

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra vozidel a pozemní dopravy**



**Diplomová práce**

**Elektromobilita v praxi - porovnání vybraných elektrických vozidel**

**Michal Hrudka**

© 2023 ČZU v Praze

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Technická fakulta

# **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Bc. Michal Hrudka

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Elektromobilita v praxi- porovnání vybraných elektrických vozidel**

Název anglicky

**Electromobility in practice – comparison of selected electric vehicles**

---

## **Cíle práce**

Cílem práce je porovnání dvou a více elektromobilů a jejich technicko-ekonomickým vyhodnocením v praxi.

## **Metodika**

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Přehled řešené problematiky
5. Vlastní zpracování
6. Výsledky a diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

50 stran včetně obrázků a tabulek

**Klíčová slova**

elektromotor, baterie, dojezd

---

**Doporučené zdroje informací**

- HROMÁDKO, J. Speciální spalovací motory a alternativní pohony : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- VLK, F. Koncepce motorových vozidel : koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5276-0.
- Weiss, M., Zerfass, A. ,Helmers, E. (2019) Fully electric and plug-in hybrid cars – An analysis of learning rates, user costs, and costs for mitigating CO2 and air pollutant emissions. Journal of Cleaner Production, 212 (1478-1489)

**Předběžný termín obhajoby**

2022/2023 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Jakub Mařík, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2022

**doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2023

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Elektromobilita v praxi – porovnání vybraných elektrických vozidel" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.3.2023

---



## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jakubu Maříkovi, Ph.D. za konzultace a rady, které mi poskytl ke zpracování této diplomové práce.

# **Elektromobilita v praxi - porovnání vybraných elektrických vozidel**

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá elektromobilitou, která je v dnešní době velmi aktuálním tématem. Z důvodu snahy o plnění emisních cílů jednotlivých států, které vycházejí například z Pařížské klimatické dohody, se vlády snaží svými opatřeními snížit produkované emise. První kapitola teoretická východiska popisuje historický vývoj elektromobilů, dále vysvětluje legislativní nároky na automobily se spalovacím motorem s ohledem na euro normy a měřicí cykly pro měření emisí. Tato kapitola se dále zabývá technickým popisem baterií, elektromotorů, vysvětlením jednotlivých typů baterií a hybridních ústrojí pro automobily. Vlastní část práce popisuje trh s automobily v České republice a v Evropské unii, analyzuje ceny za nabíjení elektromobilů na veřejných nabíjecích stanicích a porovnává ceny za nabíjení mezi třemi největšími provozovateli nabíjecích stanic v České republice. Čtvrtá kapitola zkoumá také nabíjecí infrastrukturu v České republice a popisuje současný stav sítě nabíječek a komplikace, které mohou při nabíjení nastat. Vedle nabíjecí infrastruktury je v kapitole věnována pozornost také energetické infrastruktuře. V závěru práce je zpracované ekonomické a technické porovnání elektromobilu s autem se spalovacím motorem.

**Klíčová slova:** elektromotor, baterie, dojezd

# **Electromobility in practice - comparison of selected electric vehicles**

## **Abstract**

This thesis deals with electromobility, which is a very up-to-date topic these days. Due to the effort to meet the emission targets of individual states, which are based, for example, on the Paris Climate Agreement, governments are trying to reduce the emissions produced by their measures. The first chapter of the theoretical background describes the historical development of electric cars, and further explains the legislative requirements for cars with an internal combustion engine with regard to Euro standards and measuring cycles for measuring emissions. This chapter also deals with the technical description of batteries, electric motors, explanations of individual types of batteries and hybrid systems for cars. The practical part of the work describes the car market in the Czech Republic and the European Union, analyzes the prices for charging electric cars at public charging stations and compares the charging prices between the three largest operators of charging stations in the Czech Republic. The fourth chapter also examines the charging infrastructure in the Czech Republic and describes the current state of the charger network and complications that may arise during charging. In addition to the charging infrastructure, the chapter also pays attention to the energy infrastructure. At the end of the thesis, an economic and technical comparison of an electric car with a car with an internal combustion engine is processed.

**Keywords:** electric motor, battery, range

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika</b>	<b>2</b>
2.1	Cíl práce	2
2.2	Metodika	2
<b>3</b>	<b>Teoretická východiska</b>	<b>3</b>
3.1	Historie elektromobilů	3
3.2	Legislativa	3
3.2.1	Jízdní cykly	7
3.2.2	Emise v ČR podle sektorů	8
3.2.3	Zdroje elektrické energie	10
3.2.4	Zvýhodnění EV	11
3.2.5	Nabíjecí infrastruktura	12
3.2.6	Domácí nabíjení	16
3.2.7	Zajímavosti a novinky	17
3.3	Baterie	19
3.3.1	Materiály pro baterie	19
3.3.2	Baterie	24
3.3.3	Lithium-iontová baterie	24
3.3.4	Recyklace a znovupoužití	24
3.3.5	Bezpečnost	25
3.4	Rozdělení BEV	27
3.5	Elektromotor	29
3.5.1	Střídavé elektromotory	29
3.5.2	Stejnoseměrné elektromotory	30
<b>4</b>	<b>Vlastní práce</b>	<b>31</b>
4.1	Prodej automobilů v EU	31
4.2	Trh s automobily v ČR	33
4.3	Ceny za nabíjení elektrovozidel	35
4.4	Ekonomika provozu	37
4.4.1	Vývoj ceny baterií	41
4.5	Infrastruktura	43
4.5.1	Současná situace	43
4.5.2	Výhled do budoucnosti	43

4.5.3 Energetická infrastruktura .....	44
4.6 Elektromobil vs konvenční vůz .....	45
<b>5 Výsledky .....</b>	<b>50</b>
<b>6 Závěr .....</b>	<b>55</b>
<b>7 Bibliografie .....</b>	<b>56</b>

## Seznam obrázků

Obr. 1 Průměrné emise CO2 na pasažéra ve 23 zemích EU, 2007-2019 .....	6
Obr. 2 Automobil s RDE testovací aparaturou v provozu .....	8
Obr. 3 Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů v roce 2018 .....	9
Obr. 4 Prodeje nových automobilů v Norsku, 2011-2021 .....	11
Obr. 5 Nabíjecí salonek Audi v Norimberku .....	13
Obr. 6 Mennekes Type 2 .....	14
Obr. 7 Combo II .....	14
Obr. 8 Mapa nabíjecích stanic v ČR.....	15
Obr. 9 Wallbox Mybox .....	16
Obr. 10 Trosky po požáru Tesly model S, rok 2016 .....	26
Obr. 11 Emergency plug.....	27
Obr. 12 Dělení hybridů podle stupně hybridizace .....	28
Obr. 13 Nová osobní auta registrovaná v EU podle emisních tříd.....	32
Obr. 14 Prodejní cena ojetých automobilů v ČR.....	34
Obr. 15 Nejčastější typy paliv ojetých automobilů v ČR .....	35
Obr. 16 Vývoj ceny baterií v letech 2011 až 2030, hodnota v dolarech za kWh .....	41
Obr. 17 Rozložení cen EV na celém trhu v letech v EU 2021-2022 .....	42

## Seznam tabulek

Tab. 1 Země s nejvyšší produkcí kobaltu (2020) .....	21
Tab. 2 Země s nejvyšší produkcí mědi (2020) .....	22
Tab. 3 Země s nejvyšší produkcí lithia (2020) .....	22
Tab. 4 Země s nejvyšší produkcí niklu (2020) .....	23
Tab. 5 Ceny za nabíjení u veřejných nabíjecích stanic .....	36

