

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**ELEKTROMOBILITA A JEJÍ VLIV
NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ
ELECTROMOBILITY AND INFLUENCE ON THE
ENVIRONMENT**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR: Bc. Tomáš Kukul

VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

© 2024 ČZU V PRAZE

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Kukul

Regionální environmentální správa

Název práce

Elektromobilita a její vliv na životní prostředí

Název anglicky

Electromobility and influence on the environment

Cíle práce

V diplomové práci se budu zabývat reálným vlivem elektromobility na životní prostředí. Elektromobilita je v současné době považována za ekologický trend, který by měl mít, oproti dopravním prostředkům s klasickým pohonem, minimální dopad na životní prostředí. Hlavní cíl práce tedy spočívá ve zhodnocení dopadů elektromobility na životní prostředí, a to především z hlediska množství produkovaných skleníkových plynů. Z toho důvodu byla stanovena hlavní vědecká hypotéza této práce, na kterou bude hledána odpověď. Tato hypotéza zní:

H0: Elektromobilita má menší dopad na životní prostředí, co se množství produkovaných skleníkových plynů týká, nežli osobní automobily poháněné ropnými produkty (benzinem a naftou).

Metodika

K sepsání této rešeršní práce bylo využito dostupné škály primárních i sekundárních odborných zdrojů. Využita byla především česky psaná odborná literatura, která byla do jisté míry doplněna o anglicky psané zdroje, nejčastěji v podobě odborných vědeckých článků. Tyto vědecké články byly vyhledávány na vědeckých databázích, konkrétně v rámci databází Web of Science nebo Scopus.

Výsledkem by se měl stát ucelený odborný text, který bude podepřen nejnovějšími poznatky z oboru elektromobility, a který bude nestranně hodnotit dopad elektromobility životnímu prostředí.

Doporučený rozsah práce

50 stran textu

Klíčová slova

Elektromobilita, recyklace, obnovitelné zdroje, ekologie, skleníkové plyny, automobil, alternativní pohon, nafta, benzín, baterie

Doporučené zdroje informací

HOEKSTRA, A. 2018. The underestimated potential of battery electric vehicles to reduce emissions. *Joule*. Volume 3, Issue 6, pp. 1412-1414.

HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.

LARMINIE, James a John LOWRY. *Electric vehicle technology explained*. 2nd ed. Chichester GB: Wiley, 2012. ISBN 978-111-9942-733.

MANZETTI, S. Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015, 51(11), 1004-1012. ISSN 1364-0321;1879-0690.

VLK, F. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2014. 234 stran. ISBN: 80-239-1602-5.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2024

Prohlášení

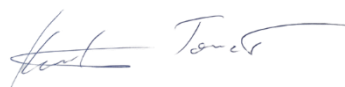
Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma:

Elektromobilita a její vliv na životní prostředí vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Nové Vsi u Kolína dne 28.03.2023



.....

Poděkování

Veliké poděkování patří mému vedoucímu práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D., že jste vedl mou práci a poskytoval věcné rady a připomínky. Děkuji také za trpělivost a motivující přístup a za to, že jste mi umožnil pracovat na mé diplomové práci pod vaším dohledem. Rád bych rovněž poděkoval své rodině, která mi poskytovala neustálou podporu ve všech směrech a všem mým přátelům. Chtěl bych ještě jednou poděkovat všem za trpělivost, ochotu pomoci, povzbuzování a veškerou podporu během mého studia.

Abstrakt

Elektromobilita se stává stále populárnější alternativou k tradičním vozidlům poháněným fosilními palivy. Jedním z hlavních důvodů tohoto trendu je snaha snížit dopad dopravy na životní prostředí. Tato práce se zaměřuje na vliv elektromobility na životní prostředí a zkoumá různé aspekty této problematiky.

V úvodní části jsou představeny základní principy elektromobility a jsou porovnány s tradičními vozidly poháněnými spalovacími motory. Dále jsou diskutovány výhody elektromobility z hlediska emisí a spotřeby energie.

V další části je provedena analýza výroby a recyklace baterií používaných v elektromobilech. Jsou rozebrány různé faktory ovlivňující ekologický dopad výroby baterií a jsou představeny možnosti recyklace.

V závěru práce jsou zhodnoceny výsledky a je diskutován celkový vliv elektromobility na životní prostředí. Závěr ukazuje, že elektromobilita může přinést výrazné výhody v porovnání s tradičními vozidly, ale také vyžaduje náležité zvažování celého životního cyklu baterií a zdrojů energie, aby se minimalizoval její ekologický dopad.

Klíčová slova

elektromobilita, životní prostředí, uhlíková stopa, emise, elektromobil, doprava, obnovitelné zdroje energie, baterie, nabíjení

Abstract

Electromobility is becoming an increasingly popular alternative to traditional vehicles powered by fossil fuels. One of the main reasons for this trend is the effort to reduce the impact of transportation on the environment. This work focuses on the impact of electromobility on the environment and examines various aspects of this issue.

In the introduction, the basic principles of electromobility are presented and compared with traditional vehicles powered by combustion engines. Furthermore, the advantages of electromobility in terms of emissions and energy consumption are discussed.

In the next section, an analysis of the production and recycling of batteries used in electric vehicles is performed. Various factors affecting the environmental impact of battery production are discussed, and recycling options are presented.

In the conclusion, the results are evaluated and the overall impact of electromobility on the environment is discussed. The conclusion shows that electromobility can bring significant benefits compared to traditional vehicles, but also requires proper consideration of the entire life cycle of batteries and energy sources to minimize its environmental impact.

Keywords

electromobility, environment, carbon footprint, emissions, electric vehicle, transportation, renewable energy sources, battery, charging

Obsah

Úvod.....	1
Cíle práce	4
1. Elektromobilita.....	5
1.1 Definice a názvosloví.....	5
1.2 Historie.....	7
1.3 Současná technologie.....	11
1.3.1 Akumulátor (baterie).....	16
1.4 Klasifikace elektromobilů.....	23
1.4.1 BEV elektromobil	24
1.4.2 HEV elektromobil.....	24
1.4.3 FCEV elektromobil.....	26
1.4.3 FCEV elektromobil.....	26
1.5 Dobíjení a otázka elektrické energie.....	27
2. Vliv na životní prostředí	31
2.1 Zhodnocení emisní produkce.....	33
2.2 Recyklace, opětovné použití a likvidace.....	46
2.3 Nabíjení z obnovitelných zdrojů.....	49
2.4 Vize budoucnosti	52
Vyhodnocení a diskuse	56
Závěr	59
Použité zdroje	60

Úvod

Automobilový průmysl jako takový si od svého vzniku prošel již celou řadou různých změn a inovací. Zásadní otázkou, kterou si výrobci automobilů kladli od vzniku prvních osobních automobilů, byla otázka pohonných hmot. Jen v současné době se na automobilovém trhu můžeme setkat s mnoha různými alternativami používaných pohonů, od benzínu, nafty, plynu, vodíku až po využívání elektrické energie.

V rámci dob historických si výrobci o dopady pohonných hmot na životní prostředí nedělali žádné obavy, ostatně jako celý zbylý průmyslový svět, proto byl kladen největší důraz na výkon automobilu. Zákazník požadoval od svého osobního automobilu výkon, a výrobce se snažil mu přesně takové auto poskytnout. Ještě dvě desítky let nazpět jsme se z toho důvodu na silnicích setkávali pouze s automobily poháněnými produkty ropného původu, tedy s benzinem a naftou, coby neobnovitelnými zdroji, jejichž těžba, výroba i následná spotřeba měly zásadní dopad na životní prostředí, a především na znečištění a znehodnocování ovzduší.

Posledních 10 let jsme však svědky intenzivní změny v myšlení vyspělých civilizací, které si uvědomují, že jejich bezostyšné dosavadní chování vůči životnímu prostředí musí být ukončeno, a to nejen pro dobro samotného životního prostředí, ale i pro dobro lidstva samotného. V současné době jsme totiž svědky zrychlení mnoha globálně nebezpečných procesů a stavů, které mohou ohrozit život na zemi.

V souvislosti s automobilovým průmyslem hovoříme především o skleníkovém efektu a s ním souvisejícím globálním oteplováním. Ke skleníkovému efektu, kdy se v atmosféře hromadí skleníkové plyny, které absorbují tepelné záření zemského povrchu, dochází zcela přirozeně. Nicméně rozmanité lidské činnosti, zejména pak spalování fosilních paliv, kdy je do atmosféry ve velké míře emitován oxid uhličitý, celý přirozený proces velmi urychlují.

Globální oteplování související s antropogenním navyšováním skleníkového efektu tak v současné době představují velmi palčivá a ožehavá témata pro celou vyspělou společnost. Vyspělé státy proto apelují nejen na jednotlivá průmyslová

odvětví, ale i na celou širokou veřejnost, aby se chovala co nejvíce ekologicky, a s co největším ohledem na životní prostředí. Největšími producenty skleníkových plynů je v současné době zemědělská výroba a průmysl, z něhož velký poměr připadá právě na automobilový průmysl.

Právě z toho důvodu je v posledních 10 letech v automobilovém průmyslu zaměřena zvýšená pozornost na elektromobilitu neboli osobní automobily, které využívají pro svůj provoz elektrickou energii a neměly by během svého „života“ produkovat téměř žádné skleníkové plyny, oproti osobním automobilům poháněným benzinem či naftou. Elektromobily jsou v současné době velmi hojně vyráběny i prodávány a jejich prodej je podporován i státy samotnými.

Elektrický pohon se v současné době jeví jako nejvhodnější alternativa pro životní prostředí, co se alespoň produkce skleníkových plynů týká. Skutečností je, že elektrické vozy neprodukují během svého provozu téměř žádné skleníkové plyny. O čem se ale příliš často nehovoří, je množství skleníkových plynů, které vzniká při výrobě jednotlivých částí elektromobilu, především při výrobě jejich baterií.

V rámci této diplomové práce se budeme zajímat především o skutečný vliv elektromobility na životní prostředí, a to ze všech jejich možných úhlů. Ačkoliv je elektromobilita považována výrobci a vládami jednotlivých států za velmi ekologickou záležitost, jejíž plošné zavedení by mělo zřetelně omezit množství vypouštěných skleníkových plynů a zpomalit tak skleníkový efekt vedoucí ke globálnímu oteplování. Některé výzkumy a zprávy odborníků naznačují, že výroba elektromobilu vyprodukuje více skleníkových plynů nežli výroba automobilu s klasickým pohonem, i při zahrnutí množství skleníkových plynů, které toto auto vyprodukuje během svého funkčního období.

Nejprve se zaměříme na elektromobilitu jako takovou, kdy si nejprve tento pojem definujeme. V následujících podkapitolách se budeme zabírat historií elektromobility a jejím postupným vývojem. V podkapitole Technologie se zaměříme na to, jak elektromobil funguje, z jakých částí se skládá. U jednotlivých částí elektromobilu se také zaměříme na to, jaké množství skleníkových plynů při jejich výrobě vzniká.

V krátkosti se také v rámci čtvrté podkapitoly zaměříme na klasifikaci v současné době vyráběných elektromobilů, jelikož mnozí se domnívají, že ohledně elektromobilů neexistuje žádná klasifikace, ale pouze jeden typ, elektromobil. Také se budeme zajímat o to, jak je ve světě, v Evropě i v České republice v současné době řešena infrastruktura pro dobíjení elektrických automobilů. Používání elektromobilů je ekologické, avšak je k tomu dostatečně zajištěna i potřebná infrastruktura? Mnozí z nás jistě slyšeli, že konkrétně v tuzemsku, kde jsou také elektromobily podporovány vládou i ekologickými spolky, je situace s dobíjecími stanicemi absolutně nedostatečná.

Největší pozornost však budeme věnovat kapitole zabývající se vlivem elektromobility na životní prostředí. Zde se zaměříme na porovnání množství skleníkových plynů, které vznikají při výrobě i provozu klasických automobilů a elektrických automobilů. Pokusíme se zhodnotit, zda je současná technologie výroby i provozu elektromobilů skutečně pro životní prostředí přínosem nebo by potřebovala ještě značné vylepšení, aby se stala skutečně ekologickou záležitostí.

Konkrétně se dále také budeme zajímat o to, jaké možnosti existují a byly by přínosem při zvyšování ekologičnosti elektromobilů - instalace solárních panelů, dobíjení elektrické energie do elektromobilů z obnovitelných zdrojů či opětovná recyklace součástí elektromobilu při jeho vyřazení z provozu. V poslední kapitole se pokusíme vyhodnotit, jakým směrem se bude elektromobilita ubírat v budoucnosti a doporučíme, jakým směrem by podle nás měla celá technologie směřovat.

Cíle práce

V diplomové práci se budeme zabývat reálným vlivem elektromobility na životní prostředí. Elektromobilita je v současné době považována za ekologický trend, který by měl mít, oproti dopravním prostředkům s klasickým pohonem, minimální dopad na životní prostředí. Hlavní cíl práce tedy spočívá ve zhodnocení dopadů elektromobility na životní prostředí, a to především z hlediska množství produkovaných skleníkových plynů. Z toho důvodu byla stanovena hlavní vědecká hypotéza této práce, na kterou bude hledána odpověď. Tato hypotéza zní:

H0: Elektromobilita má menší dopad na životní prostředí, co se množství produkovaných skleníkových plynů týká, nežli osobní automobily poháněné ropnými produkty (benzinem a naftou).

K sepsání této rešeršní práce bylo využito dostupné škály primárních i sekundárních odborných zdrojů. Využita byla především česky psaná odborná literatura, která byla do jisté míry doplněna o anglicky psané zdroje, nejčastěji v podobě odborných vědeckých článků. Tyto vědecké články byly vyhledávány na vědeckých databázích, konkrétně v rámci databází *Web of Science* nebo *Scopus*.

1 Elektromobilita

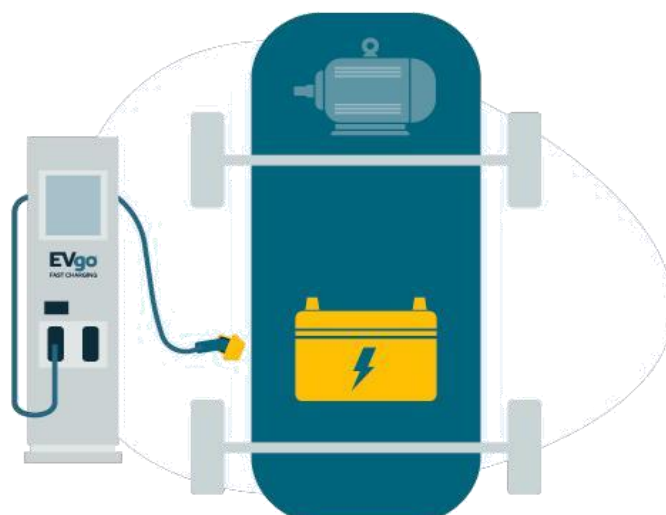
1.1 Definice a názvosloví

Nežli se detailněji zaměříme na problematiku elektromobilů, zaměříme se na to, jak je elektromobilita popisována a definována odbornou literaturou. Co tedy konkrétně chápeme pod pojmem elektromobilita? Všeobecně řečeno, představuje elektromobilita souhrnné označení pro všechna vozidla a dopravní prostředky, které jsou poháněny elektrickou energií a jsou opatřeny bateriemi¹.

Zjednodušeně můžeme říci, že elektromobilní dopravní prostředky jsou ty, v nichž jsou nainstalovány baterie, které se musejí pro svůj provoz pravidelně dobíjet. Nadále jsou tyto prostředky opatřeny elektrickým motorem, a zcela v nich chybí spalovací nebo dieselové motory, které by potřebovaly pro svůj provoz pohonné hmoty ropného původu.

Do elektromobilních dopravních prostředků řadíme elektromobily, elektrokola, elektromotocykly, ale i všechny ostatní dopravní prostředky, které pro svůj pohon potřebují elektrickou energii (elektrické hromadné dopravní prostředky, elektrické lodě, elektrická letadla). Částečně do kategorie elektromobilních dopravních prostředků můžeme zařadit i tzv. hybridy, což jsou nejčastěji osobní automobily, které pro svůj provoz využívají kombinace několika typů motorů, ze kterých je alespoň jeden právě elektrického charakteru².

¹ HROMÁDKO, J. Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1, s. 34.
² ELECTRIC VEHICLES. 2017. Union of Concerned Scientists [online]. Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles#.WqLgQmrOWpo>



Obr. 1: Elektromobilními dopravními prostředky myslíme všechna vozidla, která jsou poháněná elektrickou energií.

Zdroj: evgo.com

Elektromobilita představuje v současné době velice perspektivní oblast rozvoje, a to jak mobility lidí samotné, tak i potřebných přenosových soustav či distribučních sítí. Pod pojmem elektromobilita nemáme na mysli pouze konkrétní dopravní prostředky, které jsou poháněny elektrickou energií, ale dá se říci, že tímto pojmem označujeme celý ekologický směr lidského myšlení, kterým bychom mohli bojovat s globálními klimatickými změnami, znečišťováním ovzduší a nedostatkem fosilních paliv³.

V rámci celého světa jsou elektromobilní dopravní prostředky označovány hromadně zkratkou EV, což představuje zkratku sousloví *Electric Vehicle*⁴. V odborných kruzích v České republice je nejasné vymezení pojmu "elektromobil", často se stává, že je nahrazován termínem "elektrické vozidlo". Globálně jsou elektromobily většinou označovány jako "battery electric vehicle" (BEV) s akronymem BEV, což v českém kontextu znamená "vozidla poháněná pouze bateriemi". Toto nejednotné chápání v českém prostředí a standardní terminologie používaná ve světě může přispět k určitému nedorozumění při diskusích a výměně informací o elektromobilech⁵.

³ VEGR, J. 2008. Elektromobily – historie a současnost. PRO-ENERGY magazín. Volume 3, Issue 6, pp. 44-50.

⁴ ELECTRIC VEHICLES. 2017. Union of Concerned Scientists [online]. Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles#.WqLgQmrOWpo>

⁵ Tamtéž.

Zda dochází k častým menším nedorozuměním v překládaných textech, jelikož anglicky mluvící země do této kategorie neřadí tzv. hybridy, což nejsou vozidla pouze poháněná elektrickou energií. V českých kruzích hovoříme často o elektromobilech a hybridech jako o jedné skupině osobních automobilů, zatímco v anglicky mluvících zemích jsou pod pojmem BEV (*battery electric vehicles*) myšleny pouze osobní automobily čistě poháněné pouze bateriemi (viz Obr. 2)⁶.



Obr. 2: Oficiální dělení elektromobilů.

Zdroj: currentev.com

1.2 Historie

Mnozí lidé se domnívají, že elektromobily představují výdobytek moderní doby, a reprezentují jakýsi symbol ekologické budoucnosti. Opak je však pravdou.

První elektromobily byly vyráběné již v 19. století, jedná se tak o velmi starou technologii. Právě v 19. století došlo k velkému souboji v oblíbenosti hned několika typů pohonů a motorů, konkrétně se jednalo o kompetici vozidel využívajících spalovací, elektrické a parní motory. I když dnes víme, že elektrické motory v dnešní době nevíteží v soutěži o popularitu, v 19. a na začátku 20. století byly velmi oblíbené, zejména díky své jednoduchosti a výkonu. Avšak v průběhu času se začaly objevovat problémy, zejména v oblasti baterií a jejich výroby⁷.

⁶ ELECTRIC VEHICLES. 2017. Union of Concerned Scientists [online]. Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles#.WqLgQmrOWpo>

⁷ HOYER, KG. 2008. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. Utilities Policy. Volume 16, Issue 2, pp. 63-71.

