

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**



**Bakalářská práce**

**Environmentální a ekonomické aspekty  
elektromobility**

**Tomáš Kučeva**

© 2024 ČZU v Praze



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce:	Tomáš Kučeva
Studijní program:	Územní technická a správní služba v životním prostředí
Vedoucí práce:	Ing. Viktor Novák, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra elektrotechniky a automatizace
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	<b>Environmentální a ekonomické aspekty elektromobility</b>
Název anglicky:	<b>Environmental and economic aspects of electromobility</b>
Cíle práce:	Cílem práce je zhodnocení přínosu osobní elektromobility pro životní prostředí a posouzení jejího ekonomického přínosu uživateli v porovnání s konvenčními osobními automobily se spalovacími motory.
Metodika:	Zpracujte literární rešerši v oblasti osobních automobilů s elektrickým pohonem, vedle technické stránky se soustřeďte zejména na ekonomické a environmentální aspekty provozu těchto vozidel. Do rešerše zahrňte veškeré možné externality provozu elektrických osobních automobilů. Zhodnoťte provozní parametry vybraného modelu osobního elektrického automobilu (např. výkon, dojezd, spotřebu energie, uživatelskou

přijatelnost) a porovnejte vybrané parametry s provozem osobního automobilu stejné kategorie se spalovacím motorem. Závěrem diskutujte ekonomické aspekty provozu obou modelů a reálné dopady jejich provozu na životní prostředí

Doporučený rozsah práce: 30 – 40 stran

Klíčová slova: elektromobilita, elektrický pohon, osobní automobil, životní prostředí

Doporučené zdroje informací:

1. Becker, U. J. 2008. Základy dopravní ekologie. Ústav pro ekopolitiku
2. Fuhs, A.E. 2009. Hybrid vehicles and the future of personal transportation. CRC Press
3. Husain, I. 2011. Electric and hybrid vehicles: design fundamentals. CRC Press
4. Kameš, J. 2015. Hybridní a elektrické pohony automobilů. ČZU v Praze
5. Weiss, M., Zeffass, A., Helmers, E. 2019. Fully electric and plug-in hybrid cars - An analysis of learning rates, user costs, and costs for mitigating CO<sub>2</sub> and air pollutant emissions. Journal of Cleaner Production (212), s. 1478-1489

Předběžný termín obhajoby: 2023/24 LS – FŽP

Elektronicky schváleno:

21. 2. 2023

**doc. Ing. Monika Hromasová,**

**Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno:

23. 2. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček,**

**CSc.**

Děkan

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Environmentální a ekonomické aspekty elektromobility 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 mou bakalářskou 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 bakalářské 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 Ratboři dne 31. 3. 2024

Tomáš Kučeva

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Viktoru Novákovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady k mé práci. Dále bych rád poděkoval své partnerce za velkou podporu a pochopení.

# Environmentální a ekonomické aspekty elektromobility

## Abstrakt

Cílem této práce je posouzení přínosu elektromobility ke globálnímu snížení emisí CO<sub>2</sub> a přímé srovnání ekonomiky provozu mezi elektromobilem a automobilem se spalovacím motorem, kterým zjišťují možný ekonomický přínos uživateli elektromobilu.

**Klíčová slova:** elektromobilita, elektrický pohon, elektromobil, osobní automobil, životní prostředí, akumulátor, dekarbonizace dopravy, dobíjecí stanice, energetický mix, dobíjecí infrastruktura.

# **Environmental and economic aspects of electromobility**

## **Abstract**

The aim of this thesis is to assess the contribution of electromobility to the global reduction of CO<sub>2</sub> emissions and a direct comparison of the economy of operation between an electric car and a car with an internal combustion engine, by which I determine the possible economic benefit to the user of an electric car.

**Keywords:** electromobility, electric drive, electric car, passenger car, environment, battery, decarbonization of transport, charging station, energy mix, charging infrastructure.

# Obsah

1. ÚVOD .....	9
2. CÍL PRÁCE .....	10
3. METODIKA .....	11
4. ÚVOD DO PROBLEMATIKY GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ .....	12
4.1. Dekarbonizace dopravy .....	14
4.2. Ekologie výroby, provozu a vliv na emise CO <sub>2</sub> .....	16
4.3. Ekologie provozu elektromobilu a zdroje elektrické energie .....	22
5. HISTORIE ELEKTROMOBILITY .....	25
5.1. Historie elektromobility v českých zemích .....	27
6. SKLADBA VOZOVÉHO PARKU V ČR .....	28
7. ÚVOD DO KONSTRUKCE AUTOMOBILŮ SE SPALOVACÍMI MOTORY ..	29
7.1. Klíčové součásti automobilu se spalovacím motorem: .....	30
7.2. Ekologické aspekty spalovacích motorů .....	31
8. ÚVOD DO KONSTRUKCE HYBRIDNÍCH A PLNĚ ELEKTRICKÝCH AUTOMOBILŮ .....	32
8.1. Klíčové součásti všech elektromobilů .....	36
8.2. Akumulátor (baterie) .....	37
8.2.1. Zásadní parametry baterií elektromobilů .....	38
8.2.2. Degradace baterie .....	38
9. DOBÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ, MOŽNOST ROZŠÍŘOVÁNÍ DOBÍJECÍCH STANIC .....	40
9.1. Základní specifikace dobíjecích stanic a používaných konektorů .....	41
9.2. Cena dobíjení elektromobilu .....	45
9.2.1. Porovnání modelových cen domácího dobíjení elektřiny potřebné na ujetí 100 km. s tarify od ČEZ. ....	45
9.2.2. Cena nabíjení na veřejných dobíjecích stanicích .....	46
10. POROVNÁNÍ EKONOMIKY PROVOZU ELEKTROMOBILU PROTI AUTOMOBILU SE SPALOVACÍM MOTOREM .....	48
11. DISKUSE .....	50
12. VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ .....	51



<b>13.</b>	<b>PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>54</b>
<b>13.1.</b>	<b>Internetové zdroje .....</b>	<b>54</b>
<b>13.2.</b>	<b>Tištěná literatura.....</b>	<b>59</b>
<b>13.3.</b>	<b>Seznam zkratek.....</b>	<b>61</b>

# 1. ÚVOD

Neustále se zpřísňující emisní předpisy nutí výrobce automobilů pod hrozbou pokut vyrábět a prodávat vozidla s elektrickým pohonem. Může se to zdát překvapivé, ale současná snaha o přechod na elektromobilitu není až tak krokem do budoucnosti, jako spíše návrat zpět do doby, kdy elektřina vládla a mobilita za pomoci fosilních paliv si teprve hledala svůj směr. Tehdy nakonec benzinové a naftové motory vytlačily z masové produkce elektromobily, které pak zůstaly dlouhou dobu na okraji zájmu. Důvody jsou zřejmé a víceméně stále platné. Především jednoduchá skladovatelnost a distribuce ropných produktů, spolu s jejich nízkou cenou, jsou od počátku motorismu hlavní výhody. Nicméně dnes se objevují aspekty, které nás nutí k zamyšlení. V popředí zájmu je především snižování produkce skleníkových plynů, zejména oxidu uhličitého, jehož produkce je spojována se spalováním fosilních paliv. Na základě závěrů Pařížské konference o klimatu a vyhlášení Zelené dohody pro Evropu v prosinci 2019 je cílem EU stát se klimaticky neutrální ekonomikou a snížit do roku 2050 emise skleníkových plynů z dopravy o 90 % ve srovnání s rokem 1990. Na veškerou dopravu přitom připadá cca. 22% všech emisí skleníkových plynů v EU, přičemž valnou většinu emituje silniční doprava. (op.europa.eu, 2021), (commission.europa.eu, 2019-2024).

## **2. CÍL PRÁCE**

Cílem práce je obecné seznámení s problematikou emisí skleníkových plynů v souvislosti s dopravou a zhodnocení přínosu osobní elektromobility ke snižování emisí CO<sub>2</sub>, seznámení s historií elektromobilů, úvod do rozdílů v konstrukci automobilů se spalovacím motorem a elektromobilů, souhrn možností a cen nabíjení elektromobilu, dále pak posouzení ekonomického přínosu pro uživatele elektromobilu v porovnání s užíváním automobilu poháněným spalovacím motorem.

### 3. METODIKA

Zpracování literární rešerše relevantních zdrojů z oblasti osobních automobilů s elektrickým pohonem a spalovacím motorem. Vzhledem k dynamickému vývoji elektromobility má snaha směřovala k vyhledání co nejaktuálnějších zdrojů informací. Vedle technické stránky jsem se soustředil zejména na environmentální a ekonomické aspekty provozu těchto vozidel. Do rešerše jsou zahrnuty různé externality provozu elektrických osobních automobilů. Provedl jsem hodnocení provozních parametrů vybraných modelů osobních elektrických automobilů (např. výkon, dojezd, spotřeba energie, uživatelská přijatelnost) a porovnání vybraných parametrů s provozem osobního automobilu stejné kategorie se spalovacím motorem. Závěrem byly diskutovány ekonomické aspekty provozu obou modelů a reálné dopady jejich provozu na životní prostředí.

## 4. ÚVOD DO PROBLEMATIKY GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ

Atmosféra, skleníkové plyny a globální oteplování.

Atmosféru tvoří směs plynů. Nejvíce zastoupené jsou čtyři plyny: dusík, kyslík, argon, oxid uhličitý. Plyny obsažené v atmosféře mají významný vliv na tzv. energetickou bilanci atmosféry. Nazývají se skleníkové plyny. Tyto plyny významně ovlivňují chování celého klimatického systému. Kvůli svým fyzikálním vlastnostem totiž na Zemi zadržují energii slunečního záření, což způsobuje tzv. skleníkový efekt. Nejdůležitějším skleníkovým plynem v atmosféře je vodní pára, která má na přirozeném skleníkovém efektu podíl 36–70 %. Následuje oxid uhličitý s 9–26 %, metan se 4–9 %, ozon se 3–7 % a oxid dusný. Lidskou činností se mění i koncentrace některých přirozených skleníkových plynů, zejména oxidu uhličitého, metanu, ozonu. Koloběh těchto plynů je součástí tzv. globálního uhlíkového cyklu. Přirozený koloběh uhlíku představuje mnohem větší objem, než množství uměle vypouštěné do atmosféry z průmyslu nebo dopravy. Přirozená emise a opětovné ukládání ale bylo dlouhodobě velmi dobře vyváжено. Množství uhlíku, které se za rok dostane do atmosféry přirozenými procesy, je přibližně stejné jako množství uhlíku přirozenými procesy odstraněné. Od začátku průmyslové revoluce ale začalo docházet k uvolňování velkého množství oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů, čímž došlo k narušování vyváženého stavu. Největším antropogenním zdrojem skleníkových plynů je spalování fosilních paliv: uhlí, ropy a zemního plynu. Uhlík, který byl mnoho milionů let uložen mimo uhlíkový cyklus pod zem, se začal vlivem člověka uvolňovat v emisích oxidu uhličitého. Cca. 40 % podíl na emisích CO<sub>2</sub> způsobeném lidskou činností pochází ze spalování uhlí a dalších cca. 40 % ze spalování ropných produktů. Oxid uhličitý pak zůstává v atmosféře asi 100 let, takže jeho případný pokles se projeví až se značným zpožděním. (Metelka a Tolasz, 2009).

Redukce emisí skleníkových plynů je cestou ke zpomalení, nebo zmírnění změny klimatu, která může mít dalekosáhlé důsledky. Oba nejvýznamnější antropogenní zdroje CO<sub>2</sub> (spalování uhlí a ropných produktů) pak úzce souvisí s energetikou a dopravou. I když se v poslední

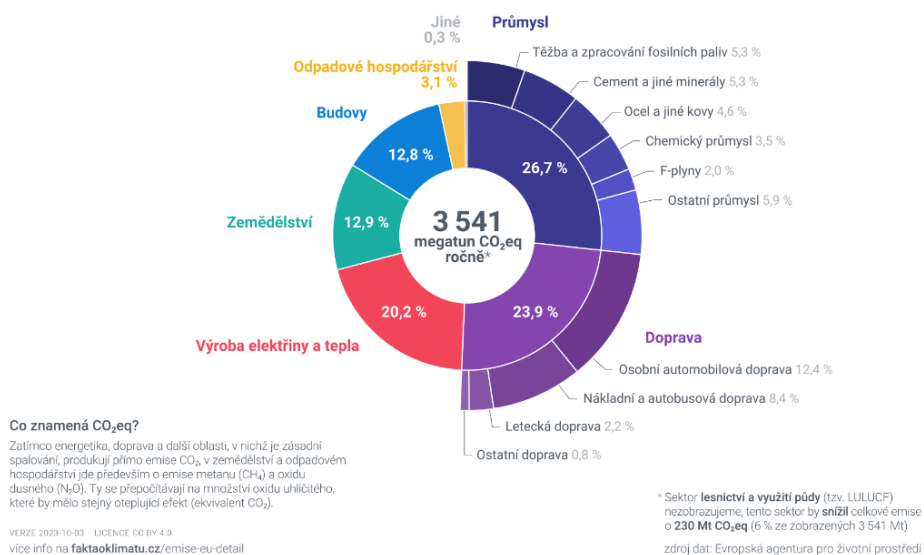
dekádě růst emisí výrazně zpomalil, za posledních 60 let se globální emise CO<sub>2</sub> znásobily celkem 2,5 krát. (faktaoklimatu.cz, 2022).

Hlavní přispěvatele emisí CO<sub>2</sub> v dopravě znázorňuje obrázek č.3.

Rozložení celkových emisí skleníkových plynů (v tunách CO<sub>2</sub> ekvivalentu) v EU za rok 2021 v jednotlivých sektorech lidské činnosti znázorňuje obrázek č.1. Celkové emise České republiky pak znázorňuje obrázek č. 2.

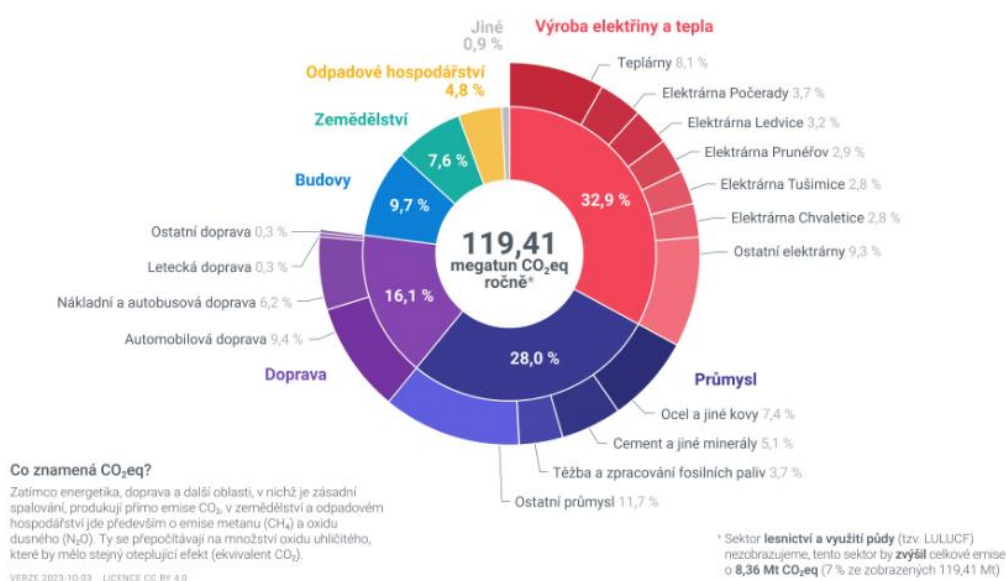
## EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V EU PODLE SEKTORŮ

Celkové emise Evropské unie za rok 2021.



Obrázekč. 1 - webové stránky, faktaoklimatu.cz (2022)

Celkové emise České republiky za rok 2021.