## Seznam grafů

Graf 1 Zdroje elektrické energie v ČR .....	45
Graf 2 Porovnání dojezdu Škody Enyaq a Kodiaq .....	51
Graf 3 Celkové náklady na 300 km dlouhou cestu.....	52
Graf 4 Emise vyprodukované na 1 kWh v Evropě (gCO <sub>2</sub> eq/kWh) .....	53

# 1 Úvod

Technologie elektromobilu není žádnou novinkou. Elektromobily byly hojně rozšířené již v počátcích automobilismu. Technické vlastnosti elektromobilů a baterií jsou hlavním důvodem toho, proč nedošlo k jejich většímu rozšíření. Důležité je nezapomenout na ekonomická hlediska, která také výrazně utlumila výrobu a provoz tohoto typu automobilů. V dnešní době, kdy se zabýváme ochranou přírody a snižováním emisí se elektromobilita stále více prosazuje, a to především z politických důvodů. V Evropské unii se snahou o dosažení emisních cílů, které si státy stanovily pro rok 2050, rozšiřuje množství elektromobilů, především pod vlivem dotací. Legislativně se prosazují bateriové elektromobily, a přitom dalším alternativním pohonům s nižšími či nulovými emisemi se takové podpory nedostává.

Pohon, který lidstvo zná již přes 100 let může posloužit k požadované dekarbonizaci dopravního sektoru. Tohoto cíle je teoreticky možné dosáhnout za cenu vysokých nákladů, ústupků a s malým dopadem. Pro snížení emisí v celém životním cyklu elektromobilu je potřeba zavést opatření také v energetickém, těžebním a zpracovatelském sektoru. V budoucnosti bude potřeba rozšířit investice i v těchto dalších sektorech pro opravdu viditelný efekt na množství dopravou produkováných emisí. Společně s tím je důležité, aby Evropská unie a další státy usilující o prosazení změn vedoucích ke stanoveným ekologickým cílům rozšiřovaly povědomí vůči veřejnosti.

Z pohledu samotného majitele automobilu je potřeba ze strany výrobců, vlád a dalších organizací vyřešit vysoké pořizovací náklady, zajistit dostatečnou infrastrukturu, dosáhnout lepších vlastností automobilů na alternativní pohon. Automobily se přes veškerá politická rozhodnutí prodávají na volném trhu, který je pro účely elektromobilů omezován. V případě nezasahování vlád států do přirozených tržních procesů, by tolik prosazované elektromobily neměly velkou šanci na trhu uspět. Automobil s vyšší cenou a horšími vlastnostmi by pro zákazníky nebyl zajímavou alternativou natolik, aby si ho vybrala větší část spotřebitelů, a tím by se tak elektromobil stal vozidlem pouze pro užší skupinu nadšenců.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce bylo porovnání automobilů se spalovacím motorem a elektromobilů a vyhodnocení přímých nákladů souvisejících s pořízením a provozem těchto dvou typů vozidel. Dále zasazení do historického kontextu technologií elektromobilů, nastínit legislativní, technické a ekonomické překážky a výhody, názorně rozdělit a vysvětlit jednotlivé kategorie elektrických pohonů a praktické porovnání a vyhodnocení provozu těchto vozidel.

### **2.2 Metodika**

Metodou pro tvorbu teoretické části práce bude zvolena literární rešerše. Při zpracování práce bude kladen důraz na kvalitní a ověřené zdroje, které byly před zpracováním této diplomové práce pečlivě nastudovány.

Praktická část bude zpracována metodou literární rešerše pro teoretická východiska a informace z oboru elektromobility a metodou srovnávání dvou vybraných automobilů, jeden s elektrickým pohonem a druhý s pohonem na spalovací motor. Získané naměřené hodnoty budou vyhodnoceny a použity k ekonomickému porovnání mezi těmito dvěma technologiemi.



## **3 Teoretická východiska**

### **3.1 Historie elektromobilů**

Vozidla s elektrickým motorem mají bohatou historii, sahající až na přelom 19. a 20. století. Tyto vozy měly mnoho výhod, například jednoduchou konstrukci pohonu, nízkou hlučnost a vysokou spolehlivost, protože motor nebylo nutné roztáčet klikou. První elektromobil byl navržen profesorem Sibrandusem Stratinghem z Groningenu v roce 1835 a vyrobil ho jeho asistent Christopher Becker. [1]

V USA bylo na počátku 20. století více elektromobilů než vozů se spalovacím motorem a v roce 1900 bylo vyrobeno dokonce o třetinu více automobilů s elektrickým pohonem. Teprve s masovou výrobou Fordu model T se začalo prodávat více aut se spalovacím motorem. Rozšíření Fordu model T bylo způsobeno povedeným designem, jednoduchostí a spolehlivostí vozů. Až do roku 1965 bylo od elektromobilů upuštěno, především kvůli jejich bateriím s malou kapacitou. Avšak v tomto období nastala ropná krize, která vedla k hledání alternativ ke spalovacím motorům. [1]

V roce 1895 český technik a průmyslník František Křižík postavil první elektromobil s elektromotorem o výkonu 3,6 kW. Jeho druhý model měl dva motory, každý poháněl jedno kolo na zadní nápravě s celkovým výkonem 4,4 kW. Křižík postavil i třetí automobil tentokrát hybrid, který kombinoval spalovací motor a dva elektromotory poháněné bateriemi nabíjenými pomocí spalovacího motoru. [1]

### **3.2 Legislativa**

Nadměrné emise vyprodukované v dopravním sektoru se začaly řešit už v minulém století. Produkce emisí z automobilů byla v Evropě prvně omezena v roce 1970. Od roku 1992 se automobilový průmysl řídí podle emisních norem vydávaných Evropskou unií. Emisní normy jsou pro výrobce automobilů působící na evropském trhu závazné a za jejich nedodržení hrozí vysoké peněžité tresty. Normy stanovují limitní hodnoty škodlivin ve výfukových exhalacích. Tyto limity se měří na základě hmotnosti jednotlivých škodlivin, které jsou emitovány na jednotku vzdálenost. Normy tak omezují množství oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC), oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>) a pevných částic (PM), které mohou být vypouštěny. [2]

Evropská unie dlouhodobě tlačí výrobce automobilů ke snižování emisí CO<sub>2</sub>, které vypouští vozidla. Do roku 2016 emise CO<sub>2</sub> trvale klesaly, ale od roku 2017 byl zaznamenán mírný nárůst produkovaných emisí CO<sub>2</sub>. Tento mírný růst je nejčastěji spojován se zvýšenými prodeji vozidel třídy SUV, která mají větší hmotnost, větší odpor vzduchu a tím i vyšší spotřebu paliva a produkují i více emisí. Na obrázku níže je znázorněn vývoj emisí CO<sub>2</sub> v gramech na kilometr. Pouze na území tří států došlo k jejich poklesu, a to ve Finsku, Nizozemí a Norsku. Pokles emisí v těchto zemích je s největší pravděpodobností zapříčiněn větším podílem elektromobilů na celkovém množství vozidel, než jaký je v jiných evropských státech. [3]