Historický vývoj a rozvoj elektrických automobilů neprobíhal celistvě, v rámci jedné konkrétní časové etapy, ale spíše v různých historických érách. Celá základní myšlenka a technologie, která je využívána i v současných elektrických dopravních prostředcích, nicméně vznikla již ve zmíněném 19. století. Tato technologie byla pouze postupem času vylepšována, zjednodušována a zefektivňována. Na počátku 20. Století byly elektrické vozy poměrně rozšířeným typem vozidel, a to zejména ve Spojených státech amerických a Japonsku⁸.

První vozidlo, které fungovalo na elektrický pohon, bylo sestaveno již v roce 1835, tedy před necelými 200 lety. Autory byli holandsští konstruktéři, konkrétně vysokoškolský profesor S. Stratinghem a jeho asistent C. Becker (viz Obr. 3). K tomuto konstrukčnímu vynálezu přitom došlo několik desítek let před vynálezem spalovacího motoru. V případě elektrických motorů se tak jedná o starší myšlenku a vynález nežli v případě motorů spalovacích⁹.



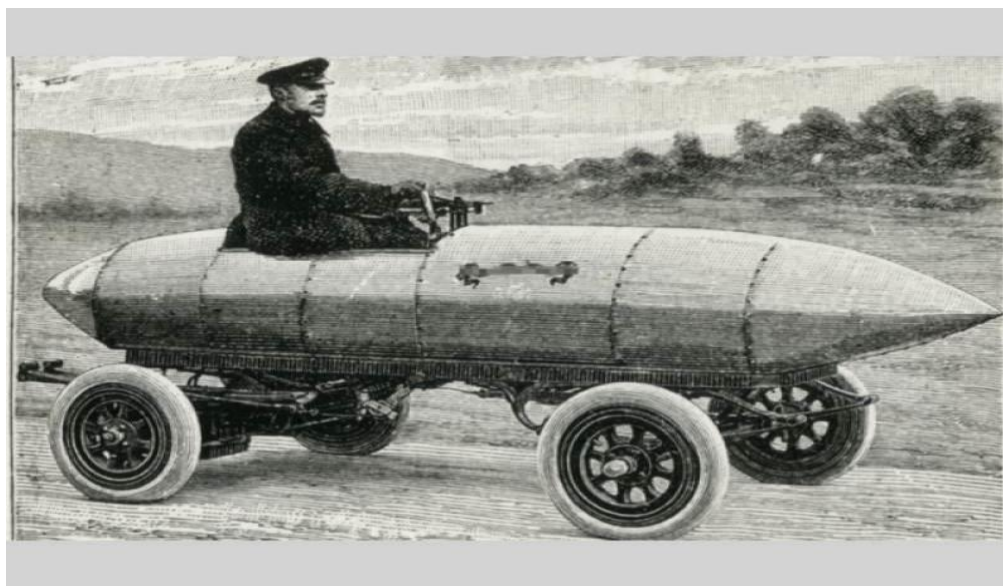
Obr. 3: První elektromobil z roku 1835.

Zdroj: rug.nl

⁸ ŠPAČEK, J. 2018. Jak funguje elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviji-ale-moc-nemeni-2399>

⁹ HOYER, KG. 2008. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. Utilities Policy. Volume 16, Issue 2, pp. 63-71.

V rámci Beneluxu bylo konstruování elektrických vozidel velice populární činností, jelikož i další významná konstrukční etapa elektrického vozidla byla sestrojena na území dnešního Beneluxu, tentokrát v Belgii. Elektrické vozidlo ve tvaru banánu sestrojil konstruktér C. Jenatzy roku 1899. Toto tvarem specifické vozidlo bylo pojmenováno *La Jamais Contente*, a jeho konstruktér s ním poprvé v historii dosáhl rychlosti více než 100 km/hod (viz Obr. 4). Z toho můžeme posoudit, že se jednalo o výkonný motor, schopný dosahovat úctyhodných rychlostí¹⁰.



Obr. 4: Elektrické vozidlo *La Jamais Contente* z roku 1899.
Zdroj: tipcars.com

Na počátku 20. století, jak již bylo zmíněno, počet elektrických automobilů na celém území Spojených států amerických převyšoval počet vozidel se spalovacím motorem. Elektrické automobily byly tiché, snadné na údržbu a jednoduché na obsluhu. Tehdejší osobní automobily se spalovacími motory byly na druhou stranu velice hlučné, složité na ovládání a produkovaly nevábně vonící výfukové plyny¹¹.

¹⁰ ŠPAČEK, J. 2018. Jak funguje elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyvi-ale-moc-nemeni-2399>

¹¹ HOYER, KG. 2008. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. *Utilities Policy*. Volume 16, Issue 2, pp. 63-71.

Co se tedy stalo, že elektrické motory upadly do zapomnění a svět na dalších 100 let absolutně ovládly osobní automobily se spalovacími motory? Za útlum v oblíbenosti elektrických osobních automobilů mohou dva hlavní důvody. Prvním důvodem byl vynález elektrického startéru u automobilů se spalovacími motory. Do té doby musely být automobily se spalovacím motorem startovány pomocí kliky, proto také lidé dávali přednost elektrickým automobilům, které se startovaly o poznání snadněji. Druhým důvodem byl počátek sériové výroby osobních automobilů Henryho Forda. Ten nabízel svým zákazníkům automobily o větším výkonu, s delším dojezdem a o nižších pořizovacích nákladech¹².

I na českém území měly elektromobily své místo. Ačkoliv nedošlo k jejich masivnímu rozšíření na českém území, své stopy zde zanechal v podobě vynálezu známého českého vynálezce F. Křižíka, který již roku 1895 zkonstruoval vozidlo, které bylo poháněno elektrickým proudem. Toto vozidlo bylo poháněno silným akumulátorem, který obsahoval hned 42 články (viz Obr. 5)¹³.



Obr. 5: Elektromobil F. Křižíka z roku 1895.
Zdroj: Duda, 2021.

12 ŠPAČEK, J. 2018. Jak funguje elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyvi-ale-moc-nemeni-2399>

13 DUDA, J. 2021. Národní technické muzeum připomíná 80 let od úmrtí „českého Edisona“ Františka Křižíka. Časopis elektro. Volume 1, Issue 2, pp. 13-17.

1.3 Současná technologie

Pro současnou moderní a technologicky vyspělou dobu je charakteristický opětovný návrat k technologii elektromobility. V následujících desítkách let se očekává, že právě elektromobily budou představovat hlavní typ vozidel na světových silnicích. Z jakého důvodu se současný svět vrací k masivnímu využívání elektrické energie pro pohánění dopravních prostředků?

Hlavními důvody, proč se v současné době veškerí automobiloví výrobci na celém světě soustředí na vývoj a výrobu elektrických dopravních prostředků je zejména jejich domnívaná a deklarovaná ekologičnost oproti automobilům se spalovacími motory, kdy se nejčastěji jako výhoda uvádí nulová produkce znečišťujících plynů a spalin během života elektrického automobilu. Mezi další výhody patří zejména celková menší spotřeba energie, téměř úplná tichost jedoucího elektrického automobilu nebo moderní design¹⁴.

Současní výrobci elektrických automobilů, světové vlády i společnost jako taková vidí v masivním používání elektrických vozidel budoucnost lidské mobility, která je demonstrována spotřebitelům jako žhavá novinka technologicky vyspělého světa, ačkoliv se jedná o jednu z nejstarších technologií, která byla v rámci výroby automobilů během historie vymyšlena¹⁵.

V rámci mnoha světových států je pro blízkou budoucnost naplánován úplný zákaz prodeje klasických osobních automobilů poháněných spalovacími motory. Více než 30 vlád zemí v rámci celého světa má již přesně stanoven termín, do kdy musí majitelé klasických automobilů svá auto produkující značné množství znečišťujících látek vyměnit za auta poháněná elektrickou energií. Vlády nákup elektrických vozidel podporují, a mnohdy i nabízejí lidem značná zvýhodnění¹⁶.

¹⁴MANZETTI, S. 2015. Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 51(11), pp. 1004–1012.

¹⁵Tamtéž, s. 1004.

¹⁶ŠTAIDL, O. 2020. Zákaz spalovacích motorů plánují další státy, přidalo se Japonsko [online]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/testy/predstavujeme/zakaz-spalovacich-motoru-chystaji-dalsi-staty-pridalo-se-japonsko_48334.html

Vlády vyspělých zemí se pro tento konkrétní krok rozhodly především na základě deklarovaných přínosů pro životní prostředí. Jak uvádějí výrobci elektrických automobilů a mnohé studie – při provozu aut se spalovacími motory vzniká velké množství skleníkových a jiných znečišťujících plynů, zejména oxidu uhličitého, zatímco při provozu elektrických vozidel jsou tyto hodnoty nulové. A jelikož v současné době existují jasně vymezené emisní požadavky, která se stávají neustále přísnějšími, jeví se přechod na elektrickou energii jako logická volba, která problém s emisemi zcela kompenzuje¹⁷.

Mnozí výrobci elektrických automobilů, včetně mnoha výzkumů a oficiálních prohlášení, však nezmiňují zásadní faktor, který by mohl celou proklamovanou výhodnost elektrických automobilů narušit. Provoz automobilů není jedinou etapou života osobního automobilu. Jak elektrické, tak i klasické vozidlo prochází během svého „života“ různými etapami. Vozidlo musí být vyrobeno, provozováno, a poté také ekologicky zlikvidováno. Právě při porovnávání životních cyklů automobilů na klasický pohon a elektromobilů však nacházíme proměnné, které již jednoznačně v ekologickém slova smyslu nezvýhodňují elektromobily¹⁸.

Mnohé studie a výzkumy totiž naznačují, že ačkoliv klasické automobily během svého provozu produkují značné množství skleníkových plynů (konkrétně oxidu uhličitého), při jejich výrobě a likvidaci je oproti elektromobilům produkováno podstatně méně těchto látek. Pokud provedeme srovnání celkového množství emitovaného CO₂ během výroby, provozu a likvidace elektromobilů a konvenčních automobilů, výsledky ukazují, že oba typy vozidel generují ekvivalentní množství skleníkových plynů¹⁹.

Podle některých studií existuje náznak toho, že při srovnání nejekologičtějšího konvenčního automobilu s nejméně ekologickým elektromobilem by právě klasické vozidlo se spalovacím motorem vyprodukovalo méně oxidu uhličitého po dobu výkonu své služby, oproti vozidlu s elektrickým pohonem²⁰.

17 ŠTAIDL, O. 2020. Zákaz spalovacích motorů plánují další státy, přidalo se Japonsko [online]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/testy/predstavujeme/zakaz-spalovacich-motoru-chystaji-dalsi-staty-pridalo-se-japonsko_48334.html

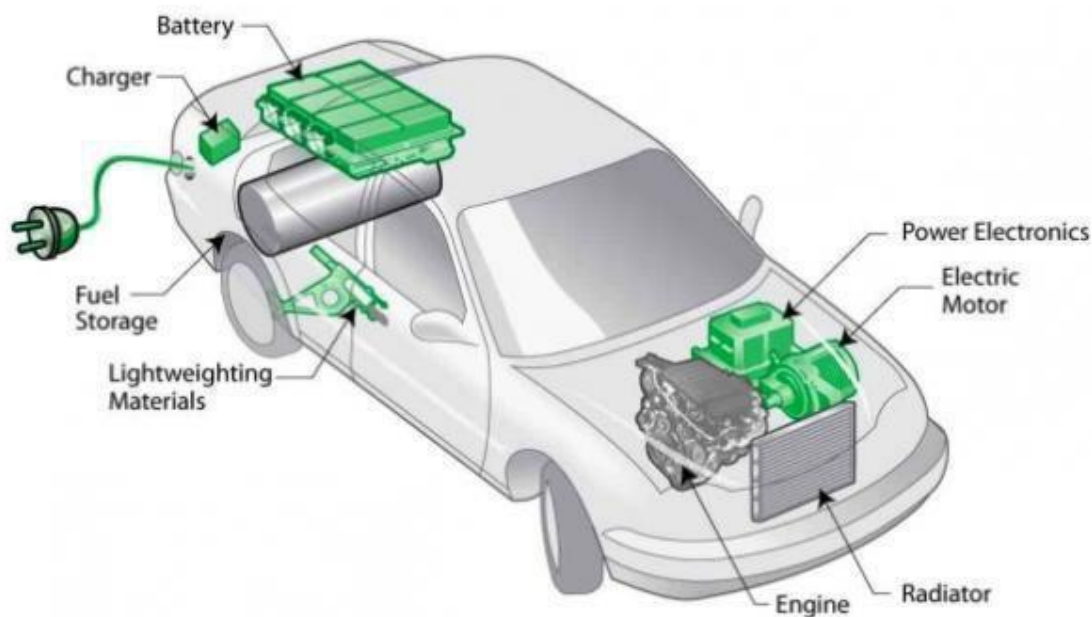
18 VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2014. 234 stran. ISBN: 80-239-1602-5, s. 66.

19 GRANOVSKII, A, DINCER, I, ROSEN, MA. 2016. Economic and environmental comparison of conventional, hybrid and electric cars. Journal of Power Sources. Volume 4, Issue 12, pp. 241-258.

²⁰Tamtéž, pp. 241-258.

Všeobecně tato otázka vyvolává v rámci celého odborného světa, i v rámci světa běžných spotřebitelů rozporuplné reakce. Jeden tábor je toho názoru, že pokud oba typy automobilů v zásadě produkují stejné množství znečišťujících látek, představuje pořízení si klasického automobilu jednodušší cestu, jelikož takové auto má celkově vyšší životnost, vyšší dojezd a finanční náklady jsou na jeho pořízení i opravy mnohem nižší. Druhý tábor zastává názor, že vyřeší-li se problémy s výrobou elektrického automobilu, která je na oxid uhličitý náročná, pak jsou právě elektromobilu tou nejvhodnější cestou, co se životního prostředí týká²¹.

Nežli se tato práce pokusí zhodnotit ekologickou výhodnost elektrických automobilů, je zapotřebí si osvětlit technologii elektrických automobilů, která je při jejich výrobě používána v současné době. Prvním krokem bude popis jednotlivých nepostradatelných částí všech typů dnešních elektromobilů, abychom mohli lépe pochopit, na jakých principech jejich provoz funguje, a jak náročná je jejich výroba. Než se zaměříme na detaily o baterii nebo akumulátoru, nejprve se podrobněji podíváme na fungování vozidla.. (viz Obr. 6).



Obr. 6: Hlavní komponenty elektromobilu.

Zdroj: medium.com

21 EFTE. 2007. Reducing CO2 Emissions from New Cars: A Study of Major Car Manufacturers Progress in 2006. European Federation for Transport and Environment. 2007, no. 1, s. 11. Dostupný z: <http://https://www.transportenvironment.org/>

Základní jednotku pro pohon všech typů elektrických vozidel (čistě elektrických i hybridních) představuje elektromotor. Elektromotor představuje elektrické točivé zařízení, které je schopno přeměňovat elektrickou energii, která je do automobilu dobývána na mechanickou práci, a to s účinností až 90 %, oproti klasickým spalovacím motorům, které disponují účinností zhruba 20–25 %²².

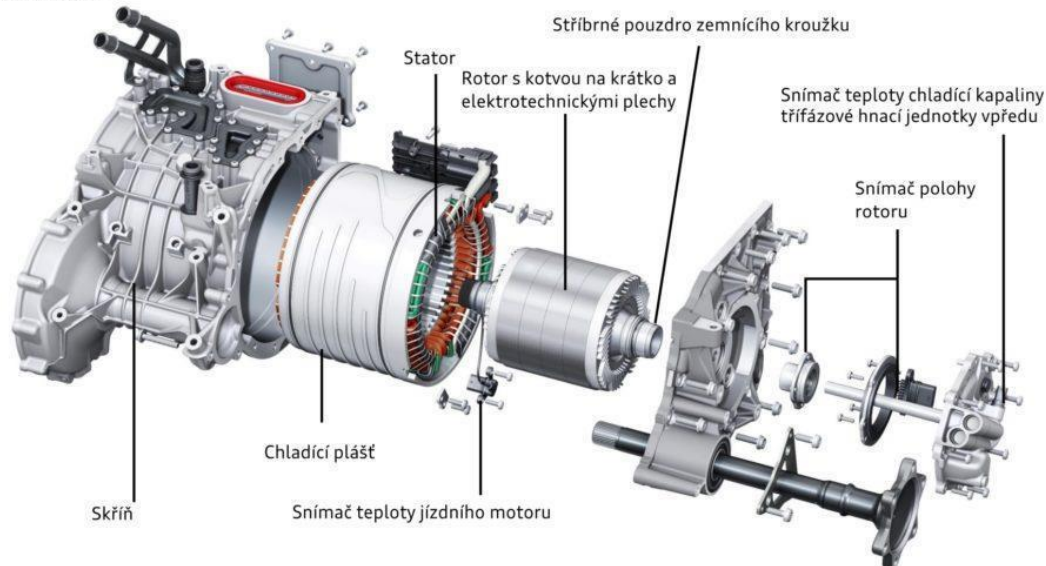
Zdroj elektrické energie, která je potřeba k pohonu elektromobilu, ve většině případech představuje elektrický akumulátor neboli baterie, která je uložena přímo v elektrickém automobilu. Na maximální kapacitě elektrického akumulátoru závisí maximální dojezdová vzdálenost elektromobilu. Jednotka elektrického pohonu se nachází na nápravě automobilu a sestává z elektromotoru pracujícím ve třech základních nastaveních²³:

Jako motor, který odčerpává elektrickou energii z baterie.

Jako motor, který elektrickou energii následně spotřebovává a mění na mechanickou práci.

Jako generátor, který je schopný přeměňovat mechanickou energii na energii elektrickou, kterou následně opětovně využívá pro pohon vozidla.

Hnací agregáty Konstrukce

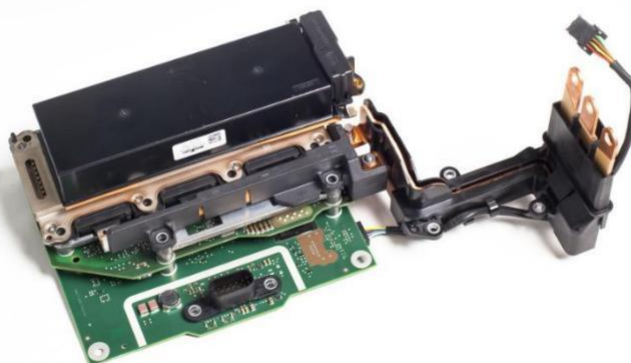


²² VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2014. 234 stran. ISBN: 80-239-1602-5, s. 73.

²³ HOEKSTRA, A. 2018. The underestimated potential of battery electric vehicles to reduce emissions. Joule. Volume 3, Issue 6, pp. 1412-1414.

Elektromotor tedy umožňuje pohyb elektrického vozidla a zároveň funguje jako generátor, který dokáže přeměňovat vznikající mechanickou energii při brzdění vozidla na elektrickou energii, která je opětovně spotřebována pro pohyb elektromobilu. Mezi akumulátorem a elektromotorem se nachází tzv. invertor (výkonová jednotka), jehož hlavní funkcí je převádět vznikající napětí v akumulátoru na napětí, které je využito k napájení elektromotoru²⁴.

Invertor neboli výkonná jednotka elektromobilu má ve vozidle i mnoho dalších funkcí. Dokáže řídit elektromotor během provozu automobilu (konkrétně řídit rychlost a výkon), během fáze přeměny energií ve vozidle, nebo při brzdění vozidla. Invertor je také schopen obracet chod elektromotoru. Baterie dodává elektromotoru elektrickou energii v rámci režimu pohonu na elektrinu. V případě hybridních vozidel, kde je přítomen i klasický spalovací motor, při jízdě v režimu pohonu na spalovací motor a při brzdění je naopak baterie v režimu dobíjecím, kdy je konkrétně dobíjena systémem spolupracujícího regenerativního brzdění. V případě plného nabití baterie, je systém řídicí jednotkou opět přepnut na brzdění klasického charakteru²⁵.