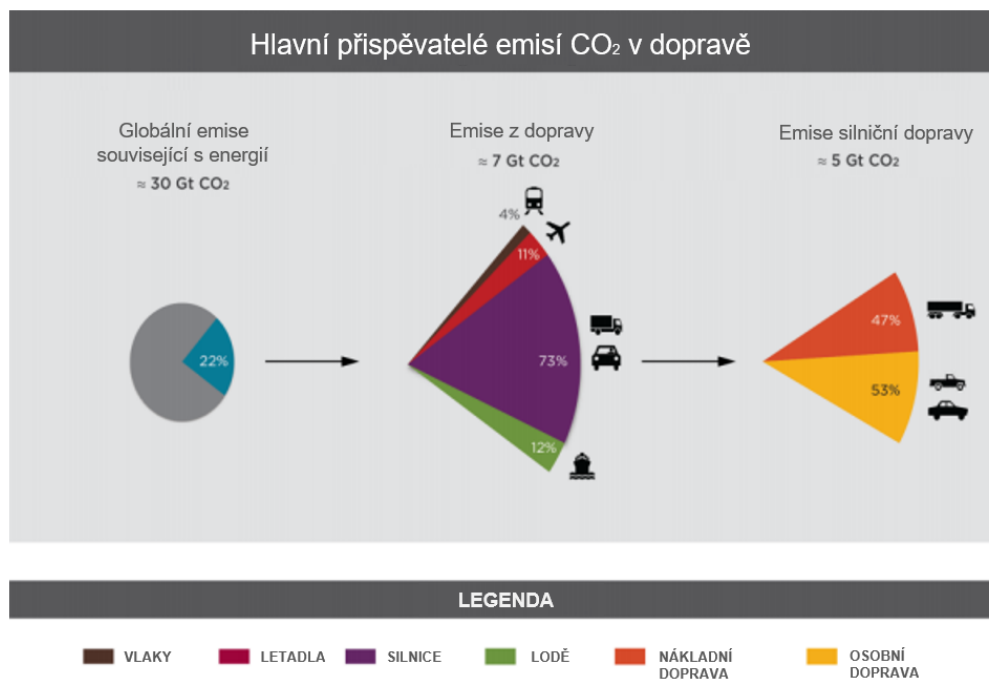
Obrázek č. 2 - webové stránky, faktaoklimatu.cz (2022)

## 4.1. Dekarbonizace dopravy

Doprava způsobuje hluk a produkuje látky škodlivé pro ovzduší, tedy znečišťuje ovzduší. Zvláště vzdušné škodliviny jsou částečně dále přenášeny vzduchem a nemají tedy vliv pouze v místě vzniku emisí. Doprava je v současnosti odpovědná za velkou část emisí látek znečišťujících ovzduší nejen v rozvinutých průmyslových společnostech, ale v rostoucí míře také v rozvojových zemích. Uvolňování škodlivin do ovzduší je výsledkem jak provozu dopravních prostředků což jsou přímé emise, ale také pochází z předchozích a následných procesů, kterými jsou vytváření nezbytné infrastruktury, zásobování pohonnými látkami ale také výroba, údržba a recyklace vozidel což jsou nepřímé emise. (Becker et al, 2008).

Hlavním cílem dekarbonizace je snížení emisí skleníkových plynů emitovaných dopravou. EU je odpovědná cca. za 10 % světových emisí skleníkových plynů, z toho až 25 % připadá na silniční dopravu. V ČR jde na vrub silniční dopravy cca 15 % emisí skleníkových plynů, přičemž průmysl generuje téměř 40 % emisí, individuální topení v domácnostech 10 %, zemědělství necelých 7 %. Doprava tedy není zásadním zdrojem emisí a plánovaná dekarbonizace tak znamená snížení světových emisí

skleníkových plynů jen asi o 2,5%. Pokud jde o dopravu, bylo by dobré se zaměřit především na lodní a leteckou dopravu. (asb-portal.cz, 2022).



Obrázek č. 3 – fia.com, 2015

Osobní doprava je uváděna jako nejrychleji rostoucí zdroj emisí skleníkových plynů. Doprava má ale důležité místo v životě lidí. Umožňuje přístup k zaměstnání, vzdělání, službám a trávení volného času. Je nutným předpokladem ekonomického růstu. (Federation Internationale de l'Automobile, 2015)

Národní plán čisté mobility z dubna 2020 klade důraz na elektrický pohon vozidel. (MDČR, 2020)

Potenciál dosáhnout požadovaného snížení emisí skleníkových plynů během životního cyklu nutného ke splnění cílů Pařížské dohody mají pouze elektrická vozidla a elektrická vozidla s vodíkovými palivovými články. (Bieker, 2021)

Politický tlak na automobilky je v tomto směru zřejmý a spotřebitel se spíše přizpůsobuje těmto trendům, než by sám byl iniciátorem takových změn. V tomto směru je situace odlišná např. od nástupu páry v průběhu průmyslové revoluce, kdy se parní stroje prosazovaly samy tím, jaké výhody oproti koňské či lidské síle přinášely. Nebo později, když byly zase parní stroje vytlačeny díky jejich nesporným výhodám spalovacími motory.



V kontextu kamionové, lodní a letecké dopravy které elektromobilita nahradit v dohledné době nemůže, je snížení produkce CO<sub>2</sub> přechodem na osobní elektromobilitu spíše marginální.

Pouze okrajově, jsou pak zmiňovány nevýhody s rozvojem elektromobility spojené.

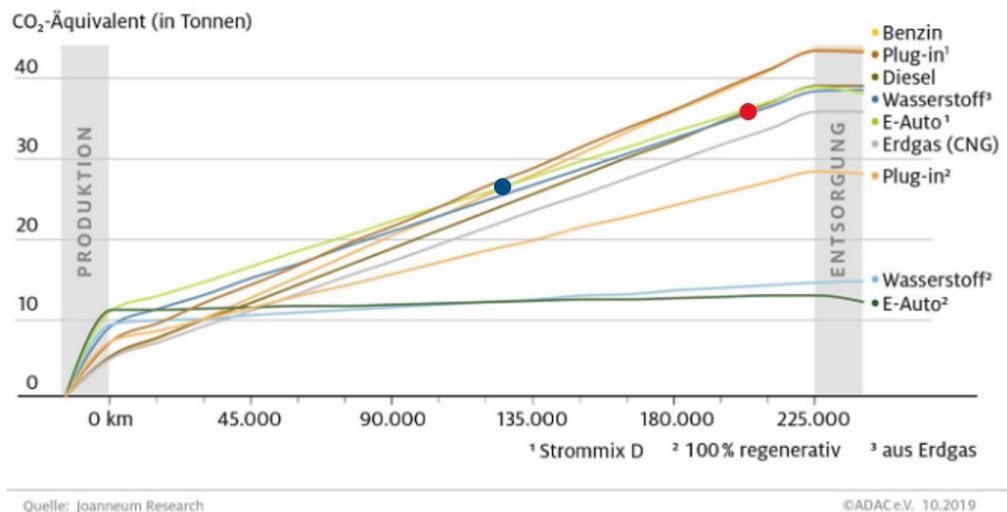
V tomto směru mohu zmínit především způsob výroby dostatku el. energie a limitující možnosti její distribuce koncovým uživatelům, ekologicky náročnou výrobu akumulátorů, vzrůstající ceny el. energie a omezenou provozní životnost elektromobilů. Plány na snížení CO<sub>2</sub>, uhlíkovou neutralitu a zákaz prodeje os. automobilů se spalovacím motorem v Evropě od r. 2035 získávají trhliny z důvodu aktuální geopolitické situace, kdy není zřejmé, jakým způsobem by měla být v budoucnu pokryta zvýšená poptávka po el. energii.

## **4.2. Ekologie výroby, provozu a vliv na emise CO<sub>2</sub>**

Aby bylo možné poctivě vyhodnotit dopady různých typů pohonů na klima, musí být veškerá relevantní spotřeba energie za celý životní cyklus vozidla analyzována v hodnocení životního cyklu (LCA). To zahrnuje emise skleníkových plynů, které vznikají při výrobě, užití a recyklaci vozidla, včetně všech emisí, které se uvolňují při přípravě a výrobě paliva nebo elektřiny (od těžního vrtu po nádrž) a při používání vozidla (od nádrže ke kolu). (ADAC, 2022)

Z hlediska emisní stopy je největší ekologická zátěž spojena s těžbou surovin pro výrobu a následná výroba baterií elektromobilu, která vznikne ještě před zahájením provozu elektromobilu. Provozem pak jen velmi pomalu dochází k vyrovnání této emisní stopy oproti spalovacím motorům. (Červinková, 2018).

Porovnání celkového životního cyklu podle studie Joanneum Research Forschungsgesellschaft zveřejněné na stránkách ADAC v r. 2019 nevyznívá pro elektrická vozidla příliš pozitivně. Dle zjištění studie dojde k vyrovnání ekologického dluhu z výroby u elektromobilu ve srovnání proti benzinovému automobilu až po ujetí 127500. Viz. modrý bod na grafu ( obrázek č. 4). Ve srovnání s naftovým motorem bude elektromobil ekologičtější až po ujetí 219999 km. Viz červený bod na grafu ( obrázek č. 4). (Ecomento.de, 2019)

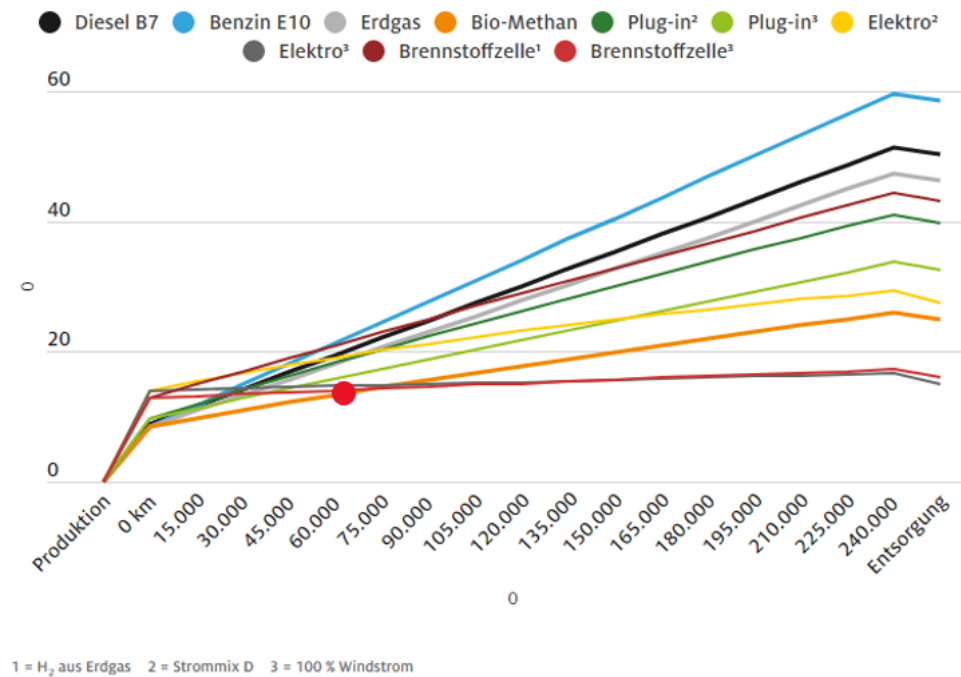


Obrázek 4 – *ecomento.de*, 2019

V roce 2021 se posouzením celého životního cyklu automobilů se spalovacím motorem a elektromobilů zabývala Mezinárodní rada pro čistou dopravu (ICCT), (Bieker, 2021). Výsledkem podrobné analýzy životního cyklu na trzích v EU, USA, Číně a Indii byl závěr, že elektromobily jsou z hlediska emisí skleníkových plynů nejčistšími motorovými vozidly.

Roku 2022 byla na webu ADAC zveřejněna aktualizovaná studie. Stejně jako předchozí z r. 2019 vychází ze softwaru („LCA tool“) od Joanneum Research Forschungsgesellschaft v Grazu. Analýza LCA konstatuje, že se elektromobily stále zdokonalují a jsou již ekologicky čistší, než auta na benzín a naftu. Studie hodnotí LCA průměrného vozu nižší střední třídy s předpokládaným nájездem do 240000 km. během následujících 15 let. Výsledkem studie je zjištění, že za použití současného německého mixu zdrojů elektřiny má elektromobil nižší emisi skleníkových plynů, než benzinové i dieselové motory od cca. 60000 ujetých km. Viz. červený bod na obrázku č 5. Při prognóze předpokládaného vývoje zdrojů elektřiny do roku 2037, kdy by mělo dojít k nárůstu elektřiny generované z větru, má mít lepší ekologickou bilanci již po cca. 25000 až 30000 ujetých km. V tomto směru platí, že elektromobily s velkými bateriemi nad 80 kWh nemají lepší bilanci z hlediska produkce CO<sub>2</sub>, než srovnatelné automobily se spalovacím motorem. Naopak čím menší baterie, tím větší výhoda elektromobilu a rychlejší vyrovnání environmentálního dluhu. (ADAC, 2022)

### CO<sub>2</sub>-Äquivalent (in Tonnen)



Quelle: Joanneum Research, Graz

© ADAC e.V. 12.2022

Obrázek 5 - *ecomento.de*, 2019

Podobnou studii v únoru 2022, vydala Universität der Bundeswehr München,. Její výsledky korespondují s výstupy předchozích výše uvedených studií a mimo jiné potvrzují, že bateriové elektromobily mají větší uhlíkovou stopu během své výroby a to asi o 49% proti automobilům se spalovacím motorem. Nicméně v rámci celého životního cyklu se uhlíková stopa vyrovnává a v konečném součtu jsou elektrické vozy jednoznačně nejšetrnější. Prozatím není zcela dořešena recyklace baterií elektromobilů, takže není tak účinná jako recyklace automobilů se spalovacím motorem. Procesy recyklace baterií se ale neustále zdokonalují a téměř všechny materiály použité na výrobu baterií je možné recyklovat. Lze předpokládat, že negativní dopad na hodnocení bude v budoucnu klesat. Ve studii například nebyla zahrnuta možnost dalšího využití baterie v rámci domácí fotovoltaické elektrárny. Analýza mimo jiné ukazuje, že výroba baterií může mít malý dopad na celkové emise skleníkových plynů v rámci celého LCA. Kupříkladu emise z výroby baterií současné Tesly Model 3 modelu Standard Range Plus jsou srovnatelné s emisemi z provozu Volkswagenu Passat (model 2.0 TSI) na vzdálenost 18 000 km. Tedy již po ujetí této vzdálenosti

se uhlíková stopa vyrovnává. Emise z produkce, využití a recyklace jsou ve studii počítány samostatně na základě nejnovějších hodnot emisních koeficientů. V rámci studie bylo takto provedeno srovnání celkem 790 současných variant vozů s předpokladem nájezdu 230000 km. Výsledkem srovnání bylo zjištěno, že u plug-in hybridních vozidel a plně elektrických aut mohou být celkové emise škodlivých skleníkových plynů výrazně nižší ve srovnání s automobily se spalovacími motory. Při použití konvenčních zdrojů elektřiny až o 72 procent. Pokud bychom počítali s vyšším km. nájezdem, byl by rozdíl ve prospěch elektromobilů ještě větší, protože spalovací motory mají v rámci hodnocení celého životního cyklu negativní vliv především při provozu a u elektromobilů se naopak provozem kompenzuje negativní dopad jejich výroby. (Buberger et al, 2022)

Úspora uváděných až 72 procent emisí skleníkových plynů je ale spíše teoretická, neboť ne všechny zdroje el. energie jsou bezemisní. V Německu byl v r. 2022 podíl elektřiny pocházející z obnovitelných zdrojů cca. 47 %. (viz. obrázek č. 8)

Analýza životního cyklu ( LCA ) je již ze své podstaty závislá na místních podmínkách, kdy záleží na tom kde a za jakých podmínek bylo vozidlo vyrobeno a jakým způsobem je získávána energie k výrobě a provozu. Proto je hodnocení velmi komplikované a nemá univerzální platnost. Zatímco tedy aktuální studie zaměřené na Německo a Evropu vychází pro elektromobilitu z hlediska emisí vcelku příznivě, neplatí to již pro jiné země a kontinenty. Dle studie „A case study of electric and gasoline vehicles in China“ z. r. 2018 je výsledkem zjištění, že v rámci LCA je celkový dopad na životní prostředí v případě elektrických vozů s lithiovou baterií o neuvěřitelných 376% větší proti benzinovým automobilům. Tuto zápornou bilanci pak nedokáží elektromobily vyvážit ani během provozu. Jedním z důvodů je i to, že cca. 78% elektřiny v Číně je generována spalováním uhlí. (YU et al, 2018)

Z roku 2019 pochází studie „ Estimation of CO<sub>2</sub> Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA“ porovnávací analýzy celkového životního cyklu automobilů se spalovacím motorem a elektromobilů v EU, USA, Japonsku, Číně a Austrálii. Zohledněny byly místní podmínky výroby baterií, zdroje elektřiny pro nabíjení, ale i

zvyklosti daného regionu v použití a průměrného nájezdu. Výsledkem bylo zjištění, že k vyrovnání bilance emisí CO<sub>2</sub> dochází:

**V EU:** Benzinový vs. elektromobil cca. kolem 77000 najetých km. Automobil s naftovým motorem vs. elektromobil kolem ujetí 109000 km. Při najetí 160000 km se už počítá s výměnou baterie.

**V Japonsku:** Benzinový vs. elektromobil cca. kolem ujetí cca. 112000 km. Mezi automobilem s naftovým motorem a elektromobilem kolem ujetí 115000 km. Při najetí 160000 km se počítá s výměnou baterie elektromobilu, čímž dochází dočasněmu zhoršení bilance v neprospěch elektromobilu.