Euro normy vyhodnocují emise vypouštěné samotným vozidlem, ale nezapočítávají emise vznikající při výrobě dílů automobilů. Bateriové elektromobily při jízdě žádné emise neprodukuje a jsou proto označovány za „čistou dopravu“. Negativem u elektromobilů je ovšem náročnost výroby baterie a markantní je také zdroj výroby elektrické energie. BEV (Battery electric vehicle neboli bateriová elektrická vozidla) nevypouštějí žádné emise při vlastním provozu, ale emise vyprodukované při výrobě a zajištění dostatku elektrické energie nejsou zanedbatelné, stejně tak jako emise vyprodukované při výrobě elektromobilů, a to především při těžbě, dopravě a zpracování materiálů pro výrobu baterií. [4]

Velmi diskutovaná emisní norma Euro 7 má za cíl výrazně snížit množství vypouštěných emisí před úplným zákazem prodeje automobilů se spalovacím motorem. Odpůrci takto rychlé transformace automobilového průmyslu namítají, že výrobci nejsou na tak velké objemy vyráběných elektromobilů připraveni. Chybí infrastruktura pro výrobu baterií, výrobní kapacity pro výrobu čipů, zpracování materiálů ekologičtějšími procesy, není připravena infrastruktura pro provoz elektromobilů. Podle kritiků bude mít nová emisní norma plánovaná na rok 2025 velký dopad především na menší a levnější automobily. Automobilka Škoda Auto předpokládá, že nové požadavky od Evropské unie zdraží nejlevnější model Škoda Fabia ze současných 300 tisíc korun na 450 až 500 tisíc korun. Podle jiných má dojít k mnohem nižšímu zdražení v řádech jednotek tisíců korun. Především se má snížit produkce emisí NO<sub>x</sub> (oxidů dusíku) pro naftové motory ze současných 80 na 60 mg/km. Nová norma také klade větší význam na emise produkované prvních 10 km po nastartování motoru, kdy je z důvodu studeného katalyzátoru dosahováno vyšších vypouštěných emisí. Evropská komise také požaduje, aby nové automobily tyto přísné normy dodržovaly delší dobu. Průměrný věk automobilů v Evropské unii dosahuje

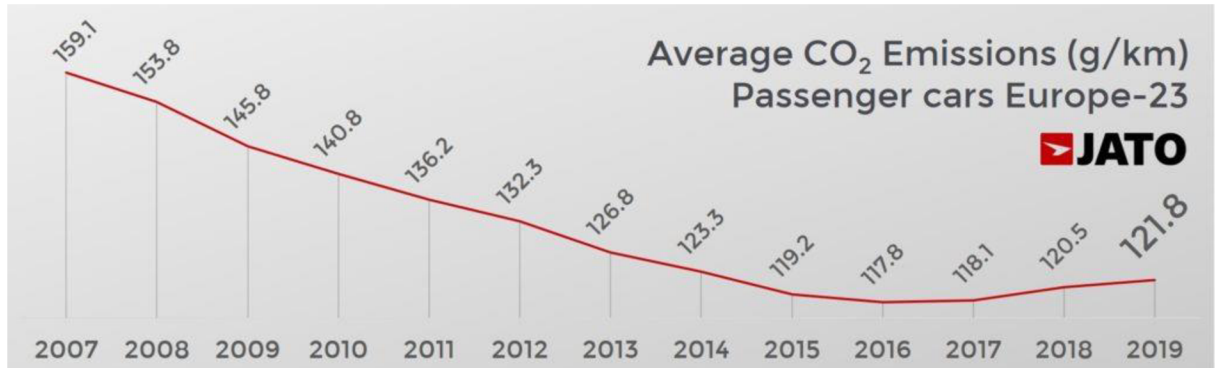
12 let. Předchozí normu Euro 6d musely vozy plnit 5 let a 100 000 km, u nových vozidel dodržujících normu Euro 7 se navrhuje 10 let a 200 000 km. Dohledové orgány budou chtít hlídat i nově zavedené dodržování emisí na prach z brzdových destiček a pneumatik. Snížení emisí bude minimální, ale i přesto budou muset automobilky zavést určitá opatření, která se promítnou do koncových cen. Tyto vyšší náklady na výrobu mohou v blízké době znamenat konec malých automobilů a vozů nižší střední třídy se spalovacími motory. Ze strany Evropské unie se má jednat o poslední emisní normu před úplným zákazem prodeje automobilů se spalovacími motory. Podle šéfa automobilky Volkswagen bude zavedení nové emisní normy znamenat zdražení u VW Polo z ceny 20 000 EUR na 25 000 EUR, což je v přepočtu přes 600 000 korun. Právě koncern Volkswagen plánuje od roku 2025 vyrábět malé elektromobily pod značkami VW, Škoda a Cupra jejichž cena by měla začínat právě na 20 000 EUR. [5] [6]

Automobiloví výrobci v současné době nemají dostatečnou kapacitu pro spolehlivé a pravidelné dodávky baterií. Např. největší evropský výrobce automobilů Volkswagen plánuje vystavět 6 tzv. Gigafactory po celé Evropě. Další problém, který bude potřeba vyřešit je nedostatek výrobních kapacit pro čipy. Chytrých čipů se v elektromobilu využívá až 10x více než v automobilu s konvenčním pohonem. Materiály potřebné pro výrobu baterií jsou z velké části drahé kovy vytěžené v Africe dovezené na zpracování do Číny a dále přepravované do jednotlivých továren na výrobu baterií. [4]

Množství vypuštěných emisí CO<sub>2</sub> podle statistik z roku 2019 narůstalo soustavně po 3 roky. Podle dat společnosti JATO Dynamics dochází od roku 2017 k nárůstu vypuštěných emisí CO<sub>2</sub> v přepočtu na jednoho pasažéra ve 23 sledovaných evropských státech za použití postupu měření emisí NEDC (New European driving cycle). Za rok 2019 hodnota vypuštěných emisí vystoupala na 121,8 g/km na jednoho pasažéra. To je nejvyšší hodnota od roku 2014. Analytici společnosti JATO Dynamics vysvětlují tento nárůst popularitou vozů SUV na evropském trhu a dále také klesající tendencí nákupu naftových motorů. Vozy kategorie SUV s větší hmotností a horším aerodynamickým koeficientem dosahují vyšší spotřeby na 100 km a logicky tím produkují větší množství emisí CO<sub>2</sub>. Klesající popularita naftových motorů u osobních vozidel má další výrazný efekt na zvýšení celkové spotřeby a tím i vyššího množství vypuštěných emisí, protože naftové motory jsou zpravidla úspornější než motory benzinové. Bez ohledu na rostoucí podíl elektromobilů na trhu, klesající prodeje automobilů se vznětovými motory mají

negativní důsledky na množství emisí vypuštěných každý rok do ovzduší. Průměrné množství emisí u elektromobilů činí 63,2 g/km (jsou započítané i emise vyprodukované pro výrobu elektřiny) a s 6 % registrací na trhu s automobily zatím nemají větší účinek. Meziroční pokles

Obr. 1 Průměrné emise CO<sub>2</sub> na pasažéra ve 23 zemích EU, 2007-2019



Zdroj: <https://www.jato.com/new-car-co2-emissions-hit-the-highest-average-in-europe-since-2014/>

naměřených emisí lze pozorovat u Francie (o 0,9 g/km), Nizozemí (o 5,9 g/km) a Švédska (o 3,6 g/km). Nizozemí také dosáhlo nejnižších emisí v tomto žebříčku – 100,1 g/km. Z dostupných dat lze odvodit, že tohoto poklesu bylo dosaženo výrazným nárůstem registrace elektromobilů. Zatímco v roce 2018 bylo v Nizozemí registrováno na každý jeden bateriový elektromobil (BEV) 2,3 dieselových vozů, v roce 2019 to bylo 1,9 BEV na každý jeden dieselem poháněný automobil. [7]

