34]

zemí Úmluvy zavázala přijmout nové redukční závazky, které by měly přispět ke snížení emisí skleníkových plynů o nejméně 18 % pod úroveň roku 1990. K pokračování Protokolu se spolu s dvaceti sedmi členskými státy EU připojila zhruba desítku dalších zemí, což v souhrnu odpovídá přibližně 15 % celosvětových emisí. Konference se usnesla na nutnosti vypracování nové celosvětové dohody o klimatu se všemi zeměmi, jež má být přijata v roce 2015, a určit způsoby, jak dosáhnout ambicióznějších celosvětových snížení emisí pro rok 2020. [35]

Přestože došlo k nárůstu signatářů Protokolu v druhém kontrolním období, Protokol nepodepsaly či neratifikovaly rozhodující emitenti oxidu uhličitého - Spojené státy a ani velké rozvíjející se ekonomiky, jakými jsou Čína a Indie, Rusko. Celosvětový přehled producentů emisí oxidu uhličitého je uveden v tabulce č. 3, ze které vyplývá, že jen dva největší emitenti produkují společně 42 % celkových emisí:

Tabulka č. 3: Přehled vybraných zemí emitujících CO₂ [Gt] v roce 2011

Čína	USA	Rusko, Indie	Japonsko	Top 5	Světově	EU-27	Signat.protokolu
7,9	5,3	1,7	1,2	17,8	31,3	3,5	7,7

Zdroj: [36]

Vzhledem k principům úmluvy²⁰ je vypovídací hodnotou produkce měrných emisí, tj. absolutní hodnoty emisí oxidu uhličitého na jednoho obyvatele:

Tabulka č. 4: Vybraní emitenti měrných emisí CO₂ [Gt] v roce 2011

USA	Austrálie	Kanada	EU-27	Čína	Indie	Signatáři protokolu
16,9	17,4	15,4	7,0	5,9	1,4	8,6

Zdroj: [36]

Z přehledu je patrné, že největším emitentem oxidu uhličitého na počet obyvatel jsou USA, následuje Austrálie a Kanada. Naopak Čína a Indie i přes vysoké absolutní hodnoty produkce skleníkových plynů, dosahují průměrných až podprůměrných hodnot měrných emisí oxidu uhličitého, vzhledem ke své početné populaci.

Odmítavý postoj pro ratifikaci protokolu je rozdílný z pohledu vyspělých zemí a rozvíjejících se zemí: vyspělé země typu USA, Kanady a Austrálie argumentují údajnou nevyvážeností Protokolu a nutností investic do energeticky úsporných technologií, jejichž velikost závisí na výchozí energetické náročnosti průmyslu a ekonomiky, což povede ke ztrátě konkurenceschopnosti. Naopak rozvíjející se země argumentují historickou odpovědností ekonomicky vyspělých zemí, vzhledem ke kumulativním emisím od začátku průmyslové

²⁰ Úmluva je založena na pěti hlavních principech: mezigenerační spravedlnosti a diferencované odpovědnosti, zvláštní potřeby rozvojových států, předběžné opatření, právo na trvale udržitelný rozvoj, nutnost smluvních států vzájemné spolupráce.

revoluce. Proto nemohou být žádány, aby platily za následky, které způsobily země rozvinuté. [37]

Domnívám se, že vzhledem k tomu, že dle IEA podíl ekonomicky rozvinutých zemí ke globálním emisím v absolutních číslech postupně klesá, včetně EU,²¹ a v roce 2030 bude přední příčky znečišťovatelů zabírat čtveřice rychle se rozvíjejících ekonomik Brazílie, Rusko, Indie a Čína, je proto otázkou, jaký vliv má EU na formování celosvětového postoje k problematice snižování skleníkových plynů, což je jedním z cílů evropské politiky. Předpokladem efektivního fungování Protokolu by měla být nová vyvážená celosvětová dohoda na základě revize vědeckých zpráv ohledně globálního oteplování²² a revize nových možností snížení emisí oxidu uhličitého.²³

2.1.6 Bílá kniha - plán jednotného evropského dopravního prostoru

Strategickým dokumentem dopravní politiky je Bílá kniha - plán jednotného evropského dopravního prostoru - vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje, pro období 2012 – 2020 s výhledem do roku 2050. V souladu s Akčním plánem pro energetickou účinnost Bílá kniha reaguje na druhý největší potenciál úspor v dopravním sektoru, protože spotřebovává až 98 % energie z fosilních paliv a vykazuje nejvyšší nárůst emisí. Bílá kniha se soustředí na následující oblasti:

- snížení neustálého růstu spotřeby energií a závislost na ropě,
- snížení emisí CO₂ využíváním nízkouhlíkových paliv,
- vybudování trhu s ekologickými a energeticky účinnějšími vozidly.

Uvedené oblasti vytvářejí základní rámec pro rozvoj elektromobility, vybraná klíčová opatření a nezávazné střednědobé cíle do roku 2030 zahrnují:

- a) vývoj a využívání nových a udržitelných paliv a pohonných systémů a jejich postupné nahrazování stávajících konvenčních paliv a pohonů o polovinu v městské dopravě, a úplné jejich nahrazení do roku 2050,
- b) zavedením energeticky účinnějších druhů dopravy a optimalizace výkonu multimodálních logistických řetězců:

²¹ Stanovené cíle a vize ze strany EU v podobě dvaceti procentního snížení emisí vzhledem k roku 1990 tvoří v současném podílu celosvětových emisí hodnotu 10 %.

²² Přestože globální oteplování je prokázáno, není jednotný názor, zda je způsobeno přímo emisemi CO₂ produkovanými lidskou činností. Nevěrohodný je i samotný postoj vědeckého panelu IPCC, jehož někteří členové jsou podezříváni z manipulování s daty na podporu teorie globálního oteplování.

²³ Výrazné redukce emisí CO₂ by napomohlo zvýšení zalesněných oblastí, snížení konzumace masa, které je významným zdrojem metanu - tuna metanu je z hlediska klimatické stopy ekvivalentem přibližně 21 tun oxidu uhličitého. [38]

- přesun 50 % přepravy nákladů na střední a dlouhé vzdálenosti ze silniční dopravy na železniční a vodní dopravu, v případě osobní dopravy výrazně zvýšit podíl železniční dopravy,
- dokončení vysokorychlostní železniční sítě a její propojení s letišti, napojení hlavních mořských přístavů na nákladní železniční dopravu a případně na vnitrozemské vodní cesty,

c) zvyšování účinnosti dopravy a využívání infrastruktury prostřednictvím informačních systémů a tržně orientovaných stimulů:

- zavedení příslušných inteligentních systémů řízení pozemní dopravy a rozmístění evropského navigačního družicového systému Galileo,
- standardy energetické účinnosti pro všechna vozidla, tzv. energetické štítky, propagace udržitelného chování. [39] Vybranou závaznou legislativu pro realizaci uvedených cílů tvoří směrnice 2009/30/ES, která nařizuje postupné nahrazení klasických kapalných motorových paliv alternativními palivy a pohony. Tabulka č. 5 ukazuje horizont naplňování směrnice:

Tabulka č. 5: Předpoklad rozvoje alternativních paliv na celkové spotřebě paliv v EU do 2020

Rok	Biopaliva	Zemní plyn	Vodík	Celkem
2010	6	2	-	8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

Zdroj: [40]

Očekávaným výsledkem bude téměř čtvrtinový podíl alternativních paliv a pohonů do roku 2020. V krátkodobém horizontu jsou považována za nejperspektivnější alternativní paliva právě biopaliva, která splňují podmínky udržitelnosti.

Kritéria udržitelnosti zahrnují povinnost prokázání alespoň 35 % úspor emisí skleníkových plynů během celého životního cyklu výroby a spotřeby biopaliv, v porovnání s fosilními zdroji.²⁴ Zemní plyn je považován za vhodné alternativní palivo s velkým potenciálem pro střední a dlouhodobý horizont (období po roce 2020) s následným přechodem k vodíkovému hospodářství pro elektrické pohony. [40]

²⁴ EP v současnosti vyjednává o přechodu z tradičních biopaliv k nové druhé a třetí generaci, (nezemědělské produkty, např. dřevo, sláma, řasy nebo biologický odpad z domácností) především kvůli snaze omezit skleníkové plyny, které vznikají z rostoucího užívání zemědělské půdy k výrobě biopaliv. Nadále ovšem platí původní podpora tradičních biopaliv. [41]

Stěžejním tématem Bílé knihy je revitalizace železniční dopravy (kterou lze považovat za segment elektromobility, využívající trakční vedení) skrze liberalizaci železničního trhu.²⁵ Domnívám se, že přes všeobecnou podporu železnice je její slabinou v evropských podmínkách fyzický limit dopravní cesty, způsobující vznik kongescí, vysoké fixní náklady související s provozem a bezpečnostními standardy a proto není liberalizace železničního trhu zárukou efektivního fungování.²⁶

V osobní železniční dopravě může být ukázkovým příkladem Japonsko, kde rozdělením původně monopolní železniční společnosti na několik regionálních, jejichž oblasti působení se vzájemně nepřekrývají, nedochází k přímé konkurenci. Výsledkem je zlepšení kvality poskytovaných služeb, vyšší podíl přepravených osob, pokles nákladů a dosažení zisků. [42]

2.1.7 Podpora elektromobility

V současné době neexistuje jednotný evropský rámec pro elektrickou mobilitu. Za základní dokumenty a nástroje podporující rozvoj alternativních pohonů včetně elektromobility lze zahrnout:

- Evropskou strategii pro čistá a energeticky účinná vozidla,
- Strategie pro čistá paliva,
- Strategie Společenství na snižování emisí CO₂ z osobních automobilů a lehkých užitkových vozidel,
- CARS 2020, za silný, konkurenceschopný a udržitelný evropský automobilový průmysl,
- 8. rámcový program EU pod názvem HORIZON, pro podporu výzkumných, rozvojových, demonstračních a inovačních aktivit s rozpočtem 80 mld. EUR pro období 2014 – 2020. [43]

Evropská strategie pro čistá a energeticky účinná vozidla přímo zastřešuje i oblast elektromobility v rámci Akčního plánu pro ekologická vozidla. Akční plán vychází z uvedených dokumentů a současných probíhajících opatření (např. zpřísnění emisních norem) a stanoví další opatření ve střednědobém a dlouhodobém horizontu, tak aby vývoj nových technologií pohonů vozidel převýšil méně intenzivní zdokonalování

²⁵ Spočívající v zajištění rovnoprávných podmínek mezi jednotlivými účastníky dopravy a oddělením infrastruktury a služeb.

²⁶ V podmínkách ČR je liberalizace železničního sektoru doprovázena spory monopolního dopravce s nově přichozí konkurencí např. ohledně způsobu výběrových řízení pro přidělování zakázek, velikostí dotací provozu apod.

konvenčních vozidel a rostoucí poptávku po méně účinných vozidlech. V plánu se konstatuje, že „zásadní roli při zavádění elektromobilů na hlavní spotřebitelský trh určuje jejich finanční dostupnost. Aby se zvýšil podíl elektromobilů na trhu, musí jejich cena pro konečného spotřebitele výrazně klesnout.“ [44, str. 4] V rámci plánu jsou navrženy nebo již realizovány následující podpůrné kroky.

- Nařízení (ES) č. 443/2009, které stanovuje výkonnostní emisní normy pro nové osobní automobily - průměrné emise osobních automobilů do 130 g CO₂/km do roku 2015, které motivuje automobilový průmysl k zvýšeným investicím do zlepšování účinnosti motorů a nových technologií.²⁷ [45]
- Zvýšení poptávky po čistých a energeticky účinných silničních vozidlech napomáhá Směrnice 2009/33/ES, která vyžaduje, aby veřejný sektor zohledňoval při nákupu silničních vozidel jako výběrové kritérium energetické a ekologické dopady během doby životnosti vozidla, konkrétně spotřebu energie, emise CO₂, emise NO_x a další emise. Očekávaným dopadem směrnice je povzbuzení k novým investicím. [46]
- Revize zkušebního cyklu pro měření emisí v podmínkách skutečného provozu s ohledem na alternativní pohony, prováděcích pravidel k prosazování ekologických aspektů vozidel.

Pro konkrétní rozvoj elektromobilů na bázi akumulátorů a vodíkových palivových článků EK navrhuje.

- Normalizovat nabíjecí rozhraní s cílem zajistit interoperabilitu a konektivitu mezi elektrickou dobíjecí stanicí a nabíjecím přístrojem elektromobilu, řešit bezpečnostní rizika a problém elektromagnetické kompatibility a zvážit možnost tzv. inteligentního nabíjení, (rychlé nabíjení, preference využívání nočních tarifů el. energie); podporu výzkumných programů týkajících se recyklace a opětovného použití akumulátorových baterií.²⁸
- Provést analýzu ekologické a uhlíkové stopy jednotlivých pohonů zohledňujících životní cyklus. [44]

Nejnověji projednávaný návrh směrnice v rámci Strategie pro čistá paliva, zavádí minimální povinnou infrastrukturu pro alternativní paliva a pohony a technické specifikace pro rozhraní mezi vozidlem a infrastrukturou. Každý členský stát by měl zřídit minimální

²⁷ EK předpokládá budoucí zpřísnění limitů emisí na hodnotu 70 g CO₂/km do roku 2025.

²⁸ Provoz elektromobilu obecně upravuje zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, homologaci elektromobilu upravuje předpis Evropské hospodářské komise OSN č. ECE 100 verze 2. [69]

počet dobíjecích stanic pro elektrická vozidla, z toho 10 % z nich bude veřejně přístupných, a to na základě stanovených vnitrostátních cílů členských států a především s ohledem na městské aglomerace, kde lze očekávat největší rozvoj vzhledem k omezenému dojezdu a výhodám lokálních nulových emisí. V případě vodíkových pohonů, by do konce roku 2020 měly být čerpací stanice umístěny v dosahu do 300 kilometrů a v městských oblastech by měla připadnout minimálně jedna stanice na 250 tisíc obyvatel. Tento návrh tak reaguje na absenci infrastruktury jako hlavní překážku rozvoje alternativních paliv a jejich přijetí spotřebiteli. [47]

2.2 Výběr legislativy ČR

Hlavním cílem legislativy ČR v oblasti energetiky je její zajištění energetických potřeb v dlouhodobém horizontu. Mezi základní dokumenty udávající hlavní energetické cíle ČR patří Státní energetická koncepce, Státní politika životního prostředí České republiky 2012 - 2020 a v oblasti dopravy koncepci rozvoje určuje Dopravní politika ČR pro období 2014 - 2020 s výhledem do roku 2050. Vzhledem k členství ČR v EU jsou vize a cíle dokumentů a navazující právní normy harmonizovány s vývojem schválené evropské legislativy.²⁹

2.2.1 Státní energetická koncepce

Státní energetická koncepce patří k základním součástem hospodářské politiky ČR. Definuje komplexní soubor priorit a dlouhodobých cílů v oblasti energetické politiky včetně konkrétních realizačních nástrojů, s výhledem do roku 2030. Při volbě priorit, cílů a souboru nástrojů SEK respektuje hlediska energetická, ekologická, ekonomická a sociální: „vytváří podmínky pro spolehlivé a dlouhodobě bezpečné dodávky energie za přijatelné ceny a za vytváření podmínek pro její efektivní využití, které nebudou ohrožovat životní prostředí a budou v souladu se zásadami udržitelného rozvoje.“ [48, str. 3] Základní priority SEK tvoří:

- nezávislost na cizích zdrojích energie a spolehlivosti dodávek cizích zdrojů energie,
- bezpečnost zdrojů energie, spolehlivost dodávek všech druhů energie a racionální decentralizace energetických systémů,
- udržitelný rozvoj, tj. ochrana životního prostředí, ekonomický a sociální rozvoj.

Základní cíle, naplňující priority SEK tvoří:

²⁹ Přípravu a projednávání těchto koncepčních a strategických dokumentů zajišťuje nově zřízený poradní orgán vlády Rada vlády pro energetickou a surovinovou strategii ČR.

- maximalizace energetické efektivity, skrze využití zdrojů, resp. zhodnocování energie, při získávání, přeměnách a přenosu energetických zdrojů, maximalizace efektivity spotřebované energie,
- zajištění efektivní výše a struktury (poměru) spotřeby prvotních energetických zdrojů skrze podporu výroby elektřiny a tepelné energie z OZE, optimalizaci využití domácích energetických zdrojů včetně jaderné energie,
- priority bezpečnosti a udržitelný rozvoj, tj. maximální šetrnost k životnímu prostředí, zahrnují minimalizace emisí poškozujících životní prostředí, minimalizace ekologického zatížení;
- dokončení transformace a liberalizace energetického hospodářství.