**V USA:** Benzinový vs. elektromobil cca. kolem ujetí cca. 61000 km. (automobil s naftovým motorem není zohledněn)

**V Číně:** Benzinový vs. elektromobil cca. kolem ujetí cca. 119000 km. (diesel není zohledněn). Při najetí 160000 km se počítá s výměnou baterie, čímž dochází k dočasněmu zhoršení bilance v neprospěch elektromobilu.

**V Austrálii:** Benzinový vs. elektromobil cca. kolem ujetí cca. 160000 km. ale díky započítané předpokládané výměně baterie ke skutečnému vyrovnání nedojde a benzinový motor je tak v Austrálii ekologičtější, než elektromobil. (diesel není zohledněn). (Kawamoto et al, 2019).

Výsledky této studie demonstrují odlišnosti v různých regionech a s tím spojenou komplikovanost výpočtu LCA, který musí zohledňovat mnoho proměnných. Nicméně s výjimkou Austrálie je elektromobil z hlediska produkce skleníkových plynů v rámci analýzy celkového životního cyklu lepší volbou a pozitivní bilance lze dosáhnout v době reálné životnosti elektromobilu.

Studie „Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel“ technické univerzity v Eindhovenu, analyzovala předchozí publikované studie a následně kritizuje, že data ohledně spotřebované energie při výrobě akumulátorů, z kterých se vycházelo jsou zastaralá a ve skutečnosti je o víc než polovinu nižší. Vytýká i původní předpoklad životnosti akumulátorů cca. 150000 ujetých km. Dle výpočtů vlastní studie lze předpokládat životnost akumulátoru až 250000 ujetých km. Z hlediska bilance CO<sub>2</sub> prý také není dostatečně zohledněn rostoucí podíl zelené elektřiny v elektrickém mixu. Další výtky se týká toho, že většina automobilů se spalovacím motorem má

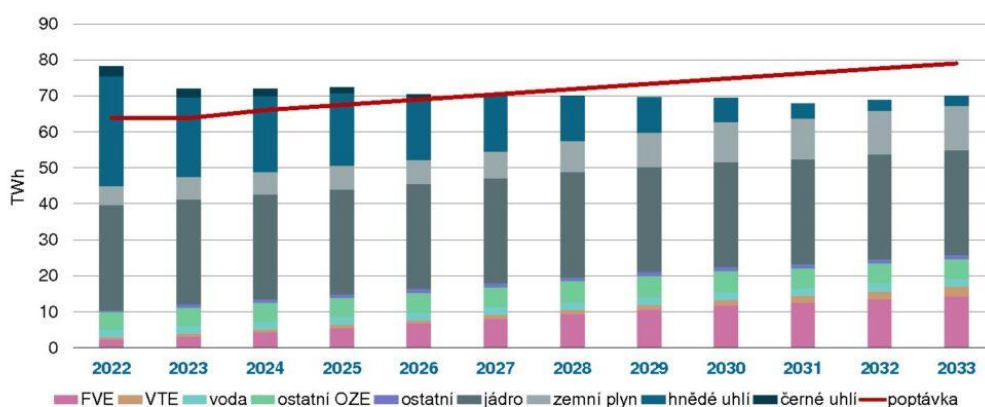
ve skutečnosti větší spotřebu, než uvádí jejich výrobci a výpočty navíc nezahrnují reálný objem emisí vzniklých při těžbě, přepravě a zpracování ropy. Totéž pak platí i pro fosilní zdroje používané při výrobě el. energie. Výsledek této studie je takový, že elektrické vozy mají v rámci zhodnocení životního cyklu o 54% až 82% lepší bilanci emisí CO<sub>2</sub> proti naftovým a benzinovým vozům. (Hoekstra a Steinbuch, 2020).

Proti tomuto výsledku stojí názor 171 odborníků organizace International association of sustainable drivetrain and vehicle technology research ( IASTEK ), deklarováný otevřeným dopisem adresovaným Evropské komisi. Tato iniciativa vznikla mezi profesory německých technických univerzit. I tito odborníci upozorňují na chyby ve výpočtu uhlíkové stopy el. automobilů v rámci hodnocení životního cyklu, ale v opačném pohledu. Reálná uhlíková stopa elektromobilů má být prý až dvojnásobná oproti dosud publikovaným studiím. Dle jejich výpočtů tedy např. Volkswagen ID3 v průběhu 15 let provozu a ujetí 220000 km. vyprodukuje emise v objemu 30 tun CO<sub>2</sub> ekv. místo uváděných 14 tun. Jejich výpočty vychází z teze, že nárůst spotřeby elektřiny způsobený nárůstem elektromobility bude třeba vyrovnat zvýšenou výrobou el. energie. Předpokládají, že tento nárůst již nebude možno pokrýt zelenou elektřinou, jejíž produkce má své limity. Tím má dojít ke zvýšenému spalování fosilních paliv a tedy i zvýšení emisí CO<sub>2</sub>. Přitom tento nutný nárůst není v současných analýzách zohledňován. Také upozorňují na nezastupitelnost spalovacích motorů v zemědělství, stavebnictví, armádě a záchranných složkách. Další upozornění se týká ohrožení svobody osobní soukromé mobility, zvláště pro nízkopříjmové skupiny obyvatel. Obecně není v dokumentu popírána nutnost redukce emisí skleníkových plynů, ale jako nevhodná je kritizována jednostranná orientace na elektromobilitu na základě politického rozhodnutí. Jako vhodnější doporučují kombinaci elektromobility, inovace spalovacích motorů a výrobu syntetických paliv. (Koch, 2022).

Vzhledem k velkému množství známých, ale i neznámých proměnných s kterými musí být v analýzách počítáno nemám ambice určit zde, který z vědeckých pohledů je blíže pravdě. Pokud ale nevědecky připustíme, že pravda bývá obvykle někde uprostřed, vracíme se tím vlastně k původním výše uvedeným analýzám, které elektromobilům přisuzují větší či menší ekologický přínos.

### 4.3. Ekologie provozu elektromobilu a zdroje elektrické energie

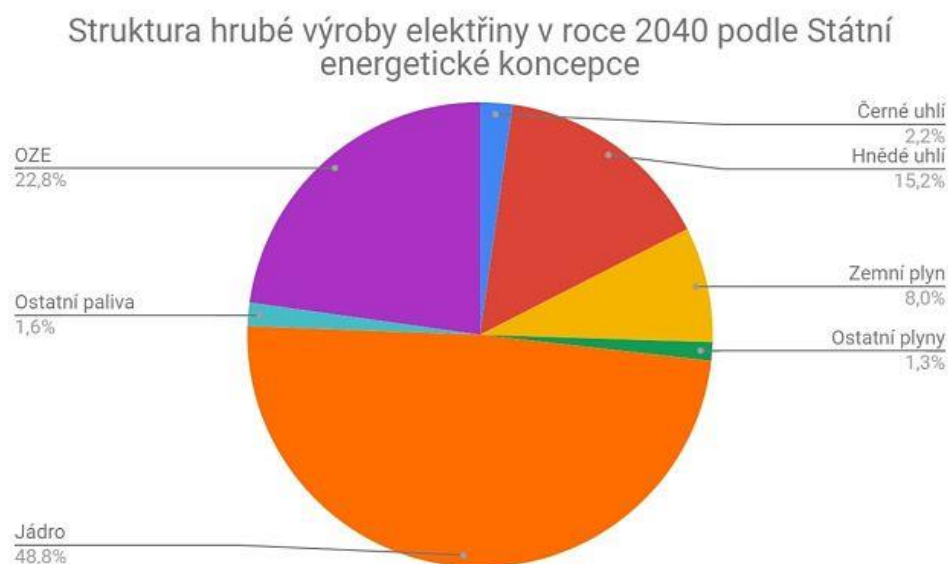
Při posuzování vlivů elektromobility na produkci CO<sub>2</sub> je nejdůležitějším parametrem tzv. elektrický mix. Tedy souhrn zdrojů výroby el. energie. Každá země má jiný energetický mix a ekologičnost provozu z pohledu emisí CO<sub>2</sub> se tedy bude v jednotlivých zemích lišit. Celosvětově je energetika zdrojem cca. 73% emisí CO<sub>2</sub>. Elektrický mix ČR s výhledem do r. 2033 je zobrazen níže na obrázku č. 6.



Obrázek 6 – energie21.cz, 2024

Dle grafu předpokladu výrobní bilance klesá v ČR podíl výroby el. energie z uhlí. Naopak stoupá podíl výroby ze zemního plynu, který je ale také fosilním zdrojem, navíc dováženým z problematických zdrojů. Dále postupně narůstá podíl výroby z čistých zdrojů: jádra, fotovoltaiky, větru, a vody. Od r. 2028 již lze ale počítat s vyšší poptávkou, než dokáží stávající zdroje pokrýt. Nutno ale poznamenat, že ČR je i exportérem elektřiny, jejíž prodej významně přispívá do státního rozpočtu. Pokud má být dekarbonizace dle Národního akčního plánu dosaženo odstavením fosilních, především uhelných zdrojů, chybí za ně adekvátní náhrada. Uhlé zdroje elektřiny přitom poskytují spolehlivý výkon bez ohledu na roční období, mohou sloužit jako záloha a mají schopnost regulace. Bez nutných emisních

povolenek by se jednalo navíc o zdroj s velmi levnými náklady. V krátkodobém až střednědobém horizontu se jako s nevhodnější alternativou počítá s plynovými zdroji, jejichž provoz je flexibilní a umí vhodně doplňovat nestabilní objem výroby z obnovitelných zdrojů. S kompletním odstavením uhelných zdrojů, se prozatím nepočítá, ale pokud k němu má v budoucnu dojít, musí vzniknout nové zdroje. (Hrubý, 2023).

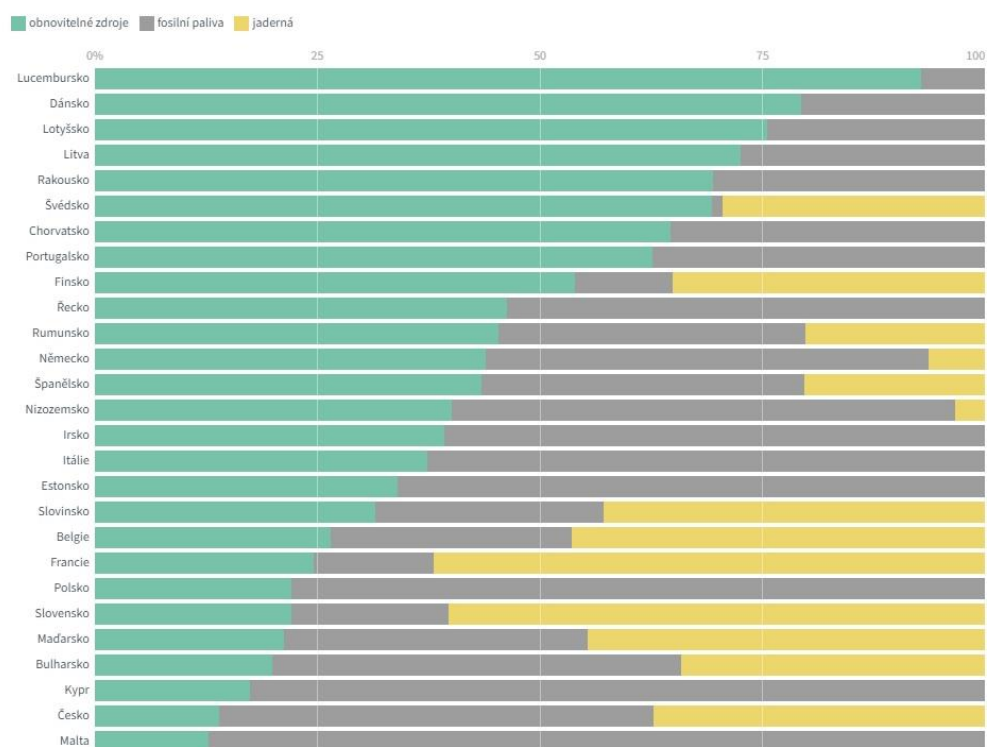


Obrázek 7 – elektřina.cz, 2020

Podle Státní energetické koncepce (MPO, 2014) má spotřeba elektřiny v tuzemsku postupně růst až na 85 TWh v roce 2040. Předpokládá se nárůst u velkooběratelů i malooběratelů, u domácností se do budoucna naopak počítá s úsporami. Negativní výkyvy se očekávají do roku 2025, kdy by mělo dojít k odstavení zastaralých uhelných elektráren. Naopak s pozitivním výkyvem počítá koncepce v letech 2033 až 2037, kdy se předpokládá zapojení nových jaderných zdrojů. Podíl výroby z jádra na celkové produkci elektřiny by měl do roku 2040 stoupnout až na 49 %, ale podíl uhelných elektráren by měl klesnout na 17,5 %. Obnovitelné zdroje by měly tvořit cca. 23 %. Dle koncepce je v ČR například již prakticky vyčerpán potenciál vodních elektráren a proto dojde k nárůstu především u biomasy, bioplynu a fotovoltaických elektráren. Energie ze slunce by měla zajišťovat největší část el. energie vyrobené z obnovitelných zdrojů, v roce 2040 by se mělo jednat přibližně o 30 % obnovitelné zelené energie. (Březinová, 2020)



## Zdroje výroby elektrické energie v EU k roku 2022.



Zdroj: výpočty Komise na základě údajů Eurostatu

Obrázek 8 - [consilium.europa.eu](https://consilium.europa.eu), 2022

V r. 2022 bylo v rámci EU vyrobeno:

39,4 % elektřiny z obnovitelných zdrojů

38,7 % z fosilních paliv

21,9 % z jaderné energie

#### Podíly fosilních paliv:

- plyn: 19,6 %
- uhlí: 15,8 %
- ropa: 1,6 %
- jiné: 1,7 %

#### Podíly obnovitelných zdrojů energie:

- větrná : 15,9 %
- vodní: 11,3 %
- solární: 7,6 %
- biomasa: 4,4 %
- geotermální: 0,2 %

Jak je z grafu patrné, mezi zeměmi v rámci EU jsou velké rozdíly ve skladbě zdrojů elektrické energie. Podíl el. energie vyrobené z obnovitelných zdrojů se pohybuje od 13 % do cca. 90 % z celkové produkce. Důvodem jsou rozdílné zeměpisné podmínky (např. možnost využití solární energie, energie větru atd.), dostupnost přírodních zdrojů (např. uhlí nebo plynu), rozdílné struktury ekonomiky, ale i politická rozhodnutí, kdy je např. podporována, nebo naopak odmítána jaderná energetika. (Rada Evropské unie, 2023).

## 5. HISTORIE ELEKTROMOBILITY

První vozidlo na elektrický pohon zkonstruoval holandský profesor Sibrandus Stratingh již v roce 1835, tedy o 50 let dříve, než Karl Benz postavil svůj automobil se spalovacím motorem. V Evropě byl provozován pravděpodobně první elektrický vůz (tříkolka) v Paříži v roce 1881. Po něm následovaly další v Londýně v r.1882 a Bostonu v.r.1888. První americký automobil na baterie, byl postavený v roce 1890, Williamem Morrisonem. Jedním z prvních sériově vyráběných elektromobilů byl vůz od americké společnosti Baker Motor Vehicle (1899-1914). Společnost se díky produkci 800 vozů v roce 1906 stala asi největším tehdejším výrobcem elektromobilů na světě. Vozidlo, které vyráběli od roku 1899 do 1915, nabízelo dojezd až 80 km s maximální rychlostí 23 km/h.