Obr. 8: Invertor elektromobilu.

Zdroj: motovize.cz

²⁴ VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2014. 234 stran. ISBN: 80-239-1602-5, s. 74.

²⁵ GRANOVSKII, A, DINCER, I, ROSEN, MA. 2016. Economic and environmental comparison of conventional, hybrid and electric cars. Journal of Power Sources. Volume 4, Issue 12, pp. 241-258.

1.3.1 Akumulátor (baterie)

V elektrických vozidlech zaujímá elektrický akumulátor, známý také jako baterie, klíčové postavení. Celý koncept elektromobilního průmyslu stojí na základech, existenci a charakteristikách tohoto akumulátoru. Typ a specifikace akumulátoru ovlivňují náklady na pořízení celého elektromobilu, jeho maximální výkon, dojezd, hmotnost a celkovou spotřebu elektrické energie. Z jedné strany je akumulátor nepostradatelnou částí vozidla, z druhé strany je však také nejdražším prvkem celého elektromobilu. Právě výroba tohoto akumulátoru je hlavním důvodem pro výraznější emisní zatížení během výrobního procesu elektromobilů²⁶.

Bylo by dobré podotknout, že právě na vývoji akumulátorů elektrických vozidel se v současné době upírá nejintenzivnější zrak automobilových vývojářů a vědců, a že právě technologie baterií urazila od svých počátků tu největší cestu. Akumulátory používané v historii byly specifické svojí krátkou životností, nemožností je repasovat a opravit, i vysokými výrobními investicemi. Během posledních deseti let byly vyvinuty baterie, které se již mohou pyšnit mnohem delší životností, vyšší účinností i menší (i když stále velmi vysokou) cenou. Prodloužení životnosti lithiových akumulátorů bylo umožněno především díky elektronice BMS (Battery Management System)²⁷.

Největší výhoda akumulátorů elektrických automobilů je především již zmíněná vysoká účinnost. Baterie elektromobilů jsou schopné elektrickou energii v případě asynchronního motoru převést na mechanickou energii s účinností až 90 %. Jak již bylo zmíněno, pro srovnání, spalovací motory jsou schopné účinnosti zhruba 20-25 %. Výsledná účinnost akumulátorů v elektromobilech je však ovlivňována mnoha dalšími faktory (např. účinností výroby elektrické energie z primárního zdroje, energetickou účinností použitých akumulátorů na základě použité technologie NiMH, Li-Ion nebo Li-Pol)²⁸.

²⁶ HOEKSTRA, A. 2018. The underestimated potential of battery electric vehicles to reduce emmissions. Joule. Volume 3, Issue 6, pp. 1412-1414.

²⁷ DIVAKAR, BP. 2017. Battery-Management System (BMS) and SOC Development for Electrical Vehicles. BMS Journal. Vol 6, Issue 7, pp. 76-90.

²⁸ HOEKSTRA, A. 2018. The underestimated potential of battery electric vehicles to reduce emmissions. Joule. Volume 3, Issue 6, pp. 1412-1414.



Obr. 9: Lithiový akumulátor.

Zdroj: hybrid.cz

A byla to především technologická nevypělost ve výrobě akumulátorů, která zabránila rozmachu elektrických automobilů již ve 20. století. Technologická úroveň té doby nebyla schopna vytvořit baterie, díky kterým by historické elektromobily byly schopné urazit dlouhou vzdálenost, a současně si udržet vhodnou hmotnost a rozumné celkové rozměry²⁹.

V současné moderní a technologicky vyspělé době jsme však byli schopni ujit v problematice akumulátorů elektrických vozidel značnou cestu. Prostřednictvím lithiových akumulátorů jsou konstruktéři a vývojáři moderní doby schopni sestavit elektrické vozidlo, jehož dojezdová vzdálenost dosahuje stovek kilometrů. Současné baterie nemusejí být ani přehnaně těžké, aby nedocházelo ke zvyšování celkové hmotnosti vozidla, ani velkých rozměrů, které by bránily správnému konstrukčnímu řešení vnitřku elektromobilu³⁰.

Všechna v současné době vyráběná elektrická vozidla disponují bateriemi, které jsou založené na přítomnosti lithia. Lithiové akumulátory elektrických vozidel však nejsou pouze jednoho typu, výsledné vlastnosti baterií mohou být totiž do velké míry ovlivněny zvoleným typem lithiové sloučeniny v katodě.

²⁹ HOYER, KG. 2008. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. Utilities Policy. Volume 16, Issue 2, pp. 63-71.

³⁰ HOEKSTRA, A. 2018. The underestimated potential of battery electric vehicles to reduce emissions. Joule. Volume 3, Issue 6, pp. 1412-1414.

Díky tomu je v současné době možné vyrobit akumulátory o variabilních kapacitách, o různých výkonech, o rozsáhlých hmotnostech, i o různé bezpečnosti³¹.

Lithium sice poskytuje současným bateriím elektrických automobilů schopnost dosahovat velmi dlouhých dojezdových vzdáleností po jednom nabití, avšak naopak jeho výroba a těžba představují klíčový environmentální problém celého odvětví elektromobilů³².

Při výrobě lithiových akumulátorů není zapotřebí pouze samotného lithia, ale i dalších prvků, které jsou používány v různých typech technologií lithiových baterií. Lithium je získáváno především z minerálů, především z pegmatitů a solných roztoků. Celkové rezervy lithia na celé naší planetě jsou odhadovány na více než 30 milionů tun. Pro současné století je celková spotřeba lithia pro výrobu akumulátorů do elektrických vozidel odhadována na zhruba 20 milionů tun. To znamená, že toto století celkové množství lithia vázané na naší planetě postačí pro potřebnou poptávku, ale také to znamená, že v rámci století následujícího, budou muset vývojáři a vědci přijít s novým řešením výroby akumulátorů³³.

Jak již bylo zmíněno, pro výrobu akumulátorů do elektromobilů je však zapotřebí i jiných prvků mimo zmíněné lithium. Těmito prvky jsou pak nejčastěji mangan, kobalt nebo nikl, jejichž světové zásoby jsou pro toto století také relativně dostačující. Největší ekologický problém, který je spojen právě s těžbou lithia, je velice negativní dopad těžby lithia na okolní environmentální prostředí. Nejhuře je touto těžbou ovlivněna voda, kdy dochází k jejímu masivnímu znečištění. Při samotné těžbě je také zapotřebí velké množství strojů a zařízení, které opětovně během svého provozu a transportu vypouštějí velké množství emisí, zejména oxidu uhličitého³⁴.

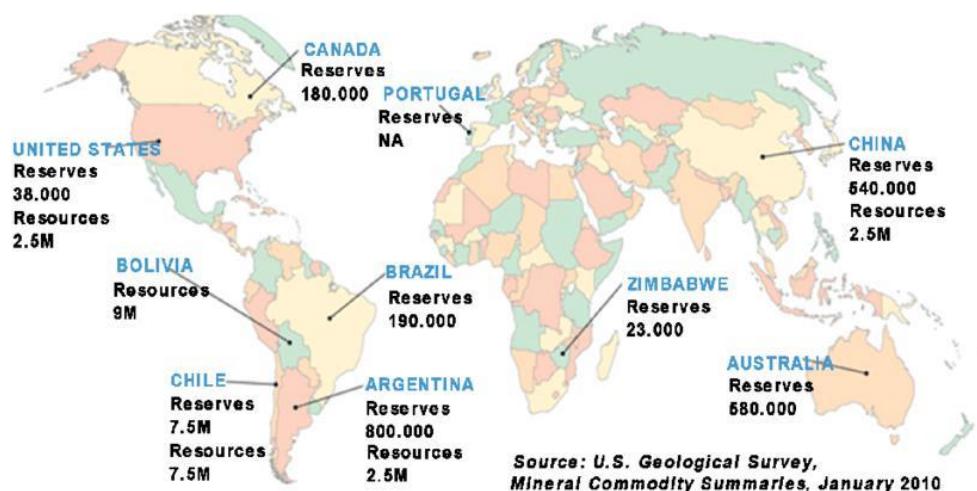
³¹Články: Battery University. 2017. Types of Lithium-ion Batteries [online]. Dostupné z: http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion

³² FRANCO, AA. 2015. Rechargeable lithium batteries. Woodhead Publishing Series in Energy: Number 81, s. 392.

³³ Tamtéž, s. 392.

³⁴ Tamtéž, s. 393.

Jak tedy můžeme vidět, na jedné straně získáme těžbou lithium, díky kterému jsme schopni sestavit velice účinné a výkonné baterie, které jsou zabudovávány do elektromobilů, cílem jejichž masivního rozšíření je snížení množství emisí a zabránění skleníkovému efektu. Na druhou stranu pouze při těžbě tohoto materiálu je nejenže silně znečišťováno okolní prostředí (voda i ovzduší), ale je produkováno i velké množství emisí díky používané technice. To je právě jeden ze zmiňovaných kritických aspektů, který je elektromobilovému průmyslu zaslíván, a představuje to jeden z největších paradoxů masivního rozmachu elektromobilů³⁵.



Obr. 10: Těžba lithia pro výrobu baterií ve světě.

Zdroj: mining.com

Mimo samotnou těžbu, která představuje velikou zátěž pro životní prostředí, nemůže být popsána jako „ekologická“ ani následná výroba lithiových baterií. A ačkoliv automobiloví výrobci pravidelně provádějí výzkumy svých vlastních elektromobilů, dočteme se v nich pouze to, jak je ekologický provoz těchto automobilů. Dopátrat se, jak je ekologicky náročná výroba elektromobilu, nebylo v posledních několika letech jednoduchým úkolem. Žádný elektroautomobilový výrobce neposkytoval oficiální zprávu nebo výzkum o skutečném množství emisí, které vyráběné během výroby jednoho elektrického vozu.

³⁵ FRANCO, AA. 2015. Rechargeable lithium batteries. Woodhead Publishing Series in Energy: Number 81, s. 393.

Právě z toho důvodu však začaly vznikat nezávislé výzkumy, které nemají nic společného ani s výrobcí klasických automobilů, ani s výrobcí automobilů elektrických. Je nutné zmínit, že i výsledky těchto nezávislých studií se poměrně různí, ale dokázaly klasickým spotřebitelům trochu vylepšit obrázek o této problematice. Nežli se zaměříme na vyčíslování množství vyrobených emisí při výrobě jednoho akumulátoru do elektrického vozidla, je nutné zjistit porovnávací hodnoty neboli průměrnou hodnotu emisí vytvořených při výrobě klasického automobilu se spalovacím motorem. Díky tomu zjistíme normativní hodnotu emisí, která může být následně porovnáвана s hodnotou emisí při výrobě lithiové baterie.

Výzkumy, které by se zabíraly otázkou „jaké množství emisí vzniká při výrobě jednoho klasického automobilu se spalovacím motorem“, nejsou ani v současné době velmi časté. Většina z nich se nicméně shoduje na hodnotě od 5 do 10 tun vyrobeného oxidu uhličitého při výrobě jednoho klasického automobilu včetně všech jeho komponent. Rozmezí je poměrně variabilní, nicméně je dobré si uvědomit, že existuje široké spektrum klasických vozidel, které se vzájemně liší svou velikostí, výkonem a místem své produkce³⁶.

U klasických automobilů se spalovacími motory představuje energeticky nejnáročnější položku výroba karoserie, pro jejíž výrobu vznikají emise z 50 % na celkovém vyprodukovaném množství za celý vůz. Na výrobu samotného spalovacího motoru pak připadá pouze 20 %³⁷.

Jedním z mála výrobců elektrických automobilů, kteří vydali oficiální zprávu ohledně množství oxidu uhličitého vyrobeného při výrobě jednoho elektrického vozu, je společnost Tesla, avšak ihned na úvod je dobré zmínit, že uvedená čísla neukazují skutečnou a relevantní situaci. Společnost Tesla vyprodukovala podle oficiální zprávy za rok 2017 celkové emise v hodnotě 282 000 tun oxidu uhličitého, z toho 146 000 tun těchto emisí bylo vyprodukováno při výrobě samotných elektromobilů. Tento fakt říká, že při výrobě jednoho vozu s elektrickým pohonem společností v daném roce bylo vyprodukovaných 1,4 tuny oxidu uhličitého³⁸.

36 CEROVSKY, Z, MINDL, P. 2008. Hybrid electric cars, combustion engine driven cars and their impact on environment. 2008 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, pp. 1-64.

³⁷ Tamtéž.

38 DOKOUPIL, M. 2019. Jízda čistá, ale co výroba? Kolik CO2 vznikne při výrobě elektromobilů? [online]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jizda-cista-ale-co-vyroba-kolik-co2-vznikne-pri-vyrobe-elektromobilu-131387>

Nicméně, je důležité poznamenat, že toto množství nezahrnuje výrobu nejdůležitější a nejvíce emisní položky - lithiové baterie. Lithiové baterie totiž nejsou Teslou vyráběny, ale pouze montovány. Jednotlivé komponenty lithiových baterií jsou vyráběny v Japonsku, odkud jsou posílány do firmy Panasonic, která je montuje dohromady a poté dováží do automobilové výrobní společnosti Tesla. Uvedený údaj tudíž představuje množství emisí vyrobených při výrobě jednoho elektromobilu bez lithiové baterie, která jak víme, představuje tu na emise nejnáročnější položku³⁹.

Jak je možné vidět na Obr. 10 největšími zásobami potřebného lithia disponuje Austrálie a Jižní Amerika, nicméně i těžební doly v těchto státech v drtivé většině případů patří čínským společnostem, díky čemuž právě Čína zpracovává v současné době přes 60 % vytěženého lithia. I většina dalších potřebných látek je zpracovávána v Číně. Nikl a grafit je nejvíce těžen v Číně, a kobalt v Kongu, nicméně k jeho následnému zpracování také dochází na území Číny. Do celkových emisí vyprodukovaných při výrobě jedné lithiové baterie by z toho důvodu měly být započítávány i emise, které vzniknou těžbou potřebných látek, a také emise, které vyprodukuje kontejnerové lodě, které jsou používány při přepravě látek do Číny, a které představují tu nejméně ekologickou formu dálkové dopravy⁴⁰.

Švédský výzkumný ústav IVL se již několik let zaměřuje na studie, které zkoumají produkci lithium-ion baterií. Tento výzkumný institut se v jedné ze svých studií zaměřil na výpočet emisí, které jsou nutné pro výrobu jedné baterie. Z poskytnutých údajů vyplývá, že těžba a zpracování surovin pro výrobu baterie přispívají k emisím přibližně 70 kg oxidu uhličitého na každou kilowatthodinu (kWh) baterie. Co se týče samotné výroby baterie, je zapotřebí přibližně 590 megajoulů energie na výrobu jedné kilowatthodiny (kWh) baterie⁴¹.

Jako příklad uvažme výrobu 64 kWh baterie pro elektrická vozidla od společnosti LG Chem. Během tohoto procesu vzniká přibližně 12,5 tun oxidu uhličitého, a to bez zahrnutí emisí spojených s výrobou dalších částí vozidla, včetně karoserie a motoru. Průměrně bychom mohli očekávat, že výroba těchto doplňujících sekcí přidá dalších 4-6 tun emisí. To znamená, že při výrobě elektromobilu s větší baterií (64 kWh) by celkové emise mohly dosáhnout přibližně 18 tun. V případě menšího vozu s menší baterií (39,2 kWh) by se emise odhadem pohybovaly kolem 13,5 tun⁴².

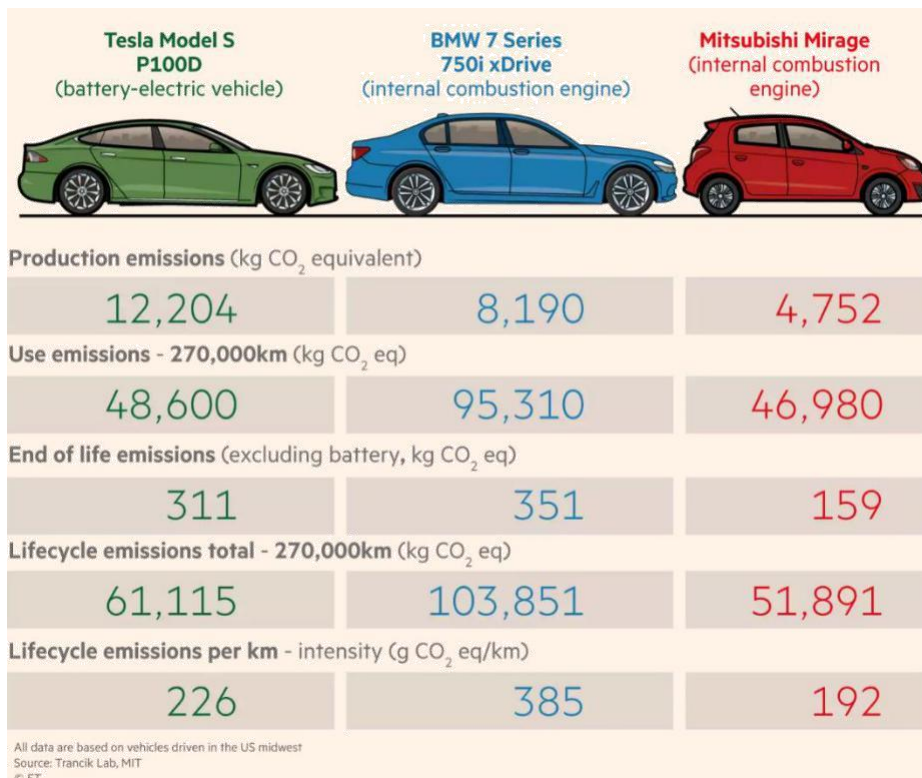
³⁹ DOKOUPIL, M. 2019. Jízda čistá, ale co výroba? Kolik CO2 vznikne při výrobě elektromobilů? [online]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jizda-cista-ale-co-vyroba-kolik-co2-vznikne-pri-vyrobe-elektromobilu-131387>

⁴⁰ Tamtéž.

⁴¹ Tamtéž.

⁴² Tamtéž.

Z výsledku studie je patrné, že výroba samotného elektromobilu by mohla být ekologicky přívětivější oproti výrobě klasického automobilu, nebýt nejvýznamnější položky, a to lithiové baterie, která pak z elektromobilu vytváří zařízení, které svoji výrobou dvojnásobně převyšuje množství emisí, které jsou vytvořeny při výrobě klasického automobilu se spalovacím motorem.



Obr. 11: Srovnání produkce emisí automobilu elektrického a se spalovacími moto

Zdroj: quora.com

Jak lze vidět z výše uvedeného srovnání na Obr. 11, které vychází z výsledků porovnávací nezávislé studie, první uvedený elektromobil značky Tesla vyprodukuje téměř třikrát více emisí během své výroby nežli automobil se spalovacím motorem společnosti Mitsubishi (poslední automobil). Množství vyprodukovaných emisí během provozu prvního a třetího automobilu dosahují u najaté vzdálenosti 270 000 km také srovnatelných hodnot.