Z pohledu automobilek je na prvním místě v žebříčku 20-ti nejprodávanějších automobilek s nejnižšími průměrnými emisemi CO<sub>2</sub> v Evropě Toyota. Tato japonská automobilka také dosáhla nejvyššího poklesu vypuštěných emisí mezi lety 2018 a 2019 (2,3 g/km). Toyota slouží jako vhodný příklad pro ostatní výrobce v odvětví, protože nenabízí čistě elektrická vozidla, ale pouze hybridy, a přesto překonává v emisích CO<sub>2</sub> všechny ostatní výrobce. Citroen je dalším výrobcem, který stojí za zmínku. Společně s Toyotou, BMW a Opel/Vauxhall se francouzskému výrobcovi podařilo snížit emise v meziročním srovnání. Na rozdíl od Toyoty toho Citroen dosáhl vyšší efektivitou spalovacích motorů a s tím související nižší spotřebou. [7]

Automobily typu SUV dosahují v posledních letech největšího růstu na celém trhu. Pro výrobce je tato třída díky velké oblíbenosti mezi zákazníky a díky sdíleným platformám s vozy ostatních tříd velmi výnosná. Výrobcům umožňují vozy typu SUV ušetřit na nákladech za výrobu a vývoj, a díky tomu si mohou navýšit marže. Na druhou stranu vozy SUV mají negativní vliv na životní prostředí, protože vypouštějí více emisí, což je patrné při analýze jednotlivých

tříd vozidel. Pro dosažení nižších emisí v automobilovém průmyslu je třeba dosáhnout větší elektrifikace, a to především u vozů typu SUV. [7]

### 3.2.1 Jízdní cykly

NEDC (New European Driving Cycle) byl zaveden v roce 1970 a naposledy aktualizován v roce 1997. Byl často kritizován, protože naměřené hodnoty neodpovídaly reálnému provozu a jednalo se pouze o simulaci. Vypouštěné emise se měřily při krátkém cyklu v omezeném teplotním rozmezí. Kritici uváděli, že akcelerace automobilů podle NEDC jsou moc dlouhé a neodpovídají zrychlení v reálném provozu. Testovala se pouze jedna varianta vozu v každé modelové řadě a výrobci se u automobilů snažili co nejvíce upravit podmínky testu ve svůj prospěch. Využívali pneumatiky s nízkým valivým odporem, pneumatiky nahustili na vyšší než doporučené hodnoty, aby snížili valivý odpor a tím i spotřebu. Uváděné hodnoty se pak velice lišily od spotřeby paliva ve skutečném provozu, často i o jednotky litrů paliva na 100 km. [8]

Dříve používaný cyklus NEDC se skládá ze dvou částí, přičemž první část trvá 780 sekund a nazývá se UDC (Urban Driving Cycle). Tento cyklus simuluje městský provoz, který zahrnuje časté zastavování a používání tří nejnižších rychlostních stupňů. Během měření se čtyřikrát opakují rozjezdy. Druhá část cyklu trvá 400 sekund a je označována jako EUDC (Extra Urban Driving Cycle). V této části se provádí měření ve vyšších rychlostech, což má za cíl simulovat provoz vozidla na mimoměstských silnicích, dálnicích a rychlostních silnicích. [9]

V Evropské unii nově používaná norma WLTP (Worldwide Harmonized Light Duty Test Procedure) se v Evropské unii používá od září roku 2017, pro měření emisí lehkých užitkových vozidel. Byla odpovědí na stále stoupající kritiku nepřesnosti předchozí normy NEDC v čase snah o snížení produkovaných emisí. Tato testovací norma má lépe nastavené testovací parametry, stanovuje spotřebu a výkonnost referenčního vozidla. Ve srovnání s dříve používanou normou by měly naměřené hodnoty pomocí WLTP více odpovídat skutečným hodnotám v reálném provozu. [8]

Pro zpřesnění naměřených hodnot emisí vozidel se využívají hodnoty získané ve skutečném provozu, které je následně možné simulovat v laboratorních podmínkách. Dalším vylepšením je zahrnutí různých situací a rychlostí v reálném provozu, zohlednění různých

výbav a hmotnostních tříd automobilů. V rámci testu nazývaného RDE (Real Driving Emission test) pak vozidlo absolvuje jízdu ve skutečném provozu s měřícím zařízením, které je znázorněno na obrázku. [8]

Obr. 2 Automobil s RDE testovací aparaturou v provozu



Zdroj: <https://autobible.euro.cz/clanky/nove-metodiky-mereni-wltp-rde-reforma-vyhodou-zakazniky/>

### 3.2.2 Emise v ČR podle sektorů

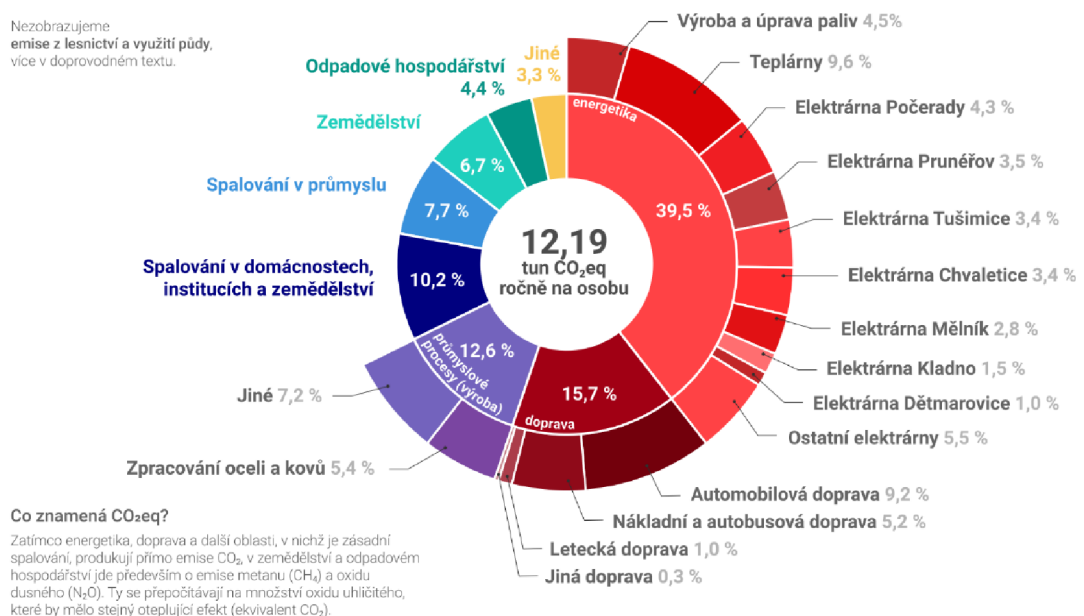
Elektrická vozidla z hlediska místních emisí významnou výhodou, žádné místní emise totiž nevypouští. Tím dochází ke snížení emisí ve městech a zlepšení podmínek pro život ve velkých aglomeracích s velkým počtem dojíždějících. Automobily s moderními spalovacími motory mají díky vyspělým technologiím relativně vysokou efektivitu a vypouštěné emise se díky tomu podařilo výrazně snížit za posledních několik desítek let. Problémem u většiny zemí je energetický mix. Jen málo zemí na celém světě je schopno vyprodukovat elektřinu s nulovými emisemi z výroby. Mezi tyto státy se řadí Norsko, které vyrábí elektřinu z vodních elektráren, Francie, která většinu energie vyrábí v jaderných elektrárnách. V České republice se stále většina elektrické energie vyrábí v uhelných elektrárnách. Většina emisí je i díky tomu vypouštěna v sektoru energetiky. Na dopravu v ČR připadá 1/4 až 1/5 ročně vypuštěných emisí. [4]