Součástí SEK jsou scénáře možného budoucího vývoje energetického hospodářství, které zohledňují národohospodářská hlediska (strukturu a vývoj HDP, demografický vývoj) a energetická hlediska (strukturu primárních zdrojů, vývoj výroby a velikost poptávky po energiích). Jednotlivé scénáře uvažují různé varianty v podobě rozvoje či útlumu jaderné energie, přehodnocení územních ekologických limitů těžby hnědého uhlí, vývoj cen a dostupnost paliv na světovém trhu, zpřísnění národních limitů na emise skleníkových plynů, dynamický rozvoj OZE, realizace úsporných opatření.

Naplnění priorit a cílů SEK vyhodnocuje Ministerstvo průmyslu a obchodu v tříletých intervalech. Její původní verze pochází z března 2004, na základě požadavku Zákona č. 406/2006 Sb. o hospodaření s energií, který stanovuje povinnost její pravidelné aktualizace. Z hlediska elektromobility je očekáván nárůst spotřeby el. energie, který bude pokryt zejména z obnovitelných zdrojů. Indikativní cíl do roku 2040 navrhuje až 25 % podílu výroby elektřiny z OZE.

K zajištění cílů Státní energetické koncepce slouží celá řada nástrojů legislativního charakteru, strategické koncepce, periodické hodnocení cílů a další programy vyhlášené jednotlivými ministerstvy.³⁰ [48]

Přestože pro ČR je charakteristická vyšší energetická náročnost vzhledem k zastoupení tradičního průmyslu oproti průměru EU a ekonomický potenciál pro obnovitelné zdroje

³⁰ Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie, Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných zdrojů, Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů, Akční plán energetické účinnosti na roky 2008 – 2016, Ekologická daňová reforma, zavedení systému obchodování s emisemi skleníkových plynů. zákon o podpoře výroby energií z OZE, Energetický zákon č. 458/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů (novelizace zákonem č. 211/2011 Sb.), který upravuje postup a fungování liberalizace v energetických odvětvích.

energie je v rámci EU spíše průměrný, lze konstatovat, že ČR plní závazky vyplývající z evropské legislativy,³¹ ať v podobě podílů OZE, úspor emisí, liberalizace energetiky.

Domnívám se, že v ČR je stále potenciál pro využití úspor a vyšší uplatnění decentralizované energie, s ohledem na rozvoj elektromobility, neboť stávající centralizované obnovitelné zdroje energie nesou určité environmentální škody v podobě záboru půdy a s tím související zvýšení cen potravin.

2.2.2 Dopravní politika pro období 2014 – 2020

Základní dokument pro sektor dopravy ČR je Dopravní politika pro období 2014 - 2020, která „*identifikuje hlavní problémy sektoru a navrhuje opatření na jejich řešení.*“ [49, str. 5] Navazuje na zmíněné strategické dokumenty celostátní a evropské úrovně, zejména na SEK a Bílou knihu - Plán jednotného evropského dopravního prostoru, je pravidelně vyhodnocována a aktualizována.

Zatímco předchozí Dopravní politika pro období 2005 - 2013 zmiňovala problematiku zajištění energie v dopravě velmi obecně a okrajově - zmínkou o „*nutnosti hospodárného použití energetických zdrojů v nákladní dopravě*“ a „*podporou alternativních paliv a pohonů ve veřejné linkové dopravě,*“ [50, str. 22, 60] avšak bez konkrétních analýz, cílů a opatření, aktuální dopravní politika již oblast zajištění zdrojů a pojem energetické náročnosti rozebírá podrobněji a zahrnuje je mezi základní témata.

Reaguje tak na neustálý nárůst spotřeby energie sektoru, zejména v silniční dopravě, doprovázený vysokou externí závislostí na ropných palivech a ekologické zátěži. Vzhledem k těmto okolnostem a nabývajícímu strategickému významu sektoru dopravy, dokument vymezuje základní možnosti řešení uvedených aspektů:

- rozvoj nových paliv (uhlí, zemní plyn, obnovitelné zdroje) ze zdrojů domácích či zahraničních, podmíněné politickou stabilitou,
- zvýšení energetické efektivity (technické úpravy motorů, elektrické a hybridní motory, rekuperace energie na elektrizovaných tratích),
- vyšší využívání energeticky efektivnějších druhů dopravy (zejména hromadné dopravy),
- snižování spotřeby automobilových benzínů a motorové nafty.

³¹ Evropskou legislativu i aktivně ovlivňuje, příkladem je nesouhlas ČR s původními požadavky navrhované směrnice o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva, zejména s minimálními počty dobíjecích stanic pro elektrická vozidla a plnicích stanic pro LNG a vodíkový pohon.

Konkrétní cíle pro oblast elektromobility dokument nedefinuje, v rámci širšího pohledu zahrnující diverzifikaci zajištění energie, jako předpoklad rozvoje elektromobility stanovuje nezávazné cíle dle tabulky č. 6:

Tabulka č. 6: Zajištění energie pro dopravu

Období	2011	2017	2020
Podíl vozového parku v silniční dopravě nevyužívající fosilní paliva	0,03 %	1 %	3 %
Podíl benzínu, nafty a leteckého petroleje na celkové spotřebě energie	93 %	88 %	85 %

Zdroj: [49]

Protože dopravní politika je obecný dokument, specifické cíle a jejich realizace, včetně finančního zajištění jsou předmětem navazujících dokumentů a nástrojů³² MD a dalších resortů. [49]

2.2.3 Podpora elektromobility

Přestože pro oblast využití alternativních pohonů není v současnosti vydán žádný sjednocující dokument, během roku 2014 se předpokládá vydání Národního akčního plánu čisté mobility,³³ zaměřeného na:

- vývoj vozového parku, predikci vývoje spotřeby jednotlivých paliv a energií,
- souhrn projektů či podpory využívání vozidel na alternativní pohon,
- princip mechanismů a pobídek při nákupu čistých vozidel v EU,
- národní strategie členských států EU, včetně doporučení či nedoporučení jejich realizace v podmínkách ČR,
- cíle v oblasti čisté mobility.

Cílem dokumentu je zhodnocení současného vývoje a návrh možností budoucího rozvoje vozidel na alternativní pohony. Právě elektrické pohony vykazují dynamický nárůst počtu uživatelů. Přestože v rámci absolutních hodnot se stále jedná o zanedbatelné číslo, dle údajů MD došlo v roce 2013 k 40 % nárůstu registrovaných vozidel a motocyklů oproti roku 2012. [51, 52] Další nástroje podpory zahrnují:

- plány udržitelné městské mobility,³⁴ infrastruktura pro veřejnou správu, dotace na nákup alternativních vozidel - MŽP,

³² Např. dopravní sektorové strategie: Akční plán zavádění inteligentních dopravních systémů v ČR pro období 2014 až 2018, Koncepce veřejné dopravy apod.

³³ Vydání Akčního plánu je vázáno na obdobný současně projednávanou Evropskou strategii pro čistá a energeticky účinná vozidla.

³⁴ Strategické dokumenty zaměřené na územní plánování s ohledem na rozvoj a zajištění ekologické dopravy, tj. veřejné dopravy a infrastruktury, zahrnující uplatnění elektromobility Indikativní cíl dopravní politiky určuje vypracování platných plánem udržitelné městské mobility pro alespoň 5 měst do roku 2020. Nestanovuje ovšem konkrétní podmínky, např. v počtu obyvatel apod.

- podpora výzkumu, vývoje a inovativních technologií - MPO,
- liniové stavby, veřejná infrastruktura - MD,
- daňové pobídky - MF. [43]

Jedinou přímou podporou ekologicky šetrných vozidel je v současnosti nulová silniční daň. Rozvoj elektromobility do značné míry závisí na úspěšné realizaci dopravní politiky, koordinaci dotčených ministerstev a zdrojích financování, plně závislé na státním rozpočtu, schopnosti čerpání evropských dotací a široké politické shodě, nutné vzhledem k rozdílnému časovému horizontu doby působnosti vlády a schválené dopravní politiky. Dalším aspektem je očekávaný vývoj, rozvoj a dostupnost alternativních energií a pohonů. [49]

3 ROZBOR FAKTORŮ UPLATNĚNÍ ELEKTROPOHONŮ

3.1 Zásobníky energie pro elektropohony

Zásobník energie je nejdůležitějším komponentem pro elektropohon. Aby mohl konkurovat spalovacím pohonům, základní parametry a požadavky tvoří:

- hustota akumulované energie, rozhoduje o dojezdu vozidla (Wh/kg),
- hustota elektrického výkonu na jednotku hmotnosti či objemu, určuje rychlost a zrychlení vozidla (W/kg),
- životnost akumulátoru - počet nabíjecích a vybíjecích cyklů, počet let,
- cena (Kč/kW). [53]

Tabulka č. 7: Požadavky na konkurenceschopný zásobník energie

Parametr	Hustota (Wh/kg)	Výkonová hustota (W/kg)	Životnost (cyklů)	Životnost (let)	Cena (Kč/kW)
Cílová hodnota	200	200	> 1000	10	< 3500

Zdroj: [54]

Dalšími důležitými vlastnostmi jsou: účinnost využití energie zásobníku, rychlost doplnění energie, bezpečnost (odolnost proti teplotním extrémům a zkratům), pracovní teplota, náročnost na údržbu, energetické požadavky, dostupnost materiálů, recyklace. Uvedeným požadavkům se v současnosti přibližují nebo již dosáhly přijatelných hodnot systémy založené na principu palivových článků a zejména akumulátorové baterie. [54]

3.1.1 Palivové články

Palivové články jsou zařízení, které se používají k transformaci chemické energie paliva během oxidačně redukční reakce přímo na stejnosměrný elektrický proud. Skládají se z porézních elektrod oddělených elektrolytem. Palivovému článku je stále přiváděn redukční prostředek – palivo, nejčastěji vodík a oxidační prostředek - kyslík. Molekulární kyslík je přiváděn na katodu palivového článku, kde se dvěma elektrony redukuje na kyslíkový anion, který je transportován elektrolytem k anodě. Na anodě se přiváděný vodík redukuje kyslíkovým anionem za vzniku vody, přičemž uvolněné elektrony jsou z anody vedeny na katodu jako využitelný elektrický proud.

Jedná se o principiálně velmi výhodné řešení vzhledem k tomu, že samotný provoz palivových článků nepředstavuje zátěž pro životní prostředí a vodík je velmi rozšířený prvek. Zásadní vlastností vodíku je, že nepatří do skupiny primárních zdrojů energie, je v podstatě nosič energie, obdobně jako elektrická energie, který se musí vyrobit, neboť v elementární

formě, nutný pro chemickou reakci se na Zemi prakticky nevyskytuje (ve směsi se vzduchem je vodík vysoce výbušný).

Nejpoužívanější způsobem výroby vodíku je parní reforming zemního plynu, elektrolyza vody a vysokoteplotní elektrolyza. Elektrolyza vody např. ze zdrojů OZE dosahuje nízké účinnosti, zatímco efektivnější výroba vodíku pomocí fosilních paliv je v rozporu s trvale udržitelným rozvojem. [55]

Přestože jsou principy vodíkových technologií roky známé a v současnosti je známo pět hlavních typů palivových článků v různých stádiích rozpracovanosti, dosahujících hustoty výkonu přes 1000 Wh/kg, problémem jejich uplatnění v dopravě je nejen vzhledem k složitosti a vysoké ceně technologie, (až 100 tis. Kč/kW), ale pro požadavky na efektivní získávání vodíku a bezpečnostní aspekty. Zásadní rozšíření vodíkových technologií je proto podmíněno:

- nalezením dostupné, ekologické a levné technologie získávání vodíku, resp. el. energie,
- technické řešení palivových článků, vyřešením bezpečného uskladňování a vybudováním palivové infrastruktury,
- zásadním snížením ceny palivových článků.

Složitost vodíkových technologií dokládá současný stav: pokud se již vozidla na vodík provozují, jedná se pouze o demonstrativní projekty. První komerčně dostupné vodíkové vozidlo by mělo být představeno nejdříve v roce 2015. [56]

3.1.2 Akumulátorové baterie

Jsou elektrochemické zdroje, ve kterých se přímou cestou přeměňuje chemická energie v energii elektrickou. Základem je oddělená soustava kladné a záporné elektrody a společný iontově vodivý elektrolyt, kde probíhají chemické reakce, jichž se účastní elektrony. Tok elektronu – elektrický proud v článku může procházet dvěma směry: od kladné elektrody k záporné (vybití článku) a vynuceným vlivem vnějšího napětí od záporné elektrody ke kladné (nabíjení). Původní nikl-kadmiové a nikl-metalhydridové akumulátory vykazovaly pro uplatnění v pohonech vozidel řadu nedostatků:

- nízkou objemovou a hmotnostní hustotu energie,
- pomalé, technicky náročné nabíjení, samovybití, vysoké požadavky na údržbu,
- omezený počet cyklů, postupná ztráta kapacity, omezení schopnosti vydat uloženou energii,

- rizika přehřátí, znehodnocení nebo i destrukce akumulátoru při chybném nabíjení nebo při jejich technických závadách,
- obtížnou recyklaci, toxicitu či zdravotní rizika použitých materiálů a technologií. [54]

Rozvoj informačních technologií a mobilních komunikací zdokonalil parametry akumulátorů, nová generace lithium-iontových akumulátorových baterií se stala standardem v současných modelech elektromobilů, s přijatelnou hustotou energie umožňující prodloužení dojezdu na jedno nabití. Podařilo se vyřešit řadu původních technických nedostatků, delší životnosti akumulátorových baterií (dále jen baterií) umožnila především elektronika a management řízení dobíjení. V laboratorních podmínkách dosahuje až 3 000 nabíjecích cyklů, což v případě dojezdu 100 kilometrů na jedno nabití představuje celkovou ujetou vzdálenost 300 000 kilometrů. [57]

Na rozdíl, od vodíkových technologií, bateriová koncepce v dopravě splňuje základní požadavky na moderní zásobníky energie, což potvrzuje široká nabídka modelů elektromobilů na evropských trzích: Nissan, BMW, Tesla Motors, Peugeot, Citroën. Přesto lithium-iontové baterie stále vykazují určité problémy, které snižují jejich konkurenceschopnost s klasickými spalovacími motory:

- úbytek kapacity nezávisle na počtu cyklů, rychlost úbytku kapacity se zvyšuje s vyšší teplotou, vyšším stavem nabití, a vyšším zatížením,
- závislost kapacity na teplotě okolí, s klesající teplotou klesá kapacita exponenciálně,
- nebezpečí výbuchu nebo vznícení při nesprávném používání (zkratování, nabíjení na vyšší kapacitu než je baterie schopna pojmout),
- riziko znehodnocení úplným vybitím.

Technologickým vývojem v oblasti materiálů se neustále zlepšují parametry a odstraňují nedostatky lithium - iontových baterií, zejména úbytek kapacity. Novou generaci tvoří baterie: lithium železo fosfátové a lithium polymerové.

Lithium železo fosfátové baterie (LiFePO_4) se vyznačují teplotní stabilitou, umožňující zjednodušení celého systému, bez nutnosti používání kapalinového chlazení nebo vyhřívání akumulátorových baterií. Oproti li-ion akumulátorům i po 2 000 cyklech při teplotě 45 °C zachovávají přes 90 % své původní kapacity, neboť stárnou pomaleji. Dobře snášejí nabíjení a vybíjení velkými proudy a je možné je úplně vybit a v tomto stavu je vybité ponechat i několik dní. Jsou však citlivé na přebíjení, praktickým dopadem je nutnost podpůrné elektroniky, která zvyšuje finanční náročnost akumulátorů i složitost celého systému akumulace energie. Současně mají nízké samovybíjení. Proto i po konci jejich

udávané životnosti je možné tento typ akumulátorů ještě několik let úspěšně provozovat, což je např. předurčuje do domácích solárních elektráren za dostupnější cenu.

Lithium polymerové baterie (Li-pol), dosahují o 10 % až 15 % vyšší hustoty uchovávané energie při stejné hmotnosti oproti li-ion bateriím. Mají minimální samovybití a velkou výkonnost, nicméně jejich výroba je technologicky i energeticky náročná, z toho vyplývá vysoká cena. Také jsou citlivé na pečlivé nabíjení, vyžadující řídicí elektroniku a speciální nabíjecí režimy. [58]

Tabulka č. 8: Rozvoj parametrů lithiových článků

Typ zásobníku	Poměr [g/Ah]	Hustota energie [Wh/kg]	Dojezd* [km]	Cena za 100 Ah	Počet cyklů
Li-ion	35,0	91	219	2535	~ 1000
LiFeYP04	32,50	98	236	6750	> 3000
Li-pol	19,25	166	399	13 320	> 2000

Zdroj: [59]

* Dojezd baterií o hmotnosti 360kg, při spotřebě 15 kWh/100km.