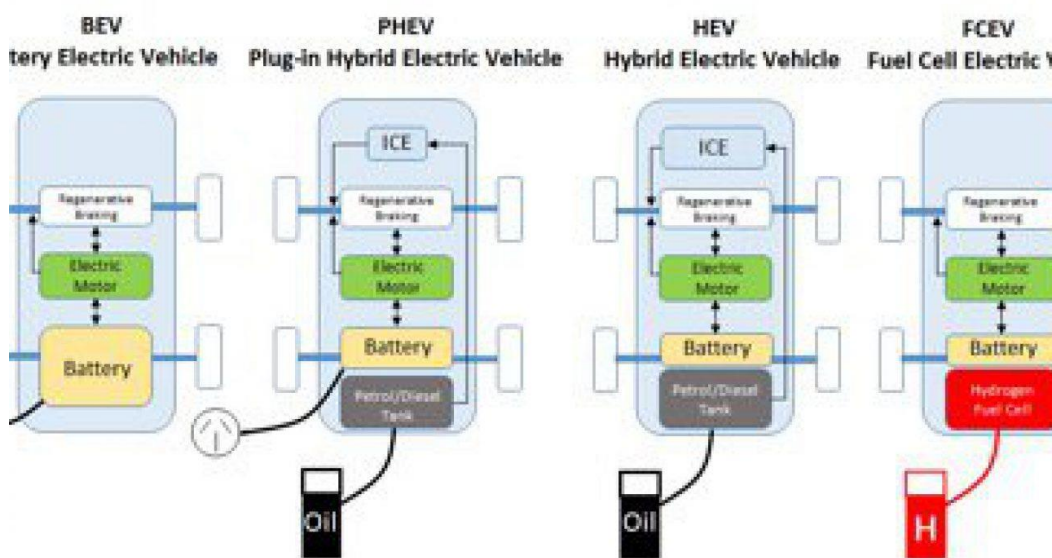
Ze srovnání se zdá zřejmé, že je-li automobil se spalovacím motorem malých a ekonomických rozměrů, během svého celého životního cyklu dokáže vytvořit mnohem méně emisí nežli automobil s elektrickým pohonem. Prostřední automobil značky BMW se spalovacím motorem disponuje velkými rozměry, vysokou spotřebou a silným výkonem, a jak je patrné, během svého provozu vyprodukuje oproti obou zbylým automobilům opravdu vysoké hodnoty emisí.

1.4 Klasifikace elektromobilů

Jak již bylo řečeno v jedné z předcházejících kapitol, v rámci českého a anglického názvosloví existují na poli elektromobility jemná pomýlení. Na celém světě jsou oficiálně veškerá dopravní vozidla, která jsou založena na elektromobilitě, hromadně označována jako Electric Vehicle (EV)⁴³.

V odborných kruzích v České republice dosud neexistuje jednotné a precizní vymezení pojmu "elektromobil", což je patrné i z časté zaměnitelnosti s termínem "elektrické vozidlo". Ve světovém měřítku jsou elektromobily, tedy vozidla poháněná elektřinou, běžně označována jako "battery electric vehicle" (BEV) s překladem "vozidlo poháněné pouze bateriemi"⁴⁴.

V této části bude práce dodržovat anglické standardizované názvy, aby ještě více neprohloubila nesjednocenost českého názvosloví, co se elektromobility týká. Na základě toho lze tedy říct, že všeobecná kategorie EV, která zahrnuje veškeré elektrické dopravní prostředky, pak v rámci sebe ukrývá jednotlivé skupiny, kterými jsou BEV, HEV (hybridy), FCEV (elektromobily s vodíkovými palivovými články) a PHEV (plug-in hybridy)⁴⁵.



Obr. 12: Dělení elektromobilů (EV) v současné době.

Zdroj: thedriven.io

⁴³ ELECTRIC VEHICLES. 2017. Union of Concerned Scientists [online]. Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles#.WqLgQmrOWpo>

⁴⁴ Tamtéž.

⁴⁵ ELECTRIC VEHICLES. 2017. Union of Concerned Scientists [online]. Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles#.WqLgQmrOWpo>

1.4.1 BEV elektromobil

První kategorii lze nazvat jako automobily, které jsou plně poháněné pouze využitím elektrické energie, která tak představuje jedinou pohonnou jednotku celého osobního vozidla. Vozidlo využívá pouze elektrickou energii, proto se v automobilu lze setkat pouze se zabudovaným elektromotorem a akumulátorem neboli baterií, která musí být pravidelně nabíjena na některé z elektrických čerpacích stanic⁴⁶.

1.4.2 HEV elektromobil

V prvé řadě je potřebné zmínit, že různých variant hybridů v současné době existuje celé široké spektrum. Je zde typ, který se nazývá sériový hybrid a vypadá jako běžný elektromobil. Tento druh hybridu používá elektrickou energii (z elektromotoru a akumulátoru) k pohonu vozidla. Elektromotor se dobíjí za pomoci klasického konvenčního spalovacího motoru⁴⁷.

Jedním z typů hybridních vozidel, které jsou v současnosti dostupné na trhu, je paralelní hybrid. Tento typ hybridu je unikátní v tom, že je vybaven jak spalovacím motorem, tak motorem elektrickým. V praxi to znamená, že řidič má možnost rozhodnout se, který z těchto dvou motorů bude v danou chvíli pohánět vozidlo. Tato volba může být provedena v závislosti na různých faktorech, jako jsou aktuální silniční podmínky, stav nabití baterie, spotřeba paliva a další. Tato flexibilita umožňuje řidiči optimalizovat výkon a efektivitu vozidla podle konkrétních okolností. Například na dálnici může být výhodnější použít spalovací motor, zatímco v hustém městském provozu se může ukázat jako efektivnější volbou motor elektrický. Paralelní hybrid tedy nabízí výhody obou typů pohonu a zároveň poskytuje řidiči větší kontrolu nad tím, jak je vozidlo poháněno. To vše přispívá k jeho rostoucí popularitě mezi řidiči po celém světě⁴⁸.

Setkat se v současné době lze i s tzv. microhybridy (MHD), které znovu disponují oběma typy motory (elektrickým i spalovacím), přičemž přítomná baterie je málo výkonná (obvykle pouze 12 V), a slouží pouze a výhradně k dobíjení.

⁴⁶ ŠPAČEK, J. 2018. Jak funguje elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviiji-ale-moc-nemeni-2399>

⁴⁷ ŠPAČEK, J. 2018. Jak funguje elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviiji-ale-moc-nemeni-2399>

⁴⁸ Tamtéž.

Tento systém způsobuje nižší spotřebu spalovacího paliva a snížení celkového množství emisí⁴⁹.

Jiným typem hybridu je tzv. mild hybrid, který se v současné době těší velké oblibě jako forma elektromobilu. V rámci tohoto hybridu elektrický motor pouze spolupracuje na pohonu vozidla, ale není schopen samostatného pohonu. Elektromotor v mild hybridu není dostatečně výkonný, aby mohl vozidlo pohánět samostatně; místo toho funguje jako doplňkový systém pro konvenční spalovací motor během akcelerace nebo využívá energii z rekuperace při brzdění⁵⁰.

Zkratkou HEV se nejčastěji rozumí tzv. plný hybrid. Tento původní hybrid označuje osobní vozidlo s hybridním pohonem, což znamená, že je vybaveno jak klasickým spalovacím motorem, tak i elektrickým motorem. Jinými slovy, vozidlo tohoto typu kombinuje oba tyto motory pro svůj pohon. Prakticky to znamená, že pokud majitel vozidla bude chtít, a silniční podmínky budou vhodné, automobil může být poháněn pouze výkonným elektrickým motorem, a neprodukovat žádné emise do okolního prostředí. Pakliže bude zapotřebí použít silnější výkon, a silniční podmínky nebudou ideální, lze elektromotor přepnout na výkon klasického spalovacího motoru⁵¹.

Prvním a nejznámějším plným hybridem byl po dlouhou dobu ikonický osobní automobil značky Toyota Prius. Dnes se však lze na automobilovém trhu setkat již se širokým spektrem plných hybridů, různých značek, modelů a rozměrů⁵².

Celá myšlenka je založena na tom, že oba motory, které disponují rozličnými pozitivy a negativy, spolu navzájem kooperují, a mohou být používány v konkrétních situacích, ve kterých budou potřeba. Plné hybridy mohou být v provozu pouze na základě elektrické energie, čímž citelně snižují svoji spotřebu i množství vypouštěných emisí, na druhou stranu mohou být v případě potřeby výkonné, mohou vykazovat značných výkonů, a pyšní se i dlouhou životností⁵³.

⁴⁹ CHRIS, M., MASRUR, AM., GAO, WD. Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives. 1st printing, 2011. West Sussex: John Wiley & Sons, c2011. ISBN 978-0-470-74773-5, s. 65.

⁵⁰ Tamtéž, s. 78.

⁵¹ Tamtéž, s. 36.

⁵² WAGENKNECHT, M. 2018. Micro-hybrid, mild- hybrid, full- hybrid, plug-in hybrid. Jaký je mezi nimi rozdíl? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/micro-hybrid-mild-hybrid-full-hybrid-plug-in-hybrid-jaky-je-mezi-nimi-rozdil-1857>

⁵³ Tamtéž.

1.4.3 FCEV elektromobil

Pod touto zkratkou lze rozeznávat elektrické automobily, které navíc disponují vodíkovými palivovými články. I tento typ elektrického vozidla v sobě ukrývá pouze elektromotor jako pohonnou jednotku, přestože u tohoto typu vozidla probíhá ukládání energie, způsob, jakým se to děje, se odlišuje od tradičních elektromobilů s využitím baterií⁵⁴.

FCEV, neboli vozidla s palivovými články, představují alternativu k tradičním elektromobilům, jelikož jejich energetický profil je odlišný. Namísto spoléhání se na velkou baterii, tato vozidla využívají vodíkovou nádrž a soubor palivových článků. V těchto člancích se vodík přeměňuje na elektrickou energii a vodní páru prostřednictvím chemických reakcí. Je však důležité si uvědomit, že jak výroba, tak provoz těchto vozidel jsou finančně náročné, což je jednou z výzev, které tato technologie přináší. I když se jejich vývoj stále intenzivně rozvíjí, používání těchto vozidel v běžném provozu je spíše perspektivou blízké budoucnosti než současnosti⁵⁵.

1.4.4 PHEV elektromobil

V současné době jsou PHEV elektromobily obecně známé jako tzv. plug-in hybridy. Tyto elektromobily jsou vybaveny velkou a výkonnou elektrobaterií, kterou lze dobít i z běžné elektrické zásuvky. Plug-in hybrid je schopen překonat značnou vzdálenost na jedno klasické dobíjení "ze zásuvky", odhadem v rozmezí 20 až 60 kilometrů. V tomto specifickém modelu hybridního vozidla, který kombinuje výhody jak spalovacího motoru, tak elektromotoru, je spalovací motor využíván méně často, zejména při startech. Toto je důležité, protože starty jsou často nejnáročnější na motor a mohou způsobit větší opotřebení. Díky tomu, že v tomto hybridním modelu je spalovací motor méně využíván, dochází k menšímu opotřebení a tím pádem k prodloužení životnosti motoru. To může vést k nižším nákladům na údržbu a opravy v dlouhodobém horizontu⁵⁶.

⁵⁴ ŠPAČEK, J. 2018. Jak funguje elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviiji-ale-moc-nemeni-2399>

⁵⁵ Tamtéž.

⁵⁶ WAGENKNECHT, M. 2018. Micro-hybrid, mild- hybrid, full- hybrid, plug-in hybrid. Jaký je mezi nimi rozdíl? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/micro-hybrid-mild-hybrid-full-hybrid-plug-in-hybrid-jaky-je-mezi-nimi-rozdil-1857>

Existují dva hlavní typy plug-in hybridních vozidel - sériový a paralelní. U sériového plug-in hybridu je pohon kol realizován prostřednictvím spalovacího motoru. Naopak, u paralelního plug-in hybridu je systém konfigurován tak, že elektrický motor pohání přední nápravu a spalovací motor se stará o pohon zadní nápravy. Toto uspořádání umožňuje efektivní využití obou motorů a optimalizaci výkonu vozidla⁵⁷.

Jak lze vidět, v současné době je trh s elektromobily poměrně dosti variabilní, a je možné zakoupit si vozidlo přímo pro svou konkrétní potřebu. Na níže přiloženém obrázku (viz Obr. 13) lze vidět tabulku, která popisuje jak pohon, tak i množství emisí, u jednotlivých typů EV.

	 KONVENČNÍ	 HYBRID	 PLUG-IN HYBRID	 ELEKTRICKÉ
ZDROJ ENERGIE				
SPOTŘEBA				
EMISE				 ŽÁDNÉ EMISE

Obr. 13: Zdroje energie, spotřeba pohonných hmot a produkce emisí u různých typů elektrických vozidel (EV).

Zdroj: elektrovehicles.com

1.5 Dobíjení a otázka elektrické energie

Pro to, aby se mohly elektrické automobily stát běžnou součástí silničního motoru, musí být dostatečně zajištěna síť dobíjecích stanic. To znamená, že v rámci země, kde je tento typ provozu státem proklamován a doporučován, by měly být v pravidelných vzdálenostech od sebe rozmístěny dobíjecí stanice, kterých může řidič využít v případě, že jeho elektrickému vozidlu dochází energie. Samozřejmě musí být dobíjecí stanice přítomny nejen na frekventovaných dálnicích, ale i v rámci periferních území konkrétního státu.

⁵⁷ Tamtéž.

A ačkoliv prodej elektrických automobilů i v rámci českého automobilového trhu neustále vzrůstá, a v roce 2017 překročil prodej těchto vozidel 1% hranici ze všech v tom roce prodaných automobilů, otázkou stále zůstává, na jaké úrovni je v rámci naší republiky zajištěna dobíjecí síť. Dokud nebude v evropských zemích, i zemi české, vybudována dostatečně hustá síť dobíjecích stanic, zákazníci nebudou mít o koupi elektrických vozidel žádný převratný zájem⁵⁸.

Zbudování husté infrastruktury dobíjecích stanic představuje primární a nejnnutnější předpokladem pro to, aby mohla být elektromobilita rozvinuta na své maximální úrovni. Bez potřebně rozsáhlé infrastruktury, jak již bylo zmíněno, nebudou mít potenciální kupci zájem o koupi elektromobilů zájem⁵⁹.

Jak je samozřejmě dobře známo, po plném nabití disponují různé automobily různou dojezdovou vzdáleností, která je ovšem velice orientační, a zpravidla automobily neurazí uvedenou dojezdovou vzdálenost, jelikož ta je uváděna v případě výskytu ideálních podmínek. Nehledě na značku a typ vozidla se dojezdové vzdálenosti současných automobilů pohybují v desítkách kilometrů na jedno nabití, v průměru zhruba 200-250 kilometrů. Při delších trasách tak musí majitelé své automobily dobíjet tzv. na cestě. To možná zapříčiní, že bude ochota spotřebitelů o koupi elektromobilu velmi nízká, jelikož při delších trasách by neměli svá vozidla kde dobíjet⁶⁰.

Toto se může stát také dalším problémem, který se na současný elektro-automobilový trh váže. Státy Evropské unie podporují elektromobilitu a apelují na občany, aby si ekologický typ vozidel zakupovali. Mnohé státy dokonce koupi těchto vozů přímo finančně podporují.

⁵⁸ Deloitte. 2019. Automobilový průmysl: Znovuobjevení automobilu [online]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/deloitteanalytics/Automobilovy-prumysl-znovuobjeveni-automobilu.pdf>

⁵⁹ Tamtéž.

⁶⁰ Tamtéž.

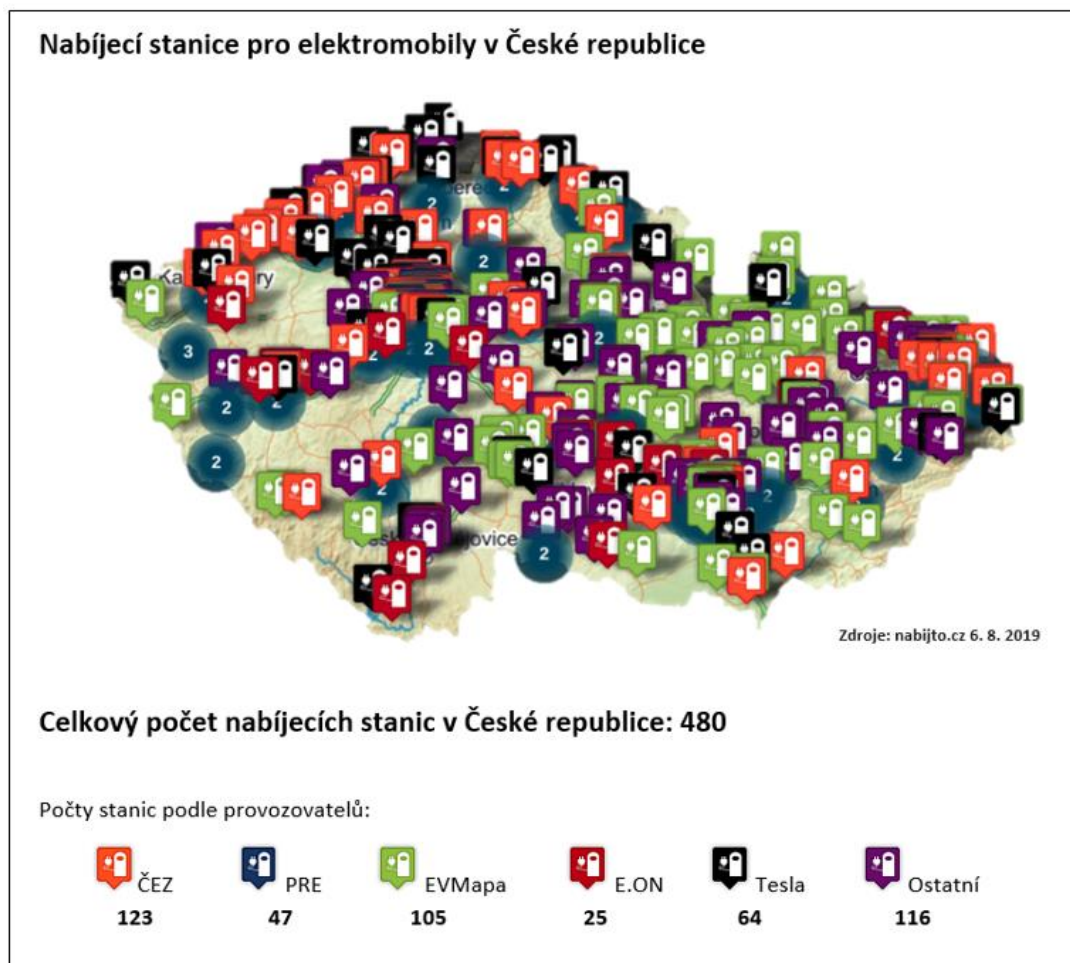
Avšak zásadní otázkou je, zda budou mít kupci, kde při delších cestovních trasách své automobily dobíjet. Nežli bude infrastruktura dobíjecích stanic na vysoké úrovni v rámci evropských států, je možným řešením koupě tzv. hybridů, u kterých lze v případě absence elektrické energie předat pohon klasickému spalovacímu motoru, což ale opět nepovede ke kýženému smyslu intenzivní elektromobility, a to k razantnímu snižování emisí během provozu vozidel.

S masivním rozvojem elektromobilů by ovšem opětovně souvisela vysoká poptávka po elektrické energii, jejíž cena za prvé neustále, a v posledních několika letech i dost razantně, narůstá, a za druhé její výroba ve velkém množství není příliš ekologickou záležitostí. Tento problém a „začarovaný kruh“ by mohl být řešen tím, že majitelé elektromobilů budou mít na svých střechách zabudované fotovoltaické elektrárny, elektrickou energii, z nichž pak budou moci majitelé elektrických vozidel využívat.