Provoz automobilu je energeticky velmi náročný. Pro nahrazení veškerých automobilů se spalovacím motorem, které jsou v České republice přihlášeny, by bylo potřeba cca 20 000 000 MWh elektrické energie. S ohledem k energetickému mixu České republiky by ani plnou elektrifikací nedošlo k výraznému zlepšení kvality ovzduší. Pro dosažení dostatku elektrické energie pro elektrifikaci všech automobilů by bylo potřeba navýšit výrobu elektrické energie anebo by došlo k tomu, že bychom se z čistého vývozce, kterým dnes Česká republika je, stali dovozcem elektrické energie. V sousedních zemích bychom ale mohli narazit na problémy. Německé spolkové republiky chybí propojení severu s jihem dostatečnou elektrickou sítí. S aktuálním přechodem na obnovitelné zdroje může u našich západních sousedů dojít

Obr. 3 Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů v roce 2018

Celkové emise ČR za rok 2018

Nezobrazujeme emise z lesnictví a využití půdy, více v doprovodném textu.



**Co znamená CO<sub>2</sub>eq?**  
Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkují přímo emise CO<sub>2</sub>, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH<sub>4</sub>) a oxidu dusného (N<sub>2</sub>O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplovací efekt (ekvivalent CO<sub>2</sub>).

VERZE 2021-06-11 LICENCE CC BY 4.0  
více info na [faktaoklimatu.cz/emise-cr-detail](https://faktaoklimatu.cz/emise-cr-detail)

zdroj dat: Evropská agentura pro životní prostředí

Zdroj: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr-detail>

k nestabilním dodávkám, které budou muset sami stabilizovat zdroji elektřiny jako jsou například paroplynové elektrárny. V Polsku vzniká přebytek elektrické energie, ale většinu vyrábí z uhlí, a o stavbě jaderné elektrárny se teprve uvažuje. Slovenská republika je na tom z hlediska čistoty zdrojů elektrické energie lépe než ČR. V roce 2021 bylo na Slovensku vyrobeno 58,77 % elektřiny v jaderných elektrárnách, z obnovitelných zdrojů pocházelo 13,44 % a z fosilních zdrojů pocházelo ve srovnání s ČR pouze 27,79 %. Rakousko je známé svou ekologickou výrobou elektřiny z vodních zdrojů. V roce 2021 vyrobili v Rakousku 60,2 % elektřiny pomocí



vodních elektráren, 16,4 % v plynových elektrárnách, 9,8 % vyprodukovali z větrných elektráren a zbytek z fosilních a solárních zdrojů. [4] [10] [11]

Evropské země se na celosvětových emisích podílí pouhými 15 %. I přesto, že by se EU podařilo dosáhnout sebevědomého cíle uhlíkové neutrality v roce 2050, celosvětové znečištění ovzduší se výrazně nesníží. Aby došlo ke zvýšení vlivu na množství vypouštěných emisí, bylo by potřeba přesvědčit k dekarbonizaci i Čínskou lidově demokratickou republiku, Spojené státy americké a další velké světové ekonomiky. [4]

### 3.2.3 Zdroje elektrické energie

Současné množství energie vyrobené v České republice by pro plnou elektrifikaci dopravního sektoru nestačilo. Jelikož se většina elektřiny vyrábí v uhelných elektrárnách, došlo by tak při plné elektrifikaci pouze k přesunutí produkce emisí do jiného sektoru. To by sice zapříčinilo vyčištění ovzduší ve městech, ale ne obecné snížení emisí. [4]

Pro čistší dopravu z hlediska emisí produkovaných k zajištění provozu dopravního sektoru by bylo potřeba spolehnout se více na obnovitelné zdroje elektřiny. Obnovitelné zdroje energie jsou ale značně nestabilní a je potřeba vybudovat záložní systém, který by výrobu elektřiny stabilizoval. V České republice přichází především v úvahu rozšíření jaderných elektráren. Úložiště v podobě přečerpávacích elektráren jsou v ČR v podstatě vyčerpána. Navíc se jedná o značně drahou investici, a ne zcela ohleduplnou k životnímu prostředí. [4]

Z obnovitelných zdrojů energie připadají v úvahu především solární a větrné elektrárny a výroba elektřiny z biomasy. Kapacita vodních elektráren je již vyčerpána. Výše zmíněná jaderná energetika je sporná z hlediska ekologie. Evropská unie ji v rámci rychlejšího zbavení se špinavých zdrojů elektřiny zařadila mezi čisté zdroje. Obnovitelné zdroje elektřiny mají obecně nižší uznávanou účinnost. Větrné elektrárny dosahují účinnosti 20 %. Dostatečně výkonná větrná farma schopná vyrobit požadované množství energie pro veškeré elektromobily v ČR, by čítala 5640 turbín (pro tento příklad je počítáno s turbínou Vestas V90 s instalovaným výkonem 2 MW a průmětem rotoru 90 m). Při dodržení doporučených bezpečných rozestupů by bylo třeba zastavět plochu o velikosti přibližně 4500 km<sup>2</sup>, což se rovná rozloze Pardubického kraje. Jednalo by se tak o největší větrnou elektrárnu na světě. [4]



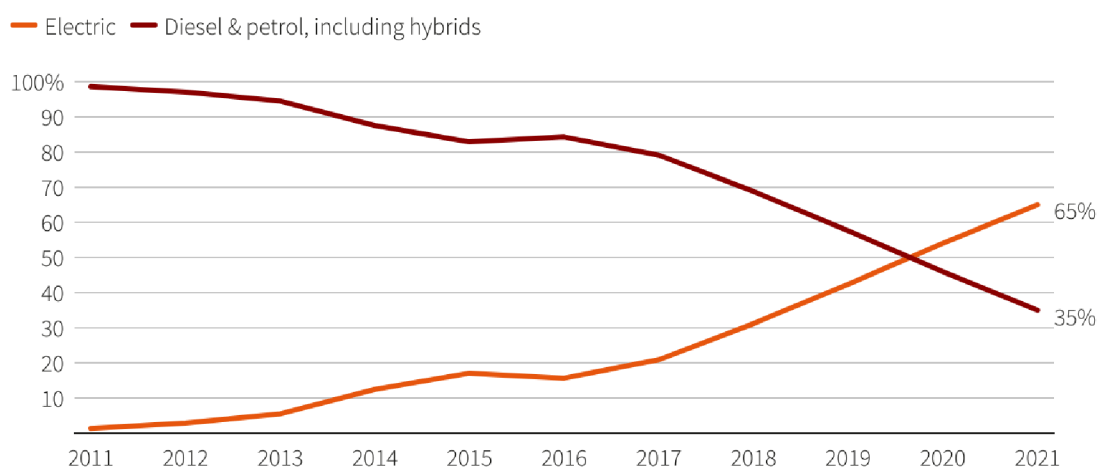
### 3.2.4 Zvýhodnění EV

Pro vozy s ekologickým pohonem existují v Česku, po vzoru jiných států, různé výhody. Přistoupením k Pařížské klimatické dohodě vzrostl zájem jednotlivých vlád o snížení emisí v dopravě. Snížit svým obyvatelům náklady a nároky na přechod k elektromobilům tak řeší všechny státy, každý trochu rozdílným finančním zvýhodněním. V České republice se můžeme setkat s odpuštěním poplatku za použití dálnic, s odpuštěním poplatku za parkování ve velkých městech ve vyhrazených placených zónách, pro firmy stát nabízí dotaci na koupi automobilu s alternativním pohonem. [12]

