

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

ESD

Zhodnocení problémů souvisejících s plánovaným masivním nasazením
elektromobilů v ČR i ve světě

Pavel Zelinka

Bakalářská práce

2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel Zelinka**
Osobní číslo: **D17861**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě**
Název tématu: **Zhodnocení problémů souvisejících s plánovaným masivním nasazením elektromobilů v ČR i ve světě**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

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

V práci student zhodnotí problémy související s nastupující érou elektromobilů a porovná energetickou náročnost stávající automobilové dopravy s očekávanou majoritní elektrickou trakcí v automobilové dopravě. Dále student porovná životní cyklus obou dopravních módů z hlediska envirmonetální zátěže.

1. Úvod
2. Specifikace problémů
3. Detailní popis jednotlivých problémů
4. Návrh na řešení daných problémů
5. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

GARDINER, Joey. The rise of electric cars could leave us with a big battery waste problem. The Guardian. 2017.

EDWARDS, R. Well-to-wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. Luxembourg: European Union, 2011. ISBN 978-9279-21395-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Lelek, Ph.D.

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě

Datum zadání bakalářské práce: **8. března 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**



doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.



Ing. Dušan Čermák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 12. března 2019

Prohlášení autora

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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 05. 2019

Pavel Zelinka

Poděkování

Na prvním místě bych chtěl poděkovat své sestřičce. Nebýt toho, co udělala, asi bych se nikdy nezajímal o osobnostní rozvoj, o sebe-motivaci, klouzal bych po povrchu, toho co bych si v životě přál a pravděpodobně bych jen tápal životem. Pokud by šlo bakalářskou práci někomu věnovat, určitě by to byla ona...

Samozřejmě nesmím opomenout svého vedoucího práce, jehož trpělivost s vedením mé práce byla značná. A své rodiče, kteří mě podporovali nejen materiálně.

Anotace

Tato bakalářská práce se věnuje elektromobilně, konkrétně problémům s ní spjatými, jako je úřední stránka (legislativa, dotace a jiná podpora ze strany státu), ekonomie (náklady na pořízení a provoz, způsoby dobíjení a současný a předpokládaný vývoj situace na trhu) a hledisko ekologické (výroba elektromobilů a jejich životnost, výroba elektřiny, baterií).

Klíčová slova

elektromobilita, baterie, dobíjení, stát a elektromobilita, cena elektromobilů, ekologie elektromobility, ekologie baterií, recyklace baterií

Title

Evaluation of problems related to planned massive deployment of electric vehicles in the Czech Republic and abroad

Annotation

This bachelor thesis deals with electromobile, specifically with problems related to it, such as the state and rules (legislation, subsidies and other support from the state), economics (costs of acquisition and operation, ways of recharging and current and anticipated development of the market situation) and ecological (production of electric vehicles and their lifetime, production of electricity, batteries).

Keywords

elektromobilita, baterie, dobíjení, stát a elektromobilita, cena elektromobilů, ekologie elektromobility, ekologie baterií, recyklace baterií

Obsah

Obsah	7
Úvod.....	9
1 Rysy elektromobility (výhody/nevýhody)	13
1.1 Výhody elektromobility: [1]	13
1.2 Nevýhody[1], [4].....	13
2 Stát a vyšší instituce.....	15
3 Ekonomická otázka	18
3.1 Cena energií	23
3.2 Technické prohlídky a servisy	25
3.3 Dobíjecí infrastruktura	27
3.4 Dobíjení.....	27
3.4.1 Legislativa.....	27
3.4.2 Cena	28
3.4.3 Způsoby dobíjení	29
3.4.4 Konektory	29
3.5 Jednotlivé příklady nabíjecích stanic	31
4 Energetická náročnost a nabíjecí místa.....	33
4.1 Domácí nabíjení	35
4.2 Veřejná místa	37
4.3 Výhled do budoucnosti	38
5 Baterie.....	39
5.1 Olověné baterie	40
5.2 Lithiové aku.	40
5.3 Výroba.....	40
5.3.1 Suroviny.....	41
5.3.2 Lithiové akumulátory.....	44
5.3.3 Akumulátor HE3DA	46

5.3.4	Akumulátory A123 Systems	48
5.4	Recyklace	49
6	Ekologie	50
6.1	Budoucnost.....	52
7	Postřehy, náměty, řešení	54
7.1	Dobíjení.....	54
7.2	CO2 na kilometr	54
7.3	Plnění závazků státu	55
7.4	Nebezpečí krachu	55
	Závěr	56
	Přílohy.....	58
	Zdroje:.....	62
	1. Citovaná literatura	62
	2. Tabulky	68
	3. Obrázky	69

Úvod

Již je tomu dávno, co člověk přišel na potřebu přepravy. V posledních desetiletích se využívala především vozidla na spalovací motor, který využíval ropu, či výrobky z ní.

V minulosti proběhly tzv. ropné šoky[1], díky nimž si společnost uvědomila, jak je závislá na ropě a že se tato komodita nachází v rukách pouze hrstky států, které jsou poté schopny si za ni diktovat přemrštěné ceny. Toto uvědomění vedlo k myšlenkám, jak se potřebě této suroviny vyhnout. Při zvážení ekologických hledisek se zdá být v budoucnosti vhodným východiskem elektromobilita - tedy přechod od fosilních paliv k elektrickému pohonu. Elektřina se dá získat mnoha různými způsoby, principiálně se však jedná o přeměnu z energie mechanické na energii elektrickou. Tato energie se dobře přenáší, ale obtížněji se skladuje. Pro nashromáždění a uschování elektrické energie je potřeba opět další přeměna energie. V případě akumulátorů pro pohon vozidel se jedná o transformaci energie pomocí chemických procesů.

Elektromobily jsou vhodné především pro městský provoz, a to nejen kvůli delší době čerpání pohonného média – elektřiny, což je ta negativní stránka věci, ale také pro své klady – které lze spatřovat především ve výrazném poklesu hluku provozu a možnosti využití rekuperace [2].

Pro celkovou vzdálenost, kterou vozidlo urazí na jedno nabití, není důležitá pouze velikost energie, kterou je schopná využitá baterie akumulovat, byť je to nejpodstatnější parametr, ale záleží taktéž na účinnosti přeměny energie zpět na elektrickou a na hmotnosti vozidla [3]

"Technologie elektrického pohonu je starší než samotný koncept spalovacího motoru" [1]. Na počátku automobilové historie si elektromobil s klasickým automobilem se spalovacím motorem vzájemně výrazně konkurovali. V neprospěch elektromobilu však postupně začaly hovořit takové aspekty, jako vzdálenost, kterou vozidlo ujede na jedno nabití, rychlost, poruchovost, rozměry elektroniky (a baterie) a málo rozšířená napájecí místa. Kvůli těmto problémům (zvláště po vynalezení startéru pro automobily se spalovacím motorem – před tím se pro jejich nastartování muselo točit klikou) upadla elektrovozidla na okraj zájmu společnosti.

Při debatách o elektromobilitě s přáteli, kteří jsou zcela mimo obor, jsem pozoroval jaké má laická veřejnost často názor na elektromobilitu (být pro počítání s tímto průzkumem, jako statisticky významným, jsem měl hodně málo vzorků); jedná se o drahou záležitost, je to jenom marketing, elektrovozidla mají svůj výfuk v továrně...

Taková je snad nejčastější reakce lidí, s kterými jsem se o tom bavil. Jsou ovšem i tací, kteří již nyní vidí v elektromobilně onen skrývaný potenciál čistších a tišších měst.

Klady elektromobility jsou jistě zajímavé, nicméně, tak, jako mnoho jiných věcí, má krom kladů i své zápory.

Osobně bych se nebál tvrdit, že zaváděním elektromobility se dostáváme k významné Kodratěvově vlně (tj. významný hospodářský posun společnosti), neboť o dotování vývoje, vynálezech v oblasti akumulace energie, či vývojích různých nabíjecích bodů slyšíme nejen v různých zprávách, ale výsledky (elektromobily, či nabíjecí body) vidáme stále častěji v našem okolí, byť se dá očekávat, že největší rozmach teprve nastane.

Usuzuji, že elektromobilita poskytuje i zajímavou investiční příležitost, která však s vyšším povědomím společnosti bude stále méně výhodná (při většině investic je obvykle vhodné přidat se hned na začátku).

Stojí ovšem za úvahu, zda při využívání elektřiny jiným způsobem, než dosud bylo zvykem (při nahrazení konvenčních pohonných hmot), bude této energie dostatek. Při přetížení distribuční soustavy hrozí, že nebude dostatek energie a v lepším případě bude elektřina „na přiděl“, podobně, jako kdysi byly jisté potraviny (omezení pomocí jističů na nižší proudy, měření spotřeby a případné odpojování na základě spotřeby a vysokých pokut při překročení povoleného množství). Jistě čtenář při takovýchto představách cítí, že by nástup elektromobility byl v konečném důsledku spíše dvěma kroky vzad, než krokem vpřed. Je tedy třeba hledat způsoby, aby energie bylo dost.

Elektromobilita existuje již delší dobu, v podstatě vznikala tato možnost již s vývojem automobilů obecně, ale do širšího povědomí se dostává především v poslední době. Tomu vděčí především rozvoji akumulátorů.

Často jsem slyšel zprávy, které rozvoj elektromobility podporovali, jindy jsem zase slychal informace vůči elektromobilům negativní. V této práci bych se chtěl zaměřit na různé argumenty, na informace elektromobilitu podporující a na ty informace, které jsou přesně z druhého pólu. Věřím, že logická argumentace z obou stran konfrontována zaujme nejednoho čtenáře. Rád bych v závěru této práce všechny pro i proti shrnul a došel ke „svému“ závěru. Je samozřejmě na čtenáři samotném, zda můj závěr bude sdílet, či nikoliv. Věřím však, že toto téma osvětlím do takové míry, aby se byl člověk schopný rozhodnout na základě komplexnějších informací.

Jak jsem již psal, vlastně všechno má své výhody i nevýhody. V další kapitole bych si dovolil jednotlivé výhody i nevýhody jmenovat. Celá práce je poté koncipována orientačně tak, aby se postupně zabývala každou nevýhodou více do hloubky (dle mého

názoru obecně většinou kladné ohlasy vůči elektromobilitě převládají a dle jistého rčení člověk si do cesty přitahuje o studované problematice takové informace, jaký vůči ní zastává názor – toto pravidlo se nazývá zákonem sebe-potvrzení).

Následující kapitola tedy pojednává primárně o dotacích státu, jeho podpoře dalšími programy a plnění různých závazků, které vůči nástupu elektromobility na stát spadají. V této kapitole také porovnávám pobídky ke koupi elektromobilů v různých státech.

Další kapitola se zabývá ekonomickou otázkou, tedy cenou samotných elektromobilů. Do vývoje této částky promlouvá především cena baterie. Píši zde i o poznacích studie, která vypočítávala předpokládanou dobu návratnosti částky investované do elektromobilu v porovnání ceny vozidla se spalovacím motorem. V této kapitole také rozebírám vývoj počtu nabíjecích stanic a elektromobilů.

V druhé části této kapitoly rozebírám sazby dodavatelů elektrické energie a naznačuji směr, kterým by se energetika mohla dále vyvíjet.

Třetí část kapitoly názvem ekonomie se týká servisních prohlídek a údržby. Tyto položky jsou nezanedbatelnou částkou u vozidel na spalovací motor.

Dále se věnuji dobíjení, a čemu je třeba věnovat pozornost. Zmiňuji legislativu, která dává základní pravidla dobíjení, rozebírám čas a cenu za kW nabíjení. Taktéž se zabývám konektory, které se pro nabíjení používají.

Následující kapitola – energetická náročnost a nabíjecí místa, nás provede problematikou dobíjecí infrastruktury. Ukážeme si zde také mapu se zakreslenými aktuálními nabíjecími místy.

Dále porovnávám využití domácího nabíjení, kdy je dobré řídit se časovým využitím distribuční soustavy, a veřejného nabíjení, kdy si luxus, jako ohlazení se na vytížení přenosové soustavy nemůžeme dovolit (resp. by to bylo uživatelsky velice nekonformní). Na závěr této části předkládám pravděpodobný vývoj budoucnosti.

Další samostatnou kategorií tvoří baterie. V předchozích kapitolách jsem psal, že právě ony jsou největším hybatelem ceny elektromobilů. Zabývám se olověnými bateriemi, které se používali dříve a dnes slouží v méně náročnějších aplikacích. V různých firmách pohánějí například vysokozdvizné vozíky. Ty se však běžně po jedné osmihodinové směně další dvě směny nabíjí. Velký boom, který v oblasti elektromobility nastal, vděčí však za mnohé lithiovým bateriím. Největší problém, s kterým baterie budou v brzké době muset pracovat, bude recyklace baterií.

V další kapitole se věnuji ekologické stránce věci – tedy tomu, proč se o prosazení elektromobility mnoho lidí tak moc snaží. Rozebírám, kolik nečistot vůbec vznikne při

stavbě elektromobilů v porovnání s klasickými vozidly. Kolik kilometrů musí elektromobil ujet, než se vůbec znečištění ovzduší, které během jeho výroby vznikne, stane porovnatelným s automobily, na které jsme stále povětšinou zvyklí.

Z kapitoly věnující se ekologii je vhodné vytáhnout i to, že pro smysl této technologie je extrémně důležité, z jakého zdroje vyrobená elektřina pochází.

1 Rysy elektromobility (výhody/nevýhody)

1.1 Výhody elektromobility: [1]

- Elektromotor je koncepčně jednodušší, než motor spalovací. Z toho plynou nižší nároky na údržbu a tedy nižší variabilní náklady.
- Bez emisí provoz (nepočítáme-li to, co k opotřebování vozidla bohužel patří - pneumatiky, brzdy, atd.)
- Levnější "pohonné hmoty"
- Minimální hluk (díky čemuž by se mohlo ušetřit na odhlučňování silnic)
- Nižší obsah maziv (spalovací motory je využívají i v palivu)

1.2 Nevýhody[1], [4]

- Vysoké pořizovací náklady (dá se očekávat pokles poté, co bude výroba ve velkém)
- Nedostatečná dobíjecí infrastruktura (postupně se však již rozvíjí)
- Průměrná doba nabití (která se již vývojem technologií zkracuje)
- Omezená životnost baterií a zároveň jejich vysoká cena (cena díky vývoji klesá)
- Energetická náročnost produkce baterií a jejich likvidace
- Velké lokálně odebírané výkony
- Problémy s udržením kvality poskytované energie v dané části sítě

S elektromobilitou se pojí další problémy, které běžný laik málokdy byt' jen tuší. Mezi tyto problémy patří:

Zastarávání technologií - to co dnes je novinka, bude kvůli radikálnímu vývoji (který je nejviditelnější u baterií) za deset let zastaralé a proto téměř neprodejně (pro představu dnešního člověka pomysleme, jaké jsou mobilní telefony dnes a jaké byly před deseti lety - pokrok je zde skutečně znatelný).

Dalším problémem elektromobilů může být logistika - zatímco běžné automobilky si často staví své výrobní automobilů v kontinentu, kde chtějí prodávat a konkrétní místo dle nalezišť potřebných nerostů, elektromobily využívají a pravděpodobně nadále budou využívat materiály vzácnější [4] a tedy decentralizace nepřipadá příliš v úvahu (čímž vznikají další přepravní náklady).

"Lithium není jediným vzácným materiálem používaným při jejich konstrukci. Jsou používány i jiné minerály vzácných zemin." [4] Obtížné je i dolování těchto vzácných minerálů ze vzácných zemin. Ty jsou těženy za podmínek, které nejsou optimální. Jejich poptávka tak ubližuje životnímu prostředí.

Obtížně nahraditelným prvkem pro výrobu baterií je kobalt. Je to prvek, který se na Zemi vyskytuje poměrně vzácně; dvě třetiny světových zásob se nachází v Africe, která sama o sobě nepatří mezi nejstabilnější oblasti světa. Námí zmíněný prvek se nachází konkrétně v Demokratické republice Kongo [5] v ní jsou pracovní podmínky těžko udržitelné a tak se na dodávky kobaltu nedá příliš spoléhat.

„Stal se téměř tak důležitý jako lithium, a právě proto je mu v tomto roce věnovaná taková pozornost, a také proto se jeho cena na světových trzích zdvojnásobila” [5].

Dalším problémem je recyklace - *zatím* neexistuje nikdo, kdo by se přihlásil, že si tuto záležitost vezme na starost. V malém množství recyklace funguje, ale je časově příliš náročná. Využívá se také elektrolýzy pro obnovu elektrod. Recyklaci se věnuji ve zvláštní kapitole „Recyklace“.

Zásadním problémem je, když se elektromobil porouchá. Na běžné automobilové opravy se nemůžeme spoléhat - často nejsou na takovéto opravy vybaveni. Opravám a servisům se věnuji ve zvláštní kapitole „Technické prohlídky a servisy“.

2 Stát a vyšší instituce

Monetární pobídka pro fyzické osoby se v ČR neplánuje, jak uvedl pan Babiš [6] strachující se, aby naše ekonomika razantní nástup elektromobility ustála. Dotace dostanou jen obce a podnikatelé. Vláda však podporuje rozvoj nabíjecí infrastruktury.

Dle nových pravidel, která se dohodla pro evropskou unii, budou muset výrobci automobilů stáhnout emise na vyrobené vozidlo o polovinu. Vychází to tedy na 60 gramů na kilometr. Této hodnoty se musí dosáhnout do roku 2030. Aby automobilky splnily emisní kritéria, je třeba, aby u nás vyrobily 400 000 elektromobilů ročně. Automobilky však uvádí, že vyrobit takové množství není problém [6] co však problémem již je, je prodání těchto vozidel koncovému uživateli. Ten bez různých pobídek o elektromobily, které jsou stále výrazně dražší, než běžné automobily, zájem nemá.

Toto není jediné úskalí, které prodejci elektromobilů ze strany státu zakouší. Například měl být vystaven testovací okruh pro autonomní řízení (testování a odladování autopilotů ve vozidlech [7]). Naše země je srdcem Evropy a tak by mohlo být výhodné takovýto okruh postavit zrovna u nás. Nicméně samotná studie, zda se u nás podobný projekt vyplatí, případně jak moc, má již 8 měsíců zpoždění (dle článku z 21. 3. 2019 [7]). Podobné je to zhruba v polovině úkolů, ke kterým se stát zavázal, aby pomohl tuzemským automobilkám v přechodu na elektromobily.

Vláda sice míní podporovat infrastrukturu, ale dle předběžných analýz jich za nedlouho bude velice málo (v porovnání s nasazovanými elektromobily) [7] a tak se trh pravděpodobně ještě zpozdí. Dle odborných odhadů bude v roce 2025 chybět tři tisíce nabíjecích míst. V roce 2030 to bude dokonce až 20 tisíc. Podle prezidenta Sdružení automobilového průmyslu, pana Wojnara [7] bez pomoci státu nemohou tuzemští distributoři a automobilky přechod na elektromobilitu zvládnout.

Odborníci předpokládají, že od roku 2025 budou elektromobily již skutečně ekonomičtější, než běžné automobily. Prodejní úspěchy „vozů budoucnosti“ se však slaví jen někde. Jedná se pochopitelně o státy, kde jsou elektromobily výrazněji podporovány dotacemi státu. Například ve Francii je dotace na elektromobil až 6 000 eur (cca 180 000 Kč). Další peníze nabízí za sešrotování starého automobilu. To činí až 4 000 eur [7]. Pokud má tedy ve Francii člověk běžný automobil a chce přestoupit na elektromobilitu, může počítat s dotací až čtvrt milionu (v přepočtu na Kč).