V současné době mohou být elektromobily dobíjeny jejich majiteli doma, přímo ze zásuvky, kde je ale opět spotřebovávána elektrická energie ze sítě, která hodně stojí, a ekologicky nákladná je také její výroba. Elektrická energie z domácích solárních systémů bude majitele stát „pouze“ počáteční finanční investice do fotovoltaických článků a solárních panelů. Tím by došlo k tomu, že majitelé elektromobilů, budou svá vozidla dobíjet ze svých „vlastních zdrojů“ a elektrická energie ze sítě tak jimi bude využívána pouze na jejich delších cestách⁶¹.

⁶¹ Deloitte. 2019. Automobilový průmysl: Znovuobjevení automobilu [online]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/deloitteanalytics/Automobilovy-prumysl-znovuobjeveni-automobilu.pdf>

V posledním desetiletí, i v současné době, je infrastruktura dobíjecích stanic intenzivně rozvíjena, a to v rámci všech evropských států, i v rámci České republiky. Dobíjecí stanice jsou v současné době k nalezení i v rámci obchodních domů nebo ve veřejných garážích. K roku 2019 bylo dobíjecích stanic na českém území zhruba 500. Pakliže bychom se podívali na níže uvedenou mapu (viz Obr. 14), tak na ní je vyobrazena současná infrastruktura dobíjecích stanic v rámci České republiky.



Obr. 14: Dobíjecí stanice v ČR v roce 2019.

Zdroj: nabijto.cz

2. Vliv na životní prostředí

Hlavním důvodem, proč došlo k opětovnému masivnímu rozvoji elektroautomobilového průmyslu a k jeho masivní propagaci je boj proti dlouhodobému poškozování životního prostředí, a především vůči jeho znečištění. Jak již bylo řečeno v kapitole o výrobě akumulátorů do elektromobilů, podle mnohých studií není elektromobilita příliš výhodnější oproti vozům s konvenčními pohony, co se ekologického hlediska týče, a proto je nasnadě otázka, zdali by měl být tento typ dopravy vůbec nadále rozvíjen, proklamován a hodnocen jako ekologický.

V rámci této kapitoly se tato práce pokusí zhodnotit, a to hned z několika úhlů pohledu, zda je elektromobilita skutečně ekologičtější záležitostí, nežli mobilita provozována klasickými automobily. V případě, že bude vyhodnocena jako „méně ekologická“ nebo „se stejnými dopady na životní prostředí“, pak se bude práce zabírat otázkou, za jakých okolností by se mohla elektromobilita skutečně stát ekologickou záležitostí, kdy by její rozmach opravdu prospíval životnímu prostředí.

V rámci první podkapitoly této ekologické bilance se bude práce soustředit na nejvíce sporný bod celého porovnávání spalovacích motorů a elektromotorů, kterým je množství vyprodukovaných emisí. Toto téma již bylo zlehka započato v rámci předcházejících kapitol, v této podkapitole však budou všechny dostupné informace rozvinuty a uceleně vysvětleny.

Jak již bylo naznačeno, oba typy pohonů mají své výhody i nevýhody, a co se množství produkovaných emisí týče, jeden typ je ohledně emisí na výrobu nenáročný, ale emise produkuje ve značné míře během svého provozu, u druhého typu pohonu je vysoce emisně náročná výroba jednotlivých komponent, ale provoz je již téměř bezemisní. Ve výsledku se ale zdá, že v celkovém množství emisí, počínaje výrobou jednotlivých komponent, konče likvidací vozidel, jsou si oba porovnávané typy rovny, a proto není zapotřebí investovat horentní sumy do rozvíjení dobíjecích infrastruktur, solárních panelů a fotovoltaických elektráren a dalších nezbytností, které jsou zapotřebí při masivním prodeji elektrických vozidel.

V rámci druhé podkapitoly bude pozornost zaměřena na ekologickou likvidaci elektrických vozidel, a na to, jak je tato operace emisně náročná. Zajímat se zde budeme také o to, zda je možné vůbec opětovně některé komponenty elektromobilů využít, tzv. recyklovat, jako v případě klasických automobilů se spalovacím motorem, nebo je již celý elektromobil nevyužitelný, čímž dochází opět ke značnému zatěžování naší planety a životního prostředí.

V rámci elektromobilu se budeme zajímat především o recyklaci a znovu využitelnost především jedné součástky, a to baterie neboli akumulátoru. Tato součástka je v automobilu tou nejdražší, a potencionálně využitelnou. Dochází v současné době k opětovnému využívání vysloužilých elektrobaterií elektromobilů nebo jsou ekologicky zlikvidovány a dále nevyužity?

Třetím bodem, který v této kapitole bude řešen, je další ekologická rozporuplnost, která je v souvislosti s elektrickými automobily v přímém vztahu, čímž je spotřeba elektrické energie a ekologický dopad výroby velkého množství elektrické energie. Jak již bylo také zmíněno v předchozí kapitole, cena elektrické energie neustále narůstá, a zejména v posledních několika letech jsme v České republice svědky neuvěřitelného cenového nárůstu této komodity.

Výroba elektrické energie bude s narůstajícím počtem elektromobilů narůstat na intenzitě, jelikož čím více elektromobilů po silnicích bude jezdit, tím více energie ze sítě bude odčerpávána a tím vyšší po ní bude poptávka. Elektrárny tak budou muset začít odpovídat na zvyšující se poptávku větším množstvím vyrobené energie, což opětovně zatěžuje životní prostředí.

Jakýmsi řešením je čerpání elektrické energie pro pohon elektrických automobilů prostřednictvím využití tzv. obnovitelných zdrojů, mezi které lze počítat energii ze slunečního záření, energii z větru, energii geotermální nebo energii vodní. Je v současné době tato možnost získávání elektrické energie pro elektromobily vůbec využívána? Pokud ano, na kolik intenzivně? Pomohou obnovitelné zdroje pokrýt poptávku po elektrické energii a vyřešit tím dopady na životní prostředí?

V poslední čtvrté podkapitole se práce zaměří na vize budoucnosti, které se týkají právě elektromobility. Konkrétně na řešení dosavadních problémů, které s rozvojem elektromobility vyvstaly. Stále častěji je totiž dokazováno, že v současném nastavení a za současných podmínek nepředstavuje elektromobilita ekologické řešení problému s nadbytečnou produkcí emisních plynů do ovzduší, a nepředstavuje životnímu prostředí skutečnou pomoc.

Je potřeba několik zásadních problémů změnit, aby tato ekologická myšlenka opravdu začala fungovat i v praktickém životě. Konkrétně v současné době odborníci vidí potenciál v rozvoji vodíkových článků nebo ve vývoji nových a zásadně ekologičtěji vyráběných baterií do elektromobilů.

2.1 Zhodnocení emisní produkce

Hlavním důvodem, proč je celý elektro-automobilový průmysl tak široce propagován a doporučován by měl být jeho pozitivní dopad na životní prostředí, který má tkvět především v tom, že s markantním rozmachem elektromobility má být razantně snížena i produkce hlavních emisních plynů, které v současné době značným poměrem přispívají k urychlování přirozené jevu, kterým je tzv. skleníkový efekt.

Podle početných výzkumů i zpráv samotných automobilových výrobců je jasné, že elektromobil při svém provozu neprodukuje téměř žádné emisní plyny, a z tohoto hlediska lze opravdu elektromobil oproti konvenčním autům považovat za ekologický. Avšak provoz nepředstavuje jedinou „životní etapu“ automobilů a do celkových emisí jsou odborníky započítávány všechny fáze v životě každého vozidla, od výroby až po jeho likvidaci.

U elektromobilů je celý tento proces ještě náročnější, jelikož do celkových emisí jsou započítávány i další proměnné, které souvisejí s výrobou jeho hlavní komponenty, kterou je akumulátor neboli baterie, prostřednictvím které, je automobil schopen uchovávat elektrickou energii a pohánět elektromotor.

Na základě výše zmíněného tedy do celkových emisí vyprodukovaných jedním elektromobilem řadíme emise, které jsou vytvořeny:

- a) při výrobě jednotlivých součástek elektromobilu
- b) při těžbě lithia, jeho zpracování a celkové výrobě akumulátoru
- c) při výrobě elektrické energie, která je zapotřebí pro provoz elektromobilu
- d) při ekologické likvidaci elektromobilu a elektrobaterie

a) **Produkce CO₂ při výrobě elektromobilu**

V tomto bodě se bude tato práce opakovat, nicméně je dobré si zmínit, že dohledat oficiální hodnoty vyprodukovaných emisí při výrobě celého elektromobilu je velice náročné. Je to dáno i marketingem a propagací elektromobility jako takové, která je neustále označována za velice ekologickou a bezemisní, a také tím, že jednotlivé součástky elektromobilu jsou sice montované v jednom automobilovém závodu, ta nejnáročnější položka na emise, akumulátor, je vyráběn jinde a dovážen do těchto automobilek jako finální a hotový produkt, který je zde do elektromobilů pouze zabudován.

Automobilové závody tudíž do svých oficiálních zpráv týkajících se emisí uvádějí pouze ty emisní hodnoty, které byly vyprodukovány pro výrobu elektromobilu v jejich výrobě, tedy vyjma elektrobaterie. Poté zdánlivě vypadají emisní hodnoty pro výrobu elektromobilu v porovnání s klasickými automobily rovnocenně nebo dokonce lépe, ačkoliv tomu tak ve skutečnosti není⁶².

Z tohoto důvodu existují nezávislé studie a projekty zaměřené na nezávislé zkoumání ekologie elektromobility, zejména co se týče produkce CO₂. Je rovněž klíčové znát normální hodnoty emisí CO₂ vyprodukovaných při výrobě jednotlivých komponent klasických automobilů se spalovacím motorem. Abychom poskytli hlubší porozumění, uvádíme, kolik CO₂ se obvykle produkuje při výrobě vozidel s tradičním pohonem. Většina odborných studií a výzkumů uvádí hodnoty mezi 5 a 10 tunami CO₂. Tato hodnota však není pevná a může se lišit v závislosti na několika faktorech. Konkrétní množství CO₂ generovaného při výrobě vozidla může záviset na velikosti vozidla, protože větší vozidla obvykle vyžadují více materiálů a energie

⁶² VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2014. 234 stran. ISBN: 80-239-1602-5, s. 66.

k jejich výrobě. Kromě toho může lokalita výroby také ovlivnit množství generovaných emisí CO₂, protože různé regiony mohou mít různé zdroje energie a technologie výroby. Například výroba vozidla v oblasti s vysokým podílem obnovitelné energie by mohla generovat méně emisí CO₂ než v oblasti, která je silně závislá na fosilních palivech ⁶³.

V konvenčních automobilech se spalovacím motorem je výroba karoserie nejnáročnější částí z hlediska emisí, přispívající k přibližně 50 % celkového emisního objemu. Samotný spalovací motor tvoří zhruba 20 % z celkových emisí. Výroba menších vozidel generuje přibližně 5-6 tun CO₂ na jedno vozidlo. U větších vozů, jako jsou rodinná auta, terénní vozy, minivany nebo menší dodávky, je celkové množství emisí samozřejmě vyšší, obvykle se uvádí kolem 10 tun na jedno větší vozidlo ⁶⁴.

V případě celkových hodnot emisí vyprodukovaných elektromobilem během jejich výroby bylo již zmíněno, že musí být hodnoceny dvě hodnoty, a to hodnota, kterou výrobci oficiálně uvádějí při výrobě součástek do elektromobilu, a hodnotu, kterou má na svědomí výroba lithiových baterií do elektromobilu, která se skládá jak z hodnoty emisí vytvořených při těžbě lithia, při jeho dopravě, zpracování a samotné výrobě.

V této kapitole bude zmíněna oficiální hodnota emisí, která vzniká při výrobě jednotlivých součástek elektromobilu v automobilové výrobě, vyjma akumulátoru. Pro zhodnocení lze využít hodnot, které oficiálně uvedla společnost Tesla v roce 2017. Firma spočítala své celkové emise za rok 2017 na hodnotu 282 000 tun, přičemž 146 000 tun bylo spojeno s výrobou elektromobilů.

V roce 2017, když se podíváme na výrobu jednotlivých elektromobilů společnosti Tesla, zjistíme, že každý z nich při své výrobě přispěl k emisím CO₂ v množství přibližně 2,4 tuny. Toto číslo však zahrnuje pouze emise přímo spojené s výrobním procesem. Když vezmeme v úvahu celkové emise firmy, které zahrnují všechny aspekty její činnosti, zjistíme, že na výrobu každého elektromobilu připadá přibližně 4 tuny CO₂. To znamená, že celkový uhlíkový otisk jednoho vozu je téměř dvojnásobný oproti původnímu odhadu ⁶⁵.

⁶³ EFTE. 2007. Reducing CO₂ Emissions from New Cars: A Study of Major Car Manufacturers Progress in 2006. European Federation for Transport and Environment. 2007, no. 1, s. 11. Dostupný z: [http:// https://www.transportenvironment.org/](http://https://www.transportenvironment.org/)

⁶⁴ MATĚJOVSKÝ, V. Automobilová paliva. 1 vydání, Praha: Grada publishing a. s., 2005. 223 stran. ISBN: 80-247-0350-5.

⁶⁵ HOEKSTRA, A. The underestimated potential of battery electric vehicles to reduce emissions. Joule. Volume 3, Issue 6, pp. 1412-1414.

Z těchto údajů lze závěrem shrnout, že při výrobě celého konvenčního vozidla se spalovacím motorem vznikne celkově 5-10 tun oxidu uhličitého (v závislosti na velikosti vozidla). Naopak při výrobě menšího elektromobilu, aniž bychom zahrnuli emise z nejnáročnější složky, a to akumulátoru, jsou spotřebovány přibližně 4 tuny oxidu uhličitého. Z těchto čísel však nelze dělat žádné závěry, jelikož v jednom případě jsou uvedeny hodnoty pro výrobu celého auta, v případě druhém pouze pro výrobu jeho části.

b) Produkce CO₂ při těžbě lithia, jeho zpracování a výrobě baterií

Do výsledných emisních hodnot při výrobě elektromobilu nebyla, jak již bylo zmíněno, započítána výroba té na emise nejnáročnější součásti elektromobilů, akumulátoru. Tesla, jako většina moderních výrobců automobilů, si nevyrábí baterie pro své elektromobily interně. Tato praxe je poměrně běžná v automobilovém průmyslu, kde se výrobci často spoléhají na specializované dodavatele pro klíčové komponenty. V případě Tesly je tímto dodavatelem společnost Panasonic. Panasonic je renomovaný výrobce elektroniky a baterií, který má své výrobní závody po celém světě. Pro potřeby Tesly Panasonic vyrábí baterie v Japonsku, kde má k dispozici špičkové technologie a odborné znalosti. Tyto baterie jsou poté dodávány do výrobních závodů Tesly, kde jsou instalovány do elektromobilů. Tento proces umožňuje Tesle soustředit se na své klíčové kompetence, zatímco Panasonic zajišťuje dodávky kvalitních baterií.

Pokud se týká emisí, baterie jsou považovány za nejvíce kontroverzní součást elektromobilu. Dnes se většina komponent akumulátoru vyrábí v Číně (přes 60 %), Jižní Koreji a Japonsku, a konečná montáž hotové baterie do elektromobilu probíhá ve Spojených státech amerických, Německu, Polsku nebo Maďarsku⁶⁶.

Na výrobu v současné době nejvyužívanějších lithiových baterií je zapotřebí mnoho prvků, které se musejí nejprve vytěžit, přivést a zpracovat. Těmito prvky je lithium, nikl a grafit, které jsou zpracovávány v drtivé převaze v Číně, a těženy jsou po celém světě, ale povětšinou opět v rámci dolů vlastněných čínskými společnostmi⁶⁷.

⁶⁶ GRANOVSKII, A, DINCER, I, ROSEN, MA. 2016. Economic and environmental comparison of conventional, hybrid and electric cars. Journal of Power Sources. Volume 4, Issue 12, pp. 241-258.

⁶⁷ Tamtéž.

V procesu těžby, transportu a zpracování lithia a dalších nezbytných materiálů dochází k významnému vypouštění emisí. Zvláště v Číně, kde se často neklade důraz na ekologickou výrobu a nedodržují se normy a ekologické postupy, je tento problém zvláště výrazný. Dříve než jsou tyto komponenty doručeny do Evropy nebo Spojených států amerických, kde jsou sestavovány do hotových baterií, jsou přepravovány v obrovských nákladních kontejnerech. Tato přeprava přispívá k dalšímu významnému množství emisí ⁶⁸.

Proces těžby a zpracování materiálů pro výrobu baterií vede k uvolnění přibližně 70 kg CO₂ na každou kWh kapacity baterie. Kromě toho je výroba baterií pro elektromobily ještě energeticky náročnější. Podle nezávislých studií tento proces vyžaduje 586 MJ energie na každou kWh ⁶⁹.

Pro dosažení požadovaných hodnot v reálném provozu je nezbytné vyrobit baterii s kapacitou 64 kWh pro elektromobil Hyundai Kona. Tento proces výroby vede k emisi 12 tun CO₂, což je obrovské množství skleníkových plynů. Je důležité zdůraznit, že tato masivní produkce emisí je spojena pouze s výrobou jediné součásti - baterie. To nám ukazuje, jak náročný a energeticky nákladný může být proces výroby baterií pro elektromobily a jak důležité je hledat způsoby, jak tento proces zlepšit a minimalizovat jeho dopad na životní prostředí. K tomuto číslu je třeba přidat i množství emisí, které vzniká při výrobě zbývajících součástí elektromobilu (přibližně 4-6 tun CO₂ v závislosti na velikosti výsledného vozidla), což znamená celkem zhruba 16-18 tun emisí ⁷⁰.

c) **Produkce CO₂ při výrobě elektrické energie, která je zapotřebí pro provoz elektromobilu.**

Předchozí text se zabýval emisemi z výroby elektrických aut, včetně akumulátorů. Akumulátory jsou nejnáročnější na emise během výroby. Přestože elektrická auta neprodukuje emise při jízdě, jejich výroba je s nimi spojena. Uvedené údaje ukázaly, kolik emisí vznikne předtím, než si konkrétní vozidlo zakoupí jeho budoucí majitel. Na základě těchto informací jsme dospěli k závěru, že výroba menšího elektromobilu generuje značně větší množství emisí (přibližně 16 tun) než výroba klasického automobilu se spalovacím motorem (přibližně 5 tun).

⁶⁸ GRANOVSKII, A, DINCER, I, ROSEN, MA. 2016. Economic and environmental comparison of conventional, hybrid and electric cars. Journal of Power Sources. Volume 4, Issue 12, pp. 241-258.

⁶⁹ Tamtéž, s. 254.

⁷⁰ DOKOUPIL, M. 2019. Kolik CO₂ vznikne při výrobě elektromobilů? Automoto Review. Volume 2, Issue 3, pp. 16-21.

Vezmeme-li v úvahu, že elektromobil nevytváří žádné emisní plyny během provozu, na rozdíl od spalovacího motoru, který generuje emise ve velkém množství, dojdeme k závěru, že oba typy vozidel vyprodukují stejné množství emisí během svého celkového života, avšak v různých fázích vývoje. Aby však tento závěr mohl být ověřen, je nezbytné zjistit, zda je provoz elektromobilu skutečně bezemisní záležitostí, a také stanovit, kolik emisí vzniká během celkového provozního života klasického automobilu se spalovacím motorem.

V následující části se zaměříme na provoz elektromobilů, přičemž našim hlavním úkolem bude analyzovat a porovnat jejich skutečnou spotřebu oxidu uhličitého s automobily poháněnými spalovacími motory. Dále se pokusíme zjistit, zda je provoz elektromobilů skutečně tak “bezemisní”, jak se často uvádí. Zaměříme se na to, zda tato tvrzení odrážejí skutečnou situaci, nebo zda existují skryté emise, které by mohly tuto představu vyvrátit. Cílem této kapitoly je poskytnout čtenáři komplexní přehled o této problematice a pomoci mu lépe pochopit dopady elektromobilů na životní prostředí.