Z tabulky č. 8 vyplývá, že energetická hustota li-ion již dosáhla konkurenční ceny 1200 Kč na ujetý kilometr při rozumné hmotnosti. Nadále se zkoumá oblast elektrodových materiálů přidávaným k lithiu s ohledem na zvýšení výkonu a kapacity. Je možné použít přibližně 300 různých kombinací materiálů, které mají různý vliv na schopnost akumulace energie a výsledné parametry.

- Společnost Panasonic ohlásila výrobu bateriových článků s parametry 14,5 g / Ah, resp. 300 Wh/kg, což jsou již parametry, které způsobí skutečný rozvoj elektromobility.
- Nová technika akumulace na bázi aplikace nových materiálů (ve stádiu vývoje) např. lithium-kyslík by zásadně mohla zvýšit rychlost sběru proudu elektrodami a nárůst hmotnostní hustoty energie až 1 700 Wh/kg, to je hodnota přibližující se praktickému využití měrné energie benzínu. Vývojem se zabývá společnost IBM, jejímž cílem je zvýšení dojezdu elektromobilu na hodnotu 800 km. [60]

Vzhledem k potenciálu dalšího rozvoje baterií v automobilovém průmyslu přestává již být často zmiňovaný nedostatečný dojezd opodstatněný. Limitujícím faktorem zůstává jejich přetrvávající vysoká cena, způsobená nákladnou výrobou malého rozsahu a souběžným vývojem technologie palivových článků, do kterých se stále vkládají velká očekávání, proto výrobci a investoři vyčkávají, který směr pohonu se prosadí. Svoji roli sehrává i neochota

automobilového průmyslu měnit současný stav, vzhledem k nemalým ziskům ze servisních činností a vazbou na ropný průmysl.³⁵

3.1.3 Superkondenzátory

Požadavky kladené na zásobníky částečně splňují i superkondenzátory, které akumulují energii přímo v el. formě, bez nutnosti chemické transformace energie. To je jejich hlavní výhodou: schopnost dodat či přijmout velké množství el. energie ve velmi krátkém čase. Dosahují i vysokého počtu cyklů a vysoké účinnosti nabíjení:

Tabulka č. 9: Porovnání vlastností superkondenzátoru a li-ion baterie

Typ zásobníku	Nabíjecí doba	Měrná energie (Wh/kg)	Měrný výkon (W/kg)	Životnost (cyklů)	Účinnost nabíjení
Li-ion	Desítky min.	120	300	1 000	90 %
Superkondenzátor	0,3 s až 30 s	1 až 10	až 10 000	500 000	až 98 %

Zdroj: [54]

Hlavní nevýhodou superkondenzátorů je, že nejsou schopné poskytnout dostatek akumulované el. energie, rozhodující pro dojezd, nicméně jejich použití lze uvažovat u prostornějších vozidel, např. MHD a nákladních vozidel při opětovném rozjezdu, kdy účinněji využijí uloženou energii získanou rekuperací při brzdění. Perspektivou superkondenzátorů je, že mohou optimalizovat dimenzování a nároky na baterie (hmotnost, prodloužení jejich životnost). [54]

3.2 Účinnost využití energie

Účinnost řetězce přeměny primární energie až na mechanickou energii kol pohonného systému vozidla je důležitým faktorem s ohledem na efektivní využívání omezených zdrojů. V každé fázi řetězce přeměny energie (zahrnující těžbu nebo výrobu, zpracování, distribuci, případně akumulaci a provoz pohonu) dochází ke ztrátám, přitom přednostním zájmem je energii převést co nejjednodušeji a s co nejpříznivější celkovou účinností.

Která koncepce pohonů je nejúčinnější, zda palivové články nebo bateriový princip v porovnání se spalovacími motory, ovlivní argumentaci v jaké míře a podobě upřednostňovat elektromobilitu.

Dílicí účinnost výroby paliva/energie (tj. těžba, zpracování, logistika) je nejvyšší u fosilních paliv, dosahující až 80 %, neboť to jsou zdroje s vysokou koncentrací energie, které jsou zároveň snadno přenositelné a využitelné. Oproti tomu účinnost výroby el. energie

³⁵ Úspěšný projekt elektromobilu GM EV1, obsahující novou generaci NI-MH baterií s dojezdem až 250 km, musel být ukončen. Následně patentová práva na výrobu baterií odkoupila ropná společnost Chevron, která je zablokovala pro jakékoliv další použití v dopravě. [54]

pro elektropohony dosahuje podstatně nižších hodnot, závisející na zdroji primární energie, typu technologie, metodě zpracování a přenosu, příp. uskladnění elektrického proudu. Přibližnou účinnost technologií výroby elektrické energie ukazuje tabulka č. 10:

Tabulka č. 10: Účinnost výroby elektrické energie základních energetických zdrojů

Zdroj / technologie	Rozsah účinnosti (%)	Zdroj / technologie	Rozsah účinnosti (%)
Vodní	90	Plyn	45 až 53
Větrná	23 až 45	Uhlí	32 až 45
Fotovoltaika	4 až 22	Jádro	30 až 36
Geotermální	10 až 20	Biomasa	20 až 30

Zdroj: vlastní zpracování

Porovnáním účinnosti samotného pohonu, tzn. bez ohledu na nároky na výrobu a distribuci paliva, je nejvýhodnější akumulátorový koncept, neboť akumulátory jsou z hlediska účinnosti skladování energie velmi kvalitním koncentrátorem energie. Při procesu nabíjení a vybíjení dochází přibližně k deseti procentním ztrátám, a účinnost elektromotorů již dosahuje přes 90 % v celém rozsahu otáček.³⁶

Tabulka č. 11: Přehled celkové účinností pohonných koncepcí (%)

Varianta palivo / koncept	Těžba, výroba, logistika	Účinnost pohonu	Celková účinnost
El. energie / akumulátor / el. motor	22 až 35	72	16 až 25
Ropné palivo - benzín / spalovací motor	76 až 82	25 až 30	19 až 24
Zemní plyn / spalovací motor	54 až 63	25 až 30	14 až 19
Vodík reforming / paliv. článek el. motor	43	33 až 41	14 až 17
Vodík elektrolýza / paliv. článek / el. motor	17 až 20	33 až 41	5 až 9

Zdroj: [61]

Výroba vodíku pro palivový článek dosahuje poměrně vysokých ztrát, přestože jsou známé různé metody jeho výroby (parní reforming, elektrolýza vody a vysokoteplotní chemické cykly). Elektrolýza vody dosahuje účinnosti 30 % a další ztráty vznikají při stlačení, příp. zkapalnění vodíku. Proto je výroba vodíku v současnosti velmi zdrojově náročná a neefektivní. Nejúčinnější výroby vodíku se dosahuje zpracováním fosilních paliv. Případný budoucí rozvoj vodíkových technologií bude záviset na objevení nového, široce dostupného, levného a bezpečného zdroje el. energie.

Nejnižší účinnost dosahuje koncepce spalovacího motoru s vnitřním spalováním, neboť přeměňuje chemickou energii paliva na teplo, které koná užitečnou práci. Je závislá na

³⁶ Výhodou elektropohonů je i zvýšené využití energie tzv. rekuperací, v městském provozu přibližně až o 25 %.

konstrukci motoru, ale především na podmínkách provozu (okolní podmínky, otáčky, přeplňování) a dále je zatížena převodem mechanické práce motoru na kola vozidla a pohonem pomocných zařízení (např. generátor elektrické energie). Z těchto důvodů průměrná účinnost pohonu se spalovacím motorem dosahuje pouhých 25 % i u nejmodernějších pohonů.

Právě bateriový pohon je z pohledu účinnosti plnohodnotnou alternativou k vozidlům se spalovacími motory, vzhledem k vysoké účinnosti uchování elektrické energie v akumulátorech vozidla a provozu elektromotoru. Bude proto hlavním tématem následujících kapitol [61]

3.3 Infrastruktura

Základem infrastruktury pro akumulátorovou koncepci elektromobilů jsou dobíjecí stanice, obdobně jako jsou čerpací stanice pro klasická vozidla spalující fosilní paliva. Přestože dobíjení je v principu snadné, zapojením konektoru do zásuvky, reálně uživatel elektromobilu naráží na řadu komplikací: zejména prakticky minimální síť dobíjecích stanic, různé kvality, různorodost dobíjecích standardů a dobíjecích konektorů, problematiku placení za odebranou energii, což v reálném provozu znamená nemožnost, aby kdokoliv s elektrickým autem mohl zaparkovat u jakékoliv dobíjecí stanice a ihned si auto nabít obdobně jako u běžných čerpacích stanic pro klasické pohony.

Základní vlastností dobíjecí infrastruktury vyplývají z bezpečnostních požadavků užívání el. energie na veřejnosti a z požadavků uživatelů na komfort služby obdobný u čerpacích stanic zahrnující:

- jednoduchou obsluhu a jednoduchou možnost placení za odebranou energii,
- bezpečnost skrze certifikační standardy, šetrnost k energetické síti,
- rychlé přenesení energie,
- spolehlivost, ochranu zákaznických dat.

Technologie, resp. způsob nabíjení elektromobilů dovoluje nejen standardní nabíjení z veřejných dobíjecích stanic, ale i z domovních zásuvek.³⁷ V současnosti existují různé standardy nabíjení zahrnující výkonné koncepty s třífázovým dobíjením nebo stejnosměrným dobíjením.

Přímé střídavé nabíjení - základní možnost dobíjení elektromobilu, primárně určené pro domácí nabíjení skrze průmyslovou zásuvku CEE. Nabíjecí jednotka je integrovanou ve vozidle, jejíž výkon určuje rychlost nabíjení. Pomalé nabíjení je limitováno proudem 16 A

³⁷ Nabíjení elektrických vozidel popisuje norma ČSN EN 61851-1.

s ohledem na jištění zásuvek v běžných domácnostech. Nabíjecí doba a velikost nabíjecího proudu určuje nabíjecí jednotka v elektromobilu vzhledem k aktuálnímu stupni vybití a celkové kapacity baterie. Výhodou jsou minimální pořizovací náklady, neboť lze využít stávající elektroinstalace. Rychlé střídavé nabíjení využívá silnější nabíjecí jednotku integrovanou ve vozidle, např. 32/64 A, čímž se příslušná doba nabíjení úměrně zkracuje velikostí nabíjecího proudu. Standardem je konektor Mennekes.³⁸

Přímé stejnosměrné nabíjení - alternativa rychlého dobíjení větších výkonů. Úlohu nabíjecí jednotky zabudované ve vozidle v tomto případě přebírá externí, zpravidla velmi silná nabíjecí stanice s proudy až 400 A, s napevno integrovanými bezpečnostními funkcemi a přednastavením nabíjecího proudu přes řídicí zařízení, čímž je umožněn zátěžový a energetický management včetně přenosu dat. Po celou dobu nabíjení spolupracuje s řídicí jednotkou vozidla. Standardem je konektor CHAdeMO, příp. nejvýkonnější COMBO II. Vysoké přenášené výkony vyžadující pochopitelně zvýšené dimenzování a bezpečnostní nároky na elektroinstalace. [62]

Tabulka č. 12: Charakteristika dobíjecích standardů

Druh nabíjení	Dobíjecí doba	Výkon	Zásuvka, nabíjecí standard
AC pomalé	6 až 8 hodin	max 3,6 kW	230/16A
AC standardní	1 až 4 hodin	6 až 22 kW	3x400 V/32A, Mennekes
DC rychlé	10 až 20 minut	50 až 250 kW	Chademo, Combo II

Zdroj: [63]

Přestože středně výkonné dobíjecí stanice plně nabijí vybité baterie elektromobilu v řádu hodin, nejběžnější situace z pohledu uživatele současného elektromobilu jsou podmínky, kdy není akumulátor zcela vybit a je požadováno alespoň 80 % nabití akumulátoru, které umožní dojezd na vzdálenost 100 km, tzn. většinu jízd. V takovém případě se dobíjecí čas výrazně zkracuje, v případě středně výkonné dobíjecí jednotky, v rádech minut.

³⁸ Z hlediska podmínek ochrany před úrazem el. proudem (resp. jejich možnou absencí), přímé nabíjení z běžné síťové zásuvky rozvodné sítě není bezpečné. Lze využít speciální dobíjecí stanice tzv. wall box, mezi elektrické vozidlo a domácí zásuvku, která přebírá bezpečnostní funkce. Nabíjecí režim pracuje se stejným napětím a proudy jako běžná zásuvka, avšak dobíjecí stanice dokáže optimalizovat dobíjení elektromobilu, prodlužuje tím životnost baterie vozu a brání jejímu poškození. Nabíjecí systémy nabízí celá řada výrobců, např. zahraniční Schrack, ENSTO, RITALL, ABB, v případě domácích výrobců např. MICOS a MOLARIS, které staví nabíjecí místa pro ČEZ.

Tabulka č. 13: Nabíjecí doby Citroën C-Zero při použití nabíjecí stanice výkonu 50 kW

Počáteční kapacita [%]	Konečná kapacita [%]	Doba nabíjení [min]
25	80	15
0	80	25
0	100	75
80	100	50

Zdroj: [63]

V ČR je přibližně 260 dobíjecích veřejných stanic, včetně neprofesionálních, (nespolehlivých) a neustále se rozšiřují. Z nich více než 90 % tvoří stanice s pomalým dobíjením, které lze využít v domácích podmínkách v rámci nočního nabíjení.

Profesionálních, tj. nepřetržitě otevřených a spolehlivých je necelých 100, koncentrovaných zejména v Praze a Brně, které provozují hlavní energetické společnosti v poměru: ČEZ – 41 %, EON – 21 %, PRE – 6 %, ostatní 32 %. Jedná se o výkonnější dobíjecí stanice uplatnitelné pro segment komerčních zón, dálnic. Jejich současný počet tvoří typy:

- AC Mennekes 80 míst,
- DC CHAdeMO 6 míst,
- DC Combo II – nejvýkonnější, není k dispozici. [64]

Vzhledem ke konkurenčnímu prostředí, energetické společnosti se navzájem odlišují podmínkami poskytování služeb (dostupnost, výkon, cena). Využití jejich služeb vyžaduje splnění specifických podmínek: podpis zákaznické smlouvy, prokázání vlastnictví elektromobilu, používání speciální zákaznické karty, což pro uživatele znesnadňuje komfort dobíjení.

Další komplikací může být výpočet nákladů za odebranou energii, vzhledem k značnému rozdílu mezi dobíjením baterií z veřejné, nebo soukromé dobíjecí stanice. Většina nabíjecích stanic nízkého výkonu nezaznamenává množství elektřiny spotřebované při nabíjení. V současné době není na trhu elektromobil, který by byl vybaven podobným zařízením, jako je elektroměr v domácnosti.

Z pohledu kompatibility a nabíjecích standardů je v Evropě nejrozšířenější japonsko francouzské rozhraní CHAdeMO, které využívají elektromobily Mitsubishi, Citroën, Peugeot, Renault a Nissan. Naproti tomu německé automobilky Daimler-Benz, BMW a koncern VW podporují standard COMBO II. Různorodost standardů nabíjecích jednotek elektromobilů zpomaluje rozvoj komerční nabíjecí infrastruktury a zvyšuje náklady. V současnosti

vlastnictví elektromobilu klade zvýšené nároky uživatelů na dokonalé plánování tras s ohledem na možnosti infrastruktury. [63]

Další možné způsoby dobíjecí infrastruktury, zatím spíše ve stádiu vývoje a testování, představují systémy nepřímého dobíjení a automatizované výměny baterií.

Nepřímé nabíjení využívá elektromagnetického přenosu energie bez připojovacího kabelu, s využitím primární cívky umístěné v nabíjecí podložce na vozovce a sekundární cívky, která je součástí vozidla³⁹. Toto řešení je automatizované a uživatelsky pohodlné. Výhodou je odolnost proti opotřebení a snadné začlenění do každého prostředí, čehož lze využít při dostatečném rozšíření této technologie k automatickému nabíjení baterií přímo za jízdy např. v rámci využití souvislých pruhů nabíjecích podložek nebo při každém zastavení vozidla na parkovištích, křižovatkách apod. Zvláště vhodný je pro pravidelné zastávky MHD, čímž lze zmenšit dimenzování baterií a hmotnost vozidla. U tohoto typu nabíjení nelze zpětně využít akumulovanou energii v elektrickém vozidle zpět do distribuční sítě. Technologii bezdotykového dobíjení vyvíjí řada společností např. Siemens ve spolupráci s BMW.