V Rakousku lze od nákupu elektromobilu odečíst DPH. Dokonce kupující je osvobozen i od některých dalších daní. V konečném výsledku je v Rakousku prodáno více

elektromobilů, než ve Francii. Nejvíce se však prodávají v Norsku, kde jsou masivní dotace, ale navíc zde visí ve vzduchu zákaz prodeje aut se spalovacím motorem, který má začít platit roku 2025[7]

Dle jiných zdrojů [8] jsou však dotace pro koupi elektromobilů nejdražším a nejméně efektivním způsobem regulace emisí ve vzduchu (více z tohoto článku v kapitole „Ekologie“).

Podpora státu se očekává do doby, kdy nebude trh soběstačný. Počítá se ale samozřejmě i s tím, že stát bude v této oblasti aktivní i po dosažení tohoto milníku a to především po stránce legislativní. V oblasti inovací bude mít stát taktéž volné pole působnosti. [5]

Systém veřejné podpory se týká těchto oblastí:[5]

Bezplatné parkování – v městech tato výhoda uživatelům ušetří v průměru i 5000Kč za rok.

Monetární pobídka – je snaha, aby elektromobily nebyly cenově výrazně dražší, než srovnatelná vozidla se spalovacím motorem. Odhadovaná velikost podpory je 200 000Kč na každé vozidlo. S vývojem trhu se očekává pokles cen. Výše podpory bude pochopitelně tento trend sledovat.

Rozvoj infrastruktury – je zásadní, aby byl dostatek míst k nabíjení. To tvoří stěžejní část uživatelského komfortu a ovlivňuje vzdálenost, kam se majitelé elektromobilů odváží od svých domácích destinací. Klíčové je rychlonabíjení. Zde je třeba zaměřit se na podporu investorů, kteří financují výstavbu nabíjecích bodů. Náklady na jednu nabíjecí stanici jsou 750 000 až 1 500 000. [5]

Automobilky k přechodu na elektromobily však nekompromisně tlačí stále zpřísňované emisní předpisy. [9]

V Evropě se pro splnění pravidel pro snížení emisí počítá s převodem minimálně čtvrtiny výroby všech automobilek na elektrovozy [7]. Je ovšem otázkou, jak toto velké zpřísňování emisí je efektivní celosvětově; velcí producenti znečištění mají totiž na své výrobce stále poměrně dost nízká kritéria [6]. Je třeba také vnímat, že klasické automobilky, či jejich dceřiné společnosti, zaměstnávají velké množství lidí, kteří by pro přechod do elektrotechnického průmyslu nemuseli mít potřebné vzdělání.

Pan Babiš po setkání se zástupci automobilek uvedl, [7] že je sice pěkné, že se Evropa tak snaží snížit své emise. V celosvětovém měřítku se však jedná jen o nepatrnou část, protože produkuje „jen“ 9,1 procent emisí, zatímco Čína 25 procent. Pozadu nezůstává ani USA, kde produkují 16 procent.

Zpřísňování emisí CO₂ je postupné, avšak radikální. Evropská unie také hrozí vysokými pokutami, pokud výrobci nedodrží emise na kilometr. „Škoda Auto má například

nyňí průměrné emise 116,7 g CO₂ na kilometr a loni v Evropě prodala 827 tisíc aut. Pokud by totěž platilo i za dva roky, pokuta by přesáhla jeden a půl miliardy eur.“[7]

3 Ekonomická otázka

Elektromobilita je atraktivní a smysluplné odvětví. Ovšem, jak bylo již dříve zmíněno, prvotní investice jednotlivých koncových uživatelů může být trochu vyšší a tedy náročnější. V této oblasti se prosazují běžně samotné státy, které na elektromobily přispívají často i nemalou částku [5]. Toto není nevýznamný způsob, jakým se rozvoj elektromobility dá regulovat. Dalším druhem pobídek potenciálních uživatelů jsou různé benefity, jako například parkování v centrech města zdarma.

Pokud by se u nás přešlo čistě na elektromobilitu, muselo by si vzdělání rozšířit přes 500 tisíc lidí. [7] Jelikož při výrobě elektromobilů se využívá ve vysoké míře robotizace, zůstává otázkou, kolik lidí by při rozšíření vzdělání skutečně v novém automobilovém průmyslu dostalo práci.

Se zvýšením produktů na trhu, tedy, kdy se bude odebírat více elektromobilů, půjde lépe automatizovat výrobu, čímž klesnou náklady na výrobu a opět se automobily dostanou k ještě širší společnosti.

Zde pro jistotu představu předkládám tabulku orientační ceny vybraných elektromobilů.

Tabulka 1 Ceny elektromobilů

Elektromobil	Orientační cena (Kč, základní)	Výkon (kW)	Baterie (kWh)	Hmotnost (t)	Délka x Šířka (m)
Tesla Model S	2 000 000	310	70-90	2,1	5 x 2
BMW i3	1 000 000	125	18,8	1,2	4 x 1,8
Nissan Leaf	850 000	80	30	1,5	4,4 x 1,77
Kia Soul EV	850 000	81	27	1,6	4,4 x 1,8
Peugeot iOn	720 000	47	16	1,1	3,5 x 1,5
Volkswagen e-Golf	930 000	85	24	1,6	4,2 x 1,8
Volkswagen e-Up!	605 900	40	18,7	1,2	3,5 x 1,6
Mercedes-Benz B ED	1 020 000	132	28	1,8	4,3 x 1,77

zdroj [10]

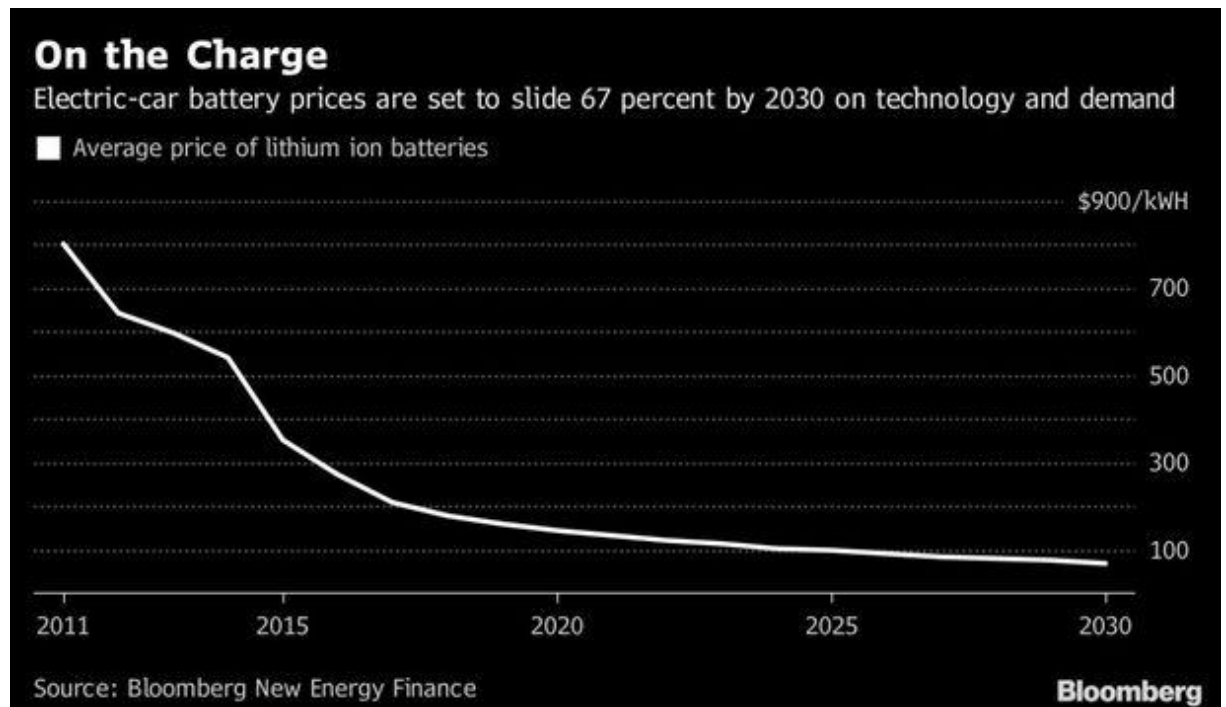
Nejlepším elektromobilem současnosti je výrobek Tesly, konkrétně Model S. Nejlevnější je pak VW e-UP.

Pozorujeme-li vývoj ceny baterií, je zřejmé, že ceny klesají. Odhady tvrdí, že v roce 2025 by cena mohla být dokonce poloviční, než byla před rokem (v březnu 2018) [11]. Jelikož cena baterie do značné míry ovlivňuje cenu konečného elektromobilu, lze očekávat, že

elektromobily budou stále dostupnější a dostupnější. Není tedy vyloučeno, že za „pár“ let budou elektromobily dokonce levnější, než klasická auta na spalovací motor.

Cenový vývoj historie a předpokládané budoucnosti vidíme na následujícím grafu „Vývoj ceny baterií“. Díky zvyšující se poptávce po bateriích se zefektivňují způsoby na získání surovin i na samotnou výrobu baterií. Díky těmto faktorům se zvyšuje nabídka a cena baterií klesá. Lze předpokládat, že ceny elektromobilů se budou držet vysoko jen do té doby, než se pokryje alespoň výrazná část peněz investovaných do výzkumů, staveb a robotizace tohoto nového druhu stávajícího průmyslového odvětví. Je pravděpodobné, že po jisté návratnosti investic začnou konkurenční souboje [11], **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** o to, která automobilka bude mít cenu lidovější a pro zákazníky příjemnější.

Vývoj ceny baterií - na ose x je čas v letech, na ose y cena (v dolarech) za kWh.



Obrázek 1 Vývoj ceny baterií

zdroj [11]

Nedávno (dle článku z 21. 3. 2019 [7]) předvedla svůj první elektromobil i Škoda. Tento elektromobil ujede na jedno nabití až 500 km. Jeho cena dokonce není ani tak extrémní (oproti elektromobilu Tesly ve výše uvedené tabulce). Jedná se o 800 000Kč.

Díky technologickému průlomu Tesly, kdy zvýšily hustotu baterie a snížily i cenu, může na trhu nastat zajímavá situace, kdy se na trhu objeví nejlevnější elektromobil v historii. Tesla se snaží elektromobily udělat cenově dostupnější a podle samotného Muska by za tři roky mohl být na trhu elektromobil za cca 560 tisíc korun, samozřejmě podobných kvalit, jaké

jsou stávající elektromobily [13]. Toto vozidlo s dech beroucí cenou však není aktuálně pro Teslu prioritou, neboť má rozpracované ještě jiné prototypy. Proto si nejspíše počkáme o kousek déle.

Na Americké půdě se ovšem objevilo vozidlo, které s cenou jde ještě níž [14]. Jedná se o elektromobil koncepce velorex (automobil na třech kolech). Tento vůz je pouze jednomístný, ale svou cenou přiláká jistě mnoho lidí. Pochází z dílen Kanadské firmy Electra Meccanica, která již nyní eviduje ohromné množství předobjednávek. Tento elektromobil vyjde na pouhých 350 000Kč.

Dále uvádím tabulku [15], kde vidíme předpokládanou bilanci lidí, kteří si koupí automobil se spalovacím motorem, vůči elektromobilu, či automobilu na plyn (CNG).

Tabulka 2 Doba návratnosti

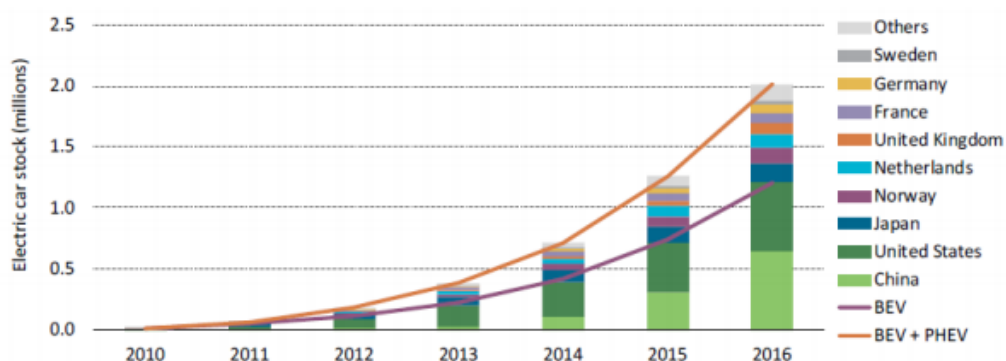
Typ vozidla	Pořizovací cena	Náklady na palivo 400 000 km	Celkové náklady
Auto na benzín	200 000 Kč	640 000 Kč	840 000 Kč
Auto na plyn (CNG)	270 000 Kč	360 000 Kč	630 000 Kč
Elektromobil	600 000 Kč	200 000 Kč	800 000 Kč

zdroj [15]

Tabulka vznikla za předpokladu, že při provozu automobilu na spalovací pohon vzniknou náklady 1,6Kč/km, na CNG 0,9Kč/km a v případě elektromobilu to bude 0,5Kč/km.

Z uvedené tabulky vidíme, že hraniční, aby se pořízení elektromobilu vůbec uživateli vyplatilo je cca 400 000km [15]. Je vhodné se ovšem také zamyslet nad pravděpodobným vývojem ceny ropy a elektřiny. Nezanedbatelným faktorem je také možnost pořízení fotovoltaické elektrárny, kdy návratnost může být rychlejší. V úvahu je také dobré brát bezemisnost elektromobilů, z níž plynou levnější technické prohlídky, či servisní služby.

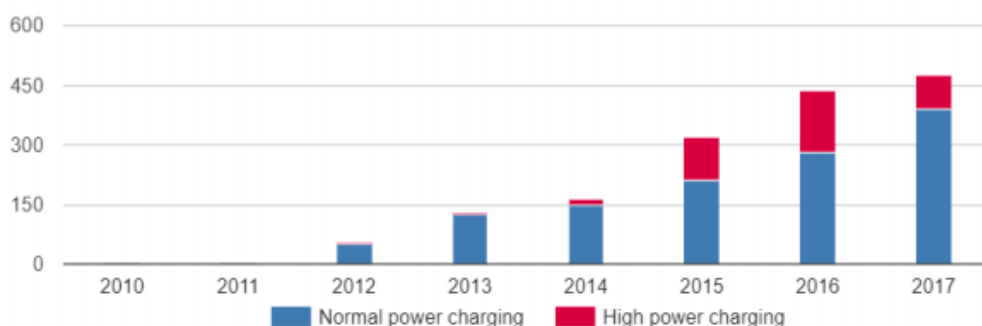
Oproti pomalejšímu přírůstku elektromobilů se počet nabíjecích stanic zvyšuje stabilním tempem a přibývá počet rychlonabíjecích stanic. V rámci EU již existuje přes 120 000 [5] nabíjecích stanic.



Obrázek 2 Vývoj počtu elektromobilů

Zdroj [5]

Vývoj počtu elektromobilů – osa x znázorňuje čas v letech, osa y počet vozidel v milionech.



Obrázek 3 Počet veřejných nabíjecích stanic

Zdroj [5]

Vývoj počtu veřejných nabíjecích stanic – osa x znázorňuje čas v letech, osa y nabíjecí stanice v kusech. Červená barva představuje rychlonabíjecí stanice.

Podle údajů Asociace elektromobilového průmyslu se v České republice v roce 2017 počet elektromobilů snížil.

Elektrokola, která jsou těžší, než klasická kola (cca o 7kg), na jedno nabití ujedou mezi 100 a 150 km. Váha nám jasně dokazuje, že vozidla obecně, respektive jejich dojezd je značně závislý na hmotnosti vozidla. Elektrokola dosahují maximální rychlosti (při elektrickém pohonu) 25km/h [15]. Tato skutečnost poukazuje taktéž na fakt, že výdrž baterie záleží i na odebíraném výkonu (tedy zatěžovacím proudu, který vyvolává tažnou sílu).

Nedávno se na trh dostala firma, která podstatně zlepšila možnosti lithiových baterií [16]. Jakožto začínající firma však neměla dostatečný kapitál a tak hledala zajímavé investory. Tyto

investory našla v Číně, v rámci spolupráce jim byly odtajněny některé materiály, které se ovšem investoři pokusily zneužít a přivlastnit. Tato baterie by měla být menší, s vyšší kapacitou a lepším chlazením. Tomu dopomáhá nova koncepce a konstrukční pojetí této baterie.

“Radovali jsme se, že máme strategického partnera, ale tenhle sen se postupně rozplynul. Bohužel jsme v rámci investičních dohod odkryli veškeré účetnictví, odkryli jsme i technické detaily baterií. Jediné, co jsme si naštěstí nechali pro sebe, byl náš černý prášek“ říká vynálezce baterie a ředitel firmy Jan Procházka [16].

Ten se však čínští inženýři pokusili ukrást. Po chycení při činu a opuštění firmy v hanbě podali Číňané na tuto firmu žalobu. [16]

Dá se předpokládat, že tento problém nasazení kvalitnějších baterií na trh pozdrží a rozvoj dalších firem bude opatrnější. Nepředpokládal bych proto, že cena baterií by se brzo snižovala.

Dle jistého zdroje (z listopadu 2017 [16]) však HE3DA tento problém nezastaví a již koncem roku 2019 počítají se sériovou robotizovanou výrobou baterií 1KWh a 50KWh.

Dalšího měsíce (prosinec 2017) tato firma založila pobočku v USA a plánuje do 2021 založit další továrnu v Nevadě. [18]

Jelikož jsou baterie pro cenu elektromobilu stěžejním prvkem, není se čemu divit, že velké společnosti dělají do jejich výroby velké investice a tak hojně vznikají nové továrny, kde se akumulátory vyrábí. Roku 2018 Tesla začala výrobu baterií v továrně, která ještě nebyla ani dokončená[19]. Tento překvapivý fakt byl umožněn výstavbou rozdělenou do několika fází.

Výrobou baterií v této továrně se očekává, že se poptávka trhu naplní natolik, že cena baterií klesne až o 30% [19]. Lidé z Tesly věří, že tento krok povede k lepší a dostupnější ceně elektromobilů, čímž se urychlí i její nástup.

Tesla svou výrobu automobilů plánuje povýšit o nový typ elektromobilu Tesla3. Straubel (CTO a spoluzakladatel Tesly) uvedl [19], že firma počítá s výrobou mnoha baterií, než nový elektromobil uvede na trh.

Zajímavou otázkou pro firmy, jež stát pro nákup elektromobilů dotuje, je také myšlenka, jak platit nabíjení, pokud uživatel tohoto vozidla, svěřený vůz nabíjí doma a tedy za své peníze [20]. Přepočty pro finanční vyrovnání za užívání automobilů na spalovací motor jsou jednodušší, snad zvláště proto, že tu jsou déle. Pro vyrovnání při užívání elektromobilů bude jistě třeba přepočet za 1kWh odebranou domácností (což je opět různé), spotřebu na 1km a již „klasicky“ přepočítat jednotkovou spotřebu na daný počet km.

Dle statistických údajů ujede denně běžný evropský občan 40 km denně. Dle toho také byly původní elektromobily navrhovány. Jedná se o běžný nájezd z domova do práce a zpět uživatele vozidla. Je zřejmé, že výrazné plus má elektromobil v hustě zabydlených městech, kdy se lokální emise přesunou z města pryč [21]. Což již první elektromobily bezezbytku splňovaly. Tato vozidla však jasně nebyla dobrou volbou pro uživatele, který chtěl cestovat výrazně dál. Další limitací bylo předlouhé nabíjení prvních elektrovozidel současné generace.