Na začátku 20. století bylo 40 procent amerických automobilů poháněno párou, 38 procent elektřinou a 22 procent benzínem. Oproti obtížnému startování klikou, nízké spolehlivosti, hluku a vibracím benzínového vozu, nebo komplikované obsluze parního vozu, nabízel elektrický vůz atraktivní prodejní přednosti jako okamžitý jednoduchý start, tichý provoz a minimální údržbu. První automobil, který překonal rychlost 100

km (60 mil) za hodinu, byl elektrický (Camille Jenatzy's La Jamais Contente, 1899). V dobách rozmachu elektrifikace bylo v USA registrováno 33 842 vozidel poháněných elektřinou. Vzhledem k málo dostupné infrastruktuře pro dojíždění nízké rychlosti 24 až 32 Km/h. a dojezdu kolem 50 až 65 Km. se takové vozy hodily pouze pro městské použití. Zlatá doba elektromobility skončila v USA kolem roku 1920, vynálezem elektrického startéru a příchodem levného a spolehlivého Fordu T se spalovacím motorem. Téměř o 100 let později se znovu dostaly do popředí zájmu milovníků nových technologií díky projektu „Zero emissions vehicle“ spuštěného v Kalifornii roku 1990. Projekt si kladl za cíl do roku 1998 alespoň 2% podíl elektrických vozidel a 10% do roku 2003. Program byl pro všechny automobilky v USA závazný, lze ho přirovnat k aktuálnímu „Green deal“ v EU. Ukázkovým příkladem že je projekt realizovatelný, se měl stát GM EV1 od automobilky General Motors představený roku 1993. Jednalo se o světově ojedinělý automobil, protože byl již od začátku konstruován jako elektrický, na rozdíl od konkurenčních projektů, u kterých se jednalo spíše o přestavby automobilů původně konstruovaných pro spalovací motor. Projekt GM EV1 vzbudil mezi veřejností vlnu zájmu. Prvních 50 vozů bylo v roce 1994 nabídnuto k bezplatnému testování natěšeným zájemcům. Ekonomická stránka projektu ale nevycházela. Vývojové náklady stoupaly neúměrně stále krátkému dojezdu a dlouhé době nutné pro nabíjení. Původně avizovaná cena byla kolem 22 tis. USD, když se vozy dostaly v r. 1996 k prodeji, již to bylo za 34 tis. USD. I za takovou cenu byl ale projekt ztrátový. Reálná cena v případě sériové výroby byla odhadována na 50 až 60 tis. USD. V rámci propagace a sběru dat pro další vývoj byly první vozy pronajímány zájemcům za 400 až 550 USD měsíčně po dobu 3 let, což ale zdaleka nepokrývalo náklady. Mezitím se výrobci aut začali bránit. Výrobci a prodejci automobilů se spalovacími motory uspěli se svou žalobou kvůli nařízení projektu „Zero emissions vehicle“ z roku 1990 a na jejich stranu se postavila rovněž federální vláda. Kalifornská organizace sice ustoupila, ale pozůstatkem je tamní systém nutící automobilky kupovat si za prodej automobilů se spalovacím motorem státní environmentální kredity, které lze vyměnit za hotovost a dodnes tyto emisní povolenky ve velkém dotují Tesla Elona Muska (Mihálik, 2019) .

Projekt byl jako ekonomicky nerentabilní zcela ukončen, do r. 2002 bylo vyrobeno pouze 1117 elektromobilů. Vzhledem k proinvestované více

než miliardě USD, by se cena vozu v prodeji musela pohybovat kolem 900 tis. USD. Všechny vozy byly sešrotovány, čímž skončil projekt ne nepodobný současné „zelené dohodě“ v Evropě.

Nová vlna zájmu o elektromobilitu je nyní především v souvislosti s ekologií, podporována novou technologií lithium-iontových baterií a produktům průkopnické automobilky Tesla, kterou se snaží následovat další výrobci. (Purdy et Foster) (Horn, 2019)

V Evropě má z renomovaných současných výrobců el. vozidel nejspíše nejdelší tradici Citroën, který v roce 1939 vyrobil prototyp elektrického nákladního vozu a do roku 1942 jich vyrobil kolem 100 ks. V roce 1974 po spojení Citroënu s automobilkou Peugeot, vytvořil koncern samostatnou divizi PSA Eletrique. Po úspěšných modelech C15, C25, AX započal koncern Peugeot Citroën Asociation do té doby největší sériovou výrobu elektromobilů vůbec, kdy bylo během 5 let vyrobeno kolem 5000 el. vozidel. Přesto byla jejich výroba ukončena již v roce 2000. Dalším z výrobců je Fiat, který nabízel první sériový elektromobil na bázi benzinového modelu Panda v letech 1990-1993. V roce 1996 začal opět na bázi původně benzinového automobilu nabízet model Seicento Elettra, který byl ve výrobě pouze 2 roky. Automobilka Peugeot představila svůj první sériový model Clio Electricque v r. 1992, nabízen byl do r. 1999. a v omezeném počtu i model Kangoo Electricque.

## **5.1. Historie elektromobility v českých zemích**

První elektromobil v českých zemích postavil ing. František Křížík v roce 1895. Poháněn byl stejnosměrným el. motorem o výkonu 3,6 kW., druhý jím postavený model měl 2 el. motory v zadních kolech po 2,2 kW výkonu a třetí vůz již měl hybridní motor pro zvýšení dojezdu. S rostoucí popularitou vozů se spalovacím motorem zájem o elektromobilitu upadal, k oživení došlo až díky ropné krizi kolem roku 1965. Do té doby byly konstrukce elektromobilů spíše ojedinělé. Např. významný český elektrotechnik Josef Sousedík (1894-1944) zkonstruoval ve třicátých letech pro svou potřebu elektromobil pokrokové hybridní koncepce s elektromotory přímo v kolech (Vegr, 2024).

Na základě zadání státu v letech 1969-1972 VÚES (Výzkumný ústav elektrických strojů) v Brně spolu s brněnským Vysokým učením technickým zkonstruovali dva osobní a dva dodávkové prototypy elektromobilů, k sériové produkci ale nedošlo. Až v letech 1990-1992 byla rozpracována výroba elektromobilu Liaz 01.02.XGJ. K sériové výrobě ovšem také nedošlo. Na tento projekt pak navázali konstruktéři Škoda Elcar Ejovice se svými přestavbami automobilů Škoda Favorit na el. pohon a následně nabízených pod označením Škoda Eltra 151 L a později modely Škoda Alfa a Škoda Beta (později Tatra Beta), kterých bylo v elektrické variantě vyrobeno jen kolem 100 kusů. Dalším elektromobilem české výroby byla až od roku 2019 Škoda Citigo iV. (Bergmann, 2021).

V současnosti jsou v ČR vyráběny jak automobily s hybridním pohonem (Toyota) tak i automobily s čistě elektrickým pohonem (Škoda, Hyundai) přičemž se výrobci netají tím, že je pro ně výroba finančně ztrátová a dotována z prodeje automobilů se spalovacími motory. Elektromobily ale musí nabízet, aby dosáhli na snížení celkových průměrných emisí nabízených vozů.

Z vyrobených automobilů se totiž vypočítává emisní průměr, který nesmí překročit 95g CO<sub>2</sub> ekv. na ujetý kilometr. Každý gram navíc pak znamená pro automobilku pokutu 95 Euro za každý automobil. Tyto emisní pokuty jsou součástí ekologické daňové reformy. (Sajdl).

## 6. SKLADBA VOZOVÉHO PARKU V ČR

Dle zveřejněného přehledu svazu dovozců automobilů za r. 2023 bylo v ČR celkem registrováno 6 597 838 os. automobilů, v průměrném stáří přes 16 roků. (Svaz dovozců automobilů, 2024). Za rok 2023 bylo dle statistiky SDA nově registrováno 221411 automobilů. Z toho bylo čistě elektrických 6640, což znamená 3% z celkového počtu. Vozů s hybridním elektro/spalovacím pohonem bylo 5653 (2,55%). Nejvíce dávali kupující přednost vozům poháněným benzínem, kterých bylo registrováno 146676, což zaujímá 66,24%. Naftových automobilů bylo registrováno 55556 (25,09%). U elektromobilů se jedná o meziroční nárůst podílu o 1%, podíly benzinových a naftových automobilů zůstávají meziročně prakticky beze změny. Celkové prodeje elektromobilů mají v ČR mírně vzrůstající tendenci. V roce 2021 bylo nově zaregistrováno 333 EV, o dva roky později to bylo 512

a za první dva měsíce roku 2024 našlo své majitele již 438 nových elektromobilů. (Svaz dovozců automobilů, 2024).

Celkem je v ČR aktuálně provozováno cca. 22500 elektromobilů. V rámci EU má nižší zastoupení jen Chorvatsko a Slovensko. Důvodem může být to, že většina prodejů elektromobilů v ČR, (cca. 75%) je realizována firmami a ty hledí primárně na ekonomickou stránku, která v případě stále drahých EV nevychází nejlépe. Bez přerozdělování financí v podobě dotací se asi prodeje nerozhýbají. (Skořepa, 2024).

Akuálně registrovaných 2250 elektromobilů je těsně pod hranicí středně optimistické predikce počtu osobních EV v ČR pro rok 2025 prezentované na 8. ročníku konference čisté mobility v Loučni v květnu 2022. Národní plán čisté mobility počítal se třemi možnými scénáři. Optimističtější scénář ale počítal s počtem bezmála 159 000 provozovaných EV a k takovému číslu se téměř jistě ani nepřiblížíme. (Kadula, 2022)

Průměrný nájezd elektromobilů v ČR je necelých 12 000 km, což je srovnatelné s benzinovými automobily. U naftových motorů je to cca. 18 000 km. (cistadoprava.cz, 2023).

## **7. ÚVOD DO KONSTRUKCE AUTOMOBILŮ SE SPALOVACÍMI MOTORY**

V silničním provozu se setkáváme buď se zážehovým motorem s účinností kolem 25.%, jehož palivem je benzín, nebo se vznětovým motorem s účinností kolem 40%, pro který je palivem motorová nafta. Oba typy motorů lze provozovat i s alternativními palivy, bez zásadnějších zásahů do konstrukce .

V případě zážehových motorů jsou to ethanol, nebo zkapalněný ropný plyn LPG a stlačený zemní plyn CNG. Tato paliva jsou distribuována na běžné síti čerpacích stanic, zejména síť LPG je poměrně hustá. Primární motivací pro používání alternativních paliv u zážehových motorů je ekonomická výhodnost, neboť jsou tato paliva osvobozena od spotřební daně, další pozitivum je pak ekologicky čistší provoz.

Vznětové motory starší konstrukce jsou schopny pracovat i na alternativní palivo v podobě olejů rostlinného původu. Nejmodernější sofistikované vznětové motory již jsou ale extrémně náchylné na kvalitu paliva a tím je náhrada kvalitní motorové nafty znemožněna. Náhrada motorové nafty ekvivalenty rostlinného původu, stejně jako přidávání povinné biosložky paliv způsobuje to, že potravina kterou rostlinné oleje jsou, končí v nádržích automobilů a cena potravin tak roste. Negativní jev je i degradace orné půdy způsobená nadměrným pěstováním především řepky olejné, jakožto základní složky pro výrobu biopaliv. Nicméně složky rostlinného původu jsou nadále povinnou součástí benzínu i nafty. Z důvodu plnění emisních cílů vytyčených evropskou legislativou od 1. ledna 2024 bude v ČR distribuován automobilový benzin Natural BA95 s označením E10, který bude obsahovat 10% povinné biosložky v podobě ethanolu.

Obecné výhody spalovacích motorů jsou poměrně vysoká účinnost, kolem 25 až 40%, jednoduchá distribuce a skladovatelnost paliva s vysokou energetickou hustotou (rychlé doplnění uskladněné energie) a možnost je upravit pro spalování různých paliv.

Nevýhody spalovacích motorů jsou především emise výfukových plynů se škodlivými látkami, vypouštěných v místě provozu. Jejich koncentrace je závislá na druhu motoru, aktuálním provozním režimu, jeho nastavení a technickém stavu konkrétního motoru. Moderní konstrukce spalovacích motorů se pak vyznačují složitostí a vyšší náročností na údržbu. Spalovací motory jsou také zdrojem hluku. (Pechout, 2019).

## 7.1. Klíčové součásti automobilu se spalovacím motorem:

**Baterie:** Baterie poskytuje elektřinu pro nastartování motoru a napájení elektroniky/příslušenství vozidla.

**Elektronický řídicí modul (ECM):** ECM řídí palivovou směs, časování zapalování a emisní systém; sleduje provoz vozidla; chrání motor před zneužitím; a zjišťuje a řeší problémy.

**Výfukový systém:** Výfukový systém odvádí výfukové plyny z motoru ven přes koncovku výfuku. Třícestný katalyzátor je navržen pro snížení emisí z motoru ve výfukovém systému.

**Systém vstřikování paliva:** Tento systém přivádí palivo do spalovacích komor motoru za účelem zapálení.

**Palivové potrubí:** Kovová trubka nebo ohebná hadice (nebo jejich kombinace) převádí palivo z nádrže do systému vstřikování paliva motoru.

**Palivové čerpadlo:** Čerpadlo, které přenáší palivo z nádrže do systému vstřikování paliva přes palivové potrubí.

**Palivová nádrž:** Tato nádrž uchovává benzín nebo naftu uvnitř vozidla, dokud jej motor nepotřebuje.

**Spalovací motor (zážehový):** V této konfiguraci je palivo vstřikováno buď do sacího potrubí, nebo do spalovací komory, kde je kombinováno se vzduchem a směs vzduch/palivo je zapálena jiskrou ze zapalovací svíčky.

**Spalovací motor (vznětový):** ke vznícení paliva dochází vysokým tlakem, motor pracuje bez přítomnosti zapalovacích svíček. Vznětové motory ale používají žhavicí svíčky, které usnadňují start studeného motoru.

**Převodovka:** Převodovka přenáší mechanickou sílu z motoru k pohonu kol. (Anonymus, AFDC.ENERGY.GOV.)

## 7.2. Ekologické aspekty spalovacích motorů

Ve spalovacím prostoru motorů vznikají nežádoucí látky, jako např. oxidy dusíku NO<sub>x</sub>, oxid dusnatý NO a v menší míře také oxid dusičitý NO<sub>2</sub>. Tyto složky prokazatelně zvyšují riziko respiračních onemocnění. Přestože na konci spalování v zážehovém motoru bývají koncentrace NO<sub>x</sub> v řádu několika tisíc ppm (až 4000 ppm, tj. 0,4%), ve výfukových plynech vypouštěných do ovzduší se koncentrace pohybují v nízkých desítkách či jednotkách ppm a to díky dodatečné úpravě výfukových plynů. Zážehové motory tedy obvykle, v případě správně fungujícího řízení a dodatečné úpravy výfukových plynů, nepředstavují velké riziko. (Pehout, 2019).

### Skleníkové plyny:

mimo složek výfukových plynů s možnými přímými zdravotními dopady jsou spalovacími motory produkovány i plyny, které mají svůj podíl na aktuálních změnách klimatu. Nejvýznamnějším takovým plynem je oxid uhličitý CO<sub>2</sub>. Při procesu spalování palivové směsi jsou koncentrace CO<sub>2</sub> v plynech odcházejících ze spalovacího prostoru motoru obvykle kolem 0,5 %



a dodatečnou úpravou výfukových plynů lze dosáhnout hodnot v řádech setin procenta. U vznětových motorů jsou koncentrace CO<sub>2</sub> přirozeně nízké, pouze při studeném spalovacím prostoru se lze po krátkou dobu setkat s koncentracemi do desetin procenta. (Pehout, 2019).

#### **Pevné částice ve výfukových plynech:**

vznikají především u vznětových motorů, při nedokonalém spalování. Tvoří je hlavně zbytky uhlíku na jejíž povrch jsou zachycovány přetvořené molekuly paliva. Řada z nich je karcinogenní, tedy schopná pronikat dýchacím ústrojím do organismu. Výfukové soustavy současných vznětových motorů jsou povinně doplňovány filtrem pevných částic, s účinností alespoň 98%. Účinnost těchto filtrů je dokonce taková, že hmotnostní koncentrace částic ve výfukových plynech je nižší, než v ovzduší v nejvíce znečištěných místech ČR. Současné zážehové motory produkují více pevných částic ve výfukových plynech, než současné vznětové motory s filtry pevných částic. Proto jsou aktuálně legislativně zaváděny filtry pevných částic i pro zážehové motory.

## **8. ÚVOD DO KONSTRUKCE HYBRIDNÍCH A PLNĚ ELEKTRICKÝCH AUTOMOBILŮ**

V současnosti existuje dle konstrukce několik typů automobilů poháněných elektrickou energií, nazývaných obecně elektromobily - **EV** (z anglického Electric Vehicle).