Automatizovaná výměna baterií, výhodou tohoto řešení je rychlost výměny baterií, možnost pronájmu baterií. Nevýhodou je nákladná výstavba výměnné stanice, absence standardizace baterií (rozměry, kapacita). Tento způsob testuje např. americká Tesla Motors v rámci nadstandardních doplňkových služeb. [65]

3.4 Náklady na provoz

Klíčovým ukazatelem každého vozidla jsou provozní náklady, zejména cena energie nutná pro ujetí 1 km. Dalším faktorem, který rozhoduje o konkurenceschopnosti je pořizovací cena vozidla, servisní náklady v čase, životnost, případně jeho zbytková cena.

Průměrná spotřeba dostupného elektromobilu na trhu (Nissan Leaf) je 18 kWh/100km. Vzhledem ke ztrátám se nabíjením spotřebuje 22 kWh energie. Cenu elektřiny 1 Kč/kWh lze uvažovat v rámci nízkého tarifu nových distribučních sazeb (tarif C 27d, D27d),⁴⁰ v podstatě provoz elektromobilu tvoří zanedbatelné náklady.

Spotřeba v případě klasických pohonů závisí na výhřevnosti paliv spolu s parametry pohonu, zejména jeho účinností a podmínkami provozu. Praktičtější je porovnání nákladů na provoz jednotlivých pohonných koncepcí skrze velikost spotřeby paliva na km. Lze vycházet

³⁹ Současné testované systémy s účinností až 90 % a výkonu 3 kW nabíjí současné baterie za 4 hodiny.

⁴⁰ Např. v rámci ČEZ distribuce, činí zvýhodněná sazba silové elektřiny (tarif C27d) za uvedených podmínek pro firmy 1 Kč/kWh bez DPH v případě nízkého tarifu, resp. 1,5 Kč/kWh bez DPH pro vysoký tarif.

z údajů spotřeby výrobců automobilů, na základě metodiky dle směrnice EU (99/100/ECE).⁴¹ Reálná spotřeba ve skutečném provozu je obecně vyšší, neboť závisí na teplotě okolí, technice jízdy. [66]

Následující přehled porovnává průměrné spotřeby na 100 km, na základě srovnávacích testů střední třídy vozů v městském provozu:

Tabulka č. 14: Provozní náklady v městském provozu pro osobní vozy střední třídy

Model	Nissan Leaf	Golf 1,4 N95	Golf 1,6 D	Golf 1,4 CNG
Palivo/pohon	El. energie	Benzín	Nafta	CNG
Pořizovací cena	715 300 Kč	428 900 Kč	458 900 Kč	468 900 Kč
Předpokládaná spotřeba	22 kWh/100 km	7 l/100 km	6 l/100 km	4,8 kg/100 km
Cena paliva/energie⁴²	1 Kč/kWh	36 Kč/l	36 Kč/l	26 Kč/kg
Náklady na km	0,18 Kč	2,52 Kč	2,16 Kč	1,25 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

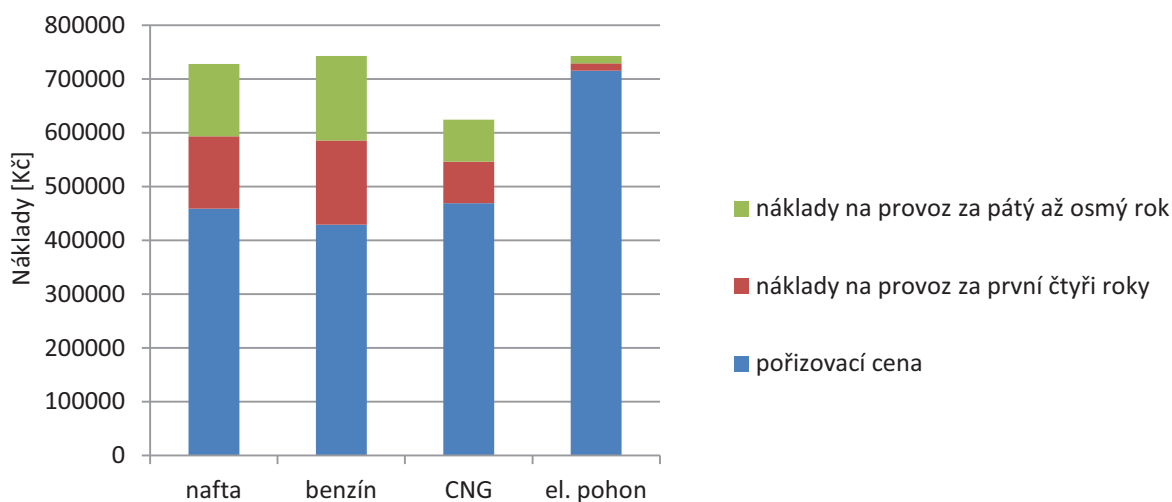
Výslednou cenu provozu na jeden km ovlivňují časté změny cen paliv. Nicméně z tabulky č. 14 vyplývá, že z hlediska nakoupené energie, zahrnující spotřební daň, je nejméně výhodné palivo benzín a nafta, naopak nejvýhodnější je provoz elektromobilu.

Výhodný provoz elektromobilu je vykoupen jeho nejvyšší pořizovací cenou. Za jakých podmínek je v současnosti nákladově konkurenceschopný, závisí zejména na ceně paliv, a průměrném denním nájezdu (za předpokladu stejné životnosti pohonů). Na obrázku č. 6 je zobrazena modelová situace, kdy provoz elektromobilu po osmi letech provozu dosahuje stejných celkových nákladů jako benzínový pohon, pokud průměrný denní nájezd dosahuje 61 km. Pro případ dosažení stejných nákladů s CNG pohonem by průměrný denní nájezd musel představovat 117 km (dle údajů tabulky č. 14).

⁴¹ Přestože metodika zohledňuje spotřebu pro městský, mimoměstský a kombinovaný cyklus, zahrnutí studených startů, nevýhodou jsou podmínky testování, které neodpovídají aspektům běžného provozu (teplotě okolí, profilu trati, technice jízdy a stavu vozidla). Během testu se neměří skutečný úbytek objemu paliva z nějaké normované nádoby, nýbrž obsah emisí CO₂, ze kterého se pak podle tabulek přepočte spotřebované množství paliva.

⁴² Průměrná ceny za období leden až únor 2014 (CCS).

Obrázek č. 6: Celkové náklady pohonů při denním nájezdu 61 km.



Zdroj: vlastní zpracování

Je zřejmé, že rozhodujícím parametrem výhodnosti pořízení elektromobilu je roční nájezd kilometrů a cena fosilních paliv a elektrické energie. Podstatné je, že při specifickém typu provozu, dosahujícím denního nájezdu přibližně 60 km, se pořízení elektromobilu již ekonomicky vyplatí, např. pro uživatele, kteří odmítají CNG pohon z důvodu nebezpečí výbuchu. Vyšší denní nájezd lze očekávat v segmentu užitkových vozů (N1) např. pro zásobovací nebo taxi služby. Vzhledem k jejich nízkému dojezdu, přibližně 80 km a vysoké ceně, nad 1 500 000 Kč, nejsou v současnosti atraktivní.⁴³

Který pohon je nejkonkurenceschopnější z hlediska intervalu najetých kilometrů samotného provozu nabývá na významu pro segment starších vozidel. Volbu pohonu vozidla totiž ovlivňuje i schopnost jeho pozdějšího prodeje, např. v rámci obměny vozových flotil, neboť obecnou vlastností nových vozidel je jejich ztráta hodnoty, která ihned po koupi činí až třetinu z ceny a v dalších letech se hodnota snižuje v závislosti na značce vozidla, jeho stáří a počtu najetých km. V případě elektromobilů jejich hodnota klesá mnohem rychleji, resp. prakticky se k pozdějšímu prodeji nenabízejí.

Vzhledem k tomu, že zákazník uvažuje racionálně a porovnává cenu a výkon vozidla, je trh s použitými vozidly v podmínkách ČR poměrně rozšířen, dosahující prodeje až pět set tisíc vozů ročně. Porovnáním investičních a provozních nákladů pohonů střední třídy vozidel, zohledňující cenu paliva včetně spotřební daně zobrazuje tabulka č. 15.

⁴³ Některé modely ani nelze koupit, např. společnost Mercedes Benz nabízí model Vito e-Cell pouze po individuální dohodě na operativní leasing.

Tabulka č.15: Pořizovací a provozní náklady vztažené k benzínovému pohonu

Palivo	Benzín	Nafta	LPG	CNG
Pořizovací náklady	0	+ 20 000 Kč	+ 25 000 Kč	+ 50 000 Kč
Spotřeba na 100km	5,6 litrů	4,8 litrů	7,3 litrů	3,8 kg
Cena za jednotku	36 Kč	36 Kč	18 Kč	26 Kč
Cena za 1 km	2,02 Kč	1,73 Kč	1,31 Kč	1,00 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Investiční náklady právě CNG pohonů jsou ve srovnání s cenou benzínového pohonu u střední třídy vozidel vyšší pouze o 10 % až 15 %, zatímco v provozních nákladech na 1 km dosahuje jejich rozdíl až 100 %. Z hlediska celkových nákladů na jízdu je proto rozhodující počet najetých kilometrů.

Výpočtem lze přibližně určit, že do ujeté vzdáleností cca 25 000 km je nejlevnější využití benzínového pohonu. Mezi vzdálenostmi 50 000 km až 100 000 km je nejvýhodnější pohon LPG a od 100 000 km dominuje právě CNG pohon.⁴⁴ Za 3 roky provozu a nájezdu 50 000 km lze s CNG pohonem ušetřit až 150 000 Kč oproti benzínovému pohonu.

Jednou z příčin výhodnosti CNG pohonu jsou rozdílné sazby spotřební daně jednotlivých paliv, kterými stát motivuje uživatele k preferenci paliv méně zatěžující životní prostředí.

Tabulka č. 16: Spotřební daň vybraných paliv

Palivo	Spotřební daň	Cena bez daně
Natural 95	12,84 Kč/l	23,8 Kč/l
Nafta	10,90 Kč/l	25,6 Kč/l
LPG	2,15 Kč/l	15,6 Kč/l
CNG	0,36 Kč/m ³	18,1 Kč/m ³
Bionafta	0 Kč/l	31,5 Kč/l

Zdroj: vlastní zpracování

Bez započtení spotřební daně by byl nejvýhodnější benzínový pohon⁴⁵ přibližně do ujeté vzdálenosti 75 000 km, resp. LPG pohon od ujeté vzdálenosti 75 000 km a výše.⁴⁶ Je

⁴⁴ Z hlediska servisních nákladů se výrobci automobilů snaží o zachování konkurenceschopnosti při zachování podmínek použití. Přestože CNG, resp. LPG pohony vyžadují pravidelné revize a výměny některých komponentů, nejsou známy dodatečné nepříznivé účinky na motor oproti klasickým pohonům a palivům.

⁴⁵ Úleva nezahrnuje nízkoprocentní přimíchávání biosložky, které je nyní stanoveno na necelých 5 % etanolu do klasického benzínu a necelých 7 % MEŘO do motorové nafty.

⁴⁶ Je potřebné zdůraznit, že pokračující vývoj neustále snižuje průměrné spotřeby u všech uvedených koncepcí, avšak často za cenu vyšších pořizovacích nákladů a složitosti technologie.

zřejmé, že současná daňová politika zvýhodňuje především rozvoj CNG pohonů, což dokládá i jejich roční nárůst prodeje, od roku 2010 až 2012 přesahující každoročně 20 %, v roce 2013 je to již přes 40 %. I v dalších letech se očekává zvýhodnění tohoto paliva, vzhledem k očekávanému mírnému nárůstu spotřební daně:

- od 1.1.2015 do 31.12.2017, cena 0,72 Kč/m³,
- od 1.1.2018 do 31.12.2019, cena 1,44 Kč/m³,
- od 1.1.2020, cena 2,36 Kč/m³, resp. minimální úroveň dle EU. [67]

Při porovnání spotřební daně a emisní zátěže ropných pohonných hmot se pro CNG palivo uplatňují velmi nízké sazby. Dlouhodobě se ceny CNG pohybují přibližně na poloviční úrovni ceny benzínu a lze očekávat, že v případě ropné krize může převzít dominantní roli právě CNG, včetně nárůstu spotřební daně. Roční výběr spotřební daně za ropná paliva pro provoz vozidel kategorie M₁ aktuálně činí 45 mld. korun, a je zřejmé že případný výpadek bude kompenzován na úkor vyššího zdanění budoucích nejrozšířenějších zdrojů v dopravě.

Servisní náklady jsou důležitým faktorem při volbě typu vozidla. Zahrnují pravidelné prohlídky předepsané výrobcem v záruční době a běžné opravy související s provozem a postupným opotřebením vozidla. Přestože jsou obtížně vyčíslitelné, obecně závisejí na celkovém nájezdu, době užívání vozu, stylu jízdy, spolehlivosti značky.

Předností elektromobilů je obecně nízká poruchovost, oproti vozidlům se spalovacími motory, protože obsahují méně dílů vyžadujících údržbu - absence výfuků, palivového filtru nebo některé komponenty jsou méně namáhány, např. vlivem brzdového účinku rekuperace energie při zpomalení není nutné tolik sešlapávat brzdový pedál, čímž se několikanásobně prodlouží životnost brzdového obložení. [68]

Elektromotor podléhá menšímu opotřebením oproti spalovacímu motoru, protože není vystaven vysokým tlakům a teplotám. Rozhodujícím komponentem, z hlediska opotřebením a životnosti elektromobilu, jsou akumulátorové baterie, resp. jejich životnost a kapacita. V současnosti je životnost baterií již dostačující, nad 8 let v závislosti na typu, intenzitě používání a počtu nabíjecích cyklů. Spolehlivost nové generace baterií pro jejich každodenní výkonové použití dokládá i osmiletá záruka společnosti Volkswagen. [57]

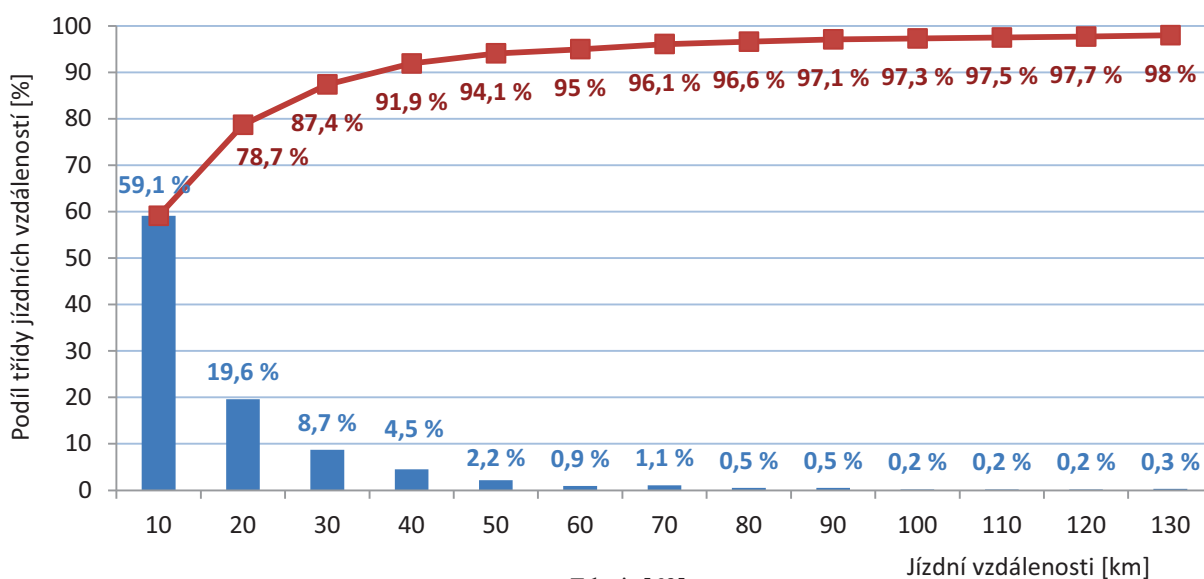
V případě klasických pohonů představují servisní náklady významný podíl celkových nákladů vzhledem k množství a složitosti komponentů. Lze vycházet z údajů fleetových manažerů, v procentuálním vyjádření je podíl servisních nákladů na celkových nákladech (resp. vzhledem k pořizovací ceně vozu) téměř shodný v různých třídách vozů klasických pohonů, přičemž platí, čím větší a dražší vůz, tím jsou servisní náklady vyšší.