Státní úřady a společnosti se snaží jít příkladem a čím dál častěji nakupují automobily s alternativním pohonem. Na budování nabíjecí infrastruktury se v současné době také podílí stát ve spolupráci se soukromým sektorem a Evropskou unií, která pro tyto investice poskytuje finance z dotačních fondů. Výrobci automobilů postupně rozšiřují výrobu elektromobilů a do budoucna slibují i snížení pořizovací ceny těchto vozidel. [12]

Nejvýznamnější podporu zákazníkům poskytuje jednoznačně Norsko. V roce 2020 přesáhl počet nově registrovaných elektromobilů 50 % v jednom roce. Norsko zvolilo vedle motivačních také donucovací nástroje. U automobilů s konvenčním pohonem místní vláda zavedla vyšší daně, které nákup tohoto typu automobilů znevýhodňuje vůči EV (elektrickým vozidlům) a podle plánu by se v roce 2025 měly v Norsku automobily se spalovacím motorem přestat prodávat úplně. [13]

Obr. 4 Prodeje nových automobilů v Norsku, 2011-2021



Zdroj: <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/electric-cars-take-two-thirds-norway-car-market-led-by-tesla-2022-01-03/>

K dalším štědrým podporovatelům se řadilo Německo. Velká část evropských automobilek pochází právě ze Spolkové republiky Německo, a podpora prodeje elektromobilů je tak i podporou domácího automobilového průmyslu. Německý zákazník si mohl jako soukromá osoba zažádat o dotaci ve výši 6 000 € od státu a k tomu navíc až 3 000 € od výrobce. Důležitou podmínkou bylo, že kupní cena vozu nesmí překročit 40 000 €, aby zájemce dotaci mohl obdržet. Zákazník také zaplatil o 3 % nižší daň z přidané hodnoty. Německá vláda se rozhodla podporu od roku 2023 snížit. Nově činí podpora od státu maximálně 4 500 € a maximálně 2 250 € od automobilek. Vlivem tohoto opatření zákazníci v Německu nakoupili nadprůměrné množství elektromobilů před koncem roku 2022, a rozdíl mezi prodeji v prosinci 2022 a lednu 2023 je tak obrovský. Mezi prosincem a lednem klesl prodej elektromobilů o 83 % a meziročně v lednu prodeje poklesly o 13,2 %. Důvodem pro snížení podpory elektromobilů je podle oficiální zprávy německé vlády fakt, že elektromobily jsou pro zákazníky stále atraktivnější i bez dotací, a není tudíž třeba je tak výrazně podporovat. V desítkách německých měst jsou zavedeny emisní zóny s omezením vjezdu pro starší automobily nesplňující požadované emisní normy. Emisní zóny jsou postupně zaváděny i v dalších evropských městech, příkladem je například Paříž, Lisabon, Londýn. [14] [15]

### **3.2.5 Nabíjecí infrastruktura**

Aby bylo možné se alespoň přiblížit ambiciózním cílům Evropské unie, je potřeba velké rozšíření elektromobilů a nahrazení konvenčních automobilů se spalovacím motorem. Pro tak velké množství elektromobilů bude zapotřebí rozšířit infrastrukturu potřebnou k nabíjení. Evropská komise stanovila minimální množství nabíjecích stanišť na hlavních evropských komunikacích jako jsou dálnice a rychlostní silnice. Jedná se o minimálně jedno stanoviště na každých 60 km. Počítá se také s velkým množstvím nabíjecích stanic u parkovacích míst kamionů a osobních automobilů na odpočívadlech a čerpacích stanicích. Pro řešení této potřeby je nutné zajistit dostatečně výkonný zdroj napětí, který bude schopen napájet mnoho velkokapacitních baterií v automobilech. Předpis také stanovuje, že do roku 2028 by na evropských hlavních silnicích měla být dostupná stanice pro plnění vodíkem každých 100 km. [16]

Zprostředkovatelé rychlých nabíječek se snaží zpříjemnit čekání na nabití jejich vozidla. Na obrázku níže je vidět salonek který vybudovala automobilka Audi v blízkosti německého

města Norimberk. K dispozici je 6 rychlonabíjecích bodů pro vozidla této značky o výkonu 320 kW. Předpokládá se, že každý zákazník na tomto místě stráví 20-30 minut. Audi při stavbě použilo baterie z prototypů vlastních elektromobilů a vytvořilo tak bateriové úložiště o kapacitě 2,45 MWh. Úložiště se nabíjí ze sítě a část energie dodávají solární panely na střeše s instalovaným výkonem 30 kW. Zákazníkům je k dispozici občerstvení, toalety, posezení, sama automobilka místo přirovnává k letištnímu salonku. [17]

V České republice se momentálně staví nabíjecí infrastruktura pro elektromobily a na této stavbě pracuje několik soukromých společností, jako například ČEZ, E.ON, PRE, Tesla, a sdružení automobilových výrobců IONITY. Cílem IONITY je vytvořit dostatečný počet nabíjecích bodů s vysokou kapacitou a rychlostí nabíjení. Nabíječky IONITY postavené v poslední době mohou nabízet nabíjecí výkon až 350 kW, zatímco většina veřejných rychlonabíjecích stanic nabízí pouze 50 kW, výjimkou je Tesla se 150 kW. To umožňuje zákazníkům nabít elektromobil za pouhých 20 minut. U plně obsazené nabíjecí stanice se výkon rozděluje mezi několik nabíjecích bodů, například u Tesla Superchargerů se výkon dělí mezi dvě sousední stanice. [18]

*Obr. 5 Nabíjecí salonek Audi v Norimberku*



Zdroj: <https://www.electrive.com/2021/12/20/audi-high-power-charging-hub-now-live-in-nuremberg/>

Z hlediska nabíjecího výkonu lze nabíječky rozdělit do tří skupin: [19]

- a) Pomalé, s výkonem 3 – 11 kW;
- b) Standardní, s výkonem do 22 kW;
- c) Rychlé, s výkonem vyšším než 22 kW.