Podle toho, jaké množství el. energie se spotřebuje jako hlavního zdroje energie, můžeme rozdělit tři základní druhy elektrických vozidel:

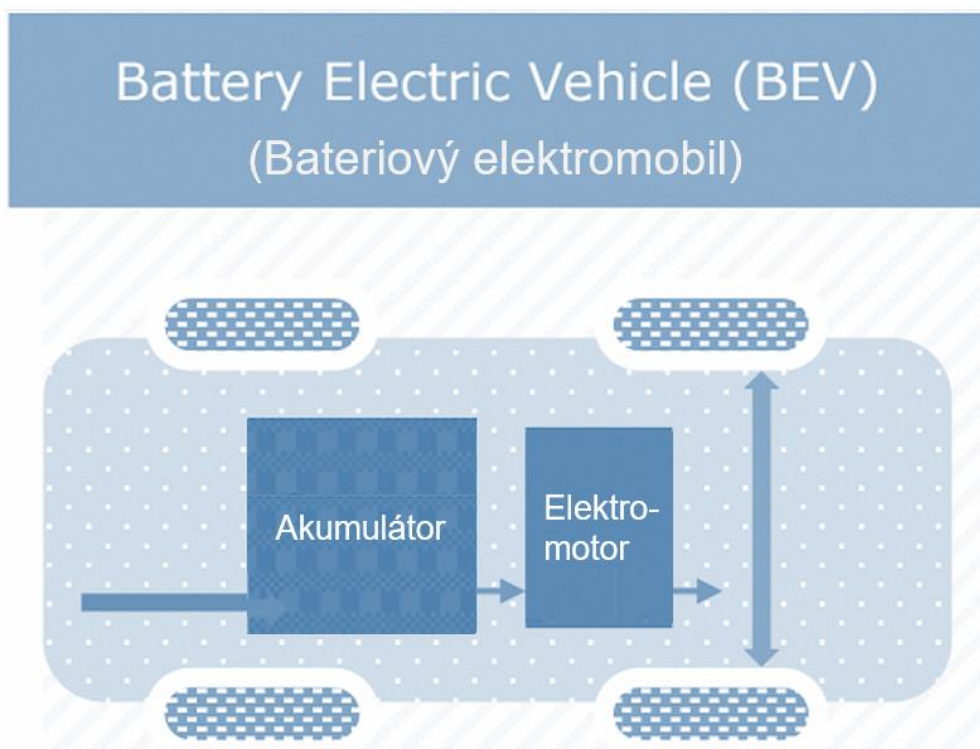
**BEV** (z anglického Battery Electric Vehicle) viz. obrázek č. 9., u kterých jsou zdrojem energie výhradně baterie nabíjené z externího zdroje. Tato vozidla neobsahují žádný spalovací motor. Tato vozidla také neobsahují některé součásti nutné u vozidel se spalovacím motorem, např. převodovka, výfuková soustava, spojka, olejové náplně. Jsou v místě provozu zcela bezemisní, jejich dojezd je dán kapacitou použitých akumulátorů. Účinnost elektromotoru je 60 až 90%. (Potančoková, 2004).

#### **Výhody BEV:**

- V závislosti na tom kde je nakupována, může být elektřina levnější než benzín, nebo nafta.
- Snadná obsluha a jízda
- Dobrý, okamžitě dostupný výkon a akcelerace díky vysokému točivému momentu elektromotoru již od nulových otáček.
- Náklady na údržbu mohou být nízké

#### **Nevýhody BEV:**

- Nabíjení je pomalejší, méně pohodlné a méně dostupné, než načerpání fosilních paliv.
- Ceny jsou vyšší, než u srovnatelných běžných benzinových/dieselových vozů
- Dojezd na plné nabití zaostává za benzinovými/dieselovými vozy (Tallodi, 2022)



Obrázek 9 - e-amrit.niti.gov.in

**PHEV** (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) viz. obrázek č. 10 kombinuje elektromotor s úsporným zážehovým, nebo vznětovým spalovacím motorem. Baterie je dobíjena z externího zdroje elektřiny ale může být také dobíjena z jejich palubních generátorů, dokáží nahradit elektřinu ze sítě benzinem nebo

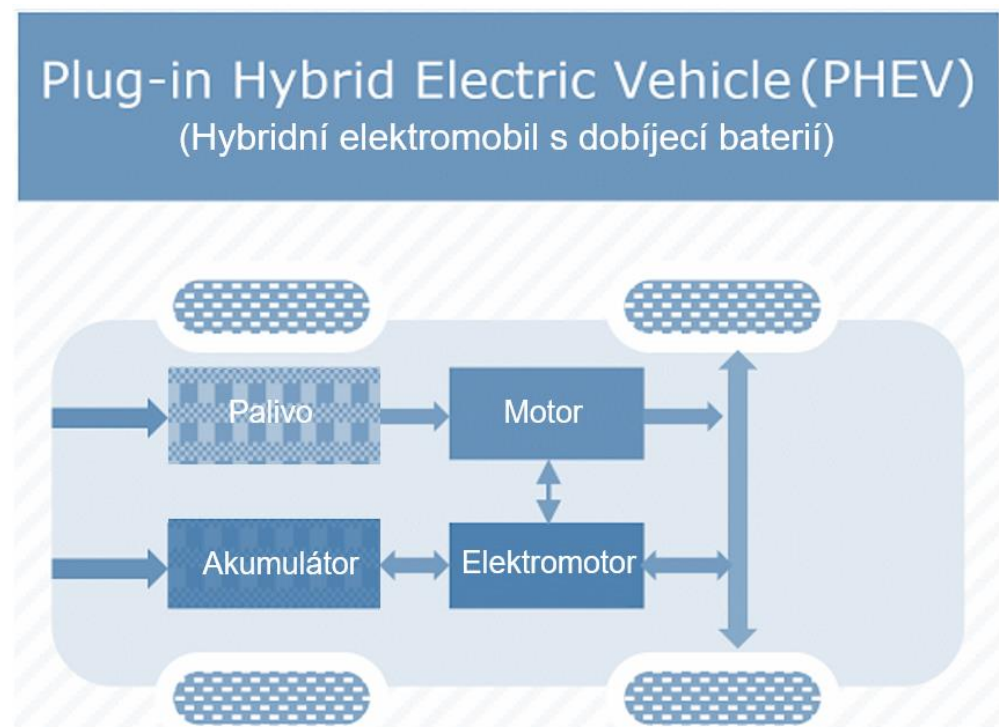
naftou. Baterie PHEV je menší než EV, ale větší než u konvenčních hybridů. Mezi výhody PHEV patří nižší spotřeba paliva, snížení emisí, lepší dynamika. Nevýhody jsou dány vyšší hmotností, složitou konstrukcí a tím i vyššími cenami.

#### Výhody PHEV:

- Není zcela závislý na dojezdu baterie a infrastrukturu elektrického nabíjení.
- Může jezdit převážně na baterie, pokud je denní dojíždění krátké.

#### Nevýhody PHEV:

- Přidaná složitost může zvýšit provozní náklady.
- Nenabití baterie neguje jakékoli ekonomické výhody.
- Stojí více než podobné auto na benzín/naftu (Tallodi, 2022).



Obrázek 10 - e-amrit.niti.gov.in

**HEV** (Hybrid Electric Vehicle ) viz. obrázek č. 11 jsou poháněna fosilními palivy i elektřinou. Elektřina je generována rekuperačním brzděním, systémem který slouží k dobití baterie. Jde o systém, při kterém elektromotor při brzdění generuje elektřinu z energie která by se jinak přeměnila na teplo při tření pomocí brzd. V závislosti na zátěži při jízdě se využívá vozidlo

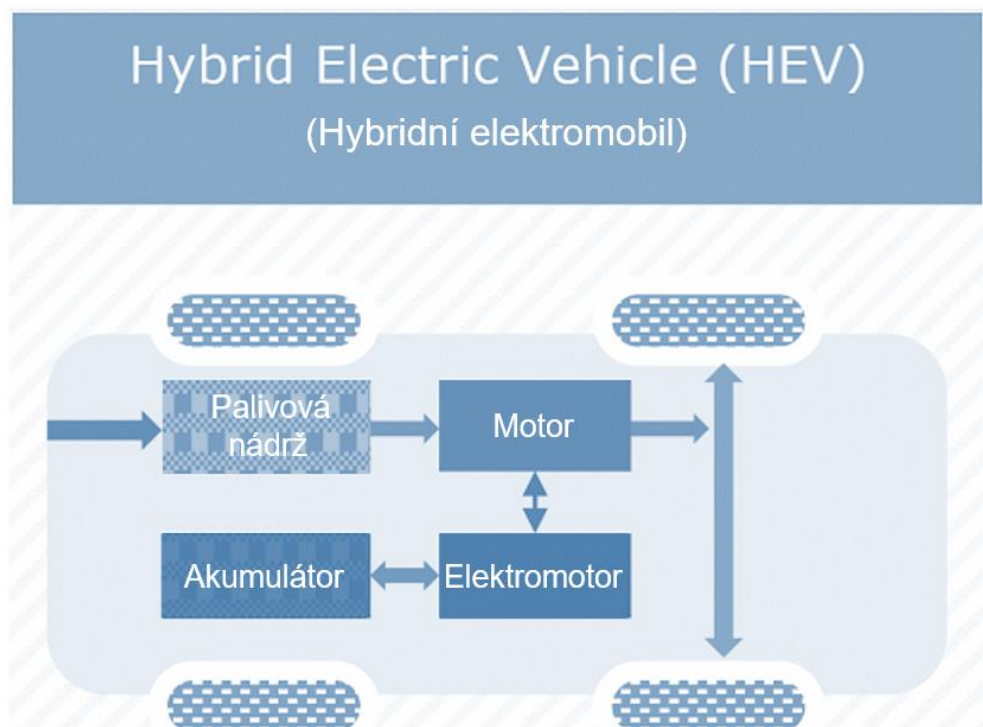
elektrický, nebo spalovací motor. Vozidlo obsahuje převodovku, která pracuje jak se spalovacím motorem, tak i s elektromotorem. Tato vozidla jsou podobná PHEV, ale nelze je dobít z externího zdroje elektřiny.

### Výhody HEV

- Obecně nižší spotřeba paliva než u běžných benzínových/diesellových vozů
- Elektrické komponenty mohou napájet pomocná zařízení a poskytovat podporu zrychlení

















### Nevýhody HEV

- Výhody spotřeby paliva se mohou lišit v závislosti na jízdních podmínkách.
- Velmi omezený elektrický dojezd u většiny modelů.
- Složitost konstrukce. (Tallodi, 2022).



Obrázek č.11 - e-amrit.niti.gov.in

Rozdělení automobilů dle zdroje energie a produkce lokálních emisí při provozu. (ŠKODA AUTO A.S, 2019)

	 <b>KONVENČNÍ</b>	 <b>HYBRID</b>	 <b>PLUG-IN HYBRID</b>	 <b>ELEKTRICKÉ</b>
<b>ZDROJ ENERGIE</b>				
<b>SPOTŘEBA</b>				
<b>EMISE</b>				

Obrázek č. 12 - skoda-storyboard.com, 2019

Kromě výše uvedených tří hlavních typů EV existují ještě další, méně rozšířené systémy, jako vozidla s prodlužovači dojezdu (REEV), nebo vozy s vodíkovými palivovými články (FCEV). (Miškovský, 2019).

## 8.1. Klíčové součásti všech elektromobilů

**Akumulátor (plně elektrická pomocná baterie):** Ve vozidle s elektrickým pohonem poskytuje pomocná baterie elektřinu pro napájení příslušenství vozidla.

**Nabíjecí port:** Nabíjecí port umožňuje připojení vozidla k externímu zdroji napájení za účelem nabíjení trakční baterie.

**DC/DC měnič:** Toto zařízení převádí stejnosměrný proud o vyšším napětí ze sady trakčních baterií na stejnosměrný proud s nižším napětím potřebný k provozu příslušenství vozidla a dobíjení pomocné baterie.

**Elektrický trakční motor:** S využitím energie z trakční baterie pohání tento motor kola vozidla. Některá vozidla používají motorgenerátory, které provádějí jak funkci pohonu, tak regeneraci.

**Palubní nabíječka:** Odebírá příchozí střídavý proud dodávaný přes nabíjecí port a převádí ji na stejnosměrný proud pro nabíjení trakční baterie. Komunikuje také s nabíjecím zařízením a během nabíjení baterie sleduje charakteristiky baterie, jako je napětí, proud, teplota a stav nabití.

**Regulátor výkonové elektroniky:** Tato jednotka řídí tok elektrické energie dodávané trakční baterií, řídí rychlost elektrického trakčního motoru a točivý moment, který vytváří.

**Tepelný systém (chlazení):** Tento systém udržuje správný rozsah provozních teplot motoru, elektromotoru, výkonové elektroniky a dalších součástí.

**Sada trakčních akumulátorů:** Uchovává elektřinu pro použití elektrickým trakčním motorem.

**Převodovka (elektrická):** Převodovka přenáší mechanickou sílu z elektrického trakčního motoru na pohon kol. (Anonymus, [afdc.energy.gov](http://afdc.energy.gov))

## 8.2. Akumulátor (baterie)

Nejprve je důležité objasnit rozdíl mezi baterií a akumulátorem. Zjednodušeně akumulátorem rozumíme galvanický element, který lze opakovaně dobíjet. Pro akumulátory je částečně používáno i označení "baterie", protože v odborné literatuře vozidlové techniky, ale i v terminologii výrobců elektromobilů, se setkáváme zejména s tímto označením zásobníku energie pro elektromotor (Kameš, 2004).

Pro provoz současných EV je nejčastěji používána lithium-iontová baterie. Lithium-iontové baterie nabízejí vysokou hustotu energie a účinnost nabíjecího a vybíjecího cyklu. Nevýhodou těchto baterií je, že provozem ztrácejí svou kapacitu, dochází ale i k samovybíjení když používány nejsou. Jedná se o nejdražší, nejdůležitější a zatím nejkontroverznější část celého elektromobilu. (Anonymus, [evexpert.cz](http://evexpert.cz), 2022).

Během výroby akumulátoru vstupní materiály a energie určují, s jakou ekologickou zátěží se následně vyrobený elektromobil dostane ke svému budoucímu majiteli a zásadně ovlivňuje hodnocení životního cyklu (LCA). Během provozu její parametry určují dojezd, spotřebu, životnost a tím i ekonomickou stránku provozu elektromobilu.

### **8.2.1. Zásadní parametry baterií elektromobilů**

Zcela zásadní je hmotnost, velikost a kapacita baterie. Z tohoto důvodu se u baterií uvádí jejich měrná energie či hustota energie, což je množství energie na jednotku hmotnosti, resp. objemu (uvádí se tedy wh/kg či wh/l). Velmi důležitá je životnost baterie, což udává počet nabíjecích cyklů, během kterých si baterie zachová své vlastnosti. Různí výrobci udávají předpoklad životnosti cca. 1000 až 1500 nabíjecích cyklů. Dalším důležitým parametrem je cena. Od ní se odvíjí, zda a případně kdy se pořizovací cena elektromobilu vyrovná ceně automobilu se spalovacím motorem, protože tvoří cca. 30% ceny automobilu. Cena se obvykle počítá na jednotku akumulované energie. Ještě v roce 2010 byla cena kolem cca. 1100 USD za 1kWh, v r. 2024 se očekává prolomení hranice pod 100 USD za 1kWh. Velmi důležitá je i kapacita baterie, od které se odvíjí dojezdová vzdálenost. Kapacitu udáváme v kiloWatt hodinách (kWh), což značí jaký maximální výkon je baterie schopná podat za dobu jedné hodiny. Dojezd tedy vypočítáme tak, že vydělíme kapacitu baterie spotřebou při provozu. Dojezd se ale bude lišit v letních a zimních měsících, z důvodu měnícího se vnitřního odporu baterie, který ovlivňuje i dynamiku elektromobilu. S klesající teplotou se zpomalují chemické reakce v baterii, což navyšuje vnitřní odpor a ten způsobuje ztráty uvnitř baterie. (Anonymus, DEVINN S.R.O., 2020)

### **8.2.2. Degradace baterie**

Degradace baterie znamená proces, který trvale snižuje množství energie, kterou může baterie uložit, nebo množství energie, kterou může dodat. Baterie v elektromobilech mohou obecně dodat více energie, než zvládnou komponenty hnacího ústrojí. Degradace baterie je u elektromobilu při jízdě sotva pozorovatelná a omezuje pouze schopnosti baterie ukládat energii. (Anonymu., GEOTAB INC., 2020)

Životnost baterie ovlivňují mnohé faktory. Čas, rozsahy teplot při kterých je baterie provozována, přebíjení a naopak provoz při nízkém nabití,

počet proběhlých nabíjecích cyklů. Baterie se obvykle stává nepoužitelnou po pěti až osmi letech provozu vozidla, kdy je její kapacita obvykle 70 - 80 % původního maxima. (Fischhaber et al, 2016)

Životnost baterie ovlivňují i nabíjecí zvyklosti uživatele. Časté nabíjení na rychlonabíječkách nepříznivě ovlivňuje životnost lithium-iontových baterií, protože se při něm zvyšuje vnitřní odpor baterií, což má za následek tvorbu tepla. Tím dochází k degradaci a snížení kapacity akumulátoru. (Anonymus. Institution of mechanical engineers , 2020).

Příliš časté DC dobíjení může vést k rychlejšímu opotřebení a snížení kapacity baterie. Proto se obecně doporučuje AC a DC dobíjení střídat. Několik DC dobíjení za sebou, například při dlouhé cestě, by ale baterie měla ustát bez úhony. (Caisl, TZB-INFO. 2020)

Ceny nových trakčních baterií dodávaných přímo automobilkami jsou v řádu stovek tisíc Kč. Taková částka by nejspíše převyšovala zbytkovou cenu ojetého elektromobilu a výměna by se již ekonomicky nevyplatila, také by měla negativní vliv na hodnocení LCA. V tomto směru se otevírá zajímavý prostor pro firmy nabízející repasi baterií na principu výměny jednotlivých článků baterie.