V segmentu osobních vozidel, za období třech let a nájezdu 90 000 km, představují servisní náklady přibližně 11 % až 13 % z ceny vozu. Při delší době užívání a nájezdu 150 000 km až 200 000 km značně vzrůstá riziko nečekaných závad a nutných oprav a proto servisní náklady významně vzrůstají. Výjimkou není oprava za poloviční zůstatkovou cenu vozu. [68]

3.5 Dojezdová vzdálenost

Požadavkem na plnohodnotnou elektromobilitu je velký akční rádius elektromobilu, který v současnosti dosahuje u nejprodávanějšího evropského modelu Nissan Leaf v průměru 130 km, v závislosti na rychlosti jízdy, možnosti rekuperace energie apod. V městském provozu, využívající rekuperaci dosahuje dojezd téměř 150 km. Na dálnici při rychlosti 130 km/h dojezd dosahuje pouhých 90 km. Je takový dojezd dostačující? Ze statistiky provozu vozidel vyplývá, že 97 % všech jízd automobilem je uskutečněno na vzdálenost menší než 100 km.

Obrázek č. 7: Statistika průměrných ujetých vzdáleností osobního vozu



V případě aplikace elektromobility do městského prostředí (Praha, Brno), jako předpoklad počátečního rozvoje, je již dojezdový radius dostatečný pro specifické cestovní režimy, např.

- běžnou dopravu v rámci rozlohy měst,
- denní dojíždění za prací z přilehlých oblastí.

Celková dojezdová vzdálenost, resp. spotřeba energie do značné míry závisí na vnějších podmínkách provozu elektromobilu: rychlosti jízdy, profilu tratě a především vnější

teplotě okolí a používáním přídavných spotřebičů energie - topení v zimním období nebo klimatizace v letním období, které mohou dosahovat příkonu až 4 kW, což má velký vliv na dojezd. Dalším faktorem snižující dojezd a prodlužující nabíjecí dobu je zejména omezená kapacita akumulátoru při nízkých teplotách (vlastnost chemických zdrojů):

Tabulka č. 17: Závislost spotřeby na teplotě okolí pro elektromobil Vito E-cell

Teplota [°C]	Dojezd [km]	Doba nabíjení [h]	Spotřeba při jízdě [kWh]
25	135	7	18,2
15	127	8	19,1
0	96	10	24,8
-15	74	12	33,1

Zdroj: [70]

Řešením pro zachování rychlých nabíjecích časů akumulátorů v zimním období jsou vyhřívané systémy baterií, (které nebývají součástí nabídky), tak aby se nabíjely v optimální teplotě, což je pro ně z hlediska kapacity nejdůležitější, nicméně za cenu dodatečné spotřeby energie.

Dalším faktorem, rozhodujícím z pohledu uživatele, je reálná dojezdová vzdálenost elektromobilu, která se může lišit od údajů výrobců, na základě jejich testů v laboratorních podmínkách, vzdálených běžnému provozu. V německém zkušebním institutu TÜV SÜD vyvinuli standard (E-Car Standard) pro určování dojezdové vzdálenosti elektromobilů, s cílem co nejvíce přiblížit styl řízení a podmínky provozu reálnému nasazení v praxi.

Například japonský výrobce Mitsubishi i-MIEV uvádí dojezdovou vzdálenost 133 km, při 23 °C, bez další spotřeby energie a průměrné rychlosti 60 km/h. Podle testovacích cyklů TÜV SÜD, při vyšší rychlosti a reálným podmínkám provozu, činí dojezd i-MIEVu 113 km a v podmínkách při -7 °C a spuštění dalších spotřebičů energie klesá dojezdová vzdálenost na 64 kilometrů. Vyhodnocením testů dosahuje reálná průměrná dojezdová vzdálenost elektromobilu i-Miev 110 kilometrů. [71]

Obdobně rozdílný výsledek vychází pro MBW i3, výrobce udává v neekonomičtějším režimu EcoPro dojezd až 200 km, při běžné jízdě s využitím plného komfortu a nabízeného potenciálu pohonu, ujede reálně na jedno nabití maximálně 100 km až 120 km.

Pro případné zájemce je to podstatně jiná informace, oproti údajům automobilek v rámci testů v ideálních podmínkách.⁴⁷ Je zřejmé, že pro objektivní posouzení dojezdu chybí v evropských podmínkách definovaný standard. [72]

3.6 Emisní zátěž

Elektromobilita je spojována s příznivým vlivem na okolní prostředí. Z hlediska emisní zátěže elektromobilů je ovšem nutné rozlišovat přímé emise a dále tzv. emise nepřímé. U přímé emisní zátěže dosahují elektromobily nulových výsledků, čímž bez obtíží splňují stále se zpřísnující legislativní požadavky EU, nejnověji hodnota vypouštěných přímých emisí CO₂ musí být do 130 g/km u nových automobilů. Splnění těchto limitů je stále technicky a finančně náročnější, což napomáhá další konkurenceschopnosti elektromobilů.

Pro posouzení nepřímých emisních dopadů provozu elektromobilů je nutné zohlednit celý výrobní cyklus, tedy od extrakce surovin až po výrobu el. energie a energeticko-distribuční soustavu. Údaje o energetickém mixu v případě ČR ukazuje tabulka č. 18:

Tabulka č. 18: Objem výroby el. energie a jejich emise v ČR podle typu paliv v roce 2012

Druh elektrárny	[GWh/rok]	Podíl [%]	CO ₂ [g/kWh]
Uhelná	44 031	50,2	838 až 1231
Jaderná	30 324	34,6	8 až 33
OZE	7 469	8,5	50 až 100
Ostatní*	5 750	6,5	399 až 644

Zdroj: [73]

*Paroplynové, plynové, oleje, nespecifikované palivo.

Skladba a podíl jednotlivých zdrojů energie úzce souvisí se skladbou emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů, které jsou vypouštěny z energetických zdrojů. Tabulka č. 12 zahrnuje i nepřímé emise oxidu uhličitého, vznikající při výrobě elektrické energie: těžbu energetických surovin, výrobu paliva, výstavbu, provoz elektrárny končící likvidací vznikajících odpadů a konečnou demontáží elektrárny.

OZE (fotovoltaické, vodní, větrné) také vykazují emisní zátěž, vzhledem k jejich poměrně náročné výstavbě a relativně málo vyprodukované energie. S dobou životnosti se jejich nepřímé emise snižují. Proto jaderná elektrárna, přes ohromnou spotřebu surovin pro její výstavbu, těžbu uranové rudy, výrobu jaderného paliva, likvidaci jaderného odpadu jsou

⁴⁷ I v případě klasických automobilů se skutečná spotřeba liší od údajů výrobců, resp. dle směrnice EU (99/100/ECE). Přestože se metodika přibližuje realitě provozu (hodnoty spotřeb pro městský, mimoměstský a kombinovaný cyklus, zahrnutí studených startů), nevýhodou jsou podmínky testování, které neodpovídají aspektům běžného provozu. Během testu se neměří skutečný úbytek objemu paliva z nějaké normované nádoby, nýbrž obsah emisí CO₂, ze kterého se pak podle tabulek přepočte spotřebované množství paliva.

emise CO₂ jaderné elektrárny na vyrobenou kWh srovnatelné s vodními elektrárnami, které jsou považovány za velmi ekologický zdroj.⁴⁸

Z podílu zdrojů je patrné, že provoz elektromobilu, resp. tvorbu skleníkových plynů ovlivní zejména tepelné a jaderné elektrárny, ostatní zdroje elektrické energie jen v menším poměru. Započtením příspěvků emisí ze všech elektráren se na výrobu 1 kWh vyprodukuje přibližně cca 600 g oxidu uhličitého.⁴⁹ Současný průměrný elektromobil spotřebuje 18 kWh na 100 km. Zahrnutím devadesáti procentní účinnosti při nabíjení a deseti procentních ztrát vedením sítě je množství emisí CO₂ elektromobilu na 100 km = 13 200 g CO₂.

Nový automobil dosahuje dle nařízení EU emisních hodnot 130 g CO₂/km. Průměrné hodnoty jsou však vyšší, vzhledem k nadpolovičnímu podílu vozů v ČR starších více než 10 let. Stanovení přesné hodnoty je obtížné, neboť u starších vozidel se jejich emise liší, vzhledem k datu výroby a stavu motoru. Proto lze pro porovnání zvolit průměrné emise oxidu uhličitého nových automobilů z roku 2003, které dosahovaly hodnot 164 g CO₂/km.

Porovnáním vzájemných hodnot emisí vyplývá, že elektromobily vyprodukují na 100 km přibližně 13 200 g CO₂ za stávajícího energetického mixu, zatímco klasické automobily v průměru 16 400 g oxidu uhličitého. Elektromobily tedy v současnosti vytvoří jen o malé množství méně oxidu uhličitého oproti přímým emisím klasických automobilů na bázi fosilních paliv. Podmínky výroby elektřiny lze ovšem centrálně monitorovat a účinně ovlivňovat.

Tabulka č. 19 ukazuje úsporu emisí CO₂ v případě obměny 1 milionu stávajících spalovacích vozidel elektromobily za současného energetického mixu a variantu v případě využívání pouze OZE:

Tabulka č. 19: Úspora emisí obměnou 1 miliónu osobních vozidel

Parametr	Benzín	Elektromobil	Elektromobil pouze OZE
Průměrný roční nájezd 1 vozu	10 000 km	10 000 km	10 000 km
Produkce CO₂	164 g/km	126 g/km	75 g/km
Celkové emise CO₂	1640 kg/rok	1320 kg/rok	750 kg/rok
Změna počtu vozového parku	-1 000 000	+1 000 000	+1 000 000
Celkové ušetřené CO₂	320 000 tun/ročně		890 000 tun/ročně

Zdroj: vlastní zpracování

⁴⁸ Přesto i vodní elektrárny vykazují environmentální dopady. Např. vybudování obřích přehrad v Číně zamezilo pravidelným záplavám, nutným pro úrodnost půdy.

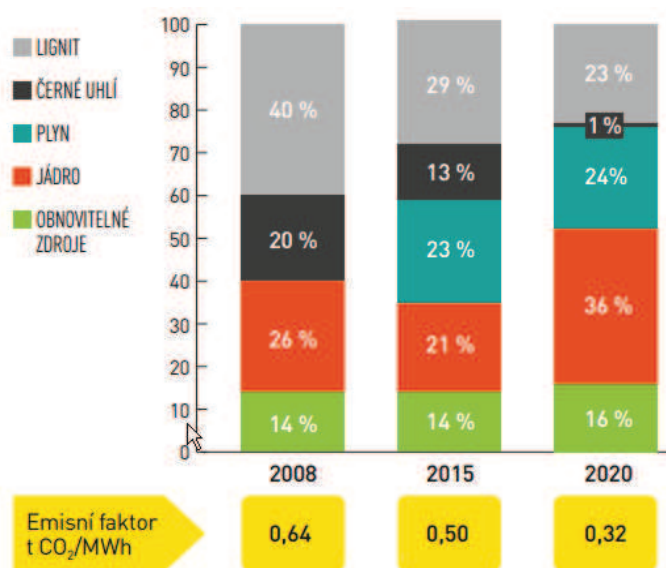
⁴⁹ Podle německých studií, prezentovaných Petrem Nejedlým iDnes. <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/87497/Vyroba-elektriny-versus-emise-CO2-schizofrenie-a-brouseni-sekyry.html>

V případě obměny jednoho milionu vozidel ve prospěch elektromobilů, ušetřené CO₂ dosahují v případě stávajícího energetického mixu hodnoty 320 000 tun ročně, v případě využívání pouze OZE činí možná hodnota až 890 000 tun ročně, což představuje úsporu 6,2 % z celkových emisí CO₂ v dopravě ČR za rok 2012.

Pro opodstatněný další rozvoj a podporu elektromobility proto bude nezbytné zvyšování podílů nízkoemisních zdrojů elektrické energie. V budoucnu lze očekávat změnu stávajícího energetického mixu, vzhledem k projednávané aktualizaci SEK, ve prospěch nízkoemisních zdrojů.

ČEZ, největší výrobce elektřiny v ČR, plánuje postupné snížení podílu vysokoemisních zdrojů - konkrétně do roku 2020 snížit o polovinu jejich emisní faktory ve srovnání s rokem 2008, ve prospěch výroby elektřiny z nízkoemisních zdrojů, což prakticky znamená stanovení nepřímých emisí elektromobilů na hodnotu kolem 100 g/km.

Obrázek č. 8: Plánovaný Energetický mix skupiny ČEZ



Zdroj: [74]

Již v současnosti jsou nespornou výhodou elektromobilů nulové lokální emise, čímž jsou vhodné zejména v městských oblastech, kde jsou hodnoty znečištění z dopravy nejvyšší.

3.7 Energetické požadavky

Energetické požadavky závisí na stupni rozvoje elektromobility. Cílem legislativních dokumentů je uplatnění elektromobility především v městském prostředí, proto lze uvažovat scénář nahrazení až 1 milionů elektromobilů pro velká města: Praha, Brno, Ostrava.

Dodatečná potřeba elektrické energie závisí na průměrném nájezdu a spotřebě současných elektromobilů zahrnujících segment osobních a užitkových vozidel. Dle statistiky MPO, MD:

- v ČR v roce 2013 výroba el. energie dosáhla přibližně 87 TWh, z toho vývoz činil 17 TWh,
- průměrný nájezd automobilu činí 10 000 km ročně,
- pro průměrnou spotřebu elektromobilu na 100 km je vyžadováno 22 kWh.

Z výpočtu vyplývá, že průměrný elektromobil spotřebuje ročně 2,2 MWh energie. Pro 1 milion elektromobilů, je tedy zapotřebí 2,2 TWh elektrické energie ročně, tj. přibližně 3 % současné výroby. V poměru s energetickými požadavky ostatních sektorů se jedná o zanedbatelnou hodnotu, proto i celoplošné zavedení elektromobily, i v hustě obydlených oblastech jako je Praha, kde je počet registrových automobilů přibližně 630 000, se reálně neprojeví na nárůstu spotřeby elektrické energie. Není nutné stavět nové zdroje pro potřebu výkonu, ale především pro snížení emisí z vyrobené energie.

Určitým problémem může být požadavek zvýšené lokální potřeby příkonu vzhledem k současnému nabíjení velkého počtu elektromobilů. Proto se energetické společnosti snaží prosazovat zvýhodněné tarifní řízení pro domácnosti a firmy za splnění určitých podmínek:

- časové vymezení doby od 18. hodiny do 8. hodiny, v celkové délce min 8 hodin denně,
- doložení vlastnického práva k elektromobilu,
- nabíjecí zařízení musí být napájeno samostatným přívodem a měřeno samostatným měřicím zařízením.⁵⁰ [75]

Význam nočního nabíjení spočívá ve využití přebytku elektřiny a optimalizaci energetické soustavy. V současnosti v energetické soustavě mimo špičku přebývá víc než 16 TWh elektřiny ročně. To zodpovídá provozu více než 5 milionů elektromobilů, za podmínky, že každý z nich ujede denně zhruba 50 km.

3.7.1 Potenciál obnovitelných zdrojů

Nárůst budoucích energetických požadavků elektromobility lze vyřešit rozvojem decentralizované výroby elektřiny z domácích obnovitelných zdrojů s poměrně dobře odhadnutelným dostupným potenciálem. V úvahu přichází větrná, vodní, fotovoltaická energie a energie biomasy.

⁵⁰ Např. v rámci ČEZ distribuce, činí zvýhodněná sazba silové elektřiny (tarif C27d) za uvedených podmínek pro firmy 1 Kč/kWh bez DPH, v případě nízkého tarifu, resp. 1,5 Kč/kWh bez DPH pro vysoký tarif.

Dostupný potenciál OZE vychází z vhodných přírodních podmínek a z legislativních požadavků konkrétních zdrojů. Územní požadavky na výrobu 1 kWh ukazuje tabulka č. 20:

Tabulka č. 20: Územní požadavky jednotlivých technologií výroby el. energie

Energie	Fotovoltaická	Větrná	Vodní	Geotermální	Biomasa plodiny	Biomasa odpad
m ² /kWh	0,045	0,072	0,152	0,05	0,533	0,001

Zdroj: [76]

Větrná energie vyžaduje poměrně značné území, vlastní dílo však zajímá jen asi 1 % až 10 % plochy, v podmínkách ČR je větrná energie využitelná především v podhůří a horských oblastech. Její potenciál se odhaduje přibližně na 4 TWh až 6 TWh ročně, z toho již využitý potenciál činí pouhých 8 %. Určitým omezením dalšího využití je nalezení vhodné lokality, která nebrání místním zájmům, což je zejména v horských oblastech běžné.

Výstavba velkých vodních elektráren je prakticky omezená, vzhledem k celkovému potenciálu vodní energie, který činí 2,5 TWh ročně a je již z 83 % využitý, určitou možností jsou výstavby malých vodních elektráren.