3.1 Cena energií

Není snad tajemstvím, že v poslední době dělala společnost ČEZ několik zdražovacích vln. Toto zdražování je způsobeno několika faktory; emisními povolenkami, které musí platit elektrárny a továrny, které produkují vyšší, než maximální přípustné množství skleníkových plynů. Tyto poplatky putují na energetické úspory. Dalším důvodem je zvýšení ceny uhlí (což se v zemi, kde je mnoho elektráren stále ještě uhelných bohužel musí nějak promítnout). Jedním z dalších důvodů by mohlo být postupné odstavení německých jaderných elektráren [22] (ač by se to nemuselo bezprostředně týkat našeho státu, tak poptávka našeho souseda se zvýšila a tím klesla dostupnost komodity na trhu – zde se dostáváme do ekonomických pouček o nabídce a poptávce a o rovnovážném bodu).

Svou reformou na trhu energetiky Německo ukázalo, jak nezbytné jsou kapacitní systémy, kdy si pro své reformy může stát vytvořit alespoň určitou rezervu. Základní myšlenka těchto systémů počítá se zdroji obnovitelné energie, které budou uspokojovat běžnou poptávku, zatímco elektrárny budou vyrábět pouze v situaci, kdy jiné zdroje nepracují s dostatečnou účinností. K plnému využití potenciálu obnovitelných zdrojů se počítá právě s kapacitními systémy, kdy pro běžného uživatele je dobré využít již dosloužilou baterii elektrovozu [23] (více v kapitole „Recyklace“).

Provozovatelé distribuční soustavy však staví vlastní kapacitní systémy, které sbírají energii z výše zmíněných elektráren [23]. To ovšem opět jistým způsobem půjde z kapsy koncového uživatele.

Německo taktéž pracuje na možnosti zavření uhelných elektráren. Po dlouhém jednání zástupců elektráren s vládou, zástupci ekologických organizací, odborů a průmyslu dospěli k roku, kdy by to bylo uskutečnitelné. Jedná se o rok 2038 [24]. Na restrukturalizaci ekonomiky se počítá s dotací od státu ve výši 40 miliard eur.

Před zdražováním energií byly ušetřeny domácnosti, které měly cenu fixovanou na několik let dopředu (to se týká cca 40% odběratelů [25]). ČEZ zdražoval nejprve o 4% v roce 2018 a nyní, počátkem roku 2019 o dalších 8-10%.

Člověka by jednoduše napadlo, že když neměl ceny fixovány v době, kdy růst začal a počínala i elektromobilita, tak si je zafixuje nyní, neboť elektromobilů by mělo přibývat. Je to ale opravdu dobrý nápad?

V následující tabulce vidíme orientační ceny, kolik se aktuálně (konec března 2019) platí za energie [25]. V této tabulce vidíme, že ČEZ je aktuálně suverénně nejdražším dodavatelem. V tabulce zdroje byly ceny při aktuálním zafixování u nejdražší možnosti na rok, dva, či tři stejné, jako při možnosti na neurčito. Ceny dalších dodavatelů nejsou ale vázány žádným časovým rámcem a lze je téměř ze dne na den vypovědět.

Ceny, které jsou v tabulce uvedeny, s veškerou jistotou nebudou konečné. Samozřejmě, inflace bude hrát svou roli, větší zdražování, ale bude pravděpodobně ze strany zabezpečování decentralizované sítě, kdy by mohl neoprávněný účastník rozložit celý systém. Ani při digitalizaci distribuce, čímž vzniknou jisté úspory, nebude koncový uživatel pravděpodobně zdražování ušetřen. Krom tohoto mínusu však přibudou uživatelům i plusy ve formě vyšší spolehlivosti, kvality a flexibility dodávky [25].

Tabulka 3 Cena elektřiny

Běžná spotřeba: srovnání fixace cen elektřiny u ČEZ a vybraných produktů bez fixace		
dodavatel a produkt	roční cena u spotřeby 2,2 MWh	rozdíl oproti aktuálním cenám ČEZ
ČEZ Elektřina na neurčito	13 117 Kč	0
Yello Single	12 093 Kč	1 024 Kč
Eneka Standard	11 892 Kč	1 225 Kč
ČEZ Elektřina na 3 roky (nabízený do 31. 12. 2018)	11 759 Kč	1 358 Kč
Fonergy Premium	11 503 Kč	1 614 Kč
Energie ČS On-line Elektřina	11 435 Kč	1 682 Kč
Stabil Energy Volnost	11 057 Kč	2 060 Kč

Tabulka: Uvádíme ceny elektřiny včetně DPH platné k 19. 3. dle výpočtů kalkulačky Elektřina.cz. Počítáme se spotřebou 2 200 kWh v distribuční sazbě D02d v distribučním regionu ČEZ.

zdroj [25]

V kapitole“Přílohy“ jsou další tabulky [26], které poskytnou komplexní přehled pro aktuálním nastavení cen. Cena za 1kWh se liší dokonce o 6 korun mezi nejlevnějším a

nejdražším distributorem elektrické energie. Tento rozdíl je až překvapivě vysoký. Jedná se však o variabilní náklady, které jednočlenné domácnosti tak bolestivě necítí. Pro ty je důležitější fixní platba elektrické energie (což je platba za jistič podle příkonu + poplatky za činnost operátora trhu (společnost pro regulaci trhu energetiky vlastněná státem) + fixní měsíční poplatek).

Při porovnání cen za kWh, kterou domácnosti platí, vůči Evropě, tak na tom nejsme zcela nejhůře. Záleží ovšem na celkovém odběru domácnosti [27]. Při nízké spotřebě platíme více a tedy se dostáváme téměř na úroveň nejdražších států, mezi které patří Německo a Portugalsko. ČR průměrně spadá přesně na začátek poloviny levnějších států ze 40 uvažovaných.

Budeme-li však uvažovat jednotku PPS (standard kupní síly), která vyvažuje cenový standart daných zemí (již delší dobu se traduje, že v zahraničí jsou lidé placeni lépe), dojdeme k závěru, že v ČR platíme za energii poměrně hodně [27], respektive pro malou spotřebu jsou naše energie (v evropském měřítku) čtvrté nejdražší. Pro střední spotřebu se držíme nedaleko průměru, naše ceny se pro cca čtyřčlennou domácnost pohybují 7% nad evropským průměrem.

Při úvahách nad jednotlivými tarify a evropském průměru, stejně, jako nad geografickou polohou České republiky (o velikosti běžných platů nemluvě), se není čemu divit, že mnoho velkých firem se snaží podnikat zrovna u nás.

3.2 Technické prohlídky a servisy

Tesla zrušila své pravidelné servisní prohlídky, čímž chce dokázat, že elektromobily jsou méně poruchové a bezpečnější, než automobily klasické [28].

Problém nastává však s kvalifikací odborných opravářů a vybavení dílen. Partneři Škody mají různé fáze elektrizace a školení, dle kterých se určuje, jak složitým problémům se mohou věnovat [29]. Dílenští opraváři často nejsou ochotni dovzdělávat se a tak poskytují příležitost konkurenci.

Opraváři automobilů se elektrovozidel spíše bojí a kromě nejzákladnějších oprav se od těchto automobilů distancují. Specializované opravny neopraví zcela vše a pro případný zásah do baterie má být podle plánů Škody další, na baterie specializovaná opravna. [29]

VW počítá s nižší nutnou kvalifikací pro jednodušší opravy. Specializované opravy rozlišuje podle napětí, s kterým se v dané závadné sekci pro opravu manipuluje [29]. Jedná-li se již o vysoké napětí, automobil musí zamířit k odbornější opravě, zatímco pro jednodušší

opravy stačí kvalifikace „elektricky poučená osoba“. Kvalifikace nutná k závažnějším vstupům se u VW nazývá „Vysokonapěťový technik“.

Nižší kvalifikace je na úrovni paragrafu 4 vyhlášky 50/1978. V případě vyšší kvalifikace se jedná přibližně o paragraf 6 (dvouletá praxe) [29]. Krom toho však musí technici na vyšší úrovni splnit další zkoušky a školení, mezi které patří vysokonapěťové rozvody jednotlivých modelů a v neposlední řadě v kapitole „Ekologie“ vzpomínaný postup, jakým způsobem elektromobily hasit.

Výše zmíněná potřeba kvalifikace bude mít jistě také vliv na cenu servisu. Navíc se aktuálně počítá s tím, že odborníci s vyšší kvalifikací by mohli cestovat po jednotlivých opravnách [30], což ale bude pravděpodobně levnější, než druhá varianta, kdy by se automobily musely ve větší míře svážet na jedno/dvě konkrétní místa.

Opravy navíc nyní bojují s nedostatkem personálního obsazení [30], čímž vznikají potřeby prodloužených směn, dokonce některá servisní místa přemýšlejí o směnném provozu.

„Oproti komplikovanému spalovacímu motoru se elektromotor obejde bez všech možných filtrů, olejů, vstřikování, turba, čerpadla, výfuku, spojky, komplikované převodovky atp. a sám o sobě je opravdu bezúdržbový“ [30].

Elektromobily Tesly mohou nabídnout dobrou cenu díky faktu, že neplatí žádného prostředníka, autorizovaného dealera, či podobně. To jí v některých státech staví mimo zákon [31] a tak je v těchto státech vlastně prodej elektromobilů Tesly nelegálním.

Dají se dohledat i zpětné reference [30], jak jsou uživatelé spokojeni se svými elektromobily. Vesměs se shodují, že po 5-7 letech provozu a ujetých několika desítek tisíc kilometrů jediné, co potřebuje obnovu, jsou pneumatiky. U těch ostatně není u běžných automobilů výjimkou, že se mění co dva roky. Navíc opotřebení pneumatik vzniká na stykové ploše mezi kolem a vozovkou, což se dotýká pořád stejným způsobem, ať je auto elektromobilem, či automobilem na spalovací motor.

Elektromobily, které jsou přes 20 let staré, svou potřebou údržby stále strčí klasické elektromobily do kapsy. Bez problémů se dá počítat s nájezdem 360 tisíc kilometrů. Po takovéto vzdálenosti není od věci zajít na opravu akumulátoru, která může stát kolem pěti tisíc [30]. Další co občas potřebuje renovaci, jsou brzdy. Nejsou sice ani zdaleka tak moc namáhané, jako u automobilů na spalovací motor, protože brzdový výkon poskytuje i motor, ale je vhodné pamatovat, že nejsou nesmrtelné.

3.3 Dobíjecí infrastruktura

Při rozšiřování rychlonabíječek je samozřejmě nutné uvážit možnosti nabíjecí sítě; při rychlém odčerpání většího množství energie ze sítě by mohl nastat takzvaný blackout [2], tedy celkový výpadek. Nezanedbatelný je i fakt, že za vyšší odběry elektřiny si zpravidla dodavatel účtuje vyšší cenu a tedy by výsledné nabíjení nemuselo být ekonomicky tak příjemné.

"Technologie Vehicle to grid umožní provozovateli distribuční sítě lépe řídit denní zatížení elektrické soustavy. Při použití inteligentního nabíjení si uživatel na dobíjecí stanici nebo pomocí aplikace v mobilním telefonu nastaví, na jakou úroveň a za jakou dobu chce mít elektromobil dobit. Tuto informaci dostane distributor a rozloží rovnoměrně nabíjení podle zatížení sítě. Vehicle to grid jde snadno vysvětlit na menší firmě používající více elektromobilů. Jeden uživatel připojí svůj elektromobil k nabíjení a bude vyžadovat rychlé dobití, které by mohlo zatížit elektrickou soustavu. Proto aplikace vehicle to grid zařídí použití energie uložené v bateriích ostatních firemních aut, která jsou připojena k nabíječkám. Dodavatel energie díky těmto aplikacím sníží zákazníkovi cenu elektrické energie nebo umožní jiné výhody" [32].

3.4 Dobíjení

3.4.1 Legislativa

Pro bezproblémové dobíjení baterií specifikuje norma ČSN EN 61851-21 parametry, které by měly být při nabíjení splněny.

„Frekvence

Elektrické vozidlo napájeno přímo z AC sítě musí být schopno akceptovat napájecí napětí o frekvenci harmonického rušení v rozsahu od 50 Hz po 2 kHz pro případ, kdy jsou na síť připojovány nelineární zátěže.

Napětí

Zatížený elektromobil napájený přímo ze sítě AC musí být sám schopný vydržet poklesy a přerušování napájecího napětí, které může být vyvoláno poruchami v síti. U žádné z těchto možností nesmí dojít k poruchovému stavu nabíjecího systému, nebo přerušena jeho funkčnost.

- 1) Minimální požadavek: Snížení napětí při nabíjení na 30 % U_{jmen} po dobu 10 ms
- 2) Minimální požadavek: Snížení napětí při nabíjení na 50 % U_{jmen} po dobu 100 ms
- 3) Minimální požadavek: Snížení napětí při nabíjení na >95 % U_{jmen} po dobu 5 s

Vysokofrekvenční složky

Dobíjecí systém musí odolávat vysokofrekvenčním složkám, které se mohou vyskytnout v síti.

- a) Rychlé přechodové skupiny impulzů – Vznikají vlivem spínání malých indukčních zátěží či spínáním vysokofrekvenčních spínačů
- b) Rázové impulzy – Vznikají v silnoproudé síti při poruchách či úderu blesku do sítě. Je požadovaná odolnost proti impulzům 1,2/50 μ s, 2 kV, při nesymetrických napětích a 1 kV při symetrických.
- c) Elektrostatické výboje
- d) Elektromagnetické rušení: minimální 3 V/m v rozsahu 80 MHz až 1000 MHz

Dále musí být dobíjecí systém elektromobilů odolný proti nesouměrnosti napětí v případech trojfázového dobíjení. Stejně tak musí být v případě DC dobíjení odolný proti možným stejnosměrným složkám

Ochrana

Všechny živé části elektromobilu musí být vybaveny ochranou před nepřímým dotykem, a to přidavnou nebo zesílenou izolací, ochranným pospojováním, tíněním, nebo odpojením od zdroje.

Odpojování

Po odpojení vozidla nesmí být po uplynutí 1 s napětí mezi přístupnými vodivými částmi a zemí vyšší než 60 V DC a naakumulovaná energie musí být menší než 20 J“

(výňatek normy odcitován dle práce z ČVUT [5])

3.4.2 Cena

Existují různé tarify sazby. Pro nabíjení na veřejných místech záleží na tom, zda jsme ochotni si zaplatit jisté časové období (např. měsíc) [34], nebo raději chceme platit jednotlivá nabíjení samostatně. Pro odběry na soukromých místech zase záleží na čase, kdy energii ze sítě odebíráme a na konkrétní smlouvě s naším distributorem.

V říjnu 2018 umožnila ČEZ platit svým zákazníkům jednorázově a nepoutat se tedy na nějaké konkrétní časové období. Tento nový trend však ne všechny zákazníky potěšil; tímto způsobem bylo možné se dostat na poplatek až 120Kč/kWh [34]. Při tom myšlenka byla usnadnit dobíjení cizincům, či lidem, kteří se i z jiných důvodů nemohou, či nechtějí upisovat na delší dobu. Při tom zásadním kamenem úrazu je fakt, že nabíjení baterie z 0% na 80% kapacity baterie je výrazně rychlejší, než nabíjení zbylých 20% do plného stavu. ČEZ však

překvapil v rámci tarifkace; nasadil ceny za minuty, kdy elektromobil byl nabíjen, zatímco zřejmě i rozumnější a ve světě standardně používané, je platit za dobitou kWh.

Společnost ČEZ tuto tarifkaci nikde neuvádí. A tak je otázkou, zda se jedná pouze o chybný marketing, či strategický tah pro motivaci zákazníků k přestupu na měsíční tarify [34] (kdy se platí cca 500Kč za měsíc).

3.4.3 Způsoby dobíjení

Pro možné rychlosti nabíjení je zajímavé podívat se do následující tabulky „Porovnání doby nabíjení“. V té vidíme, že primární rozdíl v délce nabíjení je proud, kterým si můžeme dovolit dobíjet. Jak je z tabulky patrné, nejrychlejší nabití poskytuje stejnosměrný proud.

Tabulka 4 Porovnání doby nabíjení

Maximální proud	Napájení	Napětí	Doba nabíjení baterie na 80 % s kapacitou 30 kWh
16 A	1 fáz.-3,3 kW	230 VAC	6-8 hodin
16 A	3 fáz.-10 kW	400 VAC	2-3 hodiny
32 A	1 fáz.-7 kW	230 VAC	3-4 hodiny
32 A	3 fáz.-24 kW	400 VAC	1-2 hodiny
63 A	3 fáz.-43 kW	400 VAC	20-30 minut
100-125 A	Trvale-50 kW	400-500 VDC	20-30 minut

Zdroj [32]

3.4.4 Konektory

Je zřejmé, že pokud je tolik druhů nabíjení, bude i velké množství používaných konektorů. Každý způsob nabíjení má samozřejmě i svůj typ konektoru. [5]

2.4.1 SAE J1772



Obrázek 6 SAE J1772 [10]

Typ 1. Jde o nejpoužívanější konektor pro asijské výrobce, využívaný například v elektromobilech Kia Soul EV, Nissan LEAF, Ford Focus. Jedná se o jednofázovou zásuvku na střídavý proud až do výše 7,4 kW (230 V, 32 A).

Obrázek 4 Nabíjecí konektor 1

Zdroj [5]

2.4.2 IEC 62196



Obrázek 7 Mennekes [11]

Typ 2 – Mennekes. Třífázová zásuvka, která umožňuje využívat vyšších nabíjecích výkonů, a to až do výše 43 kW (400 V, 63 A). Nejpoužívanější provozní hladina je na 22 kW pro 32 A na třífázových 400 V. Vyvinuta v Německu a využívána automobilkami BMW a Volkswagen.

Obrázek 5 Nabíjecí konektor 2

Zdroj [5]

2.4.3 CCS



Obrázek 8 CCS [12]

Combined charging systém. Kombinuje nabíjení výkonovou nabíječkou typu 2. s možností stejnosměrného nabíjení pomocí dolních kontaktů. Mezi automobilky využívající tento systém patří například Jaguar, Volkswagen nebo General Motors. Je schopná dobít až 350 kW, ale v reálných aplikacích se jedná o nižší výkony.

Obrázek 6 Nabíjecí konektor 3

Zdroj [5]

Veškeré evropské automobilky se od listopadu 2017 již hlásí ke standardu CCS Combo 2. [33]

2.4.4 CHAdeMO



Obrázek 9 CHAdeMO [13]

Jedná se o stejnosměrnou nabíječku s výkonem až 62 kW vyvinutou v Japonsku. Mezi firmy využívající tento model patří Mitsubishi, Nissan či Toyota.

2.4.5 Schuko



Obrázek 10 Schuko [14]

Standartní evropská zásuvka s napětím 230 V. Nejvíce rozšířená a schopná přenášet výkon do 3,7 kW.

Obrázek 7 Nabíjecí konektor 4 a 5

Zdroj [5]

3.5 Jednotlivé příklady nabíjecích stanic

a) ČVUT, Micos, Molaris

Tato trojice vynalezla nový (dle článku z února 2019 [35]), levný a inteligentní způsob nabíjení, který je vhodný jak pro domácí nabíjení, tak pro veřejná místa.