Opotřebení baterie obvykle nepostihuje plošně všechny její články a protože se každý jednotlivý článek dá přesně změřit, lze vyměnit jen konkrétní poškozené články. Automobilky prozatím toto nenabízí, umí ale výměnu některého z modulů (bloku článků). Např automobilka Volkswagen si za výměnu jednoho článku včetně práce účtuje necelých 69000 Kč. Cena je to u ojetého auta nemalá a navíc by výrazně rostla, pokud by jednotlivé poškozené články byly rozmístěny ve více modulech. Výměna celé baterie by stála necelých 593000 Kč. Z dostupných dat ale plyne, že minimálních 70% původní kapacity by mohla mít většina aktuálně provozovaných elektromobilů ještě po 16 až 21 letech, přičemž se jedná povětšinou o první generace baterií bez chlazení. Lze předpokládat, že po rozšíření dokonalejších současných modelů tato doba poroste.(Vaculík et Zima, 2024)

Tabulka č. 1 uvádí aktuální stav baterií bazarových elektromobilů a je ukázkou toho, že životnost baterie elektromobilu nemusí mít souvislost



s počtem najetých kilometrů a stářím vozu. Velký vliv na ni tak může mít způsob nabíjení.

PŘÍKLADY STAVU TRAKČNÍCH BATERIÍ ELEKTROMOBILŮ V NABÍDCE AAA AUTO													
Značka	Model	Varianta (kWh)	Rok výroby	km	Zdraví baterie SoH	AVILOO Flash Test Score	Značka	Model	Varianta (kWh)	Rok výroby	km	Zdraví baterie SoH	AVILOO Flash Test Score
Nissan	Leaf	24 kWh	2015	77 413	79,8	76	Mazda	MX-30	e-Skyactiv	2021	39 967	93,2	94
Tesla	Model 3	Long Range Performance	2019	121 586	86,9	85	VW	e-Golf	32 kWh, 37 Ah	2018	47 934	92,0	94
Tesla	Model 3	Long Range 4WD 70kWh	2019	156 401	89,0	85	Nissan	Leaf	40 kWh	2019	15 977	93,1	95
BMW	i3	60Ah BEV	2014	67 701	83,0	86	VW	e-Golf	32 kWh, 37 Ah	2019	55 511	91,3	95
Tesla	Model 3	Long Range 4WD 73kWh	2019	141 472	88,7	86	Tesla	Model 3	Std Range Plus LFP	2022	34 203	96,9	95
Tesla	Model S	75D	2018	146 578	89,4	86	Mercedes	EQC	EQC 400 4MATIC	2020	115 228	97,2	95
Tesla	Model S	75D	2018	177 514	90,4	86	Skoda	Enyaq	iV 80 (82 kWh)	2021	44 722	94,2	95
Tesla	Model 3	Long Range Performance	2019	124 012	88,4	87	VW	e-Golf	32 kWh, 37 Ah	2019	67 222	92,4	95
Tesla	Model 3	Std Range Plus 49kWh	2019	72 828	89,7	87	Skoda	Citigo-e	iV	2020	10 160	91,3	95
Tesla	Model S	85D	2015	167 765	85,4	88	Nissan	Leaf	40 kWh	2019	8 699	94,1	96
Skoda	Citigo-e	iV	2020	92 784	87,1	88	Nissan	Leaf	40 kWh	2019	11 655	93,9	96
Renault	Zoe	ZE50 R135	2020	51 176	81,0	88	Mazda	MX-30	e-Skyactiv	2021	29 216	96,0	96
Renault	Zoe	ZE50 R135	2020	44 706	79,9	88	Tesla	Model 3	Long Range 4WD 76kWh	2022	33 411	95,7	96
Tesla	Model 3	Long Range 4WD 73kWh	2020	97 469	90,6	89	Tesla	Model 3	Long Range 4WD 75kWh	2023	21 665	96,0	96
Tesla	Model 3	Long Range Performance	2021	13 423	90,7	90	Mazda	MX-30	e-Skyactiv	2020	39 524	95,0	96
Skoda	Citigo-e	iV	2020	81 238	91,2	90	BMW	i3	120Ah BEV	2021	18 293	93,0	97
Nissan	Leaf	40 kWh	2018	89 126	89,0	90	Mazda	MX-30	e-Skyactiv	2020	11 568	95,2	97
VW	e-up!	32.3 kWh	2020	46 803	86,2	91	VW	e-Golf	32 kWh, 37 Ah	2019	23 387	92,9	97
VW	e-Golf	32 kWh, 37 Ah	2017	127 154	89,2	91	BMW	i3	120Ah BEV	2019	46 509	96,0	97

Tabulka 1 - Svět Motorů Speciál. 2024

## 9. DOBÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ, MOŽNOST ROZŠIŘOVÁNÍ DOBÍJECÍCH STANIC

Infrastrukturou pro elektromobily je myšlena především infrastruktura nabíjecí, tedy možnosti dobíjení z veřejné dobíjecí sítě, nebo z domácích nabíjecích stanic. Tato infrastruktura je při rozvoji elektromobility zcela zásadní.

V ČR je aktuálně asi 4664 veřejných nabíjecích bodů, čímž se řadíme na polovinu řebříčku v rámci EU. Národní akční plán ale není splněn, protože podle něj již mělo být v provozu 5298 nabíjecích stanic. Podle něj by do konce roku 2024 mělo být dostupných již 7500 nabíjecích stanic. Ale ani aktuální počet není špatný, protože v porovnání s počtem provozovaných elektromobilů připadá na jeden veřejný nabíjecí bod cca. 5 automobilů. Horší je již poměr pomalých AC nabíječek s počtem 3389, rychlých DC nabíječek do 150 kW v počtu 1014 a nejrychlejších nabíječek s výkonem od 150 kW kterých je 261. (Skořepa. ELEKTRICKEVOZY.CZ., 2020).

Širší síť dobíjecích stanic má zajistit nový právní předpis EU v rámci programu „Fit for 55“. Dle nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliva musí být od roku 2026 dobíjecí stanice pro osobní dopravu s výkonem nejméně 400 kW na všech silnicích z páteří evropské sítě a to maximálně 60 kilometrů od sebe. Od r. 2028 by se nejmenší požadovaný výkon měl zvýšit na 600 kW. Platba by měla být umožněna bezkontaktně platebními

kartami a bez nutnosti předplatného. (Navrátilová. TVORIMEVROPU.CZ. 2023)

Elektromobily by měly v roce 2030 spotřebovat nejvýše desetinu roční produkce jaderné elektrárny Temelín, což by bylo cca. 113 MW. Jejich podíl na celkové čisté spotřebě elektřiny by se mohl podílet řádově z několika setin. Národní akční plán čisté mobility ve svém optimistickém scénáři předpovídá, že na konci dekády bude v ČR jezdit až 500 tisíc elektromobilů, tedy asi osm procent z celkového vozového parku. Dle energetiků je energetická soustava je v ČR dimenzovaná tak, že toto zatížení zvládne. Počítá se i s průběžným posilováním sítě, tak jak bude elektromobilů přibývat. Odhaduje se, že spotřeba energie v elektromobilech na konci desetiletí bude 0,78 až 1,56 tWh za rok, vychází se přitom z počtu 250 tisíc až 500 tisíc vozidel, s průměrným nájezdem 49 kilometrů denně při spotřebě 17 kWh/100 km. (Anonymus. TZB-INFO. 2020)

### **9.1. Základní specifikace dobíjecích stanic a používaných konektorů**

**AC dobíjení** – typ dobíjení, kdy je na vstupu do elektromobilu střídavý proud, např. jednofázově 2,3 – 7,4 kW z domácí zásuvky. Každý elektromobil má palubní nabíječku, která střídavý proud mění na stejnosměrný. Výkon palubní nabíječky je důležitý komponent auta, který ovlivňuje rychlost AC nabíjení. Jedná se o pomalé nabíjení v řádu hodin, je tedy vhodnější pro vozidla s nízkou kapacitou baterií a domácí dobíjení, např. přes noc. K tomu používaný nabíjecí konektor viz. obrázek č. 13.



Obrázek č. 13 – mennekes.org, 2024

Obrázek č. 14 mennekes.org, 2024

AC 3 fázové dobíjecí stanice 11 – 22 kW jsou nástěnné dobíjecí stanice, nebo sloupky (viz. obrázky 15 a 16), které jsou zdrojem střídavého proudu o definovaném maximálním výkonu přes standardní evropský nabíjecí konektor Mennekes Type 2 s možností ovládat stanici pomocí standardizovaného protokolu OCPP z internetu a zajištění ochrany uživatele viz. obrázek č. 14. Veřejné dobíjecí AC stanice typicky poskytují 11 nebo 22 kW, ale je možné mít stanici zapojenou i na jedné fázi nebo dobíjet doma ze standardní jednofázové zásuvky pomocí speciální dobíječky, která je příslušenstvím elektromobilu.



Obrázek 15 – cistoustopou.cz, 2019



Obrázek 16 – voltair.cz, 2024

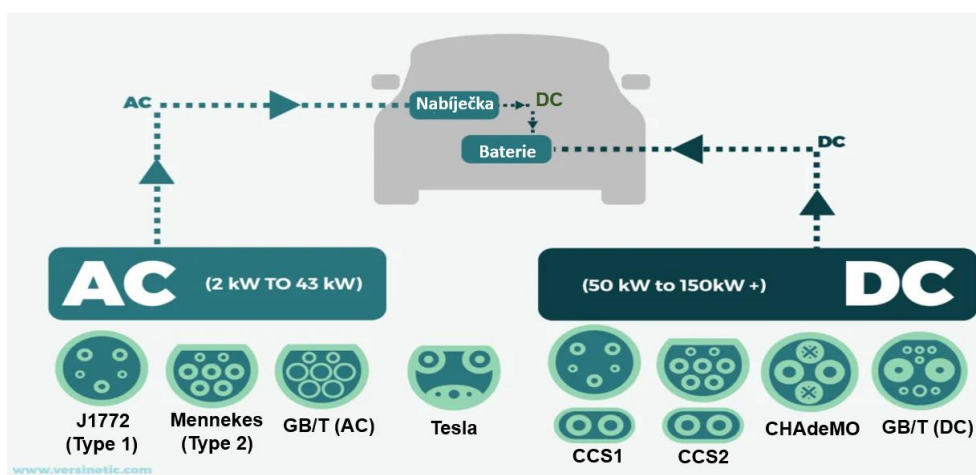
**DC dobíjení** – viz obrázek č.17 typ dobíjení, kdy je stejnosměrný proud již na výstupu dobíjecí stanice a baterie je tedy nabíjena bez využití palubní nabíječky. Výkon stanic se pohybuje mezi 40 až 150 kW a tzv.

hyperchargery jsou uzpůsobeny až na výkon 350 kW. Dostatečné dobíjení potřebné kapacity baterie lze tak dosáhnout cca. do 30 minut v závislosti na kapacitě a stavu vybití baterie. Tento typ nabíjení nemusí být podporován u starších elektromobilů, navíc negativně ovlivňuje životnost baterie.



Obrázek 17 - Veřejná DC dobíjecí stanice. Zdroj ČEZ

Rozdíl mezi způsoby nabíjení AC/DC včetně používaných typů konektorů znázorňuje obrázek č.18.



Obrázek č. 18 – versinetic.com, 2024

Rozdělení používaných typů zásuvek dle regionů:

TYP	Region			
	Japonsko	Amerika	Evropa	Čína
AC				
označení	J1772	J1772	Mennekes	GB/T
DC				
označení	CHAdeMO	CCS1	CCS2	GB/T

Obrázek č. 19 – thedriven.io, 2018

Ideální dobíjení by mělo probíhat v noci, kdy je přebytek elektřiny. Nicméně ne každý bydlí ve svém domě s možností nabíjení. Lze tedy předpokládat, že s rozšířením elektromobility budou veřejné nabíjecí stanice přetížené v časech cesty do zaměstnání a návratu, navíc by tak nabíjení probíhalo nárazově v době špiček. To může způsobovat i nestabilitu dodávek elektřiny. Současná infrastruktura zatím není zcela připravena na plánovaný přechod k elektromobilitě a může to být i brzda k jejímu rozvoji.

Otázku dostatku elektřiny pro napájení elektromobilů řeší analýza zveřejněná v časopisu Svět Motorů. Z německého webu spritmonitor.de nejprve zjistili průměrnou spotřebu benzínových (7,6 l) a dieselových motorů (6,6 l). Aktuální poměr benzínových a dieselových aut je přibližně vyrovnaný. Z celkového množství dodaného benzínu, počtu aut v registru a jejich průměrné spotřeby spočítali, že průměrný os. automobil v ČR najede cca. 8000 km ročně. Stejný nájezd vztáhli i na diesely. Kilometrové nájezdy pak vynásobili očekávaným počtem elektromobilů při průměrné spotřebě 17,5 kWh na 100 km. kterou jako průměrnou udává také web spritmonitor.de. Z výpočtu pak vyplynulo, že kompletní přechod osobní automobilové dopravy v ČR bude obnášet cca. jeden nový blok jaderné elektrárny Temelín (cca. 1,05 GW) a jeho výkon by dostačoval do roku 2060. Energetický nárok



elektromobilů má být 10 až 20 procent celkové výroby el. energie (Vaculík, 2024)

## 9.2. Cena dobíjení elektromobilu

Cena kterou uživatel bude platit za provoz elektromobilu není tak jednoznačná, jako v případě automobilu se spalovacím motorem, kde jednoduše vynásobíme spotřebu na 100 km cenou natankovaného paliva. U elektromobilů je výpočet podobný. Tedy když počítáme s průměrnou spotřebou 18 kWh/100 km, a 1 kWh mě doma stojí 8 Kč., ujetí 100 km tak bude stát 144 Kč. Jenže k tomu je nutno připočíst ještě ztráty, které jsou uváděny cca.10 až 15%. V součtu by tedy stálo domácí dobítí elektřiny potřebné na 100 km. cca. 158 – 166 Kč.

Ztráty elektrické energie vznikají jak při procesu nabíjení, tak i spotřebovávání elektřiny. Oba procesy jsou spojeny s vývinem tepelné energie, která odchází nevyužita. Obvykle jsou uváděny ve výši cca. 10-15% el energie. Pro snížení ztrát proto musí být baterie chlazeny.

Cenu provozu elektromobilu značně ovlivňuje i jeho uživatel. Respektive jeho možnosti a zvyklosti ohledně nabíjení. Rozhodující je i to, zda častěji nabíjí levněji doma, nebo při cestách na dražších dobíjecích stanicích.

### 9.2.1. Porovnání modelových cen domácího dobíjení elektřiny potřebné na ujetí 100 km. s tarify od ČEZ.

POROVNÁNÍ MODELOVÝCH SITUACÍ			
Pro modelovou situaci Cena za 100 km s DPH	Bez ohřevu vody D02d	Ohřev vody D25d	Topení D56d
Cena za kWh	9,77 Kč	8,01 Kč	6,50 Kč
Hyundai Ioniq Electric 13 kWh/100 km	146,04 Kč	119,64 Kč	97,14 Kč
Tesla Model 3 16 kWh/100 km	179,75 Kč	147,25 Kč	119,55 Kč
Škoda Enyaq 20 kWh/100 km	224,68 Kč	184,06 Kč	149,44 Kč

Při nabíjení je potřeba započítat ztráty. Pro kalkulaci počítáme 13%. Rozdíl mezi nabíjením 10 a 16A je přibližně kolem 3%.