Rychlost nabíjení elektromobilů závisí na nabíjecí charakteristice baterie, podobně jako u jiných typů baterií. Teoreticky lze při použití 22 kW nabíječky dobít 44 kWh baterii z 0 na 100 % za 2 hodiny. V praxi však není možné dosáhnout takové rychlosti nabíjení kvůli vlivu nabíjecí charakteristiky. Baterie může být nabíjena maximálním výkonem pouze v případě, že se její kapacita nachází mezi 20 a 80 % a má optimální teplotu. Moderní elektromobily jsou vybaveny palubním počítačem, který umožňuje připravit baterii na nabíjení tím, že ji přede- hřeje, což umožňuje co nejrychlejší nabíjení. Další vychytávkou u moderních navigací v elektromobilech je chytrý výpočet trasy s potřebnými zastávkami v co možná nejlepších in- tervalech pro zkrácení doby dojezdu do cíle. Před zastavením bere v potaz právě i přibližnou teplotu a kapacitu baterie v době zastávky. [19]

Samotné připojení elektromobilu k nabíjecí stanici se v minulosti řešilo z důvodu sjed- nocení různých konektorů různých výrobců, a podařilo se dosáhnout sjednocení. Evropská unie vydala směrnici 2014/94/EU, která uděluje povinnost nově vznikajícím stanicím použít konektory typu Mennekes Type 2 a Combo II. To zjednodušilo život výrobcům elektromobilů, společně s provozujícími nabíjecí stanice i samotným řidičům. [19]

Obr. 7 Combo II



Zdroj: <https://electriccarhome.co.uk/charging-points/charging-point-connector-types/>

Obr. 6 Mennekes Type 2



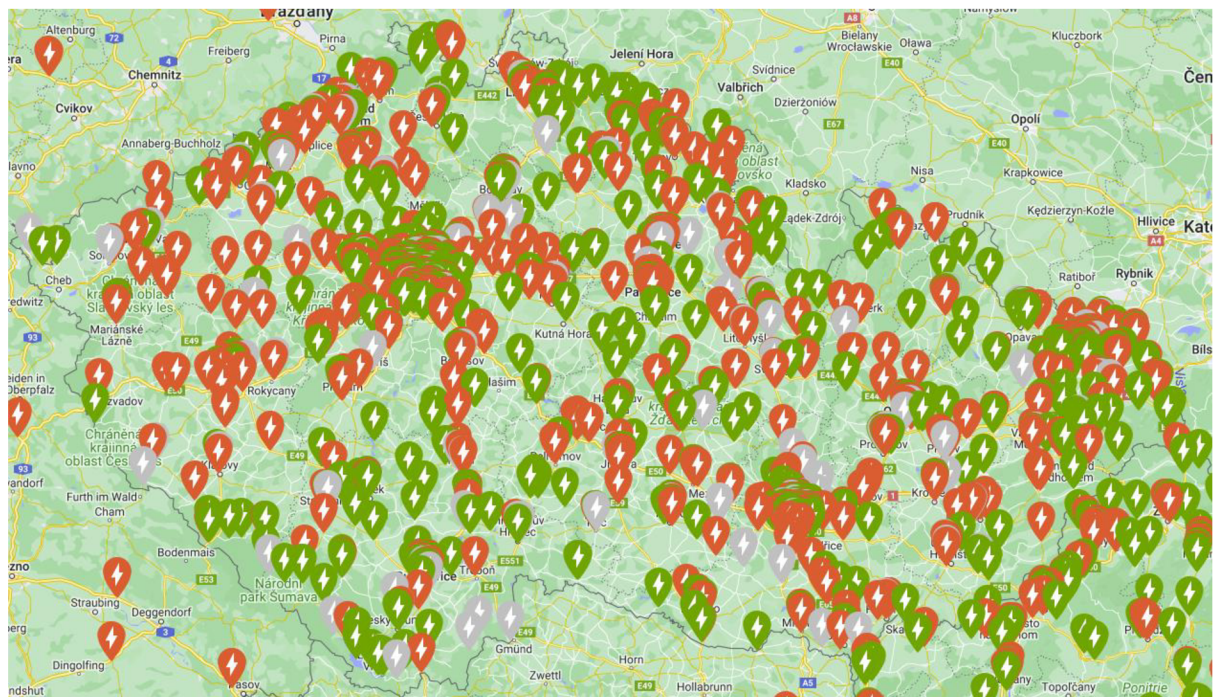
Zdroj: <https://electriccarhome.co.uk/charging-points/charging-point-connector-types/>

Česká republika spolu se Slovenskem, Maďarskem a Polskem se umístila na konci celo- evropského žebříčku v počtu nabíjecích stanic pro elektromobily, kterých je v tuzemsku pouze



0,4 % ze všech stanic v Evropě. Tato nedostatečná četnost je vysvětlena nízkým množstvím registrovaných elektromobilů, což neumožňuje ekonomicky výhodné provozování většího množství nabíjecích stanic pro malý počet uživatelů. V porovnání s ostatními zeměmi EU tvoří elektromobily v ČR pouze 4 % z celkového počtu vozidel. V Evropě se téměř 75 % všech nabíjecích stanic nachází v Německu, Velké Británii, Nizozemsku a Francii. V budoucnu bude nezbytné vybudovat hustší síť nabíjecích stanic, aby nedocházelo k přetížení této sítě. Evropská unie chystá dotační program pro jednotlivé země na nabíjecí stanoviště. Samotný počet prodaných elektromobilů v EU se sice za roky 2017, 2018, 2019 zvýšil o 110 %, počet nabíjecích stanic naproti tomu vzrostl pouze o cca 60 %. Navíc většina veřejných stanic nenabízí rychlé nabíjení, ale pouze standardní výkon 22 kW. Počet veřejných nabíjecích stanic v České republice postupně roste. Zatím však zdaleka nestačí na masové rozšíření elektromobilů, které je plánované na příští desetiletí. V roce 2022 fungovalo v ČR 1364 nabíjecích stanic. Z níže přiložené mapy je vidět, že nabíjecí body jsou soustředěny především ve velkých městech a v blízkosti dálnic a hlavních silničních komunikací. [19]

Obr. 8 Mapa nabíjecích stanic v ČR



Zdroj: <https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/>

### 3.2.6 Domácí nabíjení

Bateriový elektromobil má výhodu v tom, že je možné nabíjet ho doma, v práci, na chatě apod., a není tudíž potřeba zajíždět k veřejným místům pro doplnění energie, jako je tomu u konvenčních vozidel. Samozřejmě za předpokladu, že řidič nepřekročí za jednu cestu, například z domova do práce, dojezd vozu. V budoucnu se předpokládá, že budou BEV nabíjeny nejčastěji právě doma či v práci. Baterie v takovém voze může při dlouhodobém připojení do elektrické sítě také dodávat elektřinu zpět, vybijet akumulátor a stabilizovat tak dodávky elektřiny v rozvodné síti. Hlavní výhodou pro uživatele je již zmíněné odpadnutí potřeby jezdit k čerpací stanici, dále nižší náklady na kilometr při započítání ceny paliva/elektřiny v porovnání se spalovacím motorem, a také pohodlí v podobě vozu, který je ráno vždy připraven k cestě do práce, do školy nebo na výlet. Další možností by v budoucnu měla být nabíjecí stanice v místě výkonu práce, kde budou moci zaměstnanci nabít baterii svého vozu. Nabíjecí stanice jsou v současné době také přístupné v nákupních centrech, kde je možné elektromobil nabít během nákupů, návštěvy kina nebo restaurace. [19]

Aby bylo možné elektromobil nabíjet v domácích podmínkách, je potřeba splnit několik požadavků. V první řadě se jedná o dostatečný výkon pro nabíjení vozu. Elektromobil lze připojit do kterékoli zásuvky i do té klasické s na-

Obr. 9 Wallbox Mybox

pětím 230 V. Nabíjení touto možností je sice šetrné k baterii, ale velmi pomalé. Aby elektromobil mohl být dobíjen, je třeba mít vhodnou redukci, protože standardní jedno a třífázové zásuvky nejsou pro tyto účely dostačující. Kromě toho je také nezbytné zajistit dostatečné jištění na přívodním kabelu, aby byla zásuvka chráněna před přetížením, zvláště pokud bude elektromobil nabíjen několik hodin. Klasická zásuvka o napětí 230 V má maximální proud omezen na 16 A a nejvyšší teoreticky