Na vzniku se účastnili jak vývojáři, tak lidé z praxe. Tento systém umožňuje využívat systém nabíjení SmartGrid (možnost využití baterie elektromobilu pro pokrytí energetických špiček) [35].

Výsledek spolupráce těchto institucí přistupuje k dobíjení s novým úhlem pohledu; [35] stanice sma je schopná reagovat na lokální požadavky distribuční sítě. Napájecí stanice je také spojitě schopná kontrolovat dostupnou kapacitu nabíjecího místa a případně optimalizovat nabíjení. Stanice jsou vybaveny i monitorovacím PLC. Provozovatel je schopen dálkově stanice řídit a sbírat data.

Tento vynález využívá firma VOLTDRIVE, [35] která je pokračováním společného projektu firem Micos a Molaris. VOLTDRIVE je zároveň dodavatelem pro energetické společnosti, tedy pro ČEZ, E-ON, i PRE.

4 Energetická náročnost a nabíjecí místa

Přenosová síť dobíjením elektromobilů může být ohrožena [36] v případě, že nebude dostatečné množství energetických rezerv. Dobrou zprávou však je, že nám mohou být nápomocné baterie, jejichž kapacita již poklesla natolik, že pro elektromobily nejsou dostatečné. Tyto vysloužilé baterie by měly sloužit v případě energetických špiček. Jsou ovšem spekulace, zda přenosová soustava nebude i tak nadměrně zatěžována (především v začátcích, kdy vysloužilých baterií nebude tolik).

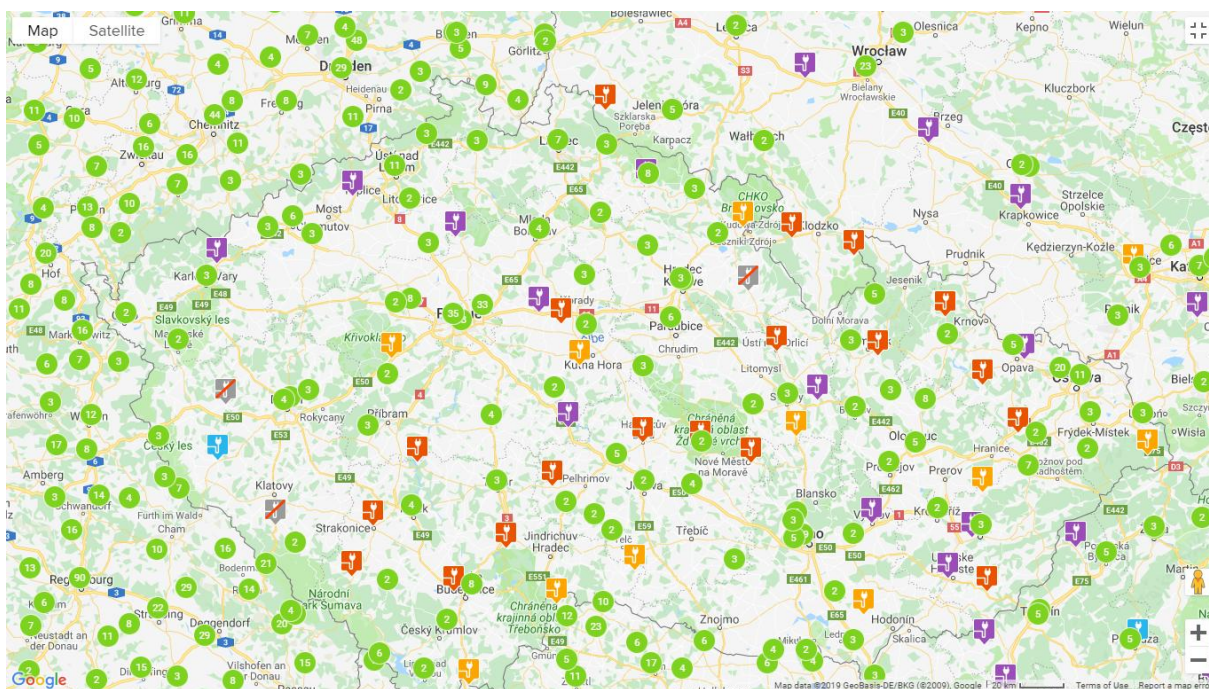
Evropská unie se snaží odstranit elektrárny, které jsou zdroji emisí a decentralizovat celý dobíjecí systém. Běžný uživatel distribuční sítě má na tom možnost vydělat pořízením obnovitelných zdrojů. Dle distributorů ČEZ [36] tato situace na trhu podpoří vývoj v oblasti řídicí techniky a digitálních technologií, akumulaci energie a její decentralizované distribuce.

Pro hladký průběh decentralizovaných nabíjecích zdrojů je třeba také vyspělejších dispečerských systémů, které budou kontrolovat a řídit stav sítě. Nezbytné bude ovšem i komunikace mezi těmito distributorskými systémy. To přináší nový problém, s nímž se musí napájecí soustava a celá síť vypořádat. Jedná se o bezpečnost. Dle slov odborníků [36] bude v takovémto systému lehčí, než kdy dříve, nabourat se do sítě a úmyslně škodit a sabotovat celou distribuci. Řada technologií, které zabezpečení poskytují, byla již ozkoušena a provozována, výjimečnost této situace však spočívá především v rozsahu práce, která s sebou nese riziko již svou časovou náročností. Vždyť během cca deseti let chceme zcela změnit přístup k distribuční soustavě, aniž by to přinášelo nejen výpadky (především při velkých energetických odběrech, ale také, aby se nikdo do této sítě nemohl nabourat, zneužívat informace, či poslat falešný požadavek na vyšší energetickou dodávku, čímž by mohl například dostat z provozu některé zabezpečovací systémy a tím si vzít velice jednoduše to, po čem by toužil.

"Základní dokument o rozvoji nabíjecí infrastruktury tvoří Národní akční plán čisté mobility. V tomto dokumentu je definován cíl mít do roku 2020 na páteřních dopravních trasách, tedy především dálnic a silnic první třídy, cca. 500 rychlonabíjecích stanic, které by rovnoměrně pokrývaly celé území České Republiky. Tato síť by poté měla být doplněna o dalších 800 bodů střídavého dobíjení" [2]

Na internetu se nachází různé mapy s rozmístěním jednotlivých napájecích míst. Jako příklad přikládám mapu [37]. Na těchto stránkách jsou zaznačeny stanice z různých koutů celého světa. Jak je na mapě patrné, počet napájecích míst stále roste a výše zmíněná nevýhoda elektromobility, nedostatek napájecích míst, se stává pomalu minulostí.

Na přiložené mapě vidíme krom čísel v zelených kolečkách, která vyjadřují, kolik stanic se v určité lokalitě nachází, i jiné znaky. Ty, jak se dá vytušit, informují, v jakém stavu se aktuálně nachází dané odběrné místo.



Obrázek 8 Nabíjecí stanice - mapa

Zdroj [37]

Rozvoj napájecí infrastruktury je spojen s další komplikací a to, aby to naše napájecí soustava vůbec zvládala. Pojďme se podívat, kolik kilometrů se již nyní v individuální přepravě celkově najezdí a zauvažujme nad tím, jak by to vypadalo, pokud bychom to samé chtěli, aby se nejezdilo z produktů ropných, ale z elektřiny.

Ukazuje se, že v ČR bychom potřebovali o 25% elektřiny více, než jaká je aktuální bilance. Tyto výpočty jsou však často okleštěné a neuvažují zahraniční obchody - dle dostupných zdrojů ČR dodává do zahraničí o 20% elektřiny více, než co sama spotřebuje. Při těchto úvahách je zřejmé, že u nás stačí postavit jen pár dalších energetických zdrojů a můžeme vesele začít elektromobilitu využívat v plném rozsahu - nebo alespoň co se energetické náročnosti týče. Problém však nastane při úvahách, jaké elektrárny u nás převládají. Jsou to elektrárny tepelné (spalují hnědé uhlí) v kapitole „50Ekologie“ se této problematice věnuji dále.

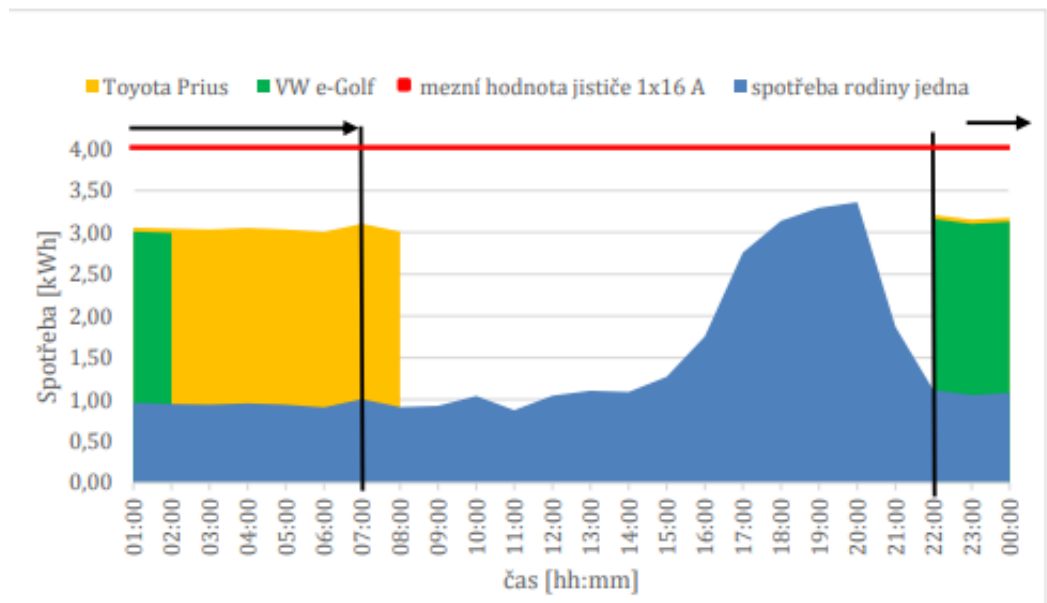
Při veškerých těchto úvahách a poznatkách je vhodné vzpomenout taktéž na škodlivé látky, které jsou vypouštěny do ovzduší. V kapitole „Ekologie“ tedy srovnávám emise výroby elektřiny v ČR vůči emisím odpovídajícího množství vozidel se spalovacím motorem. Při

pohledu na grafy v této kapitole zjistíme, že je hodně důležité, z jakého zdroje pochází vyrobená elektřina. [1]

4.1 Domácí nabíjení

Na následujícím obrázku vidíme energetickou spotřebu příkladové domácnosti [32]. Modrá plocha nám ukazuje běžné požadavky na energii; vidíme, že v ranních hodinách tato rodina není příliš energeticky aktivní a v pozdějších odpoledních hodinách začíná energii spotřebovávat nejvíc z celého dne. Na tomto grafu vidíme především využití energetických sedel, která běžně vznikají během noci a v dopoledních hodinách.

Finančně je příjemnější, když se odebíraná energie rozloží rovnoměrněji do celého dne. Díky tomu není přetěžovaná distribuční síť. Je jistě zřejmé, proč se tedy elektromobily (zelená a oranžová plocha) nabíjí především přes noc. Dalším, nezanedbatelným důvodem je fakt, že elektrickou energii, která je mimo špičky distributor obvykle dává za tzv. nízký tarif (za energetickou jednotku v nízkém tarifu se zaplatí méně, než za stejně velkou jednotku v tarifu vysokém.)

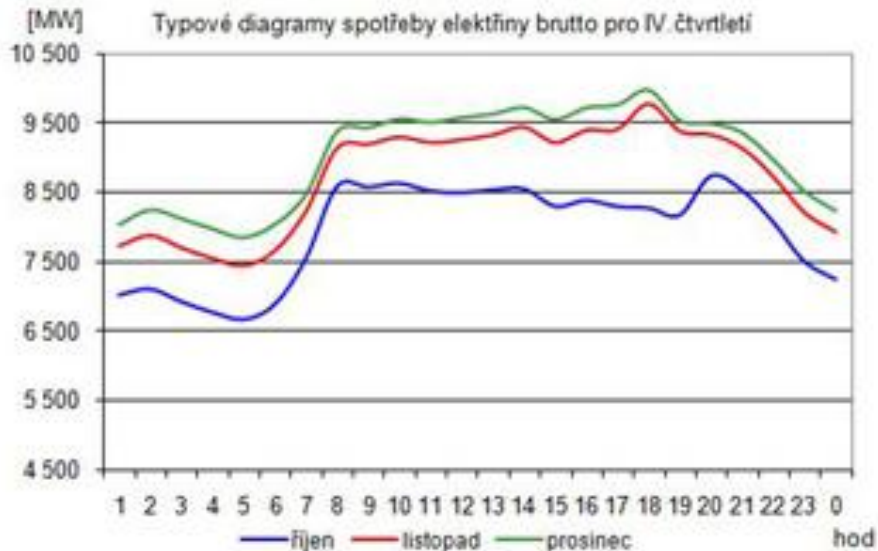


Obrázek 9 Domácí nabíjení

zdroj [32]

„Spotřeba energie se do značné míry odvíjí od denní doby. Obecně se dá říci, že v noci je nižší, minima dosáhne kolem 6. hodiny ranní, ale pak prudce roste a od 8. do 18. hodiny zůstává relativně konstantní. Poté opět klesá, případně dočasně ještě stoupne a klesá

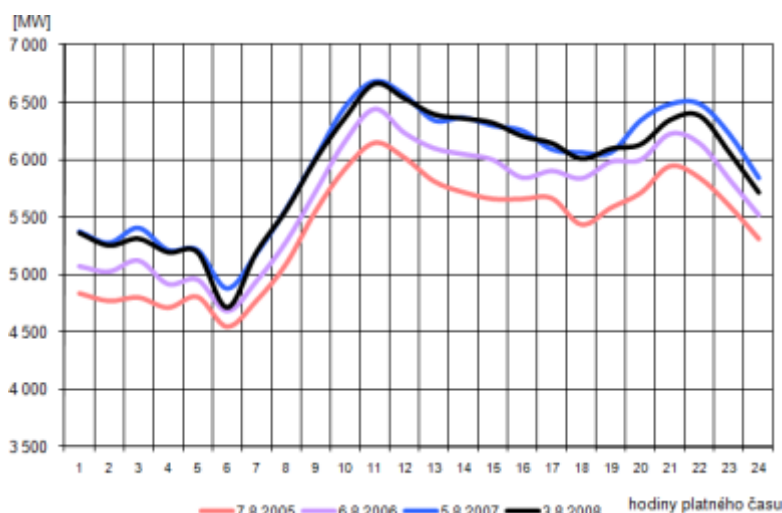
po 21. hodině. Přesto, že průběh této křivky je obdobný během celého roku, velikost spotřeby se v závislosti na ročním období mění“ [38].



Obrázek 10 Spotřeba v závislosti na ročním období

zdroj [38]

Jelikož v této práci vícekrát vzpomínám termín energetické sedlo, případně energetická špička, připadá mi vhodné je specifikovat a samozřejmě, že na obrázku získá člověk nejlepší představu. Dovolil jsem si tedy zkopírovat graf [38] energetické spotřeby. Nyní budu komentovat pouze graf pro říjen – tedy modrou křivku (ostatně jiné měsíce jsou podobné pouze s rozdílem topení, předpokladatelné náročnosti přípravy jídla, či pobytu na zahrádkách a s tím spojených energetických požadavků společnosti); mnoho lidí chodí spát mezi 22. a 23. hodinou. Proto v tomto období vidíme klesající tendenci křivky, která si svůj trend drží cca do 5 hodin ranních. Této oblasti říkáme energetické sedlo. To končí cca v 6; celková spotřeba energie stoupá nad střední hodnotu denního odběru. Po skončení ranního sedla následuje dopolední špička, kdy křivka obvykle dosahuje lokálního extrému. Po něm zpravidla následuje další sedlo a pak opět špička. Toto již vidíme lépe na grafu „Odběr během let“. [38]



Obrázek 11 Odběr během let

zdroj [38]

4.2 Veřejná místa

V zásadě jsou dvě možnosti, jak čerpat pohonné hmoty. Můžeme se zabývat nabíjecími stanicemi, anebo kompletní výměnou baterie.

a) Měnírna baterií

Jako s jednou ze způsobů doplnění energie elektromobily, se experimentovalo s možností výměny baterie prázdné za plnou. Tato výměna trvá v řádu jednotek minut, přičemž nabíjení může probíhat tak pomalu, jak je třeba. Ovšem problémem zde je různorodost baterií a jejich opotřebovávání. Experimentální měřírnu provozovala Tesla a výsledky byly natolik neuspokojivé, že se k tomuto pokusu nemíní vracet.[2]

b) Nabíjecí stanice:

Můžeme nabíjet buď pomocí běžné zásuvky - není nutné vytvářet další nabíjecí infrastrukturu - neexistuje snad benzinka, která by neměla 230V zásuvku. Nabíjení však bude pomalé – baterie potřebují stejnosměrnou energii a samotný usměrňovač je poté buď součástí nabíjecího kabelu, nebo součástí vozidla samotného. V obou případech je účinnost usměrňování horší (proto je nabíjení pomalejší).

Nabíjení pomocí stejnosměrného proudu je rychlejší a účinnější - není potřeba, energii ještě měnit a v souvislosti omezeného prostoru v automobilu se dělá automobilový usměrňovač menší (a tedy ne tak výkonný).

Další možností jsou rychlonabíječky, které fungují již na stejnosměrném přenosu energie. Existuje vícero nabíjecích standardů; ChAdeMO(CHARge de MOve) a CSS (Combined Charge System). CHAdeMO využívá komunikaci Master-slave [2] kdy elektromobil, jako

master diktuje čerpací stanici, jaký proud a napětí chce. Díky tomuto jsou tyto nabíječky univerzálnější a mohou tedy efektivněji nabíjet různé typy baterií.

Aby nebylo typů málo, firma Tesla má ještě své nabíječky Supercharger. Elektromobily Tesly je možné nabít pomocí obou dříve vzpomínaných standartů nabíječek, ale Supercharger nenabíjí jiné elektromobily. [2]

Je vhodné, aby celý nabíjecí proces byl říditelný (především v rámci času) dle individuálního přání zákazníka. Tímto způsobem se může uživatel dokonce přizpůsobit, zda bude odebírat za vysoký, či nízký tarif. [5]Každý způsob nabíjení má samozřejmě i svůj typ konektoru (které byly uvedeny v kapitole „Konektory“).

4.3 Výhled do budoucnosti

Trend vývoje bude jistě směrem k rychlosti nabíjení, což uvítají koncoví uživatelé. Co se však distribuce týče, bude vhodné upustit od jednofázového nabíjení. Vývoj bude pravděpodobně směrem k třífázovým soustavám, což zabrání vzniku nesymetrií v síti nízkého napětí [5]. Také by bylo dobré tyto soustavy připravit pro přenos vyššího výkonu, což opět urychlí nabíjení elektromobilů. Tento vývoj však bude potřebovat pevný právní rámec a kooperaci všech zainteresovaných stran, tedy mezi výrobcí elektromobilů, provozovateli distribučních sítí, provozovateli dobíjecích stanic, státem a koncovými uživateli.

Další možný pokrok v nabíjení je nabíjení bezkontaktní, které využívá elektromagnetické indukce. Již v roce 2011 tuto myšlenku představili společnosti Siemens a BMW. [5] Principiálně je jedna cívka součástí nabíjecí stanice, kdežto druhá je zabudována v elektromobilu. Přiblíží-li se tyto dvě cívky, začne docházet k přenosu energie a tím se dobíjí baterie na vozidle. Účinnost tohoto nabíjení je až 90%.