Tabulka 2 - Svět Motorů Speciál. 2024

VÝPOČER MODELOVÉ CENY EL. ENERGIE			
Obchodní sazba	Standard	Akumulace	Tepelné čerpadlo
Modelová situace	Byt/Dům bez ohřevu teplé vody	Ohřev teplé vody	Topení
Distribuční sazba	D02d	D25d	D56d
Spotřeba pro modelový příklady	200 kWh	500 kWh	100 kWh
Spotřeba (VT)	200 kWh	333 kWh	167 kWh
Spotřeba (NT)	x	167 kWh	833 kWh
Cena obchodní (VT)	3 640,00 Kč	3 640,00 Kč	3 640,00 Kč
Cena obchodní (NT)	x	3 640,00 Kč	3 640,00 Kč
Stálá platba (Kč/měsíc)	128,00 Kč	128,00 Kč	128,00 Kč
Cena za distribuci (VT)	2 015,66 Kč	2 155,17 Kč	648,62 Kč
Cena za distribuci (NT)	0,00 Kč	438,09 Kč	438,09 Kč
Platba za jistič (Kč/měsíc) - 3x25A	205,00 Kč	197,00 Kč	391,00 Kč
Doba vysokého tarifu	24 h	16 h	4 h
Doba nízkého tarifu	0 h	8 h	20 h
Daň z elektřiny	28,30 Kč	28,30 Kč	28,30 Kč
Cena za systémové služby	212,82 Kč	212,82 Kč	212,82 Kč
Činnost OTE (Kč/měsíc)	4,14 Kč	4,14 Kč	4,14 Kč
Podpora OZT	495,00 Kč	495 Kč	495,00 Kč
Cena kompletní (VT)	1 278,36 Kč	2 177,10 Kč	837,46 Kč
Cena za kWh (VT)	6,39 Kč	6,53 Kč	5,02 Kč
Cena kompletní (NT)	x	802,37 Kč	4 011,84 Kč
Cena za kWh (NT)	x	4,81 Kč	4,81 Kč
Poplatek za měsíc kompletní	337,14 Kč	329,14 Kč	523,14 Kč
Cena průměrné kWh*	8,08 Kč	6,62 Kč	5,37 Kč
<b>Cena průměrné kWh* s DPH</b>	9,77 Kč	8,01 Kč	6,50 Kč
Cena za měsíc**	1 615,50 Kč	3 308,61 Kč	5 372,44 Kč
<b>Cena za měsíc** s DPH</b>	1 954,75 Kč	4 003,41 Kč	6 500,65 Kč

\* včetně rozpočítání měsíčních poplatků

\*\*Výpočet pro modelový příklad spotřeby

Zdroj: www.cez.cz (elektřina na 1 rok - Produkt pro ONLINE sjednání - 02/2024)

Tabulka 3 - Svět Motorů Speciál. 2024

## 9.2.2. Cena nabíjení na veřejných dobíjecích stanicích

Výpočet nákladů na ujetí 100 km. při dobíjení na veřejných stanicích je pak poněkud složitější díky odlišným cenám nejen mezi jednotlivými poskytovateli nabíjení, ale i díky rozdílným cenám jednoho distributora v případě platby měsíčního paušálu, registrace atd. Níže jsou uvedeny obvyklé varianty a možnosti tak, jak byly zveřejněny v analýze zveřejněné

<b>CENÍK PRO REGISTROVÉHO UŽIVATELE ČEZ</b>			
	<b>Cena za kWh</b>	<b>Cena za minutu</b>	<b>Ceny za kWh v roamingu</b>
<b>TARIF BASIC</b>			
AC	8,00 Kč	2,0 Kč od 481. minuty*	11,00 Kč
DC	13,00 Kč	2,0 Kč od 91. minuty*	16,00 Kč
UFC	18,00 Kč	2,0 Kč od 46. minuty*	22,00 Kč
<b>TARIF STANDARD, paušální platba 100 Kč/měsíc</b>			
AC	8,00 Kč	2,0 Kč od 481. minuty*	11,00 Kč
DC	11,00 Kč	2,0 Kč od 91. minuty*	16,00 Kč
UFC	15,00 Kč	2,0 Kč od 46. minuty*	22,00 Kč
<b>TARIF PREMIUM, paušální platba 300 Kč/měsíc</b>			
AC	8,00 Kč	2,0 Kč od 481. minuty*	10,00 Kč
DC	10,00 Kč	2,0 Kč od 91. minuty*	14,00 Kč
UFC	13,00 Kč	2,0 Kč od 46. minuty*	18,00 Kč
<b>CENÍK PRO NEREGISTROVÉHO UŽIVATELE ČEZ</b>			
AC	10,00 Kč	2,0 Kč od 481. minuty*	x
DC	15,00 Kč	2,0 Kč od 91. minuty*	x
UFC	20,00 Kč	2,0 Kč od 46. minuty*	x

\* Nebo od 1. minuty po ukončení nabíjení

Tabulka 4 - Svět Motorů Speciál. 2024

<b>CENÍK UŽIVATELE PRE</b>		
	<b>Cena za kWh</b>	<b>Cena za minutu</b>
<b>REGISTROVANÝ UŽIVATEL - Jednička</b>		
AC	7,00 Kč	1,00 Kč od 121. minuty
DC 50/75	8,00 Kč	2,00 Kč od 61. minuty
UFC 150+	10,00 Kč	2,00 Kč od 31 minuty
<b>REGISTROVANÝ UŽIVATEL - Zvýhodněná jednička, pouze pro zákazníky skupiny PRE</b>		
AC	6,00 Kč	0,50 Kč od 121. minuty
DC 50/75	7,00 Kč	1,00 Kč od 61. minuty
UFC 150+	9,00 Kč	2,00 Kč od 31. minuty
<b>CENÍK PROGRAMU AC V KLIDU</b>		
Měsíční poplatek		600 Kč
kWh v ceně		100
Minuty v ceně za stanici AC		1440 (24 hodin)

Tabulka 5 - Svět Motorů Speciál. 2024



CENÍK UŽIVATELE EON		
	Cena za kWh	Cena za minutu
<b>REGISTROVANÝ UŽIVATEL</b>		
AC	8,00 Kč	2,00 Kč od 481. minuty
DC	12,50 Kč	2,00 Kč od 61. minuty
UFC	17,00 Kč	2,00 Kč od 46. minuty
<b>NEREGISTROVANÝ UŽIVATEL</b>		
AC	10,00 Kč	2,00 Kč od 481. minuty
DC	15,00 Kč	2,00 Kč od 61. minuty
UFC	19,00 Kč	2,00 Kč od 46. minuty

Tabulka 6 - Svět Motorů Speciál. 2024

ROAMING PRO UŽIVATELE SÍŤ				
PRE - ČESKO			EON - ČESKO	
	Cena za kWh	Cena za minutu	Cena za kWh	Cena za minutu
<b>EON</b>			<b>PRE</b>	
AC	12,90 Kč	2,00 Kč od 181 min.	13,00 Kč	2,00 Kč od 181 min.
DC	18,90 Kč	2,00 Kč od 61 min.	17,50 Kč	3,00 Kč od 61 min.
UFC	18,90 Kč	2,00 Kč od 61 min.	17,50 Kč	3,50 Kč od 31 min
<b>ČEZ</b>			<b>ČEZ</b>	
AC	12,00 Kč	2,00 Kč od 241 min.	11,50 Kč	0,00 Kč
DC	19,00 Kč	2,00 Kč od 61 min.	18,00 Kč	1,00 Kč
UFC	26,00 Kč	2,00 Kč od 31 min.	18,00 Kč	5,00 Kč
<b>IONITY</b>			<b>IONITY</b>	
AC	x	x	x	x
DC	x	x	x	x
UFC	24,00 Kč	0,00 Kč	23,00 Kč	0,00 Kč

Tabulka 7 - Svět Motorů Speciál. 2024

## 10. POROVNÁNÍ EKONOMIKY PROVOZU ELEKTROMOBILU PROTI AUTOMOBILU SE SPALOVACÍM MOTOREM

Srovnání ekonomiky provozu elektromobilů proti stejným automobilům se spalovacím motorem v roce 2019 provedl internetový deník.cz a porovnávány byly vozy **Škoda Citigo-e iV** proti **Škoda Citigo 1.0 MPI** a **Hyundai Kona 1.6 T-GDI** proti **Hyundai Kona EV**.

V nákladu na ujetý km. bylo započteno nabíjení poloviny kilometrů u veřejných nabíječek a poloviny při domácím nabíjení se zvýhodněným

tarifem. U spalovacích motorů byla započítána tehdejší průměrná cena PHM cca. 32 Kč /litr. Zohledněny byly také předpokládané náklady na servis, při vlastnictví po dobu pěti let. Především díky pořizovací ceně, která byla proti oběma spalovacím variantám cca. dvojnásobná, nebyl výsledek ekonomiky pořízení a provozu k elektrickým variantám příznivý. Škoda Citigo-e iV by se finančně vyplatila až po ujetí 200 398 kilometrů, tedy zhruba za 10 let provozu. Hyundai Kona EV by se finančně vyplatil až po ujetí 255 683 kilometrů. (Markovič, DENIK.CZ, 2019)

Vlastní případová studie zjednodušeného srovnání pořizovacích a provozních nákladů stejných vozů ve stejné výbavě. Rozdílný je pouze typ pohonu.

### **Opel Mokka Electric**

Pořizovací cena 970000,- Kč. Výkon motoru 100 kW, baterie 50kWh, spotřeba 16 kWh/100 km. Teoretický dojezd až 312 km. - V případě, že by nabíjení probíhalo s nejnižším dostupným tarifem (8 Kč. / 1 kWh) bude ujetí 100 km. za cenu 128 Kč. (16 kWh x 8 Kč.). Jeden ujetý kilometr tedy bude stát 1,28 Kč.

### **Opel Mokka 1,2 T**

Pořizovací cena 670000,- Kč. Výkon motoru 100 kW, spotřeba 6l/100 km. Dojezd až 733 km na nádrž. – Ujetí 100 km by při ceně 37 Kč/l paliva stálo 222 Kč. ( 6l x 37Kč.). Jeden ujetý kilometr tedy bude stát 2,22 Kč.

### **Výpočet:**

Cenový rozdíl obou variant Opelu Mokka je 300 000 Kč.

Rozdíl nákladů na ujetí 1 km je 2,22 Kč proti 1,28 Kč ve prospěch elektrické varianty Mokky.

Za cenový rozdíl, kdy koupí benzínové varianty Opelu Mokka ušetřím proti elektrické variantě 300 000 Kč. mohu s průměrnou spotřebou 6l/100 km. najet cca. 135 000 km.

Pokud s elektrickým Opelem Mokka uspořím na každém kilometru 0,94 Kč. proti benzínové variantě Mokky (2,22Kč. – 1,28Kč.) vrátí se mi na úspoře rozdíl v pořizovací ceně až po ujetí 319 000 km.

### **Hyundai Kona Electric**

Požizovací cena 989990,- Kč. Výkon motoru 99 kW, baterie 48,6 kWh, spotřeba 15 kWh/100 km. Teoretický dojezd až 324 km. V případě, že by nabíjení probíhalo s nejnižším dostupným tarifem (8 Kč. / 1 kWh) bude ujetí 100 km. za cenu 120 Kč. (15 kWh x 8 Kč.). Jeden ujetý kilometr tedy bude stát 1,2 Kč.

### **Hyundai Kona 1,6 T-GDI**

Požizovací cena 699990,- Kč. Výkon motoru 145 kW, spotřeba 6,1 l/100 km. Ujetí 100 km by při ceně 37 Kč/l paliva stálo 226 Kč. ( 6,1l x 37 Kč.). Jeden ujetý kilometr tedy bude stát 2,26 Kč.

### **Výpočet:**

Cenový rozdíl obou variant Hyundai Kona je cca. 290 000 Kč.

Rozdíl nákladů na ujetí 1 km je 2,26 Kč proti 1,2 Kč ve prospěch elektrické varianty Kony.

Za cenový rozdíl, kdy koupí benzínové varianty Hyundai Kona ušetřím 270 000 Kč. mohu s průměrnou spotřebou 6,1 l/100 km. najet cca. 128 500 km.

Pokud s elektrickým Hyundai Kona uspořím na každém kilometru 1,06 Kč. proti benzínové variantě Kony (2,26 – 1,2) vrátí se mi na úspoře rozdíl v pořizovací ceně až po ujetí 283 500 km.

## **11. DISKUSE**

Výše uvedené příklady ekonomiky provozu jsou pouze orientační, protože nelze postihnout všechny možné parametry ohledně dobíjení. Zatímco cena benzínu či nafty je téměř totožná napříč čerpacími stanicemi, cena nabití elektrického vozu závisí na dodavateli a zvoleném tarifu jejichž

přehled byl uveden v kapitole 9.2. V nejlepším případě může stát 8Kč. za 1 kWh. Při nabíjení na cestách ale může být cena i dvojnásobná. Nabíjet lze ale i bezplatně, pokud by v letních měsících nabíjení probíhalo z vlastní fotovoltaické elektrárny. Další důležitý parametr, který zohledněn nebyl, jsou ztráty při nabíjení a vybíjení baterie, které byly zmíněny v kapitole 9.2. Různé zdroje uvádí různé údaje, které se liší i podle parametrů baterie, výrobce vozidla, a způsobu dobíjení. Uváděné hodnoty, které se pohybují v rozptylu od 10 do 25%, ještě zhoršují ekonomickou stránku provozu elektromobilu.

Ekologický přínos provozu elektromobilu oproti automobilu se spalovacím motorem z hlediska snížení emisí CO<sub>2</sub> byl doložen několika studiemi. Nedostaví se ale v zemích s výrazně neekologickými zdroji elektrické energie, jakým je např. Čína. V rámci EU a ČR je možné zaznamenat takové snížení, ale až s nájedem řádově desítek tisíc kilometrů. S přihlédnutím k průměrnému tuzemskému nájedu (cca. 12 000 km) bude tak elektromobil v ČR ekologičtější nejdříve až po cca. pěti letech provozu. Zřejmý a okamžitý je přínos kvality ovzduší díky nulovým lokálním emisím, což se může nejvíce projevit v městských oblastech a právě tam má elektromobilita největší smysl.

## 12. VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ

Práce měla za cíl zhodnotit na základě relevantních pramenů, jaká pozitiva či negativa přináší osobní elektromobilita v oblasti ekologie, ale i možný ekonomický profit jeho uživateli. Nejprve byl diskutován environmentální dopad emisí z automobilové dopravy. Vzhledem k tomu, že v souvislosti s přechodem na elektromobilitu je nejčastěji zmiňován ekologický rozměr, věnoval jsem se nejprve rozsáhle analýzám ve kterých byl posuzován celkový životní cyklus elektromobilu, s důrazem na emise CO<sub>2</sub> jakožto jednoho ze skleníkových plynů, který přispívá ke globálnímu oteplování. Výsledky jednotlivých analýz se značně lišily podle regionu na který byly zaměřeny, určil jsem si tedy jako zájmovou oblast Českou republiku a Evropskou unii. Důležitým faktorem ve všech dostupných analýzách byl původ elektrické energie. Z toho důvodu bylo zjištěno, že elektromobil má v některých zemích jen minimální pozitivní vliv na životní prostředí a v některých zemích může být dokonce neekologický. Důvodem

je to, že při jeho výrobě a provozu je využívána především energie z fosilních paliv. Proto jsem se v rámci dalších kapitol věnoval aktuálním zdrojům elektřiny, možnostem jejich navýšení a změnou jejich skladby směrem k uhlíkové neutralitě. Predikce do dalších let upozorňují na budoucí zvýšenou poptávku a riziko nedostatku elektřiny. Některé studie upozorňují i na to, že obnovitelné zdroje energie mají svůj strop a pokud zvýšenou poptávku nedokážeme pokrýt z obnovitelných zdrojů, možná se vrátíme k těm fosilním.

V rámci části práce zaměřené na automobilismus, jsem se věnoval dl historii elektromobilů a to jak v celosvětovém pohledu, tak i se zaměřením na české země. Tím jsem chtěl upozornit na to, že elektromobily se nyní snaží prosadit již potřetí za svou historii. Poprvé neuspěly na začátku dvacátého století, kdy je vytlačily automobily se spalovacím motorem, které se v mnoha směrech ukázaly jako výhodnější. Podruhé se snažily prosadit v době ropné krize. Tehdy se jim to nepodařilo, protože nevyházela ekonomická stránka jejich výroby. V současnosti jsou elektromobily prosazovány na základě politických rozhodnutí.

V další části jsem popsal aktuální stav vozového parku v ČR, z čehož vyplynulo, že zájem o elektromobily u nás sice roste, ale proti zbytku Evropské unie mnohem pomaleji. Následující kapitoly popisují konstrukční prvky automobilů se spalovacím motorem, automobilů s hybridním motorem a elektromobilů. Definuji rizika negativních vlivů provozu spalovacích motorů na životní prostředí a zdraví člověka z důvodu emisí ve výfukových plynech, které by mohla lokálně právě elektromobilita vyřešit. Z konstrukčních prvků elektromobilu je zcela zásadní jeho baterie, proto se jí v práci věnuji podrobněji. Již výroba baterie určuje výsledek hodnocení celkového životního cyklu elektromobilu z hlediska emisí CO<sub>2</sub>. Její kapacita ovlivňuje dojezd a její životnost pak schopnost vyrovnat uhlíkovou zátěž, kterou si nese z výroby. Na případném vítězství elektromobilů nad automobily se spalovacím motorem budou mít baterie rozhodující podíl.