Využitelný potenciál energie z biomasy na zemědělské a lesní půdě včetně odpadní biomasy je odhadován až na 6 TWh ročně, z toho je již polovina potenciálu využívána pro kogenerační výrobu tepla a elektřiny a pro splnění závazků kapalných biopaliv. Vysoké územní nároky biomasy vyplývají ze ztrát v celém řetězci přeměny na užitnou energii, proto i současné její využití pro biopaliva je z důvodu nízké účinnosti spalovacích motorů velmi neefektivní. Vzhledem ke strategickému významu půdního fondu s ohledem na potravinovou bezpečnost není využití biomasy pro samostatnou výrobu el. energie nejvhodnější.

V případě fotovoltaické energie jsou územní nároky v podmínkách ČR přijatelné. Využitelný potenciál je 18 TWh, z toho je využito přibližně 12 %. V nedávné době se nejčastěji fotovoltaické projekty o velkých výkonech budovaly na polích a loukách, vzhledem k výhodné dotační politice. Právě nevhodné umístění a neúměrné dotační podmínky, přes neustálý pokles cen technologie, spojuje fotovoltaiku s negativním ohlasem veřejnosti.⁵¹ [77]

3.7.2 Využití fotovoltaické energie

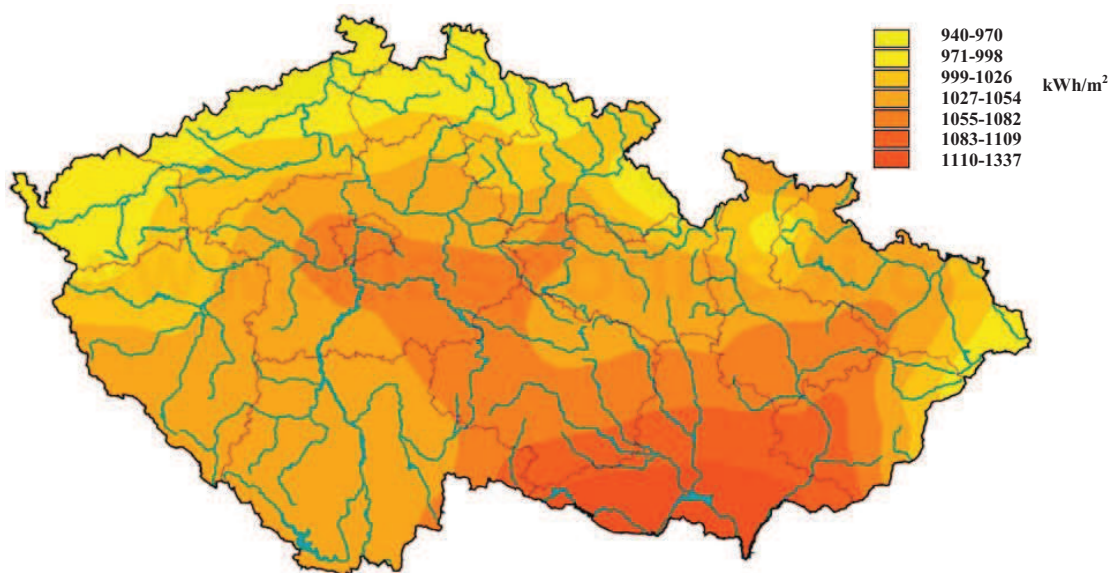
Postupný nárůst výkonů elektromobility by bylo možné kompenzovat řízeným souběžným rozvojem právě fotovoltaické energetiky, která je prověřená. Stále dostupnější a účinnější technologie umožňují vhodnější instalace na střechy budov, rodinných domů, ale i průmyslových objektů, nákupních středisek apod., což lépe vyhovuje požadavkům na

⁵¹ Pro porovnání územní nároky neobnovitelných zdrojů: uhelná el. 0,004 m²/kWh, plynová el. 0,0003 m²/kWh, jaderná el. 0,0005 m²/kWh.

decentralizované zdroje a ekologické aspekty. Její další výhodou je, že pro domácí podmínky nabíjení vozidel, nemusí být zapojeny do širší energetické sítě, které vyžadují určité administrativní jednání.

Otázkou je, jak velká plocha solárních panelů je potřebná pro roční provoz elektromobilu v podmínkách ČR? Globální sluneční záření činí na našem území v průměru 1000 kWh/m² ročně. Celkový roční úhrn dopadající sluneční energie ovlivňuje zejména zeměpisná poloha, orientace fotovoltaického systému vzhledem ke slunci, celková doba slunečního svitu, nadmořská výška a v neposlední řadě i čistota ovzduší.

Obrázek č. 9: Velikost ročního slunečního záření v ČR [kWh/m²]



Zdroj: [78]

Podmínky pro využití sluneční energie jsou na území České republiky poměrně dobré. Celková doba slunečního svitu (bez oblačnosti) je od 1 400 do 1 700 hodin ročně, tzn. na 1 m² připadne zhruba 950 kWh až 1340 kWh energie ročně, z čehož největší část (asi 75 %) v letním období. Z konverzní účinnosti fotovoltaického panelu, která činí dle kvality 14 % až 20 %, vyplývá, že z plochy 1 m² lze získat asi 190 kWh až 268 kWh elektrické energie za rok.

Na zajištění elektrické energie z fotovoltaického systému pro provoz 1 elektromobilu za předchozích podmínek (roční nájezd 10 000 km, průměrná spotřeba 18 kWh, průměrná sluneční energie 1145 kWh, účinnost solárních panelů 17 %), je potřeba přibližně plocha 9 m² solárních panelů.

Vzhledem k neustálému zvyšování účinnosti konverze solárních panelů např. využitím organických solárních panelů s účinností až 25 % (za zlomek ceny křemíkových panelů),

případně integrací fotovoltaických prvků na karoserii vozidla, s denní akumulací přibližně 1 kWh, lze dosáhnout přijatelné velikosti solárních panelů přibližně o ploše 5 m². Výhodou je, že solární panely mohou být instalovány přímo v místě spotřeby a jednoduše propojeny s lokálním zásobníkem el. energie v rámci autonomního fotovoltaického systému, nezávislém na rozvodné síti.⁵²

Návratnost investice fotovoltaického systému se pohybuje mezi dvanácti až patnácti roky, vzhledem k tržním cenám elektrické energie, která v dlouhodobém horizontu narůstá, v období mezi roky 2001 až 2011, s průměrným tempem růstu 8,6 % pro domácnosti a firemní sektor. Naproti tomu podmínky využití sluneční energie jsou stále dostupnější, vzhledem k technologickému rozvoji a klesajícím cenám fotovoltaických panelů, proto jejich uplatněním znamená principiální řešení budoucích energetických požadavků provozů elektromobilů. [79]

3.8 Materiálové požadavky

Rozvoj nových technologií je nemyslitelný bez dostatečné materiálové podpory. Rozhodující součástí pro využití baterií v elektromobilech je lithium. Jeho dostupnost je dalším faktorem pro rozvoj elektromobility, vzhledem k požadavkům na diverzifikaci zdrojů a minimální energetickou závislosti na cizích státech.

Rozdělení světových zásob lithia je nerovnoměrné a člení se na zásoby, které jsou vázány ve sloučeninách, jejichž zpracování se v současnosti ekonomicky nevyplatí (tj. rezervy) a zásoby, které jsou dobře přístupné. Celkové, dobře přístupné zásoby se odhadují na 6 miliónů tun. Nejvýznamnějším producentem lithia jsou v současnosti země Jižní Ameriky: Chile, Bolívie, Argentina, a z ostatních zemí zejména USA a Čína, v Evropě nejsou objevené větší zásoby lithia.

Opomenutým, nicméně nejpřístupnějším zdrojem lithia je mořská voda, která jej obsahuje v koncentracích 0,14 mg/l až 0,25 mg/l, vzhledem k objemu oceánů se jedná o miliardy tun potenciálních zásob. Lze očekávat, že zvýšený zájem o lithium povede k nalezení mnoha nových ložisek, respektive možností jak lithium získávat. Tento jev je možné pozorovat třeba u ropy nebo zemního plynu.

Vzhledem k tomu, že baterie běžného elektromobilu (Nissan Leaf) spotřebují přibližně 150 g lithia na 1 kWh, jsou budoucí požadavky dopravního odvětví, tj. odhadem pro miliardu vozidel s kapacitou baterie 40 kWh, splnitelné.

⁵² V současnosti již existují i sofistikovanější řešení, kdy může být nabíjecí infrastruktura propojena se systémem místního energetického managementu, založeného na centrálním řízení dat, jehož výsledkem je efektivnější využití zdrojů s ohledem na podmínky odběru elektrické energie - aktuální cena elektřiny, zatížení sítě apod.

Výhodou, srovnatelnou s nově objevenými zásobami, je možnost recyklace opotřebovaných baterií, ze kterých lze získat většinu lithia zpět pro opětovné použití. Současně jiné oblasti lidské činnosti nejsou na tomto prvku zásadně závislé. Podobný scénář vyčerpání jeho zásob jako v případě fosilních paliv proto není pravděpodobný. Rozvoj elektromobility s využitím nových zdrojů v podobě lithia v podstatě přispěje i ke snížení spotřeby ropy a tím k oddálení ropného zlomu. [57, 80]

Obdobně pro souběžný rozvoj decentralizované energie využitím fotovoltaických panelů, jsou zásadními materiály na bázi polovodičových nebo nově zkoumaných organických prvků. V případě stávajících polovodičových materiálů je hlavním prvkem křemík, který je již řadu let rozšířen v elektrotechnickém průmyslu a jeho zásoby jsou dostatečné. [81]

3.9 Vyhodnocení analýzy

Technologie pohonu je již v použitelném stavu, jeden z hlavních parametrů akumulátorů, životnost se již postupně blíží technické životnosti vozidla, vzhledem k vysoké úrovni elektronické diagnostiky a řízeného nabíjení akumulátorů. V současnosti ověřené způsoby nabíjení dosahují již vyhovujících parametrů. Technika akumulátorů nepředpokládá budování zásadně nové energetické infrastruktury, bude však vyžadovat postupné zvýšené dimenzování stávající elektrorozvodné sítě, včetně koncových přípojek pro využití režimu rychlého nabíjení a přehlednější správu odběru el. energie. Samotná koncepce použití elektrického motoru, který je prakticky jedinou točivou součástí ve vozidle je z pohledu servisu a údržby vozidla více než ideální. I z tohoto důvodu je zájem automobilek o čisté elektrickou koncepci spíše vlažný. Zpřísnění emisních limitů je správnou cestou, neboť stávající limity lze dosáhnout tzv. hybridizací pohonů, která ovšem neřeší dlouhodobě energetickou a bezpečnostní problematiku.

Současný dojezd 130 km splňuje základní požadavky vozových parků na průměrný denní proběh 50 km až 80 km. Nutnou podmínkou rozvoje elektromobility je dostatečně rozsáhlá a spolehlivě fungující síť dobíjecích stanic, která bude splňovat požadavky na komfortní a bezpečné použití.

Další překážkou rozvoje je pořizovací cena elektromobilů. Její snížení zajistí vyšší prodejnost, resp. zvýšená sériová výroba. Zde je prostor pro zvýhodnění vlastnění elektromobilu. Atraktivita pořízení do značné míry závisí na cenách konkurenčních fosilních paliv a daňové politice. Rostoucí ceny fosilních paliv však mohou v budoucnu dobu návratnosti investice do elektromobilu výrazně zkrátit, vzhledem k nízkým provozním

nákladům. Výhodou již dnes je zavedení nových speciálních dobíjecích tarifů pro majitele elektromobilů.

Přestože evropská a česká legislativa zavádí konkrétní podmínky pro rozvoj zelených technologií, nezbytností bude i úspěšná realizace ekologické a bezpečné výroby elektřiny. Za současných podmínek energetického mixu dochází při provozu elektromobilů pouze k nulovým lokálním emisím. Masovým rozvojem elektromobility by se ekologické a energetické problémy přenesly z odvětví dopravy do odvětví energetiky a ztratily by prezentovanou výhodu.

Je otázkou, do jaké míry může elektromobilita přispět k menší stabilitě distribuční sítě. Vzhledem k nízkému počtu elektromobilů by dobíjení elektromobilů nemělo v následujících letech představovat žádný zásadní problém pro energetickou síť.

Tabulka č. 21: SWOT analýza elektromobilu

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> Možnost využití obnovitelné energie, nízké provozní náklady, absence lokálních emisí, rekuperace energie, jednoduchá konstrukce a nízký počet komponentů, minimální údržba, možnost okamžitého maximálního výkonu, bezpečnost, dostupnost surovin. 	<ul style="list-style-type: none"> Vysoká pořizovací cena, nízký dojezd (vliv klimatických vlivů), nedostatečná infrastruktura dobíjecích stanic, nedostatek zkušených odborníků, neexistence sítě servisních a zkušebních stanic, výraznější pokles ceny při odprodeji (oproti konvenčním automobilům).
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> Zdokonalení technologie, rozvoj v městském prostředí, masovějším rozvojem snížení ceny, rozvoj high tech, smart systemů, energetický zdroj v době mimo provoz, nově vznikající trh pro uplatnění elektřiny. 	<ul style="list-style-type: none"> Lobistické tlaky na rozvoj alternativních pohonů ze strany ropného, automobilového průmyslu, energetické riziko – současné dobíjení, většího počtu elektromobilů zatíží stávající energetické sítě, budoucí zdanění provozu.

Zdroj: vlastní zpracování

4 PŘEDPOKLADY A MOŽNOSTI ROZVOJE ELEKTROMOBILITY

Vzhledem k aktuálnímu stavu technologie elektrického pohonu lze rozvoj elektromobility očekávat především v segmentu osobních automobilů. Přestože je provoz elektromobilů velmi levný, na druhou stranu je komplikovaný malým dojezdem zejména v zimním období, omezeným počtem nabíjecích stanic a výrazně vyššími pořizovacími náklady. Aktuálně existuje v ČR přibližně stejný počet dobíjecích stanic jako samotných elektromobilů. Z jakých důvodů a zda vůbec by se měl podíl elektromobility navyšovat? Mezi zásadní vlivy patří:

- požadavky na snižování emisí oxidu uhličitého,
- hrozba omezování těžby ropy a zvyšování či volatilita ceny,
- možnost snížení nákladů na individuální automobilovou dopravu,
- preference rozvoje sofistikovaných systémů.

V případě požadavků na nízké emise bude rozhodující doposud nevyjasněný reálný vliv emisí CO₂ na životní prostředí a z toho vyplývající mezinárodní postoje ve střednědobém horizontu s dopadem na vývoj celosvětové dohody o snížení emisí. V tomto ohledu nelze srovnávat dopady znečištění dopravy v ČR oproti velkým aglomeracím (Peking, Mexico City), které se potýkají s problematikou nadměrných emisí v daleko větší míře. Proto v podmínkách ČR není ještě myšlenka vytěsnění spalovacích pohonů plně doceněna. I zde jsou již lokality, kde je přínos zavedení elektromobility zřejmý.

Dalším vlivem je trend narůstající spotřeby energie v dopravě, která je dlouhodobě vyrovnávána novými nalezišti. V případě růstu jejich ceny se zvýší atraktivita elektrických pohonů, nicméně v budoucnu lze očekávat nové zdanění odběru el. energie, vzhledem k výpadkům příjmů do státního rozpočtu.

Každý z těchto předpokladů může urychlit rozvoj elektromobility. Do té doby bude žádoucí, aby byl dostupný běžný dopravní komfort i pro uživatele elektromobilů v podobě dostatečné infrastruktury a odborným zázemím. Velkou výzvou a příležitostí může být právě rozvoj sofistikovaných systémů navazujících oborů (energetika). K tomu bude potřebné připravit vhodné podmínky, odborné a legislativní a prezentovat výhody elektromobility široké veřejnosti.

4.1 Infrastruktura

Předpokladem rozvoje elektromobility je vytvoření vhodných podmínek pro přístupnou a dostatečnou soustavu nabíjecích stanic. Základní síť dobíjecích stanic by měla zohledňovat dojezdové vzdálenosti současných elektromobilů. Prvotní nabídka dobíjecí infrastruktury by měla vznikat v městských oblastech a dálničních sítích. Vhodné lokality k dobíjení mohou být navrhovány v koordinaci s místní samosprávou na základě probíhajícího legislativního procesu povinného rozvoje infrastruktury.

Dobíjecí stanice se začínají postupně rozšiřovat a elektromobil má výhodu, že jej lze nabít prakticky kdekoli, kde je k dispozici elektrická zásuvka. Přestože existuje poměrně pestrá nabídka dobíjecích stanic, je nutné rozlišovat opravdu ta veřejná a profesionální nabíjecí místa, včetně standardu nabízených konektorů a přenášených výkonů.