Proces elektrifikace automobilů je komplexní a vyžaduje pečlivé sledování a měření emisí, které vznikají během tohoto procesu. Tyto emise jsou však obtížně měřitelné kvůli složitosti procesu a různým faktorům, které do něj vstupují. Na druhou stranu, emise vzniklé při výrobě elektřiny pro pohon elektrických vozidel jsou snadno měřitelné a lze je sledovat s větší přesností. Tento kontrast mezi složitostí měření emisí v rámci procesu elektrifikace a jednoduchostí měření emisí vzniklých při výrobě elektřiny je důležitým aspektem při hodnocení celkového dopadu elektrických vozidel na životní prostředí. Vědecký tým z organizace známé jako Tomorrow se zaměřil na zkoumání emisí CO₂, které vznikají při výrobě elektřiny v různých částech světa. Tato problematika je velmi důležitá, protože množství emisí CO₂, které je uvolňováno do atmosféry při výrobě elektřiny, má zásadní vliv na globální klima. V rámci svého výzkumu se vědci rozhodli vytvořit nástroj, který by umožnil lidem lépe pochopit, jak se množství emisí liší v závislosti na zemi a způsobu výroby elektřiny.

Tento nástroj, který nazvali ElectricityMap, je interaktivní mapou, která zobrazuje údaje o emisích CO₂ v reálném čase. ElectricityMap je navržena tak, aby byla snadno použitelná a intuitivní. Uživatelé mohou prozkoumávat mapu a získávat informace o emisích CO₂ v různých zemích. Pro zjednodušení výpočtu emisí z elektromobilů lze tato data využít tak, že se množství CO₂ na kWh vynásobí spotřebou elektromobilu vyjádřenou v kWh⁷¹.

V naší zemi, při výrobě jedné kWh elektrické energie, se do atmosféry uvolní 428 gramů CO₂. Tento údaj se během dne mění, hlavně v důsledku provozu elektráren na hnědé uhlí a jaderných elektráren. Pokud se předpokládá, že elektromobil spotřebuje 25 kWh na 100 km, což je typické pro klidnou jízdu ve středně velkém elektrickém vozidle, pak by emise tohoto vozu dosahovaly 10 700 gramů na 100 km. To znamená, že tento automobil spotřebuje 107 gramů CO₂ na každý ujetý kilometr⁷².

Při znalosti spotřeby elektřiny elektromobilu na kilometr a množství CO₂ vypuštěného při výrobě elektřiny (na 1 kWh), je možné konstatovat, že některé úspornější vozy se spalovacími motory mají srovnatelné emise. Důležité je upozornit na to, že český výsledek přesahuje limit Evropské unie o 12 gramů. Současný limit EU je stanoven na 95 gramů CO₂ na kilometr⁷³.

Podle analýzy Bloomberg New Energy Finance (BNEF) jsou elektromobily na čínských silnicích největšími producenty skleníkových plynů na ujetou vzdálenost, konkrétně vypouštějí 188,5 gramu CO₂ na míli (přibližně 1,6 km). Tento vysoký počet je důsledkem toho, že elektrická energie, kterou tyto vozy spotřebují, pochází převážně ze spalování uhlí v čínských elektrárnách. Na druhé straně spektra, ve Velké Británii, je tento údaj mnohem nižší - pouhých 76 gramů na míli. Ve Francii je to dokonce ještě méně, pouze 2,7 gramu na míli.⁷⁴

V roce 2017 byla Čína na čele globálního trhu s elektromobily, když tvořila čtyřicet procent celosvětových prodeju těchto vozidel. Tento trend ukazuje rostoucí popularitu elektromobilů v Číně.

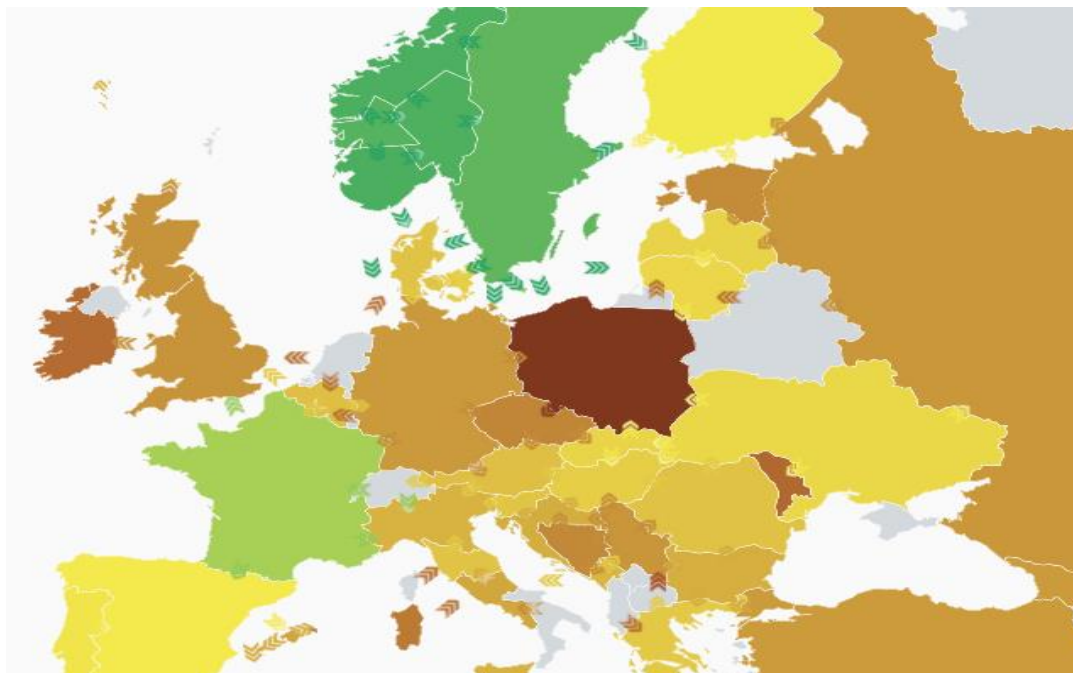
⁷¹ Mapování dopadu spotřeby elektřiny na klima. Electricity Map [online]. Dostupné z: <https://www.electricitymap.org/map>

⁷² MAZAL, M. 2020. Ohledy elektromobilů k přírodě [online]. Dostupné z: autoforum.cz

⁷³ MAZAL, M. 2020. Ohledy elektromobilů k přírodě [online]. Dostupné z: autoforum.cz

⁷⁴ BNEF. 2018. Research of Environment influence of electric car [online]. Dostupné z: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

Nicméně aby byly elektromobily skutečně považovány za ekologické, je nezbytné, aby energie potřebná pro jejich výrobu a provoz pocházela z obnovitelných zdrojů. To znamená, že musíme přejít od fosilních paliv, jako je uhlí, k čistým a obnovitelným zdrojům energie, jako je slunce a vítr. Tímto způsobem můžeme minimalizovat emise skleníkových plynů spojené s provozem elektromobilů a přispět k boji proti změně klimatu⁷⁵.



Obr. 15: Vliv spotřeby elektřiny na uhlíkové emise v roce 2021.
Zdroj: Electricity Map

Je důležité zvážit, zda je nastavený limit pro emise skleníkových plynů správně kalibrován. Někteří lidé mohou argumentovat, že tento limit je nastaven příliš nízko, což vede k nerealistickým cílům. Ačkoli tento limit motivuje automobilový průmysl k přechodu na elektrický pohon, zdá se, že dosažení těchto cílů je v reálném světě nemožné, i když se používají elektromobily. Je tedy třeba zvážit, zda by měl být tento limit upraven, aby byl dosažitelný a zároveň podporoval snižování emisí a skleníkových plynů.

⁷⁵ Tamtéž.

d) **Produkce CO₂ při ekologické likvidaci elektromobilu a elektrobaterie**

Při porovnávání konvenčních automobilů s elektromobily je důležité vzít v úvahu celkový životní cyklus každého typu vozidla. U konvenčních automobilů s interními spalovacími motory se emise skleníkových plynů generují jak během výroby, tak během provozu. Tyto emise jsou výsledkem spalování fosilních paliv, jako je benzín nebo nafta. Na druhé straně, elektromobily generují většinu svých emisí během výrobního procesu, zejména kvůli výrobě akumulátorů, které jsou klíčovou součástí těchto vozidel.

Nicméně, během provozu elektromobily generují mnohem méně emisí než jejich konvenční protějšky. Emise, které jsou spojeny s provozem elektromobilů, jsou v podstatě emise z elektráren, které vyrábějí elektrickou energii potřebnou k provozu těchto vozidel. Tyto emise jsou závislé na způsobu, jakým je elektrická energie vyráběna. Pokud je elektrická energie vyráběna z fosilních paliv, pak budou emise z elektromobilů vyšší. Pokud je však elektrická energie vyráběna z obnovitelných zdrojů, jako je slunce nebo vítr, pak budou emise z elektromobilů mnohem nižší. Je tedy důležité zvážit celkový životní cyklus automobilu při hodnocení jeho dopadu na životní prostředí. Zatímco elektromobily mohou generovat více emisí během výroby, jejich provoz může být mnohem čistší, pokud je elektrická energie vyráběna z obnovitelných zdrojů.

Jak konvenční, tak elektrické automobily procházejí procesem likvidace na konci svého životního cyklu. Tento proces je klíčový, protože představuje konečnou fázi v životě každého osobního vozidla a má také významný dopad na životní prostředí. V případě konvenčních automobilů s interními spalovacími motory výzkum ukazuje, že průměrné emise CO₂ při likvidaci těchto vozidel činí 286,6 kg. Tyto emise jsou výsledkem procesu likvidace, který zahrnuje demontáž vozidla a recyklaci jeho součástí. Elektromobily, na druhé straně, generují při likvidaci vyšší množství emisí CO₂, konkrétně až 312 kg. Toto číslo zahrnuje likvidaci akumulátorů, která je klíčovou součástí procesu likvidace elektromobilů. Akumulátory jsou složité součásti, které vyžadují speciální postupy pro jejich bezpečné a ekologické odstranění. Je důležité zdůraznit, že při ekologické likvidaci olovených autobaterií z konvenčních osobních vozidel se spalovacím motorem je množství generovaných emisí podle různých studií minimální. To znamená, že i přes to, že konvenční automobily během svého provozu produkují emise, jejich likvidace může být relativně čistá, pokud jsou správně recyklovány.

Toto tvrzení je založeno na předpokladu, že proces recyklace je prováděn správně a efektivně. Správná recyklace zahrnuje řadu kroků, které minimalizují dopad na životní prostředí a zajišťují, že materiály jsou znovu využity co nejefektivněji. Tyto kroky mohou zahrnovat separaci různých materiálů, jejich třídění a přípravu pro další zpracování. Pokud jsou tyto kroky dodrženy, může být proces likvidace konvenčních vozidel považován za relativně čistý z hlediska emisí. Nicméně je důležité si uvědomit, že i přes tyto opatření stále existuje určitý dopad na životní prostředí, který je spojen s výrobou a likvidací automobilů.

Proto je neustále důležité hledat způsoby, jak tento dopad minimalizovat a pracovat na vývoji čistších a udržitelnějších technologií. Celkově je tedy důležité zvážit celkový životní cyklus automobilu, včetně jeho likvidace, při hodnocení jeho dopadu na životní prostředí. Zatímco elektromobily mohou generovat více emisí během výroby a likvidace, jejich provoz může být mnohem čistší, pokud je elektrická energie vyráběna z obnovitelných zdrojů. Na druhé straně, konvenční automobily generují emise jak během provozu, tak při likvidaci, ale mohou být efektivněji recyklovány. Každý typ vozidla tedy představuje určité výzvy a přínosy z hlediska životního prostředí ⁷⁶.

Pro přehlednost přikládám tabulku (viz Tabulka 1), která porovnává množství vyprodukovaných emisí u dvou konvenčních osobních vozidel s různými výkony pohonných motorů a u elektrického vozidla Renault ZOE. Výběr těchto tří vozidel byl proveden s ohledem na jejich podobné rozměry. Výsledky srovnání emisí jsou uvedeny v předešlém odstavci

Vozidlo	VW Polo 1.6 TDI	VW Polo 1.0 TSI	Renault ZOE
Likvidace vozidla CO ₂ [kg]	286,6	286,6	286,6
Likvidace baterie CO ₂ [kg]	0	0	312
Celkové emise [kg]	286,6	286,6	598,6

Tabulka 1: Porovnání množství emisí při ekologické likvidaci klasického a elektrického vozidla.

Zdroj: ČTK

⁷⁶ ČTK. Elektromobilita v Česku se rozjíždí. Prodej hybridů se zdvojnásobil, stává se rychlodobíjecí stanice [online]. nedatováno. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/elektromobilita-v-cesku-se-rozjizdiprodej-hybridu-sezdvojn/r~67f14e4ede7411e7be860cc47ab5f122/?redirected=1526672526>

e) **Produkce ostatních skleníkových plynů (N₂O, CH₄)**

Oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄) a oxid dusný (N₂O) jsou zařazeny mezi plynné emise, které významně přispívají k urychlování tzv. skleníkového efektu, což vede k postupnému oteplování atmosféry Země. Tato emisní problematika je zejména patrná v energetice, průmyslu, dopravě a zemědělství, kde vznikají tyto emise, zejména ve formě oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného⁷⁷.

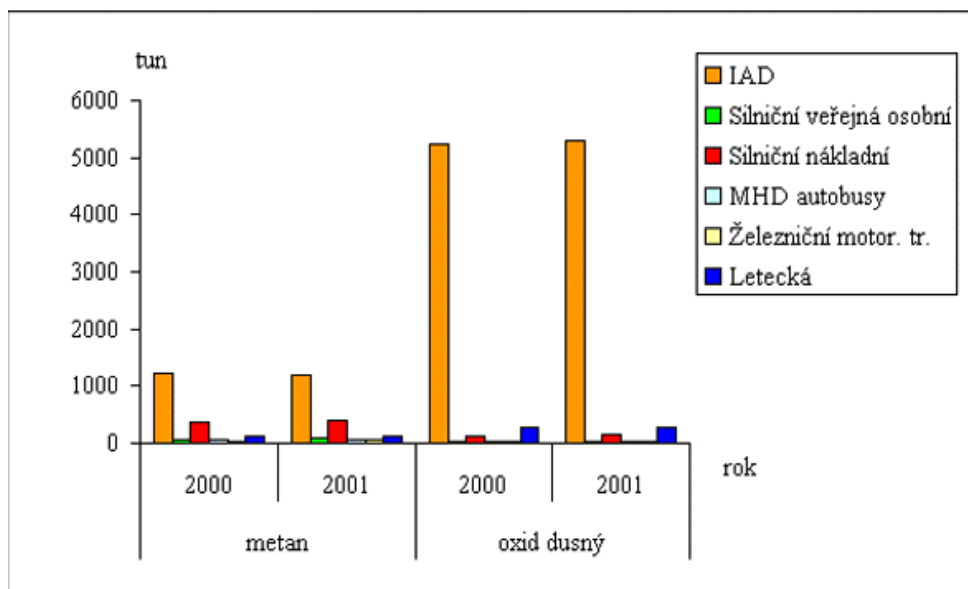
Je důležité si uvědomit, že v rámci celkového procesu produkce emisí je oxid uhličitý považován za klíčový prvek, protože tvoří největší množství těchto emisí. Avšak, i když je produkce dalších dvou zmíněných plynů, metanu a oxidu dusného, řádově nižší, tyto látky mají významnější dopad na skleníkový efekt. Konkrétně metan přispívá k tomuto efektu 21krát více a oxid dusný dokonce 30krát více než nejrozšířenější oxid uhličitý.

V kontextu dopravy hrají klíčovou roli automobilová a silniční nákladní doprava, které výrazně přispívají k emisím “skleníkových plynů”. Je třeba zdůraznit, že absolutní hmotnostní hodnoty emisí oxidu uhličitého způsobené dopravou vykazují trvalý růst po poklesu v roce 1991. Tento trend je alarmující a vyžaduje okamžitou pozornost.

Je důležité, aby byly přijaty opatření ke snížení emisí z dopravy, včetně přechodu na čistší zdroje energie, zlepšení účinnosti paliva a podpory alternativních forem dopravy. Kromě toho je také důležité pokračovat ve výzkumu a vývoji technologií pro zachycování a skladování uhlíku, které by mohly pomoci snížit množství oxidu uhličitého v atmosféře. Vzhledem k rostoucímu dopadu dopravy na změnu klimatu je také nezbytné, aby byla přijata opatření na mezinárodní úrovni. To by mohlo zahrnovat mezinárodní dohody o snížení emisí, stejně jako spolupráci na výzkumu a vývoji nových technologií. Takové kroky by mohly hrát klíčovou roli při řešení tohoto globálního problému⁷⁸.

⁷⁷ VÍDEN, I. Chemie ovzduší. 1. vydání, Praha: VŠCHT, 2005. 312 stran. ISBN: 80-7080-571-4, s. 112.

⁷⁸ ADAMEC, P, DUFEK, K. 2016. Produkce emisí CO₂, CH₄ a N₂O dopravou [online]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/clanek-produkce-emisi-co2-ch4-a-n2o-dopravou-v-cr/>



Obr. 16: Produkce metanu a oxidu dusného jednotlivými typy dopravy.

Zdroj: CDV.

Při srovnání emisí mezi konvenčními automobily a elektromobily je důležité vzít v úvahu celý životní cyklus obou typů vozidel. Na první pohled se může zdát, že elektromobily jsou "bezemisní", protože během provozu neprodukují žádné emise. Avšak pokud zohledníme emise vzniklé při výrobě elektrické energie potřebné pro provoz elektromobilů, obraz se může změnit.

Emise metanu (CH_4) a oxidu dusného (N_2O) jsou dva důležité skleníkové plyny, které jsou spojeny s dopravou. Emise těchto plynů z motorových vozidel jsou funkcí mnoha složitých aspektů dynamiky spalování a typu použitého systému kontroly emisí¹². Na rozdíl od emisí CO_2 , které jsou relativně snadno odhadnutelné, emise CH_4 a N_2O nelze snadno odvodit a musí být určeny pomocí publikovaných emisních faktorů pro každou kombinaci paliva, technologie koncového použití, podmínek spalování a systému kontroly emisí.

Studie provedená Federací mezinárodního automobilismu (FIA) se zaměřila na celý životní cyklus elektromobilů a hodnotila jejich dopad na produkci skleníkových plynů. Tato studie ukázala, že elektromobily mají výhody v oblasti ekologie ve srovnání s klasickými automobily se spalovacím motorem pouze v případě, že elektrická energie použitá pro jejich provoz byla generována z obnovitelných zdrojů. To znamená, že elektromobily začínají být ekologicky příznivější než benzinová auta, pokud bylo ujetých více než 127 000 kilometrů, při současném způsobu získávání energie.

Je důležité poznamenat, že výsledky této studie jsou závislé na způsobu, jakým je elektrická energie pro provoz elektromobilů generována. Pokud je elektrická energie generována z obnovitelných zdrojů, pak jsou emise elektromobilů během celého jejich životního cyklu výrazně nižší než emise konvenčních automobilů. Pokud je však elektrická energie generována z fosilních paliv, pak mohou být celkové emise elektromobilů srovnatelné nebo dokonce vyšší než emise konvenčních automobilů.