Aby mohlo dojít k masovému rozšíření elektromobilů, musí ale být splněny základní předpoklady a to je především nabíjecí infrastruktura. Současná síť dobíjecích stanic je sice dostačující, ale pro masové rozšíření elektromobilů nedostatečná. Dalším předpokladem jsou ceny nabíjení na veřejných nabíjecích stanicích. Aktuálně je v tomto směru situace naprosto

nepřehledná, kdy cena není u daného poskytovatele pro každého stejná. Zatímco u benzinové pumpy u konkrétního stojanu zaplatí všichni stejnou cenu, na jednom nabíjecím místě můžou být ceny pro každého různé a to třeba i o desítky procent. V souvislosti s nabíjením bych rád zmínil zarážející množství typů nabíjecích konektorů. Zatímco EU řeší a nařizuje povinné sjednocení konektorů pro mobilní telefony, nedokáže zajistit tak zásadní věc, jakou je kompatibilita nabíjecích konektorů elektromobilů. Nyní jsou používány 3 typy konektorů pro AC nabíjení, 4 typy pro DC nabíjení a 1 další navíc používají výhradně automobily zn. Tesla. Mimo pořizovacích cen elektromobilů spatřuji brzdu v rozvoji individuální elektromobility v chaotických cenách za dobíjení a ve vzájemně nekompatibilních konektorech.

Odpověď na otázku, zda a případně jak je provoz elektromobilu ekologický, nelze univerzálně zodpovědět. Odpověď totiž závisí na tom, za jakých podmínek byl elektromobil vyroben a za jakých podmínek bude následně provozován. Nicméně většina studií se kterými jsem pracoval, přiznává elektromobilům větší, či menší ekologický přínos. Nepopíratelný je ale fakt, že první majitel přebírá elektromobil s ekologickou zátěží v podobě vyprodukovaného CO<sub>2</sub>, která se může smazat až následným provozem.

Ekonomická stránka také není jednoznačná. Hodně závisí na cenách, za které bude majitel elektromobil nabíjet a ty se liší na základě mnoha parametrů. Cenový rozdíl v relativně levném domácím nabíjení (kterého ale každý využít nemůže) a nabíjení na veřejných dobíjecích stanicích, může být značný. Provoz elektromobilu bude vycházet levně, pokud nabíjíte zdarma v zaměstnání, nebo u nákupního centra, případně si v letních měsících umožňujete investici do vlastní solární elektrárny. Pokud by nabíjení probíhalo na veřejných stanicích, vrátí se rozdíl v pořizovací ceně až po ujetí řádově stovek tisíců kilometrů.

## 13. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

### 13.1. Internetové zdroje

ANONYMUS. THEDRIVEN.IO. *What is CCS charging?* [online]. 2018 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://thedriven.io/2018/12/10/what-is-ccs-charging/>

ANONYMUS. OTEVŘENÁ DATA O KLIMATU, Z. Ú. *Emise skleníkových plynů v EU podle sektorů* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-eu-detail>

ANONYMUS. EVROPSKÝ ÚČETNÍ DVŮR. *Infrastruktura pro dobíjení elektrických vozidel: vybuodovalo se více dobíjecích stanic, jejich nerovnoměrné zavádění však dopravu v EU komplikuje* [online]. 2021 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/cs/#A2>

ANONYMUS. VERSINETIC LIMITED. *EV Charging Connector Types Guide* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.versinetic.com/news-blog/ev-charging-connector-types-guide/>

ANONYMUS. WOLTAIR.CZ. *Nástěnná stanice (wallbox)* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.woltair.cz/nabijeci-stanice>

ANONYMUS. OTEVŘENÁ DATA O KLIMATU, Z. Ú. *Vývoj světových emisí CO<sub>2</sub>* [online]. 2022 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-co2-svet-vyvoj>

ANONYMUS. MENNEKES.ORG. *MENNEKES Type 2 charging cables For safe charging on the road* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.mennekes.org/emobility/products/ev-charging-cable/>

ANONYMUS. TZB-INFO. *Půl milionu elektroaut energetické sítě zvládnou. Větší flotila si už vyžádá větší investice* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/21009-pul-milionu-elektroaut-energeticke-site-zvladnou-vetsi-flotila-si-uz-vyzada-vetsi-investice>

ANONYMUS. OTEVŘENÁ DATA O KLIMATU, Z. Ú. *Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr>

ANONYMUS. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. *Vláda schválila aktualizovaný Národní akční plán čisté mobility* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vlada-schvalila-aktualizovany-Narodni-akcni-plan-c>

ANONYMUS. ADAC. *Treibhausgas-Bilanz: Welcher Antrieb kann das Klima retten?* [online]. 2022 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/klimabilanz/>

ANONYMUS. ECOMENTO.DE. *ADAC: Elektromobil „na silnici s těžkým klimatickým batohem“* [online]. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://ecomento.de/2019/10/25/adac-elektroauto-mit-schwerem-klima-rucksack-unterwegs/>

ANONYMUS. SVAZ DOVOZCŮ AUTOMOBILŮ. *Přehled stavu vozového parku* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://portal.sdac.cz/stat.php?p#rok=2023&mesic=12&kat=vpp&vyb=&upr=&obd=m&jine=false&lang=CZ&str=vpp>

ANONYMUS. INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS. *Fast-charging can damage electric car batteries in just 25 cycles* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.imeche.org/news/news-article/fast-charging-can-damage-electric-car-batteries-in-just-25-cycles>

ANONYMUS. SVAZ DOVOZCŮ AUTOMOBILŮ. *Registrace nových OA v ČR za rok dle paliva - Značky 1-12/2023* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://portal.sdac.cz/stat.php?n#rok=2023&mesic=12&kat=OA&vyb=pt&upr=ptznacky&obd=r&jine=false&lang=CZ&str=nova>

ANONYMUS. GEOTAB INC. *What 6,000 EV batteries tell us about EV battery health* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.geotab.com/blog/ev-battery-health/>



ANONYMUS. DEVINN S.R.O. *BATERIE ELEKTROMOBILU – ZÁKLADNÍ PARAMETRY* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.devinn.cz/blog/baterie-elektromobilu>

ANONYMUS. EVEXPERT.CZ. *Elektromobily, jejich baterie a jak nabíjet* [online]. 2022 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/elektromobily-a-jejich-baterie>

ANONYMUS. AFDC.ENERGY.GOV. *How Do All-Electric Cars Work?* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>

ANONYMUS. WWW.CISTADOPRAVA.CZ. *Řidiči s elektromobily ujedou v Česku za rok přes 12 tisíc kilometrů – více než řidiči aut benzínových* [online]. 2023 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/tiskove-zpravy/ridici-s-elektromobily-ujedou-v-cesku-za-rok-pres-12-tisic-kilometru-%E2%80%93-vice-nez-ridici-aut-benzinovy/>

ANONYMUS. E-AMRIT. *TYPES OF ELECTRIC VEHICLES* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://e-amrit.niti.gov.in/types-of-electric-vehicles>

ANONYMUS. AFDC.ENERGY.GOV. *How Do Gasoline Cars Work?* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-gasoline-cars-work>

ELEKTRICKEVOZY.CZ. *Škoda Eltra 151 L je zapomenutý elektrický klenot z devadesátek, který musíte vidět* [online]. BERGMANN. 2021 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/skoda-eltra-151-l-elektromobil>

BŘEZINOVÁ. ELEKTRINA.CZ. *Výroba elektřiny v ČR: Zůstaneme nadále exportní zemí?* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/vyroba-elektriny-v-cr>

BUBERGER, KERSTEN, KUDER, ECKERLE, WEYH a THIRINGER. ELSEVIER LTD. *Total CO<sub>2</sub>-equivalent life-cycle emissions from commercially available passenger cars* [online]. 2022 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032122000867>

CAISL. TZB-INFO. *Nabíjení elektromobilů, zatížení sítě a řízení výkonu – část I., typy nabíjení* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/20937-nabijeni-elektromobilu-zatizeni-site-a-rizeni-vykonu-cast-i>

ČERVINKOVÁ. OM SOLUTIONS S.R.O. *Studie: Elektromobily vypouští během životního cyklu méně emisí než konvenční vozy* [online]. 2018 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektromobilita/studie-elektromobily-vypousti-behem-zivotniho-cyklu-mene-emisi-nez-konvencni-vozy>

HOEKSTRA a STEINBUCH. EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. *Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-38905-PDF4-TUVE-Eindhoven-English-Studie.pdf>

HORN. FORBES. *Proč elektromobily neuspěly a vracejí se až po 150 letech* [online]. HORN. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://forbes.cz/proc-elektromobily-neuspely-a-vraceji-se-az-po-150-letech/>

HRUBÝ. EGÚ BRNO. *Budoucí energetický mix Česka: Pro stromy nevidíme les* [online]. 2023 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/clanky/budouci-energeticky-mix-ceska-pro-stromy-nevidime-les/>

INDRÁČEK. JAGA MEDIA, S. R. O. *„Jezděte klidně elektromobily. Ale netvrďte, že zachraňujete planetu!“ vzkazuje šéf petrolejářů* [online]. 2022 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrske-stavby/doprava/jezdete-klidne-elektromobily-ale-netvrdte-ze-zachranujete-planetu-vzkazuje-sef-petrolejaru>

KAWAMOTO, MOCHIZUKI, NAKANO, MOTOHASHI, SAKAI, INABA a MORIGUCHI. MDPI. *Estimation of CO2 Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA* [online]. MOCHIZUKI, NAKANO a SAKAI. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/9/2690#B1-sustainability-11-02690>

MARKOVIČ. DENIK.CZ. *Elektromobil se proti běžnému autu sotva vyplatí. Bez ohledu na nižší náklady* [online]. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z:

<https://www.denik.cz/auto/elektromobil-vs-vozy-se-spalovacimi-motory-kdy-se-vyplati-auto-do-zasuvky-20191215.html>

MIHÁLIK. AUTOREVUE.CZ. *GM EV1 je smutnou připomínkou zrodu moderních elektroaut a mediální tragédie* [online]. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/gm-ev1-wiki-historie-pribeh-pocatku-moderni-elektromobility>

MIŠKOVSKÝ. ELEKTRICKEVOZY.CZ. *Typy elektromobilů a jak je rozeznat* [online]. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/typy-elektromobilu-a-jak-je-rozeznat/infographics-electrovehicles-czech>

NAVRÁTILOVÁ. TVORIMEVROPU.CZ. *Rada EU přijala předpis o rozšíření dobíjecích stanic pro elektroauta* [online]. 2023 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://tvorimevropu.cz/2023/07/26/rada-eu-prijala-predpis-o-rozsireni-dobijecich-panic-pro-elektroauta/>

PURDY a FOSTER. [HTTPS://WWW.BRITANNICA.COM/](https://www.britannica.com/). *Early electric automobiles* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/automobile/Early-electric-automobiles>

SAJDL. WWW.AUTOLEXICON.NET. *Emisní pokuty vozidel* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-pokuty-vozidel/>

SKOŘEPA. [HTTPS://ELEKTRICKEVOZY.CZ/](https://elektrickevozy.cz/). *Počet elektromobilů v Česku je stále zklamáním. Chybí totiž jedna věc* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/pocet-elektromobilu-v-cesku-je-stale-zklamanim-chybi-totiz-jedna-vec>

SKOŘEPA. ELEKTRICKEVOZY.CZ. *Počet elektromobilů v Česku je stále zklamáním. Chybí totiž jedna věc* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/pocet-elektromobilu-v-cesku-je-stale-zklamanim-chybi-totiz-jedna-vec>

SOVÁK. CISTOUSTOPOU.CZ. *E-auta: Jaké jsou možnosti nabíjení a co dělá Praha?* [online]. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.cistoustopou.cz/autem/clanek/e-auta-jake-jsou-moznosti-nabijeni-co-dela-praha-1085>

ŠKODA AUTO A.S. *Druhy elektromobilů – znáte je všechny?* [online]. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>

TALLODI. CARWOW LTD. *Types of Electric Cars* [online]. 2022 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.carwow.co.uk/blog/types-of-electric-cars#gref>

VEGR. ELEKTROMOBILY O.S. *Elektromobily – historie a současnost* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: [https://adoc.pub/elektromobily-historie-a-souasnost.html#google\\_vignette](https://adoc.pub/elektromobily-historie-a-souasnost.html#google_vignette)

VÍTKOVÁ. ENERGIE 21. *Úvahy nad budoucím energetickým mixem ČR* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://energie21.cz/uvahy-nad-budoucim-energetickym-mixem-cr/>

YU, WEI, CHEN, PENG a PENG. ELSEVIER LTD. *Life cycle environmental impacts and carbon emissions: A case study of electric and gasoline vehicles in China* [online]. 2018 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920918304747>

RADA EVROPSKÉ UNIE. *Jak probíhá výroba a prodej elektřiny EU?* [online]. 2023 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>

EVROPSKÁ KOMISE. *Zelená dohoda pro Evropu* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_cs](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs)

## 13.2. Tištěná literatura

BECKER, BÖHMER, BRŮHOVÁ-FOLTÝNOVÁ, GERIKE, HAVRÁNEK, SCHMIDT a WINTER, BRŮHOVÁ-FOLTÝNOVÁ a VALENTOVÁ, ed. *Základy dopravní ekologie*. 2008. Praha: Ústav pro ekopolitiku, 2008. ISBN 978-80-87099-05-6.

BIEKER. *A GLOBAL COMPARISON OF THE LIFE-CYCLE GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF COMBUSTION ENGINE AND ELECTRIC PASSENGER CARS* [Online pdf]. International Council on Clean Transportation, 2021. Dostupné také z:

[https://theicct.org/sites/default/files/publications/Global-LCA-passenger-cars-jul2021\\_0.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/Global-LCA-passenger-cars-jul2021_0.pdf)

FEDERATION INTERNATIONALE DE L'AUTOMOBILE. *Global reduction in CO2 emissions from cars: a consumer's perspective* [online pdf]. 2015. Federation Internationale de l'Automobile, 2015. Dostupné také z: [https://www.fia.com/sites/default/files/global\\_reduction\\_in\\_co2\\_emissions\\_from\\_cars-\\_a\\_consumers\\_perspective\\_0.pdf](https://www.fia.com/sites/default/files/global_reduction_in_co2_emissions_from_cars-_a_consumers_perspective_0.pdf)

FISCHHABER, REGETT, SCHUSTER a HESSE. FFE. *Studie: Second-Life-Konzepte für Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen* [online]. 2016 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2016/06/StudieSecondLifeKonzepte1.pdf>

KADULA. CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU, V. V. I. *Aktuální stav čisté mobility v České republice*. 2022. Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/files/loucen22/2\\_2\\_Lukas\\_Kadula\\_CDV-20220525.pdf](https://www.mzp.cz/files/loucen22/2_2_Lukas_Kadula_CDV-20220525.pdf)

KAMEŠ. *Alternativní pohon automobilů*. Praha: BEN - technická literatura. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0127-6.

KOCH. IASTEC. *Information about calculus of CO2 emissions and clear failure to meet the target for reducing CO2 emissions; request for elaboration of a balanced regulation* [Online pdf]. 2022. Dostupné také z: [https://iastec.org/wp-content/uploads/2022/06/20220602\\_letter\\_EU-Parliament\\_CO2regulation-1.pdf](https://iastec.org/wp-content/uploads/2022/06/20220602_letter_EU-Parliament_CO2regulation-1.pdf)

METELKA a TOLASZ. *Klimatické změny: fakta bez mýtů*. Univerzita Karlova v Praze: © Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí 2009, 2009. ISBN 978-80-87076-13-2.

PECHOUT. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. *Spalovací motory – základní přehled*. 2019. ISBN 978-80-213-2984-3. Dostupné také z: [https://katedry.czu.cz/storage/258/7579\\_Skripta-Pechout-draft-8.pdf](https://katedry.czu.cz/storage/258/7579_Skripta-Pechout-draft-8.pdf)

PISAROVÍČ a ŽITNÝ. Zápas o koruny. *Svět Motorů Speciál*. 2024, **2024**(1), 56-59. ISSN 0039-7016.

POTANČOKOVÁ. AT&P JOURNAL. *Elektromotory - ich princíp a prednosti* [online]. 2004 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp-2004-02-38.pdf>

VACULÍK. V Čechách si nemalujeme vzdušné známky. *Svět Motorů Speciál*. 2024, **2024**(1), 27. ISSN 0039-7016.

VACULÍK a ZIMA. Teoreticky přes milion. A v praxi? *Svět Motorů Speciál*. 2024, **2024**(1), 44. ISSN 0039-7016.

STÁTNÍ ENERGETICKÁ KONCEPCE ČESKÉ REPUBLIKY [online]. In: . 2014 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>

### **13.3. Seznam zkratek**

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

CO<sub>2</sub> ekv. - množství CO<sub>2</sub>, které by mělo ekvivalentní příspěvek ke skleníkovému jevu atmosféry stejný jako množství příslušného plynu.

LCA – analýza celkového životního cyklu

kWh – kilowatthodina

MWh - megawatthodina