V současnosti je využívání dobíjecích stanic podmíněnou uzavřením zákaznických smluv a používáním čipových nebo identifikačních karet jednotlivých energetických společností. Značným usnadněním z pohledu zákazníka by byla možnost anonymního využívání služeb, obdobně jako u čerpacích stanic, případně akceptace odlišných identifikačních karet jednotlivými nabíjecími systémy (vzájemné propojení informačních systémů energetik a dobíjecích stanic na způsob obdobný u roamingu).

Výhodou by byl vznik centrální databáze dobíjecích stanic, jejíž členství by bylo garancí základních technických standardů, včetně online informací o jejich aktuálním stavu, (licencované skrze Energetický regulační úřad). Kromě základního technického rozdělení podle hodnoty výkonu v kW je pro veřejnost vhodnější prezentovat typy nabíjecích stanic dle účelu:

- cílové - vzhledem k delším nabíjecím časům jsou vhodným umístěním dobíjecích stanic v důležitých místech veřejného dění, kdy uživatel bude moci aktivně využít čas během nabíjení, například návštěvou nákupního centra, sportovní aktivitou, schůzkou v administrativní budově,
- cestovní, jejich uplatnění zejména na delších meziměstských trasách, s nejkratší dobou dobíjení.

Vzhledem k budoucímu potenciálu trhu získají na výhodě technická řešení s otevřenou architekturou, vzhledem k možným změnám standardů nabíjení a legislativních požadavků, to je např.:

- sběr dat o dobíjení a jejich přístup na internetových stránkách provozovatele, (příp. možnost vzdáleného dohledu, správy s IT na straně zákazníka v rámci většího vozového parku),
- vysoká variabilita dobíjení různého výkonu pro všechny druhy elektromobilů,
- časová variabilita dobíjení (normální dobíjení, rychlé dobíjení),
- bezpečnostní standardy (ochrana jištěním a doplňkovou ochranou proudovým chráničem).

Konkrétní technické řešení je již otázkou obchodního přístupu soukromých společností, jak zareagují na nové příležitosti. Lze ovšem s předstihem uvažovat o požadavku dostatečného dimenzování přípojek elektrické energie pro nové a nově rekonstruované administrativní budovy státní správy a veřejná parkoviště s ohledem na budoucí potřeby vozových parků.

V delším období, po zdokonalení technologie inteligentních sítí, by se měla promítnout výhoda (např. daňová) pro majitele, kteří zkombinují ekologickou výrobu elektrické energie s veřejnou dobíjecí stanicí, napojenou do distribuční sítě, napomáhající její stabilitě.

4.2 Zvýhodnění uživatelů elektromobilů

Již dnes je možné uživatele elektromobilu zvýhodnit dostupnými nástroji administrativního charakteru: možností užívání existujících jízdních pruhů pro vozidla MHD, parkováním zdarma na veřejných parkovištích, příp. povolením vjezdu do center měst apod. Jsou to nástroje nevyžadující zásadní opatření, které přirozeně prospějí k prezentaci a povědomí veřejnosti o nových trendech v dopravě. Je zřejmé, že toto opatření by bylo přechodné, do doby případného masového rozšíření elektromobilů. Zavedení těchto administrativních nástrojů by mohly využít společnosti, kteří se chtějí prezentovat ekologickým přístupem, a zařadí do své vozidlové flotily i elektromobily, což napomůže jejich dalšímu rozvoji.

4.3 Informační kampaně a odborná příprava

Využití závisí i na přístupu chování uživatelů v dopravě, resp. jejich volbě o způsobu dopravy. Současný trend zvyšování výkonu a hmotnosti vozidel spolu s vyšší úrovní bezpečnosti a komfortu je založen právě na požadavcích zákazníků. Přestože jsou aplikovány stále účinnější technologie, nevedou tato zdokonalení motoru k odpovídajícímu zvýšení úspornosti ve spotřebě paliva. Povědomí veřejnosti o elektromobilitě je povrchní, vzhledem k nedostatku podpory ze strany státních institucí a sdělováním nepřesných informací. Právě informační kampaně mohou veřejnosti ozřejmit souvislosti a výhody elektromobility. Cílem těchto kampaní by měla být změna současného dopravního smýšlení veřejnosti od vlastnictví výkonného automobilu jako společenské prestiže k autu jako užitému ekologickému dopravnímu prostředku. Zvláště u mladé generace se může elektromobilita prezentovat jako součást nového životního stylu, který je moderní a přívětivý k životnímu prostředí. V okamžiku dalších konkurenčních výhod bude již veřejnost příznivěji nakloněna.

Pro další rozvoj elektromobility je nutné vzdělávání kvalifikovaných odborníků, nejlépe na univerzitním základě nejen s ohledem na samotné technické podmínky provozu, ale i s ohledem na širší požadavky energetické infrastruktury. V současnosti není obor elektromobilita nabízen v rámci studijních programů VŠ. Případný nově vzniklý obor elektromobilita by mohl být nabízen v rámci magisterských programů dopravních fakult. Vzhledem k tradici automobilového průmyslu v ČR lze očekávat široké uplatnění budoucích absolventů a propojení univerzitního výzkumu s praxí jako předpoklad dalšího rozvoje tohoto oboru.

ZÁVĚR

Předložená práce shrnovala současný stav a možnosti elektromobility v kontextu dnešních a budoucích dopravních požadavků s ohledem na energetické aspekty. Potenciál elektromobility je zřejmý. Současná evropská politika je založena na obavě z důsledků vyčerpání zásob fosilních zdrojů. Nicméně takovéto obavy se neustále opakují a tzv. ropný zlom se neustále odsouvá do budoucnosti.

Vzhledem k těmto okolnostem není v současnosti nutná žádná urychlená potřeba masově podporovat elektromobilitu, spíše připravit vhodné podmínky pro její postupné oživení. Přínosem může být zmiňovaný technologický rozvoj a konkurenceschopnost. To by mělo být stěžejním motivem její případné vládní podpory.

Velkým konkurentem elektrických pohonů je v současnosti zemní plyn, jehož výhodou je již existence vybudované infrastruktury. Je proto otázkou vládních představitelů, do jaké míry je vhodné daňově zvýhodňovat tento typ fosilní energie, která není o tolik ekologická a která se dováží. Současné spory ohledně dodávek zemního plynu jsou toho příkladem.

S postupným vyčerpáváním zásob fosilních paliv bude jedinou možností oblast využití bezpečných obnovitelných zdrojů, jejichž plnohodnotné využití vyžaduje další vývoj a výzkum v oblasti nanotechnologií a nových materiálů. To, že pojem elektromobilita je již aktuálním tématem, je výsledkem těchto snah.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] IRREK, Wolfgang, a Stefan THOMAS. Defining Energy Efficiency. Wuppertal institut. 2008 [online]. [cit. 2014-01-11]. Dostupné z: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/energy_efficiency_definition.pdf
- [2] Energetická náročnost v sektorovém členění, ČR. Informační systém statistiky a reportingu [online]. [cit. 2014-01-12]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1707>
- [3] ŠIROKÝ, Jaromír a kol. Základy technologie a řízení dopravy. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005. ISBN 80-85630-29-9.
- [4] Světový energetický kongres Montreal, 2010. Energetic-vv [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z: <http://energetik-vv.webnode.cz/vysledky-21-svetoveho-energetickeho-kongresu/>
- [5] IEA. World energy outlook [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf
- [6] Ročenka dopravy 2011. Ministerstvo dopravy ČR [online]. [cit. 2014-01-19]. Dostupné z: https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2012/rocenka/htm_cz/cz12_721000.html
- [7] ADAMEC, Vladimír a kolektiv. Elektronický průvodce udržitelnou dopravou. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. [cit. 2014-01-19]. Dostupné z: http://www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf
- [8] Česká energetická agentura. Strategie hospodárného hospodaření s energií [online]. [cit. 2014-01-31]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8150.2.pdf

- [9] Zákon č. 17/1992 Sb. Ministerstvo životního prostředí ČR [online]. [cit. 2014-01-31].
Dostupné z:
<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/>
- [10] POHL, Jiří. Doprava a energetika. *Pro energy magazín*. 1/2013. ISSN 1804-5413
- [11] KOŠŤÁL, Josef. Elektromobilita včera, dnes a zítra [online]. [cit. 2014-01-31].
Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=44790
- [12] MRZENA, Rudolf a Radovan SOUŠEK. Spotřeba energie v závislosti na pohybu vlaku. *Perner's Contacts* [online]. [cit. 2014-02-08]. Dostupné z:
http://pernerscontacts.upce.cz/PC_012006.pdf
- [13] MARUŠINEC, Jaromír. Electric vehicles in Czech Republic [online].
[cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/sqlcache/01-electric-vehicles-in-czech-republic-2013-marusinec-en-v04.pdf>
- [14] Technický magazín. Hybridní pohony. Březen 2014. ISSN 1804-5413
- [15] Český rozhlas. Jsou elektromobily ekologické [online]. [cit. 2014-02-09]. Dostupné z:
http://www.rozhlas.cz/leonardo/technologie/_zprava/jsou-elektromobily-ekologicke--1127793
- [16] Technický magazín. Norští vědci upozorňují na možné stinné stránky elektromobility. 1/2013 [online]. [cit. 2014-02-08]. Dostupné z: <http://www.techmagazin.cz/766>
- [17] ČEZ, a.s. Iniciativa future motion [online]. [cit. 2014-02-22]. Dostupné z:
<http://futuremotion.cz/cs/futuremotion/volba-vyuziti.html>
- [18] Národní spolek pro elektromobilitu. Co je elektromobilita [online]. [cit. 2014-02-09].
Dostupné z: <http://www.narodni-spolek.cz/co-je-elektromobilita>
- [19] Technický magazín. Projekt Nice Grid. Březen 2014. ISSN 1804-5413

- [20] Rudolf Kampf . Vliv vybraných faktorů na dopravní systém . *Perner's Contacts* [online]. [cit. 2014-02-22]. Dostupné z:
http://pernerscontacts.upce.cz/15_2009/Kampf.pdf
- [21] KUNHART, Jan. Faktory ovlivňující volbu dopravního systému uživatelem dopravní služby. *Perner's Contacts* [online]. [cit. 2014-02-22]. Dostupné z:
http://pernerscontacts.upce.cz/12_2008/kunhart.pdf
- [22] Přehledy právních předpisů. EU Smlouva o založení Evropského společenství pro atomovou energii. [online]. [cit. 2014-03-07]. Dostupné z:
http://europa.eu/legislation_summaries/institutional_affairs/treaties/treaties_euratom_cs.htm
- [23] Euroskop. Bílé knihy [online]. [cit. 2014-03-07]. Dostupné z:
<https://www.euroskop.cz/200/322/clanek/bile-knihy/>
- [24] Přehledy právních předpisů EU. Evropská energetická charta [online]. [cit. 2014-03-07]. Dostupné z:
http://europa.eu/legislation_summaries/energy/external_dimension_enlargement/127028_cs.htm
- [25] Euroskop. Energetika [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z:
<https://www.euroskop.cz/8950/sekce/energetika/>
- [26] Přehledy právních předpisů EU. Green Paper on the security of energy supply [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z:
http://europa.eu/legislation_summaries/energy/external_dimension_enlargement/127037_en.htm
- [27] Přehledy právních předpisů EU. Energetická politika pro Evropu [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z:
http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/127067_cs.htm

- [28] Přístup k právu EU. Akční plán pro energetickou účinnost: využití možností [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0545:FIN:CS:PDF>
- [29] Přístup k právu EU. Zelená kniha - Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0105:FIN:cs:PDF>
- [30] Přístup k právu EU. Lisabonská smlouva [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://europa.eu/lisbon_treaty/full_text/index_cs.htm
- [31] Ministerstvo životního prostředí ČR. Klimaticko-energetický balíček [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/klimaticko_energeticky_balicek
- [32] Přehledy právních předpisů EU. Energetická politika pro Evropu [online]. [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/;jsessionid=Gr4cTJCTT9PhnRLG22Nnp1XBTW52fyZ0pyt2GQY0HBFhTBQVfmqW!2097610408?uri=CELEX:52007DC0001>
- [33] Přístup k právu EU. Plán přechodu na konkurenceschopné nízkouhlíkové hospodářství do roku 2050 [online]. [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:CS:PDF>
- [34] Ministerstvo životního prostředí ČR. Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu [online]. [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol
- [35] Evropská komise. Na konferenci o klimatu v Dohá se učinil mírný krok vpřed k dosažení celosvětové dohody o klimatu do roku 2015 [online]. [cit. 2014-04-05]. dostupné z: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1342_cs.htm

- [36] International energy agency. CO₂ emission from fuel combustion [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z:
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,43840,en.html>
- [37] Ministerstvo životního prostředí ČR. Politika ochrany klimatu v ČR [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_tz090507pok/\\$FILE/POK_final.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_tz090507pok/$FILE/POK_final.pdf)
- [38] Ministerstvo životního prostředí ČR. Smrtný hřích jménem maso [online]. [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/articles_100118_maso
- [39] Přístup k právu EU. Bílá kniha - plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje [online]. [cit. 2014-04-13]. Dostupné z:
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:CS:PDF>
- [40] Přístup k právu EU. Směrnice EP a Rady EU 2009/30/ES [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113:CS:PDF>
- [41] Evropský parlament. Změna politiky EU v oblasti biopaliv [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+IM-PRESS+20120921STO51991+0+DOC+PDF+V0//CS>
- [42] TOMEŠ, Zdeněk. Monopol a konkurence na železnici. *Železniční doprava* [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://railway.econ.muni.cz/publikovane-clanky/oddeleniprovozu-site/monopol-konkurence-na-zeleznici>
- [43] MUŘICKÝ, Eduard. Směry a trendy v elektromobilitě na počátku roku 2014. *MPO* [online]. [cit. 2014-04-20]. Dostupné z <http://www.odbornecasopisy.cz/sqlcache/02-amper-2014.pdf>

- [44] Přístup k právu EU. Evropská strategie pro čistá a energeticky účinná vozidla. [online]. [cit.2014-04-20]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:52010DC0186>
- [45] Přístup k právu EU. Nařízení EP a Rady EU č. 443/2009 [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0001:0015:CS:PDF>
- [46] Přístup k právu EU. Směrnice EP a Rady EU 2009/33/ES [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:120:0005:0012:CS:PDF>
- [47] Přístup k právu EU. Návrh směrnice Evropského parlamentu a Rady o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=CS&f=ST%205899%202013%20INIT>
- [48] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. Státní energetická koncepce [online]. [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument5903.html>
- [49] Ministerstvo dopravy ČR. Dopravní politika ČR pro období 2014 – 2020 s výhledem do roku 2050 [online]. [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: <http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/6771FC27-DCCC-4B72-BD0E-3EF7E6118704/0/Dopravnipolitika20142020schvalena.pdf>
- [50] Ministerstvo dopravy ČR. Dopravní politika ČR pro období 2005 – 2013 [online]. [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/652F57DA-5359-4AC6-AC42-95388FED4032/0/MDCR_DPCR20052013_UZweb.pdf
- [51] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. Národní akční plán čisté mobility [online]. [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/konference_cista_mobilita/OTM-Loucen_ppt_MPO_20131011.pdf

- [52] Ministerstvo dopravy ČR. Statistika podle druhu paliva [online]. [cit.2014-04-30].
Dostupné z:
http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Dovoz_registrace_a_schvalovani_vozidel/Registrace+vozidel/Statistiky+vyplývající+z+Centr%C3%A1ln%C3%ADho+registru+vozidel/Statistika+1+2014/Statistika+1+2014.htm
- [53] MINDL, Pavel. Hybridní automobily. *ČVUT* [online]. [cit.2014-04-30]. Dostupné z:
http://www.inovace-dmt.fs.cvut.cz/studijni_materialy/Microsoft_PowerPoint_Prednaska_1.pdf
- [54] HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony. Praha: *Grada*, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [55] PORŠ, Zdeněk. Palivové články, *Ústav Jaderného Výzkumu Řež* [online]. [cit. 2014-04-30]. Dostupné z <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/palivove-clanky.pdf>
- [56] Technet.cz. Jak se vyrábí palivo budoucnosti [online]. [cit. 2014-05-01]. Dostupné z:
http://technet.idnes.cz/jak-se-vyrabi-palivo-budoucnosti-vodik-pro-auta-i-elektroniku-p6d-tec_tecnika.aspx?c=A080127_234744_tec_tecnika_vse
- [57] Volkswagen. Vývoj a optimalizace baterií [online]. [cit. 2014-05-01]. Dostupné z:
<http://emobility.thinkblue.cz/cz/cs/business/technology/battery.html>
- [58] CENEK, Miroslav a kol. Akumulátory od principu k praxi. *FCC Public*. 2003. ISBN 80-86534-03-0
- [59] MARUŠINEC, Jaromír. Technologické a ekonomické hledisko pronikání elektromobility do dalších oblastí dopravy pronikání [online]. [cit. 2014-05-01].
Dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/FCC/Perspektivy_elektromobility_II/Perspektivy_elektromobility_II_output/web/flipviewerxpress.html?pn=4