Takže zatímco elektromobily mohou přinést významné výhody z hlediska snížení emisí skleníkových plynů, je důležité vzít v úvahu celý životní cyklus vozidla a zdroje elektrické energie použité pro jeho provoz. To zdůrazňuje důležitost přechodu na obnovitelné zdroje energie pro výrobu elektrické energie, pokud chceme maximalizovat environmentální výhody elektromobilů.

Při hodnocení dopadu elektromobilů na životní prostředí je důležité zohlednit celý životní cyklus vozidla, včetně výroby, provozu a nakonec i likvidace. Ačkoli elektromobily během provozu neprodukují žádné emise skleníkových plynů, výroba akumulátorů pro tyto vozy může mít významný dopad na životní prostředí.

Podle studie provedené v roce 2018 na norské University of Science and Technology v Trondheimu, výroba akumulátorů pro elektromobily může vést k významnému množství emisí CO₂. Tato studie ukázala, že v průběhu celého životního cyklu může větší elektromobil vyprodukovat více emisí než malé vozidlo s konvenčním spalovacím motorem. Výroba akumulátorů pro elektromobily je náročná na materiály a energii. Akumulátory pro elektromobily obvykle obsahují lithium, kobalt a nikl. Tyto materiály jsou těženy, což je proces, který může mít významný dopad na životní prostředí.

Například, pro každou tunu těžného lithia se do vzduchu uvolní 15 tun CO₂. Kromě toho, těžba těchto materiálů je náročná na práci a vyžaduje chemikálie a obrovské množství vody. Výroba akumulátorů také zahrnuje vysoké teploty, které jsou obvykle dosaženy spalováním fosilních paliv, což přispívá k emisím CO₂. Podle některých odhadů může výroba akumulátoru pro elektromobil vést k emisím CO₂ v rozmezí od 2400 kg (téměř dvě a půl metrické tuny) až 16 000 kg (16 metrických tun). Je důležité poznamenat, že tyto emise jsou jen částí celkového dopadu elektromobilů na životní prostředí.

Během provozu elektromobily spotřebují elektrickou energii, která může být vyrobena z různých zdrojů, včetně fosilních paliv. Pokud je elektrická energie pro provoz elektromobilů generována z fosilních paliv, pak mohou být celkové emise elektromobilů srovnatelné nebo dokonce vyšší než emise konvenčních automobilů⁷⁹.

2.2 Recyklace, opětovné použití a likvidace

V dnešní době se zdá, že otázka likvidace elektromobilů s ukončenou životností bude odkládána do neurčité budoucnosti, neboť aktuálně není dostatek elektromobilů dosahujících konce svého životního cyklu. Hlavním aspektem v oblasti elektromobilů je především recyklace klíčové komponenty, a to akumulátoru.

Současně je však recyklováno pouze zhruba 1 % surovin z elektrobaterií. Očekává se, že v blízké budoucnosti dojde k významnému nárůstu tohoto čísla. Elektromobily mají hrát klíčovou roli v tomto procesu, snižující nároky na suroviny, jako jsou platina, rhodium a paladium, které jsou obsaženy v katalyzátorech u vozidel se spalovacími motory⁸⁰.

Při recyklaci lithiových baterií je podstatné získat prostřednictvím použití chemických látek a činidel z vysloužilého akumulátoru zpět především lithium a kobalt. V současné době jsou k těmto účelům využívána šetrná činidla a rozpouštědla, ale proces je to velice technologicky i finančně komplikovaný. Procesem recyklace tak v současné době projde pouze zlomek lithiových akumulátorů, zatímco klasické olověné akumulátory jsou recyklovány až v 99 %⁸¹.

Dá se předpokládat, že o již nepoužitelné baterie z elektromobilů bude v budoucnu veliký zájem, a nebude zapotřebí jejich ekologická likvidace. Baterie s kapacitou kolem 75 % může být nadále využívána a prodána. Efektivní proces likvidace a částečné recyklace bude takto odložen na další roky, během nichž se předpokládá další technologický pokrok v této oblasti⁸².

⁷⁹ ČVUT. 2018. Elektromobilita pomáhá při snižování emisí CO₂, elektrina ale nesmí být z fosilních paliv [online]. Dostupné z: <https://www.aktualne.cvut.cz/zpravy-z-medii/20181128-elektromobilita-pomaha-pri-snizovani-emisi-co2-elektrina-ale-nesmi-byt-z>

⁸⁰ ŠVARC, M. 2020. Je běžný automobil ekologičtější než elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/je-bezny-automobil-ekologictejsi-nez-elektromobil>

⁸¹ NOVÁK, JA. 2019. Svět zaplaví milion lithium-iontových baterií [online]. Dostupné z: <https://ekonom.cz/c1-66556390-z-recyklace-akumulatoru-se-stava-nastroj-zahranicni-politiky>

⁸² Články: Enviweb.cz. 2020. Jak to bude s akumulátory elektromobilů? [online]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/105532>

Současnou možností, jak znovu využít použité a vysloužilé akumulátory, je technologie, která je nazývána „second life“ neboli „druhý život“. Konkrétně se jedná o metodu opětovného využití použitého akumulátoru, místo toho, aby byl ekologicky zlikvidován. Tuto metodu lze v praktickém využití spatřit v Japonsku, kde automobilový závod Nissan využívá vysloužilé akumulátory k pouličnímu osvětlení⁸³.

Aktuálně se projevuje zájem o využití vysloužilých lithiových baterií z elektromobilů pro jejich opětovnou integraci do elektrické sítě, což se nazývá technologie "vehicle-to-grid" (V2G), jak ilustruje Obrázek 16..

Technologie Vehicle-to-Grid (V2G), kterou vyvinula společnost Enel, představuje revoluční krok v oblasti elektromobility a energetických sítí. Tato technologie umožňuje elektromobilům nejen přijímat energii z elektrické sítě pro svůj provoz, ale také ji zpětně dodávat do sítě. To znamená, že baterie elektromobilu se stává aktivním prvkem v energetické síti, který může pomoci stabilizovat síť tím, že dodává nebo odebírá energii v závislosti na aktuální poptávce.

Konkrétně, pokud je v síti přebytek energie, například v důsledku vysoké produkce obnovitelných zdrojů, může elektromobil tuto energii přijmout a uložit do své baterie. Naopak, pokud je v síti nedostatek energie, může elektromobil energii z baterie dodat zpět do sítě. Tímto způsobem může technologie V2G pomoci vyrovnávat fluktuace v produkci a spotřebě energie a přispívat k stabilizaci elektrické sítě.

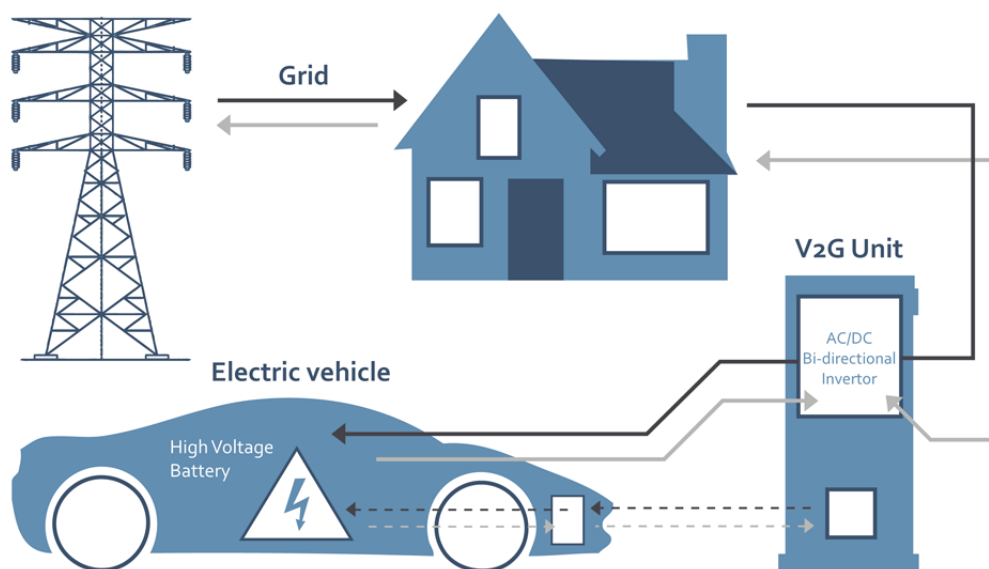
Nicméně, většina akumulátorů z elektromobilů je v současnosti stále využívána pro silniční provoz. To znamená, že kapacita těchto akumulátorů pro technologii V2G je omezena dobou, kdy je elektromobil zaparkován a připojen k síti. Proto je otázkou, jak rozsáhlé bude využití těchto akumulátorů pro technologii V2G v budoucnosti.

⁸³ ZEMKOVÁ, Barbora. Recyklace akumulátorů z elektromobilů [online]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/recyklace-akumulatoru-z-elektromobilu>

Podle některých studií by však mohly být akumulátory z elektromobilů v budoucnosti využity nejen pro silniční provoz, ale také jako stacionární úložiště energie. To by mohlo zvýšit kapacitu pro technologii V2G a umožnit širší využití těchto akumulátorů pro stabilizaci elektrické sítě. Navíc, s rostoucím počtem elektromobilů na silnicích a pokračujícím vývojem technologie baterií se očekává, že kapacita akumulátorů pro technologii V2G se v budoucnosti ještě zvýší.

Je důležité zdůraznit, že úspěšné využití technologie V2G vyžaduje koordinaci mezi různými stranami, včetně výrobců elektromobilů, poskytovatelů energetických služeb, operátorů elektrických sítí a samotných uživatelů elektromobilů. Kromě toho, efektivní využití technologie V2G také vyžaduje vhodnou infrastrukturu, včetně inteligentních dobíjecích stanic a systémů pro správu energie.

Vzhledem k těmto výzvám je nezbytné pokračovat ve výzkumu a vývoji technologie V2G a zkoumat různé možnosti pro její implementaci a optimalizaci. Přestože je cesta k plnému využití technologie V2G ještě dlouhá, je jasné, že tato technologie má obrovský potenciál pro transformaci našich energetických systémů a přispění k přechodu na udržitelnou energetiku ⁸⁴.



Obr. 16: Princip technologie V2G.

Zdroj: evconsult.nl

⁸⁴ VYTLAČIL, P. 2018. Recyklace Li-ion baterií [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/akumulace-energie/recyklace-lithium-ion-baterii-uvod>

2.3 Nabíjení z obnovitelných zdrojů

Jak zaznělo v mnoha studiích a výzkumech, které zde byly zmiňovány, elektromobilita by byla pro životní prostředí šetrnější oproti klasickým automobilům se spalovacími motory pouze v případě, že by elektrická energie potřebná k jejich provozu pocházela z tzv. obnovitelných zdrojů.

V předchozí části jsme se zabývali otázkou emisí oxidu uhličitého (CO₂) při výrobě elektrické energie v českých elektrárnách. Zjistili jsme, že při výrobě jednoho kilowatthodiny (1 kWh) elektrické energie se do atmosféry uvolní přibližně 428 gramů CO₂. Toto množství však není konstantní a může se během dne měnit, což je dáno především kombinací hnědouhelných a jaderných elektráren, které jsou v České republice provozovány.

Pokud se podíváme na elektromobily, které jsou považovány za ekologickou alternativu klasických automobilů s interním spalovacím motorem, zjistíme, že při předpokládané spotřebě 25 kWh na 100 kilometrů, což je hodnota typická pro klidnou jízdu ve středně velkém elektrickém vozidle, by emise CO₂ z takového vozu dosahovaly hodnoty 10 700 gramů na 100 ujetých kilometrů.

Pokud tuto hodnotu převedeme na jednotlivé kilometry, zjistíme, že spotřeba CO₂ na ujetý kilometr by činila 107 gramů. To je významná informace, kterou je třeba vzít v úvahu při posuzování ekologického dopadu elektromobilů. I když nejsou přímo zdrojem emisí CO₂, jejich provoz je s nimi nepřímo spojen prostřednictvím výroby elektrické energie, kterou spotřebovávají⁸⁵.

Situace může být na jiných místech planety ještě horší, a to podle toho, jaké elektrárny se podílejí na výrobě elektrické energie v konkrétní zemi. Pokud je elektrická energie v zemi vyráběná tepelnými elektrárnami, které fungují na spalování fosilních zdrojů, pak bude množství vypuštěných emisí při výrobě 1 kWh mnohem vyšší. Pokud v zemi převažuje energie jaderná nebo obnovitelné zdroje, pak je množství emisí mnohem nižší.

⁸⁵ MAZAL, M. 2020. Ohledy elektromobilů k přírodě [online]. Dostupné z: autoforum.cz

Jak jsme již předtím ukázali na příkladu, na jednu ujetou míli elektromobilu v Číně se vyprodukuje 188,5 gramů oxidu uhličitého, což je převážně způsobeno spalováním uhlí v tepelných elektrárnách. Ve Velké Británii, kde se využívá relativně hodně obnovitelných zdrojů, je toto množství podstatně nižší, pouze 76 gramů na jednu najetou míli elektromobilu. Ve Francii je situace ještě příznivější, s pouhými 2,7 gramy, protože zde je elektrická energie převážně vyráběna v jaderných elektrárnách, které mají menší emisní stopu⁸⁶.

Jinými slovy, na těchto oficiálních číslech lze jasně vidět, že pokud by byly elektromobily poháněny elektrickou energií pocházející z obnovitelných zdrojů nebo jaderných elektráren, pak by se jejich emisní stopa opravdu výrazně snížila, a pak by tato vozidla během svého provozu skutečně byla emisní pouze minimálně. Celá jejich emisní stopa by pak tkvěla pouze v enormním množství skleníkových plynů, které je vyprodukováno během výroby elektromobilů, konkrétně během výroby akumulátoru.

Jakýmsi řešením, které by bylo přívětivé jak pro životní prostředí, majitele aut i vlády jednotlivých zemí, by bylo masivní využívání solárních panelů na výrobu elektrické energie do automobilů. Jak již bylo zmíněno, majitel vozidla by si nechal na střechu svého domu nebo garáže namontovat solární panely, které dokážou z dopadající sluneční energie vyrobit dostatečné množství elektrické energie, kterou by mohl být elektromobil každou nocí dobíjen. Majitel vozidla by tak v případě státních dotací investoval pouze do počátečních investic na zbudování solárních panelů, a provoz jeho elektrického automobilu, by tak měl „zdarma“, čímž by se nejen jeho počáteční investice splácely, ale majitel by již nebyl závislý na drahé a neekologické elektřině „ze sítě“⁸⁷.

⁸⁶ BNEF. 2018. Research of Environment influence of electric car [online]. Dostupné z: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

⁸⁷ Deloitte. 2019. Automobilový průmysl: Znovuobjevení automobilu [online]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/deloitteanalytics/Automobilovy-prumysl-znovuobjeveni-automobilu.pdf>

Jak by takové nabíjení elektromobilu elektřinou ze solárních panelů vypadalo? Elektromobil může být v drtivé většině případů bez problémů nabit prostřednictvím tzv. domácí solární elektrárny, kdy je automobil nabíjen přímo z běžné zásuvky, která je napájena elektřinou ze solárního panelu s připojeným střídačem. Pro efektivní nabíjení elektromobilu je ale většinou nutné vlastnit speciální řídicí jednotku, která dokáže nabíjení ovládat přesně podle konkrétních stanovených požadavků elektroniky v elektromobilu a podle aktuální produkce energie v elektrárně ⁸⁸.

Zmíněné systémy určené pro domácí nabíjení elektromobilu prostřednictvím solárních panelů jsou v současné době na trhu již běžně dostupné, a existuje jich poměrně velké množství. Příkladem může být nabíjecí stanice mající podobu pergoly od společnosti BMW. Samotná nabíječka vypadá jako přístřešek na sloupech, kdy střecha je tvořena solárními panely. Solární nabíjecí stanice je jednoduchá na ovládání, šetrná k životnímu prostředí, a především plně účinná. Energie vyrobená v přístřešku však nemusí být využita pouze pro pohon elektromobilu, ale může být využita i běžnými spotřebiči v domácnosti ⁸⁹.

⁸⁸ EON. 2016. Je možné elektromobil dobít pomocí solárních panelů? [online]. Dostupné z:

⁸⁹ Tamtéž.

2.4 Vize budoucnosti

Při úvaze o budoucnosti elektromobility jsou po zjištění všech v současné době známých informací zřejmé dvě zásadní věci:

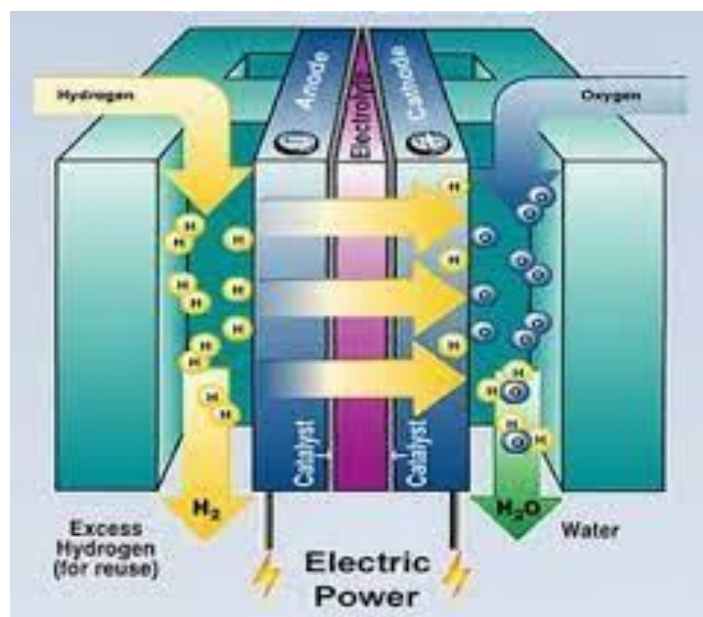
1. Pakliže má být elektromobilita šetrná k životnímu prostředí, a o poznání na emise méně zatěžující nežli v současné době převažující klasické automobily s konvenčními motory, pak je nutné, aby elektrická energie, která je zapotřebí pro jejich provoz, pocházela z obnovitelných zdrojů, a její výroba tak byla šetrná vůči životnímu prostředí.
2. Pokud má být celý životní cyklus elektromobilu v porovnání s celým životním cyklem klasických automobilů se spalovacími motory méně na emise náročný, pak je nutné přestat do elektromobilů instalovat lithiové baterie. Tento nejrozšířenější typ akumulátorů v elektrických automobilech musí být nahrazen jiným zdrojem elektrické energie. Jelikož jak již bylo několikrát zmíněno, právě těžba lithia, jeho doprava do zpracovatelských podniků, a samotná výroba lithiové baterie, popřípadě pouhá výroba jednoho většího elektromobilu, vyprodukuje tolik emisí, jako jeden menší klasický automobil se spalovacím motorem za celý svůj životní cyklus.

Tyto poznatky jsou podloženy velkým množstvím nezávislých studií, které se o emise produkované elektromobily i klasickými automobily intenzivně zajímaly. Studií existuje v současné době poměrně velké množství, a drtivá většina z nich došlo ke stejným závěrům, které jsou shrnuty ve dvou bodech výše.

Z toho vyplývá, že elektromobilitu jako takovou čekají 2 zásadní výzvy, půjde-li výrobcům a státům, které elektromobilitu propagují pouze o dopady na životní prostředí a množství vyprodukovaných emisí, a ne o zisk z prodejů v současném nastavení příliš neekologických elektromobilů. Zde se setkáváme opět se základní filozofickou otázkou, budou učiněny potřebné kroky pro to, aby se elektromobilita stala skutečně ekologickou nebo vše bude pokračovat v dosavadních kolejích, a elektromobilita bude pouze falešně vydávána za ekologickou záležitost?