Skupina automobilek, převážně německých se rozhodla spojit své síly a společně pracovat na rozšíření rychlonabíjecích stanic s možností digitálních plateb. Tím, jak počítají, znatelně zvýší komfort řidiči, který by jel do větší vzdálenosti. V rámci tohoto projektu se nazývají IONITY [39]. Pod tímto názvem spolupracují automobilky BMW, Daimler, Ford Motor a koncern Volkswagen. Počítají s vytvořením 400 000 rychlonabíjecích míst. Tím ovšem aktivovali pozornost antimonopolních úřadů. Do hry jsou tedy vtaženi distributoři energií, kteří však bez různých pobídek nemají mnoho chutí se do investic pouštět.

5 Baterie

Hlavní překážkou rozšíření elektromobilů byla kapacita baterií, což zásadně ovlivňuje vzdálenost, kterou vozidlo ujede na jedno nabití. V posledních letech zaznamenaly lithiové baterie významný pokrok [2], díky čemuž se mohly začít využívat baterie dobré kapacity, při zachování rozumné hmotnosti

Do doby rozvoje kvalitních balancérů (polovodičových jednotek, které hlídají nabíjení baterií) byla životnost baterií velmi nízká[40]. Důležité jsou nabíjecí algoritmy a s tím spojená určitá logika.

Životnost zůstává nezanedbatelným parametrem baterie i v dnešní době. Životnost úzce souvisí s ekologií, stejně tak i s recyklací. Těmto oblastem jsou však věnovány vlastní kapitoly této práce.

"Za dosažení konce životnosti baterie se obecně považuje poklesnutí kapacity akumulátoru na 80% původní kapacity"[2]. To v praxi znamená (ostatně tak, jako u všech nabíjecích baterií), že pokud vybijeme baterii a poté ji opět nabijeme, energie v plně nabitě baterii je o nepatrný kousek menší (mluvíme o tzv. nabíjecím cyklu). Při snížení kapacity na výše zmiňovaných 80% je baterie pro elektromobily považována již za tolik nekvalitní, že se vyřadí. Do takového stavu se dostane přibližně za 8 let[2].

Jednou z možností, kde se dají takovéto baterie ještě využít, jsou místa s kolísavou dodávkou energie - tím jsou myšleny například solární elektrárny. Na takovýchto místech mohou vyřazené baterie sloužit dalších 15 let. Samozřejmě je také možné z takovýchto baterií vytvořit energetický rezervoár, který by kryl energetické špičky (podobně, jako přečerpávací elektrárna Dlouhé stráně). Zdroj z baterií by však měl výraznou výhodu v možnosti decentralizace - tedy v rovnoměrnějším geografickém rozprostření[2], což je pro distribuční síť výhodnější.

Chandan, chemický inženýr ve firmě Aceleron pro recyklaci baterií říká, že "autobaterie mohou stále mít až 70% své kapacity, když přestanou být dostatečně dobré pro pohon elektrických vozidel." [49] Proto je doporučuje pro domácí akumulaci energie.

V Británii již experimentují s druhým životním cyklem vysloužilých baterií elektromobilů. U tamních domů není výjimkou, když se na střeše vyjímá solární panel. Baterie se tedy využijí k akumulaci energie[48]. Alternativní způsob využití je pro pokrytí energetických špiček - při dostatku energie v distribuční síti (tzv. sedlo) se baterie nabije a při nedostatku se z ní zase čerpá

5.1 Olověné baterie

Tyto baterie patří mezi rozšířenější, především u spalovacích motorů (pro nastartování těchto vozů). Své využití naleznou i u méně náročných aplikací elektrických vozidel, jako např. golfové vozíky. Výhodou je nízká cena a dobrá bezpečnost. Výraznou nevýhodou, která značně omezuje užití u moderní koncepce vozidel, je nízká objemová a hmotnostní energie.

5.2 Lithiové aku.

Existují různé druhy lithiových akumulátorů s různými bezpečnostními riziky. Kvalita takovýchto akumulátorů je závislá především na užití sloučeniny lithiové katody. V roce 2018 se pohybuje hmotnostní hustota energie mezi 100-250 kWh/t a objemová hustota energie mezi 120-600 kWh/l [2]. Konkrétní hodnota (stejně jako pořizovací cena) jsou závislé na konkrétním typu užití technologie. V této oblasti jsou ještě různé nedokonalosti, jako nebezpečné stavy při přebíjení, nebo nižší životnost/vybíjecí proud/kapacita v závislosti na užitém typu baterie.

Při pohledu na následující tabulku „Porovnání akumulátorů“, vidíme, proč se vývoji Li-onových baterií věnovalo tolik peněz, pozornosti a energie.

Tabulka 5 Porovnání akumulátorů

Tabulka 8 -Porovnání základních parametrů akumulátorů využívaných v elektromobilech [25]

Typ článku	Hustota energie [Wh.kg ⁻¹]	Výkonová hustota [W.kg ⁻¹]	Životnost cyklů ; let	Provozní teplota [°C]	Napětí na článku [V]
Li-oin	150-260	300-700	1000-3000 ; 5-10	-20 až +50	3,5-3,7
NiMH	55-80	200-300	500-1000 ; 5-10	-20 až 50	1,3-1,4
NiCd	40-60	80-175	2000-3000 ; 3-10	-50 až +50	1,2
Olověný	30-50	150-400	1000 ; 3-5	-15 až +45	2,1

Zdroj [2]

5.3 Výroba

Akumulátory jsou komponentou, která snad nejvíce určuje cenu elektromobilu [41]. Pro snížení ceny je potřeba obecně přejít na sériovou výrobu, nejlépe takovou, kdy většinu práce odvedou stroje. Dnes je však obecně problém s nedostatkem pracovní síly, natož, aby byla dostatečně kvalifikovaná.

Sériová výroba baterií s sebou ale nese také sérii problémů; je potřeba dostatek konkrétních surovin. Ty jsou buď nedostatkovým artiklem, případně je jejich výskyt často

spjat s územními boji a roztržkami. V místech, kde se kvůli jejich těžbě nebojuje je narušen ekosystém; zvířata jsou vyhnána hlukem motorů těžkých strojů, které kopou do země a narušují ráz přírody. Recyklace surovin také není zcela stoprocentní, navíc některé baterie během recyklace někdy i vybuchují a tak to není ani bezpečné.

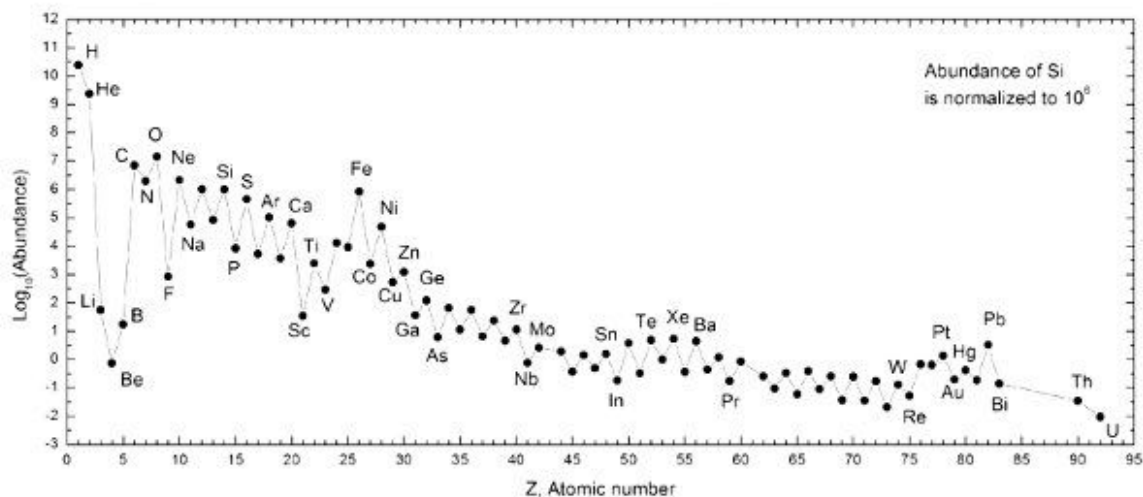
Nejen Tesla, která udělala pokrok, si uvědomuje tíživou situaci a potřebu věnovat se výzkumu elektromobilů, nejvíce pak bateriím. Dlouhodobým cílem Tesly bylo snížení ceny na 1 kWh. Dalším cílem bylo dostat se z původních 150 dolarů na 100 dolarů. Pokles ceny není jediným pokrokem, spolu s cenou se při výzkumu objevil další bonus a tedy zvýšení energetické hustoty a to o celých 30%. Využití této pár let známé technologie, dělá z elektromobilu Tesly (Model X), který ujede na jedno nabití snad nejvíc z celého aktuálního trhu (přes 500km), vozidlo, které ujede 650 km[41]. Tyto technologie by do komerčních produktů mohly být nasazeny do dvou až tří let.

Tento výzkum by mohl odstranit několik překážek, které se u elektromobility vyskytují. Mezi tyto nepříjemnosti patří vysoká cena baterií, potažmo celého elektromobilu, dojezd na jedno nabití baterie a v neposlední řadě rychlost nabíjení, neboť nabíjení baterií do 80% jejich kapacity může probíhat rychleji[41], než nad touto hodnotou.

5.3.1 Suroviny

Pro čistou elektromobilitu se počítá především s lithiem a kobaltem, díky nimž se mohou vyrábět baterie s vysokou hustotou energie na jednotku hmotnosti (případně na objemovou jednotku). Málo kdo však uvažuje nad materiálem, jenž je potřeba pro získávání dalších surovin, či pro výrobu potřebného zboží. [42]. Tato problematika se týká širokého spektra nástrojů od lopaty, či lžíce bagru, po mikroprocesory řídící výrobní stroje.

Na následujícím obrázku vidíme, jaké je zastoupení jednotlivých prvků ve Sluneční soustavě. Osa Y ukazuje výskyt – množství daného prvku (v logaritmických jednotkách) Osa X atomové číslo prvku.



Obrázek 12 Zastoupení prvků

zdroj [42]

a) Lithium

Lithium patří mezi prvky, které se na naší planetě vyskytují nejdéle. Jeho vysoké zastoupení – 230 miliard tun se nalézá ve vodách oceánů, byť s poměrně nízkým podílem na jeden litr této vody. Velké množství tohoto prvku se nachází také na těžišťích soli. Nejvíce lithia vyváží Argentina Chile a Bolívie. [42]

Více se o těchto bateriích dočte čtenář v podkapitole „Lithiové aku.

b) Kobalt

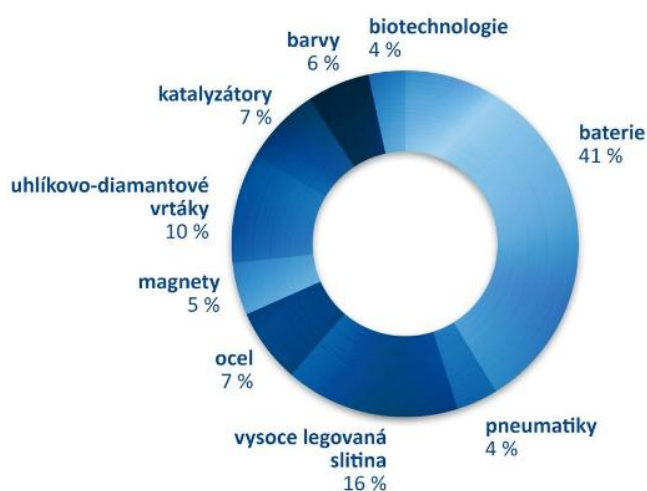
Kobalt je vzácnější než lithium, nachází se na omezenějším počtu míst světa a tak je jeho těžba a distribuce k výrobnám baterií náročnější. Využívá se však v mnoha bateriích. V dnešních bateriích do elektromobilů se ho nachází až 12kg [9]. Existují baterie, které krom lithia a kobaltu (a obalu) již nevyužívají žádnou další složku, ani prvek.

Na následujícím obrázku „Využití kobaltu“ vidíme procentuální využití vytěženého kobaltu. Vidíme, že baterie využívají přes 40% vytěženého materiálu. Další hojné využití nachází ve vysoce legovaných ocelích (16%) a v kvalitních vrtácích (10%).

V kapitole „Přílohy“ se nachází některé fotografie, jakým způsobem probíhá těžba kobaltu. Kobaltu by se k nám mohlo dostat více, pokud by se nejednalo o ruční práci. Navíc (což není v Africe výjimkou) se zde uplatňuje i dětská práce. Lidé jsou vystaveni nebezpečným těžkým kovům a nepokojům v okolí [9] (60% kobaltu se vytěží v Demokratické republice Kongo, která je politicky nestabilní).

Dalšími významnými producenty kobaltu jsou země, které již po deset let vyváží každým rokem zhruba stejné množství této suroviny. Jedná se o Rusko, Zambii a Austrálii. Naleziště se nachází i v Číně [9]. Dle očekávání však vývoz kobaltu neplánuje.

Wolksvagen, který je jedním z hlavních propagátorů elektromobility z řad klasických automobilek si nadcházející tíživou situací na trhu s kobaltem uvědomuje a hledá proto spojení, který by mu dodával kobalt po dobu deseti let. Počítá přibližně s částkou 50 miliard eur za cca 100 tun [9]. Obchodníci s kobaltem se však na tento návrh dívají velice skepticky, neboť se dá předpokládat, že ceny kobaltu ještě výrazně porostou. Podobné problémy však řeší i Tesla, BMW a pár dalších automobilek.



Obrázek 13 Využití kobaltu

Zdroj [9]

c) *Jiné prvky*

Je dost možné, že v budoucnu se bude trh orientovat na jiný kov, který lithium, nahradí. Popřípadě se vyvine jiná koncepce baterie.

1) Lithium, vzduch

Budeme-li mít baterii, kdy je anodou lithium a katodou vzduch, dostaneme se přibližně na stejnou úroveň energetickou úroveň (11kWh/kg), jako má benzín (12kWh/kg) [43]

Tato baterie by získávala kyslík díky nanoporézní katodě z okolního vzduchu.

2) Lithium, síra

Již se využívá ve stacionárních bateriích [43], síra ovšem není tak moc dostupná jako vzduch

3) Hořčík, kyslík

Hořčík se získává snadněji než lithium a na Zemi je v podstatně vyšším zastoupení. Hořčík by se v těchto bateriích doplňoval v podobě zásuvných desek a recykloval pomocí vhodných redukčních činidel. [43]

4) Radioaktivní prvky

Nepředpokládá se jejich využití v praxi, neboť pro teroristy je to téměř ideální zbraň. Je však zajímavá úvaha, že by šel opětovně využít odpad z jaderných elektráren (samozřejmě za předpokladu využití správného odstínění, aby nevzniklo riziko pro běžného uživatele). Při využití takového materiálu by mohlo stačit 20kg, pro provoz vozidla na celý život majitele [43].

5.3.2 Lithiové akumulátory

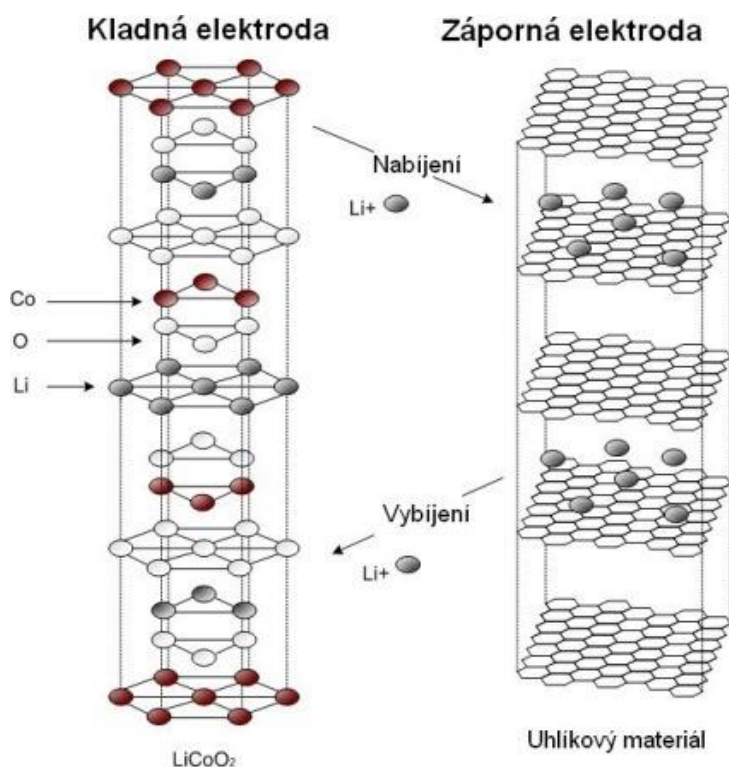
Lithiových akumulátorů je vícero druhů. S tím nastávají jisté problémy:

- 1) Problém při používání měnicí stanice (v této práci zmíněný způsob dobíjení v kapitole „Veřejná místa“)
- 2) Problém při recyklaci baterií – recyklace se nedá plně robotizovat a při zůstatku vyšší energie v baterii nezdědka dochází k explozím. (více v kapitole „Recyklace“)

Výhodou lithiových baterií, oproti těm, které se běžně používaly dříve (nikl-kadmium, případně nikl-metal hydrid, eventuelně olověné baterie), je vyšší energetická hustota a nižší samovybíjení. S vyšší energetickou hustotou souvisí i vyšší napětí na článek.

Lithiové baterie, stejně, jako jiné soustavy, kde probíhá elektrolýza, sestává z kladné a záporné elektrody a elektrolytu. Pro svou kladnou elektrodu využívají různé sloučeniny lithia, pro zápornou pak uhlíkové materiály. Elektrolytem bývá lithium hexafluorofosfát, tedy LiPF_6 . [44]

Zásadní zvláštností lithiových baterií je způsob, jakým dochází k přenosu energie. Nejedná se o klasickou chemickou reakci, jak jsme možná zvyklí u běžných baterií, ale ionty lithia takzvaně interkalují do struktury záporné elektrody [44]. To znamená, že se pouze přiřadí do mřížky (jak je vidět na obrázku „Reakce v akumulátoru“). Díky tomu nedochází k tak výraznému opotřebování baterie a její životnost je výrazně vyšší, aniž by výrazněji poklesla kapacita.



Obrázek 14 Reakce v akumulátoru

Zdroj [44]

Nicméně tyto výhody (delší životnost, nižší samovybití, napěťová tvrdost) jsou vykoupené reaktivitou lithia se vzduchem a vlhkostí. Při kontaktu s těmito živly lithium rychle degraduje. [44] Proto jsou baterie opatřeny pláštěm, který se však při neopatrné manipulaci může poškodit.

Baterie s sebou přináší i riziko požáru, [44] které je zvýšené při zkratu baterie, či propíchnutí pláště.

V zásadě jsou 4 typy baterií, které se vzájemně liší kapacitou, bezpečností, tvarem, případně jiným parametrem: [44]

1) Baterie Lithium-iontové (Li-ion)

Tato baterie má pro zvýšení bezpečnosti tlakovou pojistku, pro případ přebití, či úniku plynů (elektrolyt je kapalný). Využití naleznou v noteboocích, tabletech, ale i elektromobilech.