- [60] KOZUBÍK, Libor. Lithium-kyslíková baterie, nová naděje pro elektromobilitu [online]. [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/FCC/Perspektivy_elektromobility_II/Perspektivy_elektromobility_II_output/web/flipviewerxpress.html?pn=4
- [61] DLOUHÝ, Petr a Luděk Janík. Účinnost [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.hytep.cz/cz/clanky/kategorie-clanku/clanky/431-ucinност>
- [62] Pražská energetika. Nabíjení [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/e-mobilita/nabijeni/>
- [63] KUŽELKA, Miroslav. Elektromobily a jejich nabíjení. *Časopis Elektro a Automa*. 2011.
- [64] MARUŠINEC, Jaromír. Electric vehicles in Czech Republic [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/sqlcache/01-electric-vehicles-in-czech-republic-2013-marusinec-en-v04.pdf>
- [65] KOŠŤÁL, Josef. Bezkontaktní nabíjení elektromobilů. *Časopis Elektro a Automa*. 2012.
- [66] Autoweb. Jak se měří spotřeba paliva [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/autonovinky-nova-auta/jak-se-meri-spotreba-palivat/18405/>
- [67] CNG plus. Legislativa [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.cngplus.cz/o-cng/legislativa.html>
- [68] Fleet partners. Údržba a servis vozu [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.fleetpartners.cz/novinka/cz/56/udrzba-a-servis-vozu-z-pohledu-tco/>
- [69] KOŠŤÁL, Josef. Elektromobilita dnes. *Časopis Elektro a Automa*. 2011.
- [70] E.ON. Prvních 15 000 km elektromobilních. *Časopis Elektro*. Březen/2013

- [71] Auto.cz. TÜV SÜD vyvinul nový standard pro určování dojezdu elektromobilů vozu [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/tv-sd-vyvinut-novy-standard-urcovani-dojezdu-elektromobilu-53455>
- [72] Bussiness car. TEST: Elektromobil BMW i3 [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.business-car.cz/clanek/test-elektromobil-bmw-i3>
- [73] Informační systém statistiky a reportingu. Výroba elektřiny a tepla [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1560>
- [74] ČEZ. Snížení emisních faktorů do roku 2020 [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.ifleet.cz/files/ifleet/events/prezentace/136429716462.pdf>
- [75] E.ON. Distribuční tarif pro elektromobily [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.eon.cz/cs/o-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/eon-prinasi-na-trh-novinku-distribucni-tarif-pro-elektromobily-140.shtml>
- [76] MŽP. Obnovitelné zdroje. Informační podpora [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/obnovitelne_zdroje_informacni_podpora
- [77] BECHNIK, Bronislav. Zpráva Pačesovy komise z pohledu OZE II. *TZB-info* [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5181-zprava-pacesovy-komise-z-pohledu-oze-ii>
- [78] Multimediální ročenka životního prostředí. Solární elektrárny [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=solarni_elektrarny&site=energie

- [79] BARTOŠ, Tomáš. Vývoj cen elektrické energie v regionu západní a střední Evropy v letech 2001–2011. *TZB-info* [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/8998-vyvoj-cen-elektricke-energie-v-regionu-zapadni-a-stredni-evropy-v-letech-2001-2011>
- [80] MURTINGER, Karel. Lithium, stěžejní materiál při výrobě akumulátorů pro elektromobily. *Nazeleno* [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/lithium-stezejni-material-pri-vyrobe-akumulatoru-pro-elektromobily-mame-ho-dostatek.aspx>
- [81] PPSEnergy. Fotovoltaické panely [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: http://www.ppse.cz/solarni_energie.php
- [82] Informační systém statistiky a reportingu . Výroba elektrické energie podle typu paliv, ČR [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1560>
- [83] Wikipedia. Nissan Leaf [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Nissan_Leaf
- [84] Google-mapa.cz [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <https://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&hl=cs&msa=0&msid=103520311686628033712.00043df21388580885a31&z=7&om=1&dg=feature>

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Produkce CO ₂ jednotlivými druhy dopravy v ČR	12
Tabulka č. 2: Odvětvová spotřeba energie v EU a odhad úspor v roce 2010	21
Tabulka č. 3: Přehled vybraných zemí emitujících CO ₂ v roce 2011	26
Tabulka č. 4: Vybraní emitenti měrných emisí CO ₂ v roce 2011	26
Tabulka č. 5: Předpoklad rozvoje alternativních paliv na celkové v EU do 2020	28
Tabulka č. 6: Zajištění energie pro dopravu	34
Tabulka č. 7: Požadavky na konkurenceschopný zásobník energie	36
Tabulka č. 8: Rozvoj parametrů lithiových článků	39
Tabulka č. 9: Porovnání vlastností superkondenzátoru a li-oin baterie	40
Tabulka č. 10: Účinnost výroby elektrické energie základních energetických zdrojů	41
Tabulka č. 11: Přehled celkové účinností pohonných koncepcí (%)	41
Tabulka č. 12: Charakteristika dobíjecích standardů	43
Tabulka č. 13: Přibližné nabíjecí doby Citroën C-Zero při použití nabíjecí stanice 50 kW	44
Tabulka č. 14: Provozní náklady v městském provozu pro osobní vozy střední třídy	46
Tabulka č. 15: Pořizovací a provozní náklady vztažené k benzínovému pohonu	48
Tabulka č. 16: Spotřební daň vybraných paliv	48
Tabulka č. 17: Závislost spotřeby v závislosti na teplotě okolí pro Vito E-cell	51
Tabulka č. 18: Objem výroby el. energie a jejich emise v ČR podle typu paliv v roce 2012	52
Tabulka č. 19: Úspora emisí obměnou 1 milionu osobních vozidel	53
Tabulka č. 20: Územní požadavky jednotlivých technologií výroby elektrické energie	56

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Energetická náročnost vybraných sektorů ČR (MJ/tis.Kč)	10
Obrázek č. 2: Predikce spotřeby ropy a vývoje cen	11
Obrázek č. 3: Princip inteligentní sítě	16
Obrázek č. 4: Sportovní elektromobil Toyota s technologií bezdrátového dobíjení	17
Obrázek č. 5: Celkové náklady pohonů při denním nájezdu 61 km	47
Obrázek č. 6: Statistika průměrných ujetých vzdáleností osobního vozu	50
Obrázek č. 7: Plánovaný Energetický mix skupiny ČEZ	54
Obrázek č. 8: Velikost ročního slunečního záření v ČR	57

SEZNAM ZKRATEK

Ah	amperhodina
CCS	Carbon capture and storage zachytávání a ukládání uhlíku
CDV	Centrum dopravního výzkumu
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CNG	Compressed natural gas stlačený zemní plyn
ČEZ	České energetické závody
ČSU	Český statistický úřad
EEC	European Economic Community Evropské hospodářské společenství
EC	European comission Evropská komise
EK	Evropská komise
EP	Evropský parlament
EU	Evropská unie
HDP	Hrubý domácí produkt
IAD	Individuální automobilová doprava
IDS	Integrovaný dopravní systém
IEA	International Energy Agency Mezinárodní agentura pro energii
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change Mezivládní panel pro změny klimatu
kWh	kilowatthodina
LiFePO	Lithium železo fosfát
Li-pol	Lithium - polymer
LPG	Liquefied petroleum gas Zkapalněný ropný plyn - propan butan
MEŘO	Metylester řepkového oleje
MHD	Městská hromadná doprava
MF	Ministerstvo financí ČR

MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OSN	Organizace spojených národů
OZE	Obnovitelné zdroje energie
SEK	Státní energetická koncepce
TEN-T	Trans-European Transport Network Transevropská dopravní síť
TOE	tonne of oil equivalen tuna ropného ekvivalentu
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change Rámcová úmluva OSN o klimatických změnách
Wh	watthodina

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie v MWh

Příloha č. 2: Technické parametry: Nissan LEAF, model 2013

Příloha č. 3: Přehled dobíjecích stanic v ČR

Příloha č. 4: Přehled dobíjecích stanic v Praze a okolí

Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie v MWh

Typ elektrárny	2008	2009	2010	2011	2012
Málé vodní elektrárny	996,9	1082,7	1238,8	1017,9	1026,2
Vodní elektrárny nad 10 MW	1057,4	1346,9	1550,6	945,3	1102,9
Větrné elektrárny	244,7	288,1	335,5	397,0	415,8
Fotovoltaika	12,9	88,8	615,7	2182,0	2148,6
Bioplyn + skládkový plyn	213,6	414,2	598,7	932,6	1472,1
Biomasa	1231,2	1436,8	1511,9	1682,6	1802,6
Bio komunální odpad	11,7	10,9	35,6	90,2	86,7
Celkem OZE	3738,5	4668,5	5886,9	7247,5	8055,0
Tuzemská spotřeba elektřiny brutto	72049	68600	70961	70516	70453
Podíl OZE [%]*	5,19	6,81	8,30	10,28	11,43

Zdroj: [82]

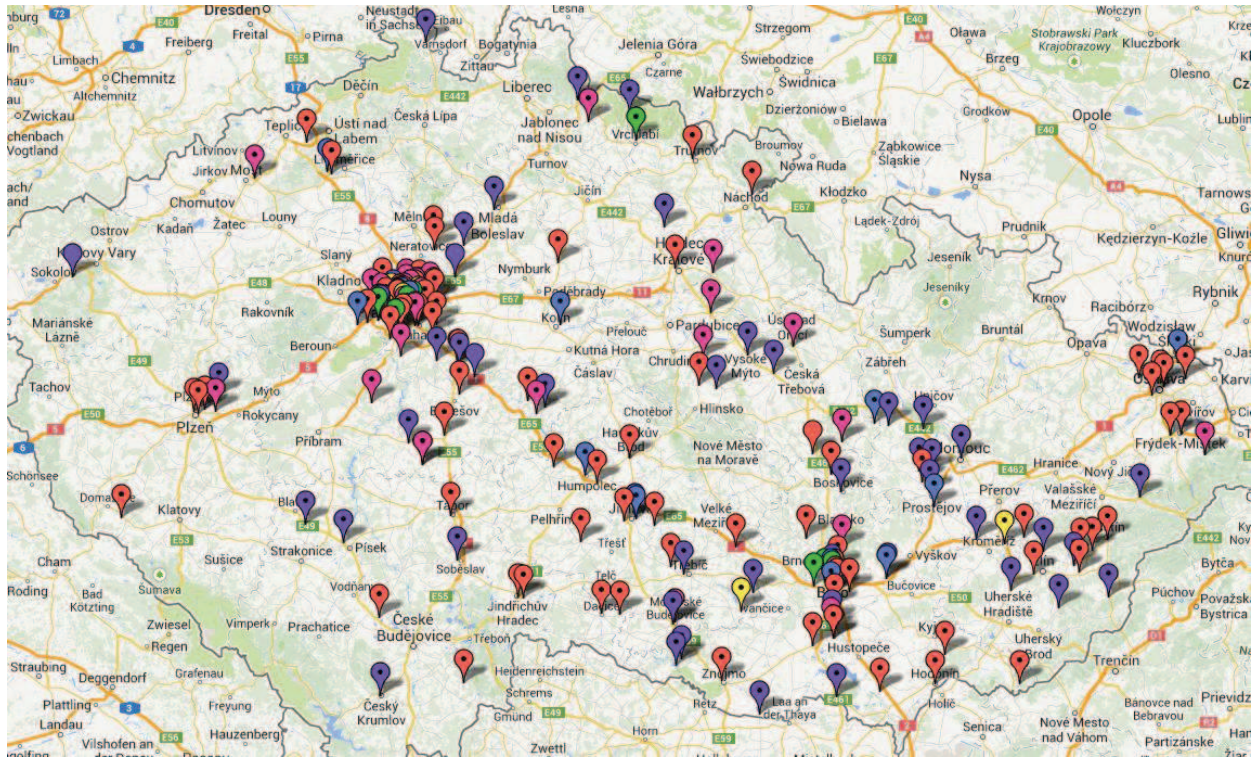
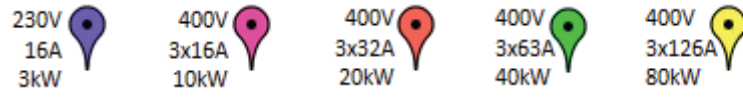
* V roce 2020, dle závazků vůči EU, by měl v ČR podíl OZE představovat 13 %.

Technické parametry: Nissan LEAF, model 2013

Rozměry (d x š x v)	4445 x 1770 x 1550mm
Rozvor	2700 mm
Počet míst	5
Hmotnost	1493 kg
Motor	Střídavý synchronní elektrický 80kW, v předu, přední náhon
Točivý moment	280 Nm, v rozsahu obrátek 0 - 2730 ot/min
Převodovka	Pevný převod, elektronicky ovládaný směr otáčení
Akumulátor	24 kWh Lithium iontový, maximální zatížitelnost více než 90kW
Maximální rychlost	145 km/h - elektronicky omezena
Dojezd	121 km EPA, 200 km NEDC
Topení	5 kW elektrické, přenos tepla kapalina-výměník

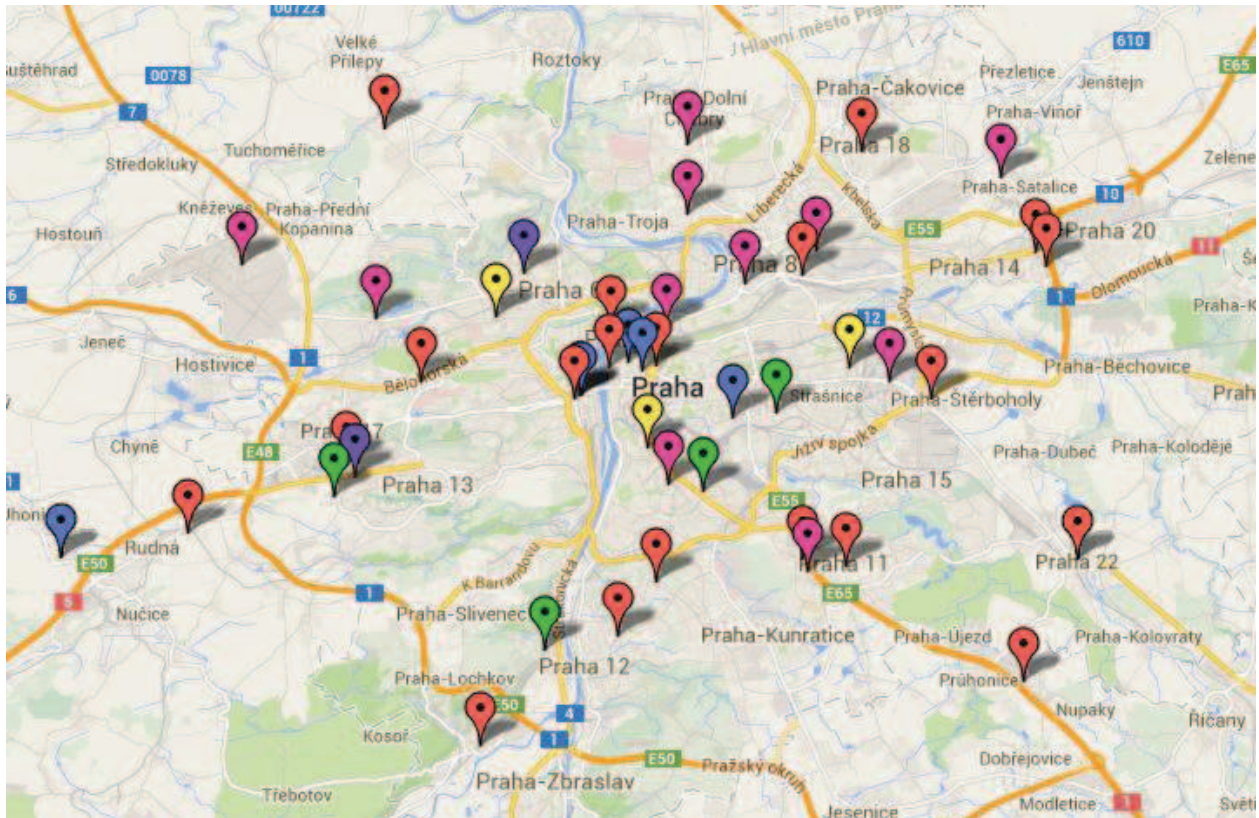
Zdroj: [83]

Přehled dobíjecích stanic v ČR



Zdroj: [84]

Přehled dobíjecích stanic v Praze a okolí



Zdroj: [84]