V některé z předcházejících kapitol bylo zmíněno, že zásadní technologií, do které vývojáři i vědci vkládají velké naděje, je pohon elektromobilů na vodíkové články. Právě vodíkové články by měly nahradit na emise nejnáročnější položku elektromobilů, akumulátory. O jaký princip u této technologie jde, a v čem je v ekologickém ohledu výhodnější nežli používání klasických lithiových baterií?

U laické veřejnosti se lze poměrně často setkat s představou, že automobil využívající pro svůj pohon vodík, je klasické vozidlo s konvenčním spalovacím motorem, který však na místo benzínu nebo nafty využívá vodík, podobně jako v případě aut na plyn, LPG nebo CNG. Vodíkové automobily, které se v současné době vyrábí, a již nyní se pohybují po silnicích, představují však ve své podstatě elektromobily. Tato vozidla disponují pohonem v podobě klasického elektromotoru, který čerpá energii pro svůj provoz z přítomných palivových článků, ve kterých dochází k výrobě energie chemickou reakcí mezi vodíkem a kyslíkem⁹⁰. Princip vodíkového pohonu zobrazen na Obr. 17.



Obr. 17: Princip vodíkového pohonu.

Zdroj: energie-portal.sk

⁹⁰ HISHIMOTO, K. 2009. Hydrogen as fuel. n: Global Carbon Dioxide Recycling. SpringerBriefs in Energy. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8584-1_13

Vodíkové auto představuje v současné době pouze na jiném principu postavený druh elektromobilu. Současná vodíkem poháněná vozidla však disponují i akumulátorem, jelikož současná technologie není zatím schopná vyprodukovat palivový článek, který by byl schopen vytvořit dostatečné množství energie. K tomu musí palivovým vodíkovým článkům v současné době pomáhat právě přídavná pomocná autobaterie ⁹¹.

To se týká zejména větších až velkých elektromobilů, u kterých nejsou vodíkové články schopné takto velkým vozidlem potřebně pohánět. Pokud by vědci chtěli při současných technologiích a na současné technologické úrovni vytvořit vodíkový článek, který by byl schopen pokrýt potřeby i velkého elektromobilu, pak by hotový produkt musel dosahovat takových rozměrů, že by se do ani velkého vozidla nemohl vejít. Zároveň by taková součástka byla i extrémně drahá, a výsledný vůz by byl finančně opravdu velice náročný⁹².

Jednou z výhod v současné době vyráběných aut s vodíkovým pohonem oproti klasickým elektromobilům je rychlejší tankování, které se pohybuje v řádu minut (zhruba 5 minut) a poměrně dlouhý dojezd (několik set kilometrů, zhruba 500-700 kilometrů). V současné době vyráběné elektromobily jsou však schopné svého plného nabití již v řádu desítek minut (i okolo 20 minut) a udávané dojezdové vzdálenosti i 400-500 kilometrů. Rozdíly mezi vodíkovým pohonem a klasickým elektrickým tak jsou v současné době již minimální. Společnou výhodou obou typů elektromobilů je bezemisní a tichý provoz.

Ihned je zde však nutné dodat, že v žádném případě nejsou oba typy elektromobilů bezemisní, jak již bylo několikrát zmíněno, pakliže bude brána celá životní etapa automobilů a výroba potřebné elektrické energie z elektráren. Vodíkový pohon by mohl být na emise mnohem méně náročný, kdyby automobil opět nemusel disponovat sice méně výkonnou, ale na emise opět velice náročnou baterií.

⁹¹ HISHIMOTO, K. 2009. Hydrogen as fuel. n: Global Carbon Dioxide Recycling. SpringerBriefs in Energy. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8584-1_13

⁹² Tamtéž.

Pokud by byl v budoucnu schopen vodíkem napájený vůz jezdit čistě na vodík, bez přítomné autobaterie, pak by se již mohlo jednat o citelně na emise méně náročnou záležitost. Z toho důvodu lze ve vodíkovém pohonu spatřovat jakousi vizi budoucnosti, ovšem až po dlouhém vývoji a výzkumu, který umožní vytvořit vodíkové články i pro velké elektromobily bez potřeby přítomného akumulátoru.

Vyhodnocení a diskuse

V rámci této diplomové práce došlo k detailnímu popisu elektromobility, a to ze všech jejích možných úhlů. Detailně byl popsán celý technologický princip tohoto automobilového odvětví, aby mohlo být lépe pochopeno, v čem tkví její hlavní výhody a nedostatky. Práce se zaměřovala především na hodnocení zdánlivé a propagované ekologičnosti této technologie, která byla proklamována dříve, nežli byly provedeny všechny potřebné výzkumy a studie.

Výrobci elektromobilů a vlády jednotlivých zemí, které tyto vozy i v současné době intenzivně propagují, a hovoří o nich, jako o budoucnosti automobilového průmyslu a ekologickém řešení skleníkového efektu, se však zaobíraly pouze jednou stránkou elektromobility, a to samotným provozem elektromobilů a množstvím emisí, které jsou vyrobeny pouze za provozu těchto vozidel.

Nutné je však každé vozidlo, ať již elektrické nebo konvenční se spalovacím motorem, chápat jako stroj, který prochází svými jednotlivými životními etapami, na které je potřeba se dívat jako na celek. Nelze říci, že klasické vozidlo se spalovacím motorem za svůj provoz produkuje velké množství emisí, a elektromobil, jedno konkrétní vozidlo, za svůj provoz neprodukuje žádné emise, a na základě toho odvodit, že elektromobilita představuje za současných podmínek záležitost vysoce ekologickou a přívětivou pro životní prostředí.

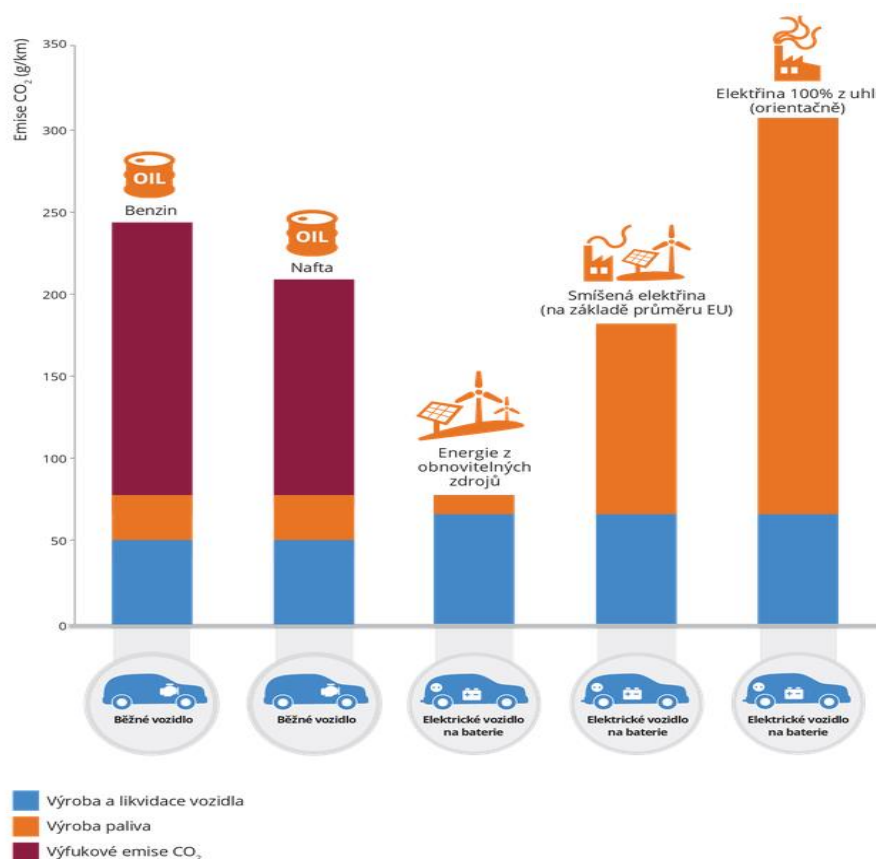
V tomto ohledu bylo v této diplomové práci na mnoha konkrétních studiích a výzkumech jasně poukázáno na to, že elektromobil sice za svůj provoz netvoří žádné emise, nicméně pro jeho výrobu se spotřebuje emisí obrovské množství, zejména při výrobě jeho lithiové baterie, která je nutnou součástí současných elektromobilů. Zde číslo hovoří o v průměru 16 tunách emisí oxidu uhličitého vytvořeného při výrobě jednoho jediného elektromobilu. Zatímco u konvenčního automobilu se spalovacím motorem o stejných rozměrech je při výrobě spotřebováno v průměru tun 5, i včetně oloveného akumulátoru a spalovacího motoru. Klasický automobil sice stojí emisí málo při výrobě, nicméně tvoří emise neustále během svého následujícího provozu.

Nicméně nelze říct, že ani provoz elektromobilu nestojí životní prostředí žádné emise, jelikož elektromobil musí být poháněn elektrickou energií, kterou neustále musí dobíjet. A pokud elektrická energie pochází ze sítě, a ne z vlastních obnovitelných zdrojů, pak i provoz elektromobilů vytváří nepřímé emise ve formě

vzniku elektrické energie v elektrárnách. Již několikrát byla zmíněna věta, že elektromobilita by byla ekologicky výhodná pouze v případě, že by elektrická energie pocházela z obnovitelných zdrojů.

Tuto myšlenku podporuje i níže uvedené grafické znázornění, které bylo vytvořeno Evropským institutem pro životní prostředí (viz Obr. 18), na kterém je znázorněno 5 základních typů současných vozidel. První je vozidlo klasické s pohonem na benzín, druhým je vozidlo klasické s pohonem na naftu, třetím vozidlo je elektromobil, který využívá pro svůj pohon elektřinu pouze z obnovitelných zdrojů, čtvrté je elektromobil využívající elektřinu z tzv. smíšených zdrojů, a posledním je elektromobil, který by elektřinu využíval pouze ze spalovacích elektráren.

Na simulaci lze jasně vidět, že elektromobilita by byla na emise nejvýhodnější variantou pouze v případě, že pohon v podobě elektrické energie bude pocházet pouze z obnovitelných zdrojů.



Obr. 18: Množství emisí CO₂ vytvořené různými typy automobilů.

Zdroj: European Environment Agency, 2017.

Na úvod byla stanovena základní vědecká hypotéza pro celou tuto diplomovou práci, která měla být pod tíhou argumentů a poznatků vyvrácena nebo potvrzena. Pro tuto diplomovou práci hypotéza konkrétně zněla:

H0: Elektromobilita má menší dopad na životní prostředí, co se množství produkováných skleníkových plynů týká, nežli osobní automobily poháněné ropnými produkty (benzinem a naftou).

Jak je již očekávatelné, nemůže být tato hypotéza potvrzena, jelikož zda bylo uvedeno velké množství důkazů, které celou hypotézu přímo vyvrací. Hypotéza by mohla být platnou pouze za splnění dvou zásadních změn, ke kterým by muselo v rámci celého odvětví elektromobility dojít:

- Jediným zdrojem elektrické energie by musely být obnovitelné zdroje.
- Lithiový akumulátor by musel být nahrazen významně méně ekologicky, a především emisně náročným zdrojem energie.

..

Závěr

Elektromobilita v současné době představuje velice rychle se rozvíjející a perspektivní odvětví automobilového průmyslu, které je nazýváno ekologickou budoucností. Nicméně současný technologický vývoj a současné nastavení se zdá být po důkladném prozkoumání ekologicky, a především emisně stejně neekologické nebo ekologické pouze o trochu více nežli vozidla, která využívají klasické spalovací motory.

V současné době jsou elektromobily výrobci a vládami propagované jako šetrné k životnímu prostředí a bezemisní, což vyvracuje nejen drtivé procento nezávislých studií, ale i tato diplomová práce, která došlo k závěru, že myšlenka elektromobility není vzhledem k životnímu prostředí vyloženě myšlenkou špatnou, nicméně je zapotřebí vyřešit dvě hlavní zásady, které celou ekologičnost elektromobility velice narušují.

Je očekávatelné, že úvodní hypotézu nelze potvrdit. Existuje mnoho důkazů, které ji přímo vyvracejí. Hypotéza by mohla být platná pouze za splnění dvou zásadních podmínek v rámci celého odvětví elektromobility:

Obnovitelné zdroje energie: Jediným zdrojem elektrické energie by musely být obnovitelné zdroje, jako jsou solární panely, větrné turbíny nebo vodní elektrárny. To by zajistilo udržitelnost a snížení negativního dopadu na životní prostředí.

Alternativní způsoby ukládání energie: Lithiové akumulátory jsou běžně používány v elektromobilech, ale jsou náročné na těžbu a mají omezenou životnost. Nahrazení těchto akumulátorů méně ekologicky a emisně náročnými způsoby ukládání energie by bylo klíčové pro dosažení udržitelnější elektromobility. Může se jednat například o vodíkové palivové články nebo jiné technologie, které minimalizují dopad na životní prostředí.

Celkově je třeba hledat komplexní řešení, které zohledňuje nejen technologické inovace, ale také sociální, ekonomické a environmentální aspekty. Elektromobilita má potenciál přinést pozitivní změny, ale vyžaduje spolupráci všech zúčastněných stran a dlouhodobý závazek k udržitelnosti.

Použité zdroje

ADAC. 2019. Elektroautos brauchen die Energiewende: Die Klimabilanz [online].

Dostupné z: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/klimabilanz/>

ADAMEC, P, DUFEK, K. 2016. Produkce emisí CO₂, CH₄ a N₂O dopravou

[online]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/clanek-produkce-emisi-co2-ch4-a-n2o-dopravou-v-cr/>

BNEF. 2018. Research of Environment influence of electric car [online]. Dostupné z:

<https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

CEROVSKY, Z, MINDL, P. 2008. Hybrid electric cars, combustion engine driven

cars and their impact on environment. 2008 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, pp. 1-64.

Články: Battery University. 2017. Types of Lithium-ion Batteries [online]. Dostupné

z: http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion

Články: Enviweb.cz. 2020. Jak to bude s akumulátory elektromobilů? [online].

Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/105532>

ČTK. Elektromobilita v Česku se rozjíždí. Prodej hybridů se zdvojnásobil, staví se rychlodobíjecí stanice [online]. nedatováno. Dostupné z:

<https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/elektromobilita-v-cesku-se-rozjizdiprodej-hybridu-sezdvojn/r~67f14e4ede7411e7be860cc47ab5f122/?redirected=1526672526>

ČVUT. 2018. Elektromobilita pomáhá při snižování emisí CO₂, elektrina ale nesmí

být z fosilních paliv [online]. Dostupné z: <https://www.aktualne.cvut.cz/zpravy-z-medii/20181128-elektromobilita-pomaha-pri-snizovani-emisi-co2-elektrina-ale-nesmi-byt-z>

Deloitte. 2019. Automobilový průmysl: Znovuobjevení automobilu [online].

Dostupné z:

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/deloitteanalytics/Automobilovy-prumysl-znovuobjeveni-automobilu.pdf>

DIVAKAR, BP. 2017. Battery-Management System (BMS) and SOC Development for Electrical Vehicles. BMS Journal. Vol 6, Issue 7, pp. 76-90.

DOKOUPIL, M. 2019. Jízda čistá, ale co výroba? Kolik CO2 vznikne při výrobě elektromobilů? [online]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jizda-cista-ale-co-vyroba-kolik-co2-vznikne-pri-vyrobe-elektromobilu-131387>

DOKOUPIL, M. 2019. Kolik CO2 vznikne při výrobě elektromobilů? Automoto Review. Volume 2, Issue 3, pp. 16-21.

DUDA, J. 2021. Národní technické muzeum připomíná 80 let od úmrtí „českého Edisona“ Františka Křižíka. Časopis elektro. Volume 1, Issue 2, pp. 13-17.

EFTE. 2007. Reducing CO2 Emissions from New Cars: A Study of Major Car Manufacturers Progress in 2006. European Federation for Transport and Environment. 2007, no. 1, s. 11. Dostupný z: <http://https://www.transportenvironment.org/>

ELECTRIC VEHICLES. 2017. Union of Concerned Scientists [online]. Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles#.WqLgQmrOWpo>

ELECTRICITY MAP. 2020. Mapování dopadu spotřeby elektřiny na klima [online]. Dostupné z: <https://www.electricitymap.org/map>

EON. 2016. Je možné elektromobil dobíjet pomocí solárních panelů? [online].

Dostupné z:

FRANCO, AA. 2015. Rechargeable lithium batteries. Woodhead Publishing Series in Energy: Number 81, s. 392.

GRANOVSKII, A, DINCER, I, ROSEN, MA. 2016. Economic and environmental comparison of conventional, hybrid and electric cars. Journal of Power Sources. Volume 4, Issue 12, pp. 241-258.

HISHIMOTO, K. 2009. Hydrogen as fuel. n: Global Carbon Dioxide Recycling. SpringerBriefs in Energy. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8584-1_13

HOEKSTRA, A. 2018. The underestimated potential of battery electric vehicles to reduce emissions. Joule. Volume 3, Issue 6, pp. 1412-1414.

HOYER, KG. 2008. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. Utilities Policy. Volume 16, Issue 2, pp. 63-71.

HROMÁDKO, J. Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1, s. 34.

CHRIS, M., MASRUR, AM., GAO, WD. Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives. 1st printing, 2011. West Sussex: John Wiley & Sons, c2011. ISBN 978-0-470-74773-5, s. 65.

MANZETTI, S. 2015. Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 51(11), pp. 1004–1012.

MATĚJOVSKÝ, V. Automobilová paliva. 1 vydání, Praha: Grada publishing a. s., 2005. 223 stran. ISBN: 80-247-0350-5.

MAZAL, M. 2020. Ohledy elektromobilů k přírodě [online]. Dostupné z: autoforum.cz

NOVÁK, JA. 2019. Svět zaplaví milion lithium-iontových baterií [online]. Dostupné z: <https://ekonom.cz/c1-66556390-z-recyklace-akumulatoru-se-stava-nastroj-zahranicni-politiky>

ŠPAČEK, J. 2018. Jak funguje elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviji-ale-moc-nemeni-2399>

ŠTAIDL, O. 2020. Zákaz spalovacích motorů plánují další státy, přidalo se Japonsko [online]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/testy/predstavujeme/zakaz-spalovacich-motoru-chystaji-dalsi-staty-pridalo-se-japonsko_48334.html

ŠVARC, M. 2020. Je běžný automobil ekologičtější než elektromobil? [online]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/je-bezny-automobil-ekologictejsi-nez-elektromobil>

VEGR, J. 2008. Elektromobily – historie a současnost. PRO-ENERGY magazín. Volume 3, Issue 6, pp. 44-50.

VÍDEN, I. Chemie ovzduší. 1 vydání, Praha: VŠCHT, 2005. 312 stran. ISBN: 80-7080-571-4, s. 112.

VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2014. 234 stran. ISBN: 80-239-1602-5, s. 66.

VYTLAČIL, P. 2018. Recyklace Li-ion baterií [online]. Dostupné z:
<https://oenergetice.cz/elektrina/akumulace-energie/recyklace-lithium-ion-baterii-uvod>

WAGENKNECHT, M. 2018. Micro-hybrid, mild- hybrid, full- hybrid, plug-in hybrid. Jaký je mezi nimi rozdíl? [online]. Dostupné z:
<https://fdrive.cz/clanky/micro-hybrid-mild-hybrid-full-hybrid-plug-in-hybrid-jaky-je-mezi-nimi-rozdil-1857>

ZEMKOVÁ, Barbora. Recyklace akumulátorů z elektromobilů [online]. Dostupné z:
<https://www.elektrina.cz/recyklace-akumulatoru-z-elektromobilu>