2) Lithium-Polymer (Li-pol)

Zde je elektrolytem iontově vodivá polymerní sloučenina. Jednotlivé články jsou pružné, ale jejich ohýbáním může dojít ke zkratu. Je proto nutné se mechanickému namáhání těchto článků vyhnout. Elektrody jsou na sebe kladeny a tím je možné dosáhnout různých tvarů. Toho se s výhodou využívá v zařízeních, která musí být

kompaktní, lehká, ale přesto je vyžadována jistá výdrž baterie; jednotlivé články je možné nasunout do různých mezer a tím vlastně zaplnit jinak nevyužité místo. Tedy opět prostor například pro tablety.

3) Lithium-železo-fosfát (Li-Fe)

K těmto bateriím se někdy přidává i oxid fosforu. Výjimečně ytrium, které zvýší vodivost kladné elektrody. Oproti dříve zmíněným má vyšší proudovou zatížitelnost a mírnou odolnost vůči hlubokému vybití; kladná elektroda je potažená velmi tenkým filmem, který propouští pouze ionty a tím chrání elektrodu před degradací. Bohužel ne zcela dokonale a tak i u této baterie je hluboké vybití hrubě nedoporučené, neboť i při zmíněné ochraně snižuje kapacitu i životnost.

4) Lithium-titan ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, nebo také LTO)

Materiál anody má velkou plochu, díky čemuž je možné rychlé nabíjení. Tato baterie má také vysokou životnost – nabíjecí cykly jsou v řádu tisíců.

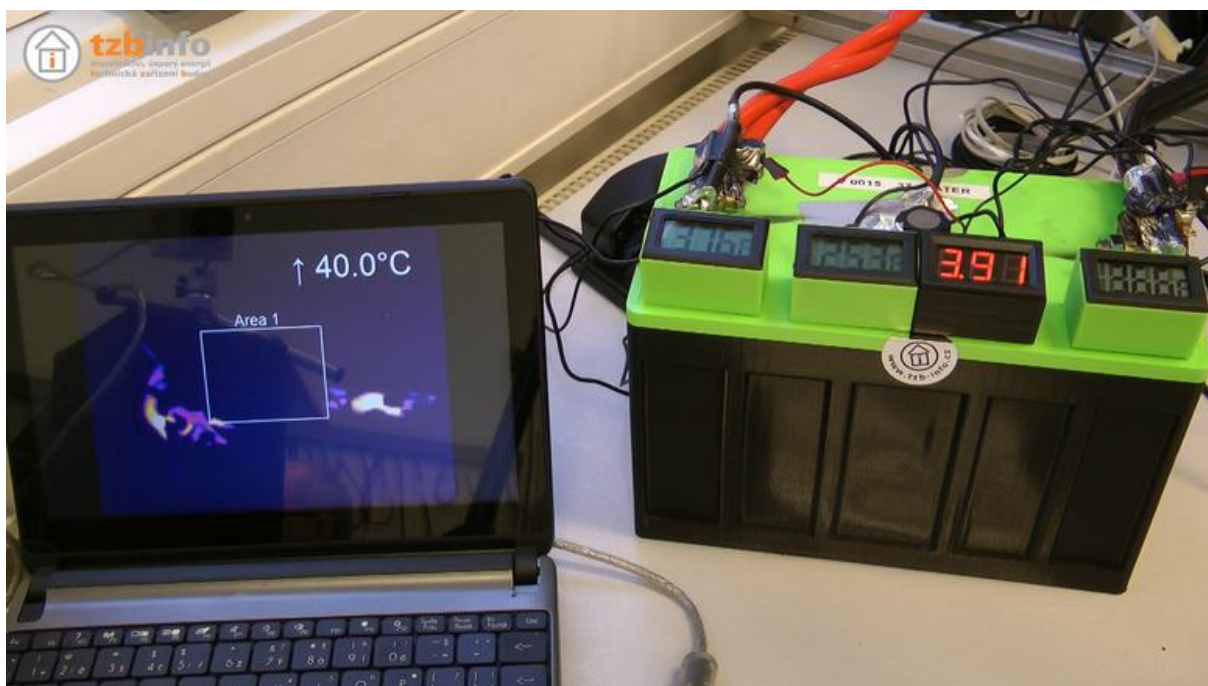
Energetická hustota je v tomto případě zatím nižší. Výzkum by toto mohl zlepšit. (ze zdroje z roku 2015[44]).

5.3.3 Akumulátor HE3DA

Společnost HE3DA investuje v České republice v Horní Suché [45] (na severní Moravě) do továrny, která by měla vyrábět lithiové baterie.

Má patentované dva typy baterií [45] a tedy, jednu robustnější, která by měla sloužit primárně k lokální akumulaci energie a druhou menší, se slabšími elektrodami, která je primárně určena pro elektromobily. Drobnější baterie by měla být nabita cca do hodiny.

Baterie firmy HE3DA jsou výjimečné svou bezpečností, kapacitou i zcela novou konstrukcí [46]. Na následujícím obrázku vidíme, pohled z termokamery; byť se konektory k baterii připevněné již značně zahřívají, baterie samotná zůstává stále chladnou.



Obrázek 15 Test baterie HE3DA, rozložení tepla

Zdroj [46]

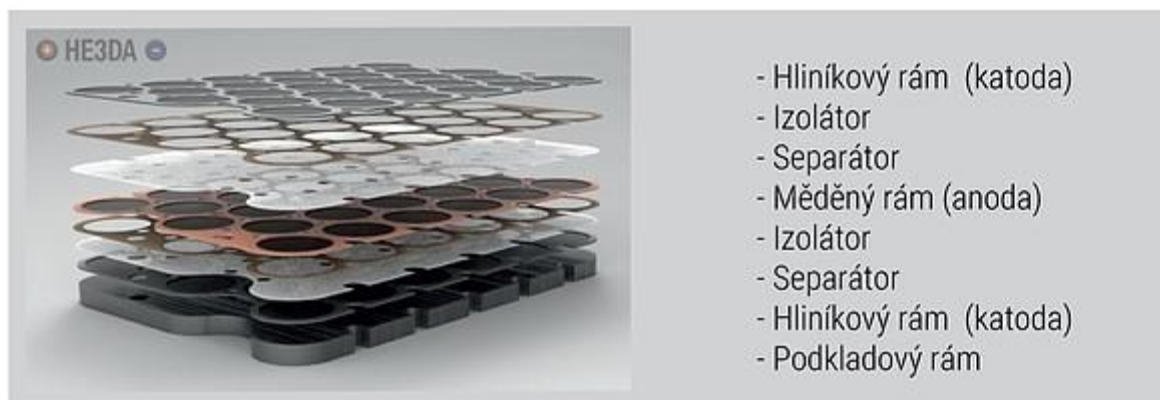
Jedinečnost konstrukce spočívá nejen v silnějších elektrodách, které se oproti tenkým elektrodám běžných lithiových akumulátorů jen tak neodlomí, ale unikátnost je také v jednotlivých vrstvách [46], což vidíme na obrázku „Skladba HE3DA“.

U těchto baterií se tedy díky silným elektrodám nemusíme bát mechanického namáhání. Baterie také vydrží zkrat, či pád z vyšších pater budovy. Při extrémních zátěžových zkouškách došlo dokonce k mlácení do baterie těžkou palicí. Baterie vydržela déle, než podkladové betonové dlaždice. Při bateriích zmíněných v předchozí kapitole jsem psal, že je nebezpečí vzplanutí, či výbuchu. Baterie HA3DA měli při svém destruktivním testu jediný vizuální efekt (žádné zvýšení objemu vyboulením boku, vzplanutí, či dokonce explozi). Tento efekt byl důsledkem reakce lithia se vzduchem a vzdušnou vlhkostí. Jednalo se o dým [46], který nejprve jemně a s přibývajícimi ranami hustěji vycházel z testované baterie.

Při konstrukci baterie se užívá hliníkových a měděných rámců, které již sami o sobě dělají baterii výjimečnou; výrazně zvyšují mechanickou pevnost a napomáhají skvělému odvodu tepla. Do těchto rámců je při konstrukci vlisován aktivní materiál v práškové podobě. Jedná se o stejný prášek, který (jak jsem již psal) se pokoušeli Číňané ukrást. Byť se prášek zřejmě skládá ze stejných prvků, které se užívají v běžných bateriích, je specifický tím, že se jedná o nanomateriál se speciální strukturou. Baterie se tedy neliší použitým materiálem, ale pouze konstrukcí [46]. Je proto pochopitelné, že si firma svůj „záračný“ prášek brání, jako své nejcennější know-how.

Z obrázku je jasně patrné, že jednotlivé elektrody jsou prokládány separátorem. Ten je o řád silnější, než u jiných baterií. Navíc je pro lepší tepelnou kapacitu opatřen příměsí keramických vláken [46]. Po seskládání všech vrstev se toto těleso smontuje dohromady a zalije elektrolytem. Následuje formátování baterie, po kterém je naformátovaná baterie vložena do obalu a opět zalita elektrolytem. Obal je jediným plastem, který celá baterie obsahuje.

Rozložení vrstev baterie



Obrázek 16 Skladba HE3DA

Zdroj [46]

Co je pozoruhodné, tak byt' mají výše zmiňované baterie tolik kladů, jejich konstrukce není náročnější, než u jiných lithiových baterií, ba dokonce naopak [46]. Proto je jednodušší je vyrobit.

5.3.4 Akumulátory A123 Systems

Nedostatků vyrobených akumulátorů se nejspíše nemusíme úplně bát; firma, jejíž jméno figuruje v nadpisu této podkapitoly v nedávné době (dle článku z roku 2017[47]) otevřela továrnu v ostravské průmyslové zóně. Plánem firmy by mělo být vyrábět téměř dva miliony baterií ročně. Tento plán její představitelé chtějí vyplnit mezi roky 2020 a 2021.

"Chceme tady vyrábět novou platformu startovacích baterií založenou na 48 voltech, což je budoucnost všech automobilových vozů v souvislosti s vyššími požadavky na elektroniku, bezpečnostní prvky, autonomní řízení a tak dále." [47]

Firma začíná dodávat předním výrobcům luxusních vozů. Počítá s rozšiřováním své výroby[47], čímž se baterie stanou levnějšími a dostupnějšími. Tím, jak plánují, se stanou distributory baterií i pro výrobce vozů střední třídy.

Pro výrobu baterií používají především roboty. Proto jako své zaměstnance hledají inženýry a podobné specializované profese, kterých je však v dnešních dnech značný

nedostatek. To je také jedním z důvodů, proč své představy vedení A123 nemůže aplikovat tak rychle, jak by si přáli. Nabírají tedy již čerstvé absolventy. Dokonce spolupracují s vysokými školami, aby si své potenciální pracovníky rovnou připravili na automobilové standardy[47], na které ne všichni již zkušený programátoři jsou schopni se přizpůsobit.

5.4 Recyklace

"Britské a francouzské vlády se zavázaly zakázat prodej automobilů poháněných benzinem a dieslovým motorem do roku 2040 a automobilka Volvo se zavázala, že od roku 2019 budou prodávat pouze elektrické nebo hybridní vozy. Mezinárodní agentura pro energii odhaduje, že do roku 2030 bude celosvětově 140m elektrických vozů" [49]. To představuje ohromné množství baterií, které bude potřeba zrecyklovat. Jednou z variant jsou v kapitole „Baterie“ zmiňované akumulární elektrárny. Ovšem ty nutnost recyklace vlastně jen oddálí.

Konečná, finální recyklace je poněkud problematictější. Měď, hliník a železo jdou relativně snadno - mechanickým rozebráním. Problém však nastává při rozebírání anody a katody. Chemické metody nám jsou schopné pomoci získat uspokojivě čisté kovy a separace by byla zdárně hotova, ale problém nastává při otázce energetické a časové náročnosti; stále vychází lépe těžba nového materiálu [2]. Navíc recyklace může být i nebezpečná, pokud pracujeme s nedokonalé vybitou baterií - může dojít ke vzplanutí či dokonce k výbuchu.

"Předpisy EU, které vyžadují, aby výrobci baterií financovali náklady na shromáždění, zpracování a recyklaci všech baterií, již povzbuzují spojení mezi výrobci automobilů a recyklačními společnostmi" [49].

Společnost Umicore se věnovala tomuto problému. Do prvotní verze recyklační továrny investovala 25 milionů eur. Zvládnou recyklovat drahé kovy, ale lithium z tohoto procesu vychází ve směsném druhotném produktu [49]. Aby extrahovalo i lithium, je potřeba další proces, který však recyklaci zdražuje.

"Náklady na recyklaci jsou překážkou," říká Carranza, ředitel společnosti Nissan Europe pro energetické služby. "Musí to být nižší než hodnota získaných materiálů, aby to fungovalo." Recyklace je také složitá kvůli nestandardizovaným typům baterií" [49].

6 Ekologie

Tato frekventovaně kladená otázka je snad nejčastějším důvodem, proč se dá o elektromobilech slyšet jak v pozitivním světle, tak v tom negativním.

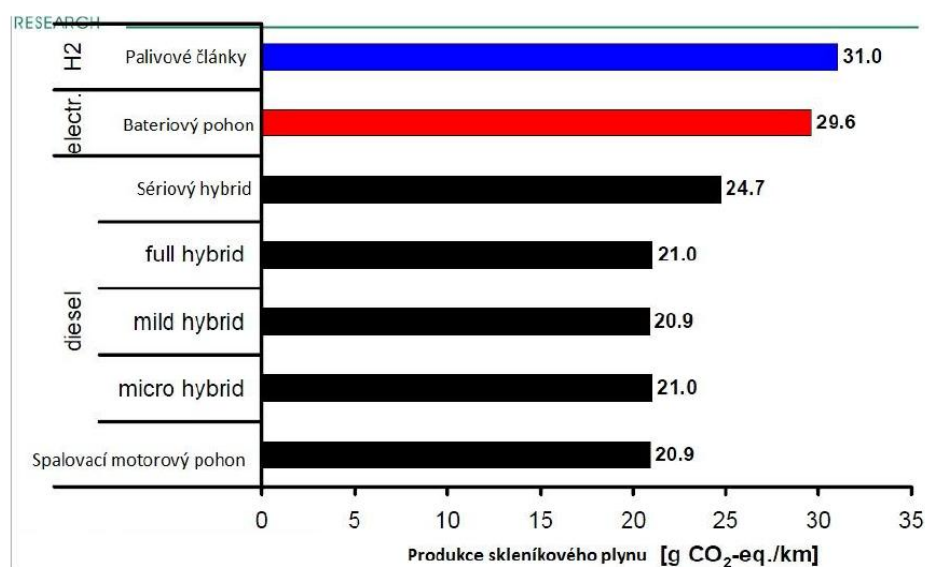
Negativum se skrývá již ve výrobě elektrického vozidla. Jak popisuje obrázek „Produkce CO₂/km“ Při uvažování fungování elektromobilů po ekologické stránce je vhodné zamyslet se nad tím, kolik škodlivin (především CO₂) vznikne samotnou výrobou. [2]

„Jen výroba baterie do elektromobilu spotřebuje o 75 procent [8] víc energie než výroba obyčejného dieslového auta“.

„Klasická porce bifteku v restauraci se podepíše na kvalitě ovzduší stejně jako zhruba padesátikilometrový výlet autem“ [8].

Při úvahách nad studií německého autoklubu ADAC lze namítnout zajímavou věc; než elektromobil ujede tolik kilometrů, aby oproti automobilu s dieslovým motorem začal šetřit planetě množství vyprodukovaného CO₂, půjde elektromobil do šrotu [8]. V případě malých a drobných elektromobilů lze uvažovat již pozitivněji; než je klasický automobil poslán na sešrotování ujede cca 150 000km. U středních vozů by se to pro ekologickou návratnost mělo pohybovat kolem 580 000km. Pro drobný elektromobil se nájezd kilometrů pohybuje již kolem 110 000km [8].

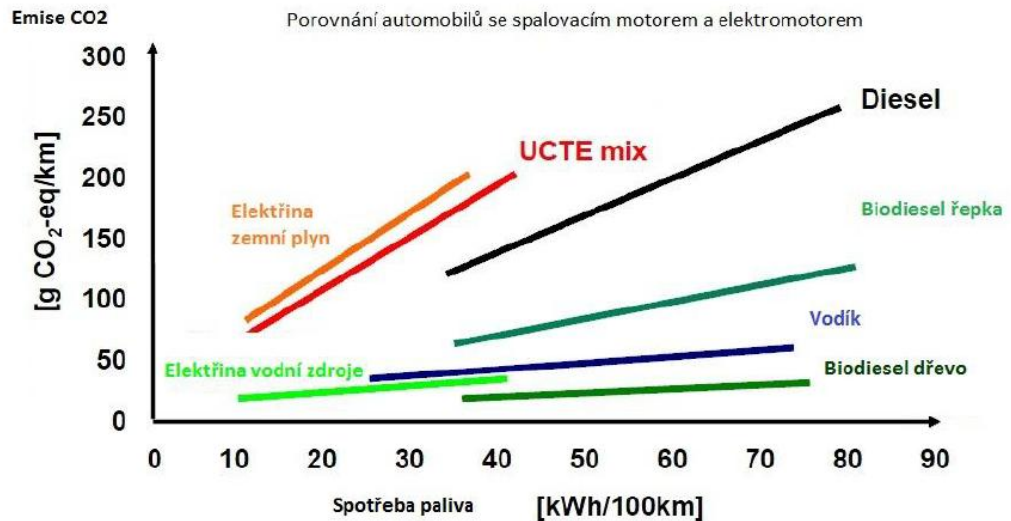
Dalším vlivem, který může ovlivnit vylučované množství CO₂ do vzduchu je i „obyčejné“ zefektivnění již stávající individuální přepravy. Je dobré uvažovat nad samotným vytížením koupeného vozidla, vůči taxi službám. Zefektivnění této dopravy je vůči jízdám naprázdno. To může ušetřit až dvě tuny CO₂ [50] (počítáno v samostatné Praze).



Obrázek 17 Produkce CO₂/km

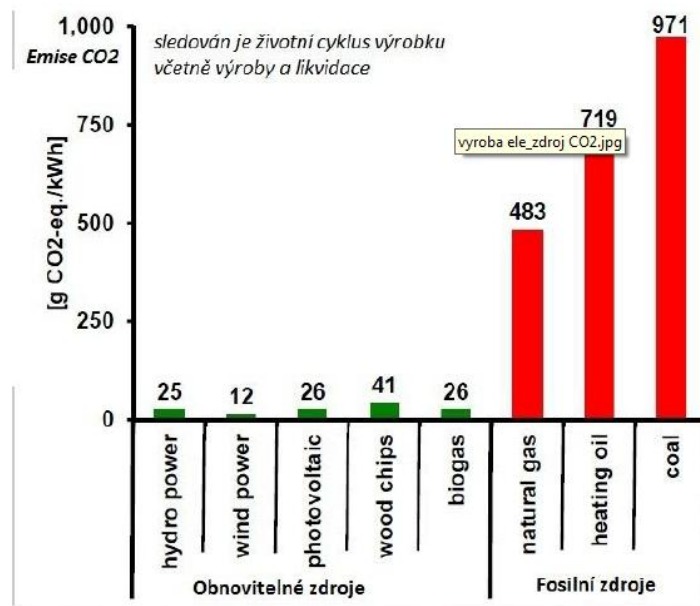
Zdroj [1]

Z obrázku vidíme, že výroba elektromobilu patří mezi nejnáročnější automobily pro výrobu, co se CO₂ týče. To je způsobeno především nároky na trakční baterii elektromobilu. Proto je nutné dávat pozor, aby se tato neblahodárná investice přírodě vrátila. Je proto více, než žádoucí starat se o to, z jakého zdroje elektřinu čerpáme [1], jak ekologická je elektřina samotná - elektřina z obnovitelných zdrojů je mnohem ekologičtější, než například z uhelných elektráren, či biomasy. O tom svědčí následující obrázek.



Obrázek 18 Produkce CO₂ různými typy pohonu

Zdroj [1]



Obrázek 19 Produkce CO₂ z elektráren

Zdroj [1]

Pro případ havárie elektromobilu navíc dostal integrovaný záchranný systém speciální postup vypracovaný Teslou, především kvůli možné toxicitě vzplanutých baterií. Ani po uhašení požáru není jisté, že baterie nevzplanou znovu [29]. Dle zmíněného postupu se má baterie sledovat ještě 48 hodin od uhašení. Vozidlo po havárii je výrazně nedoporučeno dávat do garáže, ale parkovat jen venku.

Problémem ovšem dosud zůstává nedokonalá výbava hasičů; ti jsou zvyklí na oheň, či těžká břemena. Je však třeba dalších investic do jejich výbavy a výzkumu ochranných pomůcek, které by jim byly schopné v terénu bránit se před účinky elektrického pole.

Kvůli nedostatečné výbavě a elektrotechnického proškolení nezáleží na tom, jak brzy k nehodě elektromobilu dorazí, neboť pak může trvat ještě hodně dlouho, než se k automobilu, který může probíjet, mohou přiblížit. [51]

Elektromobilů však přibývá v ČR pomaleji, než ve většině Evropy – nemáme mnoho motivačních pobídek ke koupi elektromobilů a český zákazník je často konzervativní povahy; nemá rád změnu, a když už by byl změně nakloněn, počká si ještě určitou chvíli, než jak se novinka vyvine jinde. Nicméně i tak za loňský rok (2018) hlásí dodavatelé elektrické energie nárůst odběrů. ČEZ, pravděpodobně všem známý distributor v současné době provozující 140 nabíjecích stanic, zaznamenal nárůst dobíjení téměř o 50%. [20]

6.1 Budoucnost

Budoucnost elektromobility měli v Mladé Boleslavi řešit [20] zástupci různých firem spolu s představenými vlády.

Rozvojem elektromobility se počítá se snížením poptávky po ropě. Odhady, kolik to bude činit v roce 2040, mluví o 7%. To je přibližně 7,3 milionů barelů ropy denně [52]. Této suroviny je samozřejmě omezené množství, takže je to vlastně dobře, nicméně díky tomuto poklesu poptávky (jak nás učí ekonomie) se očekává taktéž pokles ceny. Nabízí to jistě zajímavou investiční příležitost.

V nepříznivý vývoj ceny elektromobilů hovoří naopak cena kobaltu. Do jeho těžby, stejně tak do objevení nových nalezišť bude třeba ještě investovat.

Již nyní v Číně, která je pověstná svým smogem hromadnou dopravu, konkrétně autobusy tvoří z 99 procent elektrická vozidla [52].

Důležitý pohled k budoucnosti je z pohledu omezování emisí a tedy z pohledu budování nových zdrojů, které nahradí uhelné elektrárny. Ty nyní vyrábí 30% tuzemské energie [53]. Solární i větrná elektrárna má u nás své omezení – čistě slunečních dnů u nás není extra mnoho a například v Německu fouká vítr více nežli u nás. Navíc na většině horských oblastí,

kde by byla lepší využitelnost větrných elektráren, se hojně nachází chráněné krajinné oblasti. Vodní elektrárny jsou téměř na maximu své využitelnosti a tak ekologicky čisté zdroje je u nás těžší nasazovat. Počítá se proto s nasazením vyššího výkonu (rozšíření) stávajících jaderných elektráren [53].

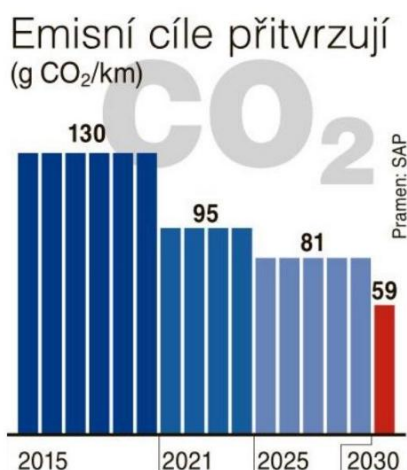
7 Postřehy, náměty, řešení

7.1 Dobíjení

Bylo by opravdu grandiózní, pokud by k baterii šlo doplnit například powerbanku. Z vlastní zkušenosti vím, jak jednoduché je domluvit se například v nějaké hospodě, knihovně, či se zaměstnavatelem, že si člověk nabije jen něco tak malého, jako je powerbanka. Pokud by při strávení hodiny, či dvou v nějaké restauraci (při zapojení k běžné zásuvce) šlo dobít nějakou přídatnou periferii k baterii, kdy by člověk díky tomuto ujel třeba 5km, nemusely by být stanice kdoví jak extra u sebe, navíc by každý uživatel elektromobilu mohl nosit něco jako "rezervní kanistr" s pohonnou hmotou při sobě. To si upřímně myslím, že není zcela zanedbatelná myšlenka, kterou by se předešlo nejedné krizové situaci.

7.2 CO₂ na kilometr

Na obrázku „Povolené množství CO₂/km“ vidíme, jakým způsobem by se měla limitace emisí dále ubírat. Obávám se, že takto drastické omezování je již samo o sobě lehce iracionální. Důvodem k této úvaze je nejen problém se surovinami, ale také ekologie výroby elektromobilů, zvláště pak jejich baterií. V tomto ohledu je třeba ještě výrazné zkoumání technologií, než se uvalí nějaké limity. Pokud není srovnatelné množství CO₂ při výrobě dvou druhů vozů, obávám se, že pak nějaké měřítko jako „gramy CO₂ na kilometr“ je poněkud nedomyšlené.



Obrázek 20 Povolené množství CO₂/km

Zdroj [7]

Osa x představuje čas v letech a osa y gramy CO₂/km.

7.3 Plnění závazků státu

ČR nejspíše budou čekat nepříjemné sankce, kdy budou ještě výrazné spory o to, kdo to má vlastně zaplatit, což se stejně nakonec zaplatí z kapsy obyčejných lidí, ať již z role odběratele energie, nebo z role daňového poplatníka. Psal jsem již, že v Německu plánují do roku 2038 zavřít uhelné elektrárny. Tamní lidé dokonce protestovali, aby se elektrárny zavřely ještě dříve. U nás se toto téma vlastně ještě ani neotevřelo. Stát neplní ani další své závazky a obávám se, že jen pasivně vyčkává.

„Podle ekologů vláda neplní ani výslovné úkoly dané Státní energetickou koncepcí ČR, jako je penalizace nízko účinné výroby elektřiny z uhlí, zvýšení energetické daně z uhlí či prosazování své strategie v energetických firmách, které vlastní. Zcela nechává stagnovat sektor obnovitelných zdrojů energie a nezvládá snižování plýtvání“ [24].

Nejvyšší kontrolní úřad přišel na to, že limity stanovené pro rok 2020 se u nás nejspíše nesplní [54]. Dle této inspekce ani není dostatečně měřeno, zda náklady na zlepšení ovzduší skutečně přináší kýžené ovoce. Ministerstvo životního prostředí se zavázalo nedostatky nahradit dodatečnými opatřeními. Stát měl za úkol 23 emisních opatření. Téměř na polovině nezačal řádně pracovat, případně je vysoké riziko, že nebudou včas a v předpokládaném rozsahu splněna. Mnoho z těchto omezení si přitom naordinoval stát sám.

7.4 Nebezpečí krachu

Z důvodu nedostatečného zájmu koncových uživatelů o elektromobily při původní cenové hladině, začaly automobilky prodávat elektromobily mírně pod cenou. Z dlouhodobého hlediska musí doufat, že monetární a jiné pobídky států zvýší zájem zákazníků a jejich obraty se zvýší. Emisní předpisy drtí výrobce aut z jedné strany. Z tohoto úhlu pohledu je jediné východisko nevyrábět vozy na klasický spalovací motor, ale buď hybridy, případně elektromobily. Z druhé strany jsou výrobci limitováni poptávkou. Zvýšit ji napomáhají především dotace a motivační pobídky státu. Automobilky se tak dostávají do nepříznivé situace. Nacházejí se na nedobré cestě, na jejímž konci (doufejme) není vykrvácení všech peněžních prostředků a krach firem. Tím by o místo přišlo na 3,4 milionu lidí [39].

„VW se chystá uvést na trh vozy na elektrický pohon za stejnou cenu jako auta s benzinovými motory, tudíž se ztratou“ [39].

Závěr

Cílem práce bylo seznámit se s problematikou nástupu elektromobilů, která na nás pomalu útočí ze všech stran. Na vesnicích to ještě není tak patrné, ale již i v menších městech, jako je například Kolín, či Kutná Hora, jsem potkal nabíjecí body, či samotné elektromobily. Považuji proto za vhodné, aby se problematikou vhodnosti a výhodnosti elektromobility zabýval i širší okruh společnosti.

Obávám se však, že často člověk, který zkoumá určitou problematiku, vidí věci ze svého úhlu pohledu a trošku se bojím, že často zůstává příliš líným, aby zkoumal věci v širším kontextu, o což jsem se v této práci alespoň snažil. Dovolím si tvrdit, že o mém názoru svědčí níže citované články:

- „Elektromobily napájené ze sítě jsou přílišným plýtváním zdrojů maskovaným jako šetření. Máme dostatek materiálu na výrobu elektromobilů pro pár bohatých, ale nikdy nebudeme mít dost baterií na to, aby to umožnilo implementaci elektromobilů na nějakém větším lokálním trhu, neřku-li ve světovém měřítku. Není to efektivní řešení“.[42]
- „Pouhých 91 uhelných společností mělo v roce 2016 na svědomí 7 600 předčasných úmrtí“[55][55]. Tvrdí to výzkumy Greenpeace. K tomu přikládají další čísla lidí, kteří trpí na poškozené zdraví v souvislosti s uhelnými elektrárnami, potažmo s uhlím.

Při úvahách, jak to tedy vlastně je, docházím k závěru, že pro laiky hůře uchopitelnou a ještě hůře měřitelnou čistotu ovzduší se snažíme hájit a propagovat dost, co však je až nezdravě moc, je nátlak, kterému je automobilový průmysl vystaven, kdy se snažíme o razantní a velmi rychlou restrukturalizaci.

Prosperita automobilového průmyslu a především automobilek samotných může u nás být snadno ohrožena (jestli ještě není) – z jedné strany jsou výrobci dušeni nařízeními evropské unie limity emisí a jsou nuceni přecházet z výroby automobilů na spalovací motor, na elektromobily. Ze strany druhé jsou ničeny státem, který nejen, že nedostatečně podporuje trh, kdy by konečný zákazník zaplatil za elektromobil méně, čímž by vznikla větší poptávka a automobilky by mohli alespoň prodávat nový, po nich evropskou unií vyžadovaný sortiment. Stát neplní další své závazky dostatečně včas a rozvoj nového trhu tak nejen, že nepodporuje, dovolil bych si dokonce říct, že brzdí. Jako ukázkou jmenujme alespoň dva příklady, které jsem v práci naznačil:

- Problematika spalovacích elektráren – v práci jsem psal o nedostatečném řešení jejich uzavírání (alespoň v porovnání s Německem)

- Testovací okruh pro autonomní řízení - nesouvisí s elektromobilitou přímo, ale úzce souvisí s nástupem pokročilé elektroniky do automobilového průmyslu a jistě by tomuto průmyslu přinesl i určité prostředky pro další rozvoj

V ČR je nutná i úprava zdrojů elektřiny; máme nejvíce elektráren tepelných, pro smysluplnost elektromobility je třeba alespoň trochu napodobit Německo – eliminovat a ideálně zcela odstavit tepelné elektrárny a přejít na jiné zdroje elektrické energie. Možností je přejít na obnovitelné zdroje – tedy na vodní, větrné, či fotovoltaické elektrárny. Ty však u nás mají značné omezení – leckde jsou chráněná krajinná území, vítr dostatečně fouká jen na pár místech v ČR, slunečních dnů máme relativně omezené množství (a v noci slunce nesvítí) a využitelné vodní spády jsou již většinou elektrárnami osazené (nehledě na narušení krajinného rázu). Další alternativou, jsou elektrárny jaderné, které ovšem nejsou bezodpadové. Odpad z takovýchto elektráren jsme schopni poměrně dobře uskladnit, avšak drtivá většina obcí, na jejichž území by byl odpad skladován, vyjadřuje nesouhlas se skladováním této komodity ve svém okolí, což jsme mohli zaznamenat již před mnoha lety v mediích. Obávám se, že jakákoliv nová elektrárna má vysokou pravděpodobnost narušení rázu přírody, nemluvě o zmatení, či dokonce vyhnání zvířat z daného okolí.

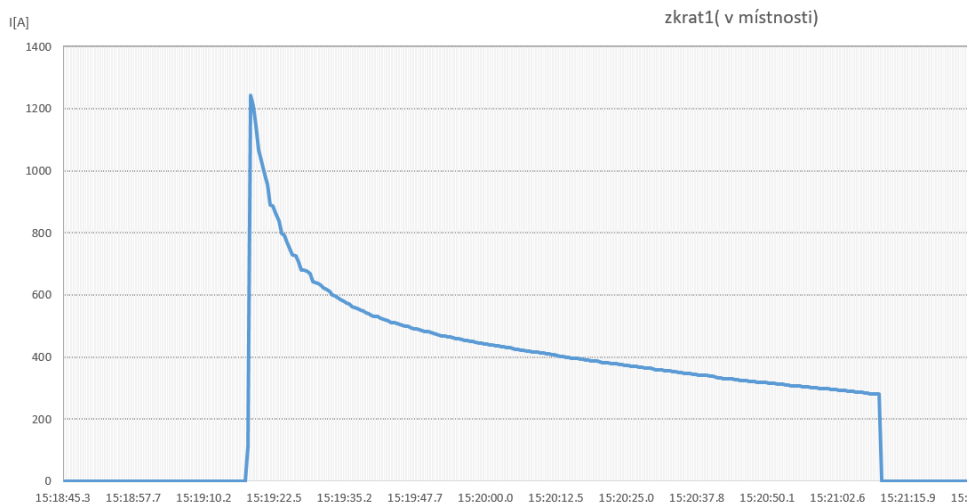
V současné době se ještě dost investuje do vývoje a to nejen baterií, které jsou hlavní součástí výsledné ceny a emisní náročnosti výroby elektromobilů, ale také do nabíjecí infrastruktury. Připadá mi však trochu nerozumné stanovovat poměrně šibeniční termíny pro restrukturalizaci světového trhu celého jednoho odvětví. Víím, že pro co nejméně tragický vývoj skleníkových plynů je potřeba udělat zásah co nejdříve – o tom již před cca dvěma, třemi lety byla na UPCE nejedna přednáška. Pokud by však automobilky zkrachovaly, přišlo by o práci mnoho lidí. Raději ani nemyslet, co by se mohlo dít, pokud by všichni o práci přišli najednou...

Rozumné nestranné stanovisko je těžké zaujmout, myslím si však, že eliminovat zplodiny elektráren (především těch uhelných) a odstranit 40 a více let stará vozidla s neefektivním spalovacím motorem, jsou dobrými kroky k žití v lepší přírodě.

Maximalizaci užitku přírodních sil, kdy nám přináší energii elektrickou, je vhodné dělat rozumně, aby návratnost ekologického zatížení byla několikanásobná, čehož se ještě úplně běžně nedosahuje v dostatečném množství.

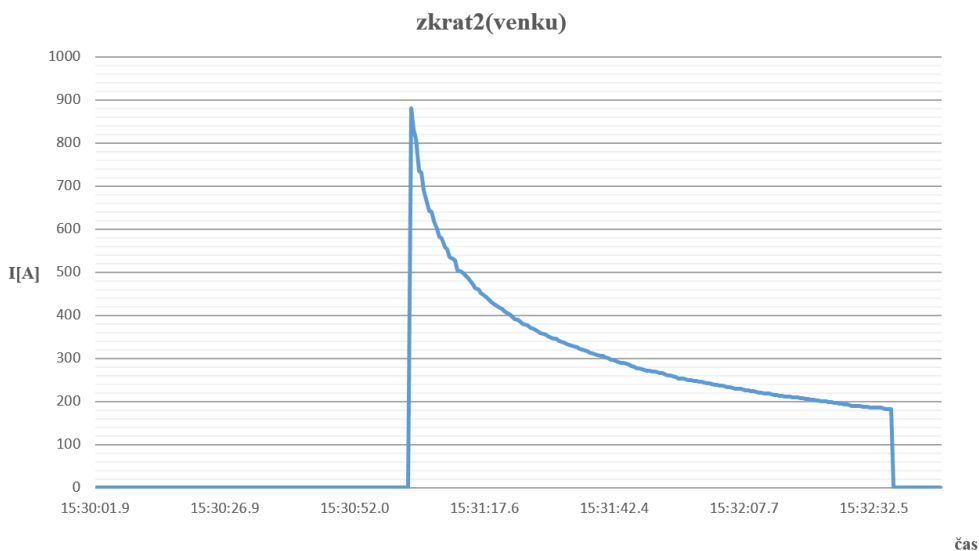
Přílohy

Níže jsou grafy z měření zkratované baterie HE3DA, první graf nám ukazuje stav bez dalších poruch. Vidíme, jaký maximální proud je baterie schopna dodat. Z grafu je zřejmé, jak krátký čas tento maximální proud můžeme čerpat. Druhý graf nám ukazuje zkrat po simulované havárii (po vyhození baterie z okna z vyšších pater). Vidíme, že proud je nižší. Lze proto tvrdit, že poničení baterie vede na „bezpečnější“ stav.



Obrázek 21 Zkrat v jinak bezporuchovém stavu

Zdroj [46]



Obrázek 22 Zkrat po "havárii"

Zdroj [46]

Na další části přílohy vidíme těžbu kobaltu v Kongu. Tyto fotografie dokládají zmiňovanou práci dětí, ruční práci a lidské vystavování se těžkým kovům. Což z humanitárního hlediska

zřejmě není vhodné, abych v bakalářské práci komentoval. Čistě z technického hlediska zde vidíme, čím dalším je rozvoj elektromobility brzděn.

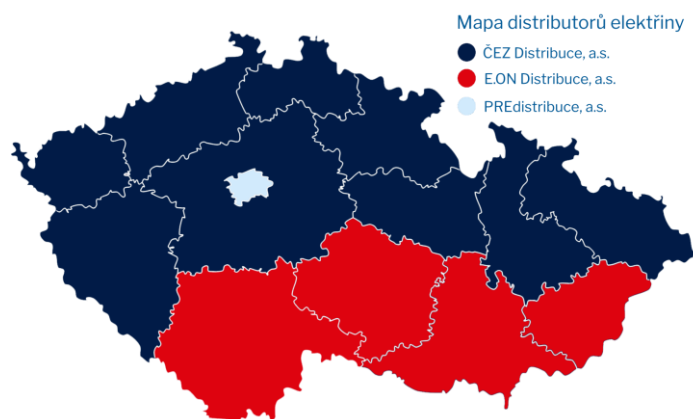


Zdroj [9]



Zdroj [9]

V poslední části přílohy chci uveřejnit jednotlivé ceny za elektrickou energii. Ta se liší podle toho, kterému distributorovi je věnován na starost daný územní celek. Proto tabulky uvádí regiony největších distributorů v ČR.



Zdroj [26]

Cena elektřiny za kWh v roce 2019 (region ČEZ)				Cena elektřiny za kWh v roce 2019 (region E.ON)			
dodavatel	produkt	Cena za 1 kWh (Kč)	měsíční platby (v Kč)	dodavatel	produkt	Cena za 1 kWh (Kč)	měsíční platby (v Kč)
E.ON Energie, a.s.	Elektřina	4,81	206,83	E.ON Energie, a.s.	Elektřina	4,91	201,99
Carbounion Bohemia, spol. s r.o.	Standard	4,8	211,67	Carbounion Bohemia, spol. s r.o.	Standard	4,9	206,83
ČEZ Prodej, a.s.	Elektřina na neurčito	4,73	226,78	innogy Energie, s.r.o.	elektřina Standard	4,87	201,99
Centropol Energy, a.s.	Pohoda Doma	4,71	223,77	Bohemia Energy entity s.r.o.	Garance	4,87	201,99
Comfort Energy s.r.o.	Single	4,7	223,77	ČEZ Prodej, a.s.	Elektřina na neurčito	4,82	221,94
Pražská energetika, a.s. (PRE)	Proud Klasik	4,7	222,31	Comfort Energy s.r.o.	Single	4,79	201,99
innogy Energie, s.r.o.	elektřina Standard	4,69	226,19	Pražská energetika, a.s. (PRE)	Proud Klasik	4,79	217,47
X Energie, s.r.o.	Standard	4,69	223,77	Centropol Energy, a.s.	Pohoda Doma	4,78	217,47
Bohemia Energy entity s.r.o.	Garance	4,69	200,78	X Energie, s.r.o.	Standard	4,78	201,99
Pražská energetika, a.s. (PRE)	Komfort + Neo 2	4,67	210,21	Pražská energetika, a.s. (PRE)	Komfort + Neo 2	4,77	206,83
Armex Energie, a.s.	Armex Energy	4,66	206,83	Armex Energie, a.s.	Armex Energy	4,76	201,99
ČEZ Prodej, a.s.	Elektřina na 2 roky	4,65	211,67	ČEZ Prodej, a.s.	Elektřina na 2 roky	4,75	206,83
Vemex Energie a.s.	Vemex Standard	4,62	206,83	Vemex Energie a.s.	Vemex Standard	4,72	201,99
MND a.s.	Proud	4,6	205,18	MND a.s.	Proud	4,69	200,34
EP Energy Trading, a.s.	Klasik Optimum	4,56	200,78	EP Energy Trading, a.s.	Klasik Optimum	4,65	195,94
E.ON Energie, a.s.	Variant PRO (únor 2019)	4,54	206,83	Fonergy s.r.o.	Standard	4,63	147,54
Fonergy s.r.o.	Standard	4,53	152,38	E.ON Energie, a.s.	Variant PRO (únor 2019)	4,63	201,99
Energie ČS, a.s.	Standard	4,51	194,73	Energie ČS, a.s.	Standard	4,6	189,89
Europe Easy Energy a.s.	3E Easy	4,42	187,47	Europe Easy Energy a.s.	3E Easy	4,52	182,63
Amper Market, a.s.	Amper Home	4,42	187,47	Amper Market, a.s.	Amper Home	4,52	182,63
eYello CZ, k.s.	Yello Single	4,41	199,57	eYello CZ, k.s.	Yello Single	4,51	194,73
Dobrá Energie s.r.o.	Dobry cenik	4,38	198,36	Dobrá Energie s.r.o.	Dobry cenik	4,48	193,52
Pražská plynárenská, a.s.	Standard	4,37	188,68	Pražská plynárenská, a.s.	Standard	4,47	183,84
Eneka s.r.o.	Standard	4,32	198,36	Lama energy a.s.	standard	4,47	181,42
Lama energy a.s.	standard	4,31	200,78	Eneka s.r.o.	Standard	4,42	193,52

Zdroj [26]

Zdroj [26]

Cena elektřiny za kWh v roce 2019 (region PRE)			
dodavatel	produkt	Cena za 1 kWh (Kč)	měsíční platby (v Kč)
E.ON Energie, a.s.	Elekřina	4,71	205,62
Carbounion Bohemia, spol. s r.o.	Standard	4,7	210,46
ČEZ Prodej, a.s.	Elekřina na neurčito	4,63	225,57
ČEZ Prodej, a.s.	Elekřina na 2 roky	4,63	225,57
Comfort Energy s.r.o.	Single	4,6	222,56
Pražská energetika, a.s. (PRE)	Proud Klasik	4,6	221,1
Centropol Energy, a.s.	Pohoda Doma	4,59	221,1
X Energie s.r.o.	Standard	4,59	222,56
Pražská energetika, a.s. (PRE)	Komfort + Neo 2	4,57	209
Armex Energy, a.s.	Armex Energy	4,56	205,62
Vemex Energie a.s.	Vemex Standard	4,53	205,62
MND a.s.	Proud	4,5	203,97
EP Energy Trading, a.s.	Klasik Optimum	4,46	199,57
E.ON Energie, a.s.	Variant PRO (únor 2019)	4,44	205,62
Fonergy s.r.o.	Standard	4,43	151,17
Energie ČS, a.s.	Standard	4,41	193,52
innogy Energie s.r.o.	elekřina Standard	4,38	222,56
Bohemia Energy entity s.r.o.	Garance	4,38	222,56
Europe Easy Energy a.s.	3E Easy	4,32	186,26
Amper Market, a.s.	Amper Home	4,32	186,26
eYello CZ, k.s.	Yello Single	4,31	198,36
Dobrá Energie s.r.o.	Dobrý ceník	4,29	197,15
Pražská plynárenská, a.s.	Standard	4,28	187,47
Enella s.r.o.	Standard	4,23	197,15
Enel Energy s.p.a.	Standard	4,18	200,56

Zdroj [26]

Zdroje:

1. Citovaná literatura

- [1] SIKYTA, Adam. *Využití elektromobility v podmínkách ČR.*, 12.
- [2] *Dopravní a energetický model pro individuální elektromobilitu.* Pardubice, 2018. Bakalářská práce. UPCE DFJP. Vedoucí práce Prof. Jaroslav Novák.
- [3] *Sanjay Dastoor: A skateboard, with a boost, TED talk* [online]. Sanjay Dastoor, 2013 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.ted.com/talks/sanjay_dastoor_a_skateboard_with_a_boost
- [4] *Šest problémů s elektrickými vozy, o nichž nikdo nemluví* [online]. Sebastian Toma, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.autoevolution.com/news/six-problems-with-electric-cars-that-nobody-talks-about-112221.html>
- [5] *Modelování vlivu dobíjení elektromobilů na poměry v distribuční síti nn* [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/77059/F3-DP-2018-Tomas-Filip-Modelovani%20vlivu%20dobijeni%20elektromobilu%20na%20pomery%20v%20distribucni%20siti.pdf?sequence=-1>. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Jan Kůla.
- [6] *Na státní podporu pro nákup elektroaut zapomeňte, vzkázal Babiš* [online]. Tomáš Cafourek, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/automotive-skoda-eu-elektromobily-emise-oxid-uhlicity-vlada-babis-memorandum.A190318_110907_eko-doprava_cfr
- [7] *Emisní limity nás ničí, úpí automobilky pod tlakem elektromobility* [online]. Tomáš Cafourek, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/automobilky-emise-elektromobilita-dieselgate-normy.A190320_464788_eko-doprava_fih
- [8] *Jsou elektromobily ekologičtější? Kvůli výrobě baterií zatím ne* [online]. Ivan Verner, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.flowee.cz/floweecity/smart-cities/5719-jsou-elektromobily-ekologictejsi-kvuli-vyrobe-baterii-zatim-ne?gclid=EAIAIQobChMIptHiq_mg4QIVS-h3Ch3NpA99EAAYASAAEgKyK_D_BwE
- [9] *Kobalt může naboloupat velké plány na elektrickou budoucnost aut* [online]. František Dvořák, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/kobalt-elektromobil.A171022_084211_automoto_fdv

- [10] Kolik stojí nejlevnější elektromobil? Cena vás překvapí [online]. 30.3.2019, , 1 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/kolik-stoji-nejlevnejsi-elektromobil-cena-vas-prekvapi#anchor-menu>
- [11] *Za 7 let spadla cena baterií 4×. Budou elektrická auta levnější než ta spalovací?* [online]. Patrik Svatoš, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/za-7-let-spadla-cena-baterii-4-budou-elektricka-auta-levnejsi-nez-ta-spalovaci-2176>
- [12] *Ceny baterií do elektromobilů mohou do roku 2025 klesnout až o 70%* [online]. Luboš Srb, 2012 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/ceny-baterii-do-elektromobilu-mohou-do-roku-2025-klesnout-az-o-70>
- [13] *Eso v rukávu? Tesla chce vyrobit superlevný elektromobil* [online]. Luboš Srb, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/eso-v-rukavu-tesla-chce-vyrob-it-superlevny-elektromobil>
- [14] *Elektromobil Solo dobývá Ameriku, sází na dostupnost* [online]. Arsen Lazarevič, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/nejlevnejsi-elektromobil-na-svete>
- [15] *Vyplatí se elektromobil?* [online]. 30.3.2019, , 1 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/vyplati-se-elektromobil#anchor-menu>
- [16] *Co je elektromobilita?* [online]. 30.3.2019, , 1 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/elektromobilita#anchor-menu>
- [17] *Číňané vlákali českého výrobce baterií do pasti, chtěli ukrást jeho unikátní technologii* [online]. Robert Břešťan, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.info.cz/byznys/cinane-vlakali-ceskeho-vyrobce-baterii-do-pasti-chteli-ukrast-jeho-unikatni-technologie-18910.html>
- [18] *Českého výrobce baterií Číňané nepoložili, expanduje do Spojených států* [online]. Jiří Frydlewicz, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/ceskeho-vyrobce-baterii-cinane-nepolozili-expanduje-do-spojonych-statu-1342429>
- [19] *Gigatovárna Tesly začíná vyrábět, i když stavba není dokončená* [online]. Radek Pavlovič, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/gigatovarna-tesly-zacina-vyrabet-i-kdyz-stavba-neni-dokoncena-1327366>
- [20] *Elektromobilita promění Česko: Vzniknou nová pracovní místa, změní se průmysl. V roce 2025 bude po silnicích jezdit už 100 tisíc elektroaut* [online]. Petr Korbel, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://ekonom.ihned.cz/c1-66477650-jak-cesko-zmeni-elektromobilita>

- [21] *Kde je a kde není vhodná elektromobilita?* [online]. Martina Jandusová, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/105067/kde-je-a-kde-neni-vhodna-elektromobilita.aspx>
- [22] *Proč máme od nového roku dražší elektřinu* [online]. Redakce Elektřina.cz, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/proc-zdrazila-elektrina>
- [23] *Obnovitelné zdroje ohrožují dodávky energií. Kapacitní mechanismy jsou nutností* [online]. Redakce Elektřina.cz, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/obnovitelne-zdroje-ohrozuji-prenosovou-sestavu-kapacitni-mechanismy-jsou-nutnosti-varuje-odbornik>
- [24] *Německo ukončí spalování uhlí v roce 2038. Jedná se o tvrdě vyjednaný kompromis s uhelnými regiony* [online]. Redakce Elektřina.cz, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/nemecko-konci-s-uhlim>
- [25] *Fixace cen elektřiny u ČEZ: Vyplatí se v roce 2019 smlouva na dobu určitou?* [online]. Redakce Elektřina.cz, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/fixace-cen-elektriny-cez-2019>
- [26] *Průměrná cena elektřiny za kWh v roce 2019 zdražila na 4,6 korun. Kdo ji prodává levněji?* [online]. Redakce Elektřina.cz, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/cena-elektriny-za-kwh-2019-cez-eon-pre-a-dalsi-dodavatele>
- [27] *Porovnání cen elektřiny 2017 v Evropě: Nejvíc platí Němci a Portugalci. Jak si vedou Češi?* [online]. Kamila Hamalčíková, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/porovnani-cen-elektriny-2017-pro-ceske-a-evropske-domacnosti>
- [28] *Tesla ruší pravidelné servisní prohlídky, auta budou jezdit do servisu jen když bude třeba* [online]. Vojtěch Sedláček, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/tesla-rusi-svuj-rocni-servisni-program-auta-budou-jezdit-do-servisu-jen-kdyz-bude-treba>
- [29] *Elektroauta budou problém pro servisy. Nebude je mít kdo opravovat* [online]. František Dvořák, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/elektromobil-servis-skoda-mechanik.A181127_151846_automoto_fdv
- [30] *Poruchovost „čmoudů“ a elektromobilů se nedá srovnat, tvrdí spokojený řidič elektroauta* [online]. Kamila Hamalčíková, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/elektromobily-serial-5-dil-poruchy-a-udrzba-elektromobilu>

- [31] *Tesla Motors: 11 zajímavostí o firmě, která otřásla zajetými koleje* *autopřemyslu* [online]. Kamila Hamalčíková, 2015 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/tesla-motors-zajimavosti>
- [32] *Elektromobilita, její současný stav a perspektiva*. [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/69369/F3-BP-2017-Spilka-Vojtech-Elektromobilita%2c%20jeji%20soucasny%20stav%20a%20perspektiva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Petr Wolf, Ph.D.
- [33] *Elektromobilita* [online]. Mumry, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://forum.ceskedalnice.cz/viewtopic.php?f=194&t=6419>.
- [34] *Cena až 120 Kč za pouhou 1 kWh? Realita u dobíjecích stanic ČEZ* [online]. Luboš Srb, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/cena-az-120-kc-za-pouhou-1-kwh-realita-u-dobijecich-stanic-cez>
- [35] *Češi vymysleli levné a chytré nabíjecí stanice pro automobily* [online]. Ing. Ivana Drábková, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.voltdrive.com/cesi-vymysleli-levne-a-chytre-nabijeci-stanice-pro-automobily>
- [36] *Výroba elektřiny se decentralizuje, přenosová síť může být v ohrožení* [online]. Arsen Lazarevič, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/vyroba-elektriny-se-decentralizuje-prenosova-sit-muze-byt-v-ohrozeni>
- [37] *Chargemap* [online]. In: . 2019 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://chargemap.com/map>
- [38] *Elektřina: Víte, kdy spotřebujeme nejvíc?* [online]. Redakce Nazeleno.cz, 2010 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/energetika/elektrina-vite-kdy-spotrebovavame-nejvic.aspx>
- [39] *ANALÝZA: Elektromobilita poleze do peněz všem, výrobcům, státu i lidem* [online]. František Dvořák, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/elektromobil.A181012_112513_automot_o_fdv
- [40] *Časté dotazy* [online]. elektromobilita-cz.com [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita-cz.com/caste-dotazy/>

- [41] *Tesla potichu oznámila částečný průlom na poli baterií* [online]. Luboš Srb, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/tesla-potichu-oznamila-castecny-prulom-na-poli-baterii>
- [42] *Lithium, stěžejní materiál při výrobě akumulátorů pro elektromobily. Máme ho dostatek?* [online]. Redakce Nazeleno.cz, 2012 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/energetika/lithium-stezejni-material-pri-vyrobe-akumulatoru-pro-elektromobily-mame-ho-dostatek.aspx>
- [43] *Lithium: Nejdůležitější součást elektromobilů?* [online]. Redakce Nazeleno.cz, 2011 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/lithium-nejdulezitejsi-soucast-elektromobilu/>
- [44] *Lithiové akumulátory: Přehled základních typů a jejich vlastností* [online]. Ing. Jiří Tichý, UETE FEKT VUT v Brně, 2015 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/13612-lithiove-akumulatory>
- [45] *Miliardová investice do továrny na výrobu lithiových baterií HE3DA zahájena* [online]. Ekonomický deník, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/435203-miliardova-investice-do-tovarny-na-vyrobu-lithiovy-ch-baterii-he3da-zahajena/>
- [46] *Baterie HE3DA – výroba, zátěž, zkrat a crash test* [online]. Mgr. Jiří Zilvar, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/16935-baterie-he3da-vyroba-zatez-zkrat-a-crash-test>
- [47] *A123 Systems otevřel v Ostravě továrnu na výrobu baterií, zaměstná až 150 lidí* [online]. ČTK, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/a123-systems-otevrel-v-ostrave-tovarnu-na-vyrobu-baterii-zamestna-az-150-lidi-1329494>
- [48] *Nissan launches British-made home battery to rival Tesla's Powerwall* [online]. Adam Vaughan, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/business/2017/may/04/nissan-launches-british-made-home-battery-to-rival-teslas-powerwall>
- [49] *The rise of electric cars could leave us with a big battery waste problem* [online]. Joey Gardiner, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/aug/10/electric-cars-big-battery-waste-problem-lithium-recycling>
- [50] *Ondřej Krátký – Na čem závisí úspěch* [online]. Cesta Úspěšných, 2016 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=dBwZpF9bjyc>
- [51] *První mrtvý řidič Tesly v Evropě. Záchranáři se pak báli elektromobilu* [online]. František Dvořák, 2016 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/tesla-nizozemi-elektromobil-hasici.A160908_152628_automoto_fdv

- [52] Svět v roce 2040: díky elektromobilům klesne spotřeba ropy o 7 procent [online]. tradingeconomics.com, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/budoucnost-patri-elektromobilum-poptavku-po-rope-snizi-v-roce-2040-o-7-milionu-barelu-denne-1406826>
- [53] *Elektřiny pro auta do zásuvky bude málo, musí vyrůst jaderné elektrárny* [online]. Martin Šidlák, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/elektromobil-infrastruktura.A180820_101353_automoto_fdv
- [54] *Česko dělá málo pro zlepšení ovzduší. MŽP namítá: Může zato přeshraniční znečištění* [online]. Redakce Elektrina.cz, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/cesko-dela-malo-pro-zlepseni-ovzdusi>
- [55] *Uhelné elektrárny ročně zabijí 7600 obyvatel Evropy, tvrdí Greenpeace* [online]. Redakce Elektrina.cz, 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/uhelne-elektrarny>

2. Tabulky

Tabulka 1 Ceny elektromobilů	18
Tabulka 2 Doba návratnosti	20
Tabulka 3 Cena elektřiny	24
Tabulka 4 Porovnání doby nabíjení	29
Tabulka 5 Porovnání akumulátorů	40

3. Obrázky

Obrázek 1 Vývoj ceny baterií	19
Obrázek 2 Vývoj počtu elektromobilů.....	21
Obrázek 3 Počet veřejných nabíjecích stanic	21
Obrázek 4 Nabíjecí konektor 1	29
Obrázek 5 Nabíjecí konektor 2	30
Obrázek 6 Nabíjecí konektor 3	30
Obrázek 7 Nabíjecí konektor 4 a 5	31
Obrázek 8 Nabíjecí stanice - mapa	34
Obrázek 9 Domácí nabíjení	35
Obrázek 10 Spotřeba v závislosti na ročním období	36
Obrázek 11 Odběr během let	37
Obrázek 12 Zastoupení prvků.....	42
Obrázek 13 Využití kobaltu.....	43
Obrázek 14 Reakce v akumulátoru	45
Obrázek 15 Test baterie HE3DA, rozložení tepla	47
Obrázek 16 Skladba HE3DA	48
Obrázek 17 Produkce CO ₂ /km	50
Obrázek 18 Produkce CO ₂ různými typy pohonu.....	51
Obrázek 19 Produkce CO ₂ z elektráren	51
Obrázek 20 Povolené množství CO ₂ /km.....	54