Zdroj: <https://wallbox-mybox.cz/>

možný nabíjecí výkon je 3,7 kW, což je velmi pomalé nabíjení v porovnání s jinými typy nabíjení. Proto se v praxi častěji používá tzv. wallbox, což je nabíječka na zeď, která má několik

výhod. Mezi tyto výhody patří například schopnost sledovat vytiženost domácí elektrické sítě a přizpůsobit nabíjení podle potřeby. Příkladem z praxe může být zapnutí nabíjení až v momentě, kdy se spotřeba elektřiny v domácnosti sníží, typicky večer. Dále se jedná o automatické nabíjení ve zvoleném čase pro případ, kdy má domácnost tarif s levnější elektřinou v určitém časovém okně během dne. Wallbox může také čerpat energii z domácího úložiště elektřiny se solární elektrárnou anebo přímo ze solární elektrárny. Nejdůležitější funkcí wallboxu je ale bezesporu zvýšení rychlosti nabíjení baterie. [19]

Elektrické energetické společnosti nabízejí nyní speciální tarify pro majitele elektromobilů. Konkrétně se jedná o distribuční sazbu D27d, která nabízí sníženou cenu elektřiny pro nabíjení elektromobilů v domácnostech. Tato sazba se skládá ze dvou tarifů a nabízí nižší sazbu během osmi hodin denně v době od 18:00 do 8:00 ráno. Konkrétní čas čerpání se liší pro každého zákazníka, aby nedošlo k přetížení sítě v jeden moment. Pomocí tohoto tarifu je možné dále snížit náklady na provoz BEV. [20]

### **3.2.7 Zajímavosti a novinky**

Trh s elektromobily je velmi mladý a na základě toho se velice rychle rozvíjí, a proto se každý rok objeví mnoho novinek z této oblasti. Na evropský trh postupně vstupují automobilky z Číny, které nabízejí elektromobily na domácím trhu již nějakou dobu. Výrobky z této země jsou typické především svou nižší prodejní cenou díky nižším nákladům na výrobu. Země proslavená především napodobováním úspěšných západních produktů postupně pracuje na vlastním vývoji a nabízí konkurenceschopné výrobky nejen z hlediska ceny, ale také z hlediska užitných vlastností. Příkladem toho může být automobilka Zeekr z koncernu Geely, která představila MPV Zeekr 009 s nadprůměrně velkou 140 kWh baterií a udávaným dojezdem 822 km na jedno nabití. I přes takto velkou kapacitu baterie se nabije z 10 na 80 % za 28 minut. [21]

Čerpání paliva v závodech Formule 1 bylo z bezpečnostních důvodů zrušeno v roce 2009 po několika opravdu děsivých nehodách v boxových uličkách. Od té doby se již několikrát uvažovalo o zrušení tohoto zákazu. V elektrické verzi tohoto motorsportu formuli E se doplňování energie, v tomto případě nabíjení baterií, chystá zavést od příští sezony v roce 2023. Tato zastávka bude v určitém bodě závodu povinná a závodníci dostanou jako kompenzaci možnost

dvakrát využít režim zvýšeného výkonu. Toto opatření umožní od příští sezony prodloužení závodu. [22]

Německo plánuje do roku 2030 vybudovat až jeden milion nabíjecích stanic. Ve třetím čtvrtletí roku 2022 jich na území spolkové republiky bylo přibližně sedmdesát tisíc. Nabíjecí stanice budou nejen dostupnější ale také chytřejší. Budou napojeny na internet a pro uživatele budou poskytovat informace o aktuální obsazenosti a aktuálních cenách nabíjení. Nabíječky budou také rozšířeny na již existujících čerpacích stanicích. Do konce roku by mělo být vyba- veno nabíječkami minimálně padesát procent čerpacích stanic, a to o výkonu alespoň 150 kW. O dva roky později by se nabíječky měly rozšířit na 75 % čerpacích stanic. V současné době je evidováno v provozu 1,6 milionu elektromobilů, jejich podíl na spotřebě elektrické energie v zemi je 0,5 % což pro energetický průmysl není problém. Až počet elektromobilů vyroste na 15 milionů spotřeba elektřiny se zvýší na 8 % a takovou spotřebu již bude potřeba zohlednit při výstavbě nových nabíjecích stanic. [23]

Požizovací cena elektromobilů je v současné době v České republice stále největší pře- kážkou pro nákup tohoto typu automobilu. Za vysokou pořizovací cenou stojí především vyšší náklady spojené s výrobou. Elektromobily mají skoro všechny typy systémů odlišné od auto- mobilů se spalovacím motorem a hybridů. Do ceny se výrazně promítají i výrobní náklady na baterii a také ceny za pojištění vozů. Na rozdíl od západních států je v ČR poskytována dotace na nákup elektromobilu pouze právnickým osobám. Pro fyzické osoby je výhod při nákupu elektromobilu málo, zvláště při srovnání například s Německem nebo Norskem. V ČR jsou ma- jitelé elektromobilů vyjmuti z povinnosti platit dálniční poplatky (dálniční známka pro osobní automobily a mýtné pro nákladní automobily), dále mohou parkovat zdarma na placených zónách ve městech. Vláda se chystá na podporu elektromobilů poskytnout více finančních pro- středků. Zatímco mezi lety 2017 a 2020 bylo na rozvoj infrastruktury pro EV a jiná alternativní paliva vyhrazeno 1,2 miliardy korun, pro roky 2023 až 2026 se má jednat o šest miliard. [24]

V oblasti nákladů na výrobu v současné době vedou čínští výrobci. Asijská země těží z levné pracovní síly, z výhod dodavatelského řetězce především z hlediska surovin, jak již bylo zmíněno výše a dostupností větrné i solární energie. Čínské automobilky zároveň budují vý- robní závody v zahraničí pro snížení nákladů na dopravu. Automobilka BYD známá především v Číně již ve třetím čtvrtletí roku 2022 překonala Teslu v počtu prodaných vozidel o 200 000.



Další výrobce NIO již otevřel evropský showroom v Oslu a plánuje další a zaujal i díky výměnným stanicím pro baterie tzv „Power Swap Station“. Prodej elektrických vozidel v Evropské unii ve třetím čtvrtletí roku 2022 vzrostl o 22 % a jejich celkový podíl vzrostl z 9,8 % na 11,9 %. V České republice se prodej elektromobilů zvýšil skoro o 60 % na 962 za první tři čtvrtletí roku 2022. Nejvíce se v tuzemsku prodávají vozy značky Škoda, na druhém místě je Volkswagen a na třetím Hyundai. Evropská unie spoléhá, že trh s elektromobily v příštích letech poroste z iniciativy samotných automobilek a nebude ho tak potřeba podporovat přímými pobídkami na nákup. [24]

### **3.3 Baterie**

#### **3.3.1 Materiály pro baterie**

Jednotlivé vlády ve vyspělých státech už se pomalu shodují od kdy nebude možné koupit nové vozidlo se spalovacím motorem na jejich území. Velká Británie počítá s rokem 2030, Evropská unie pro členské státy plánuje rok 2035, v Kanadě se jedná o roku 2040. Důvod těchto zákazů je ochrana životního prostředí. Podle mnoha průzkumů a analýz je známo, že člověk má negativní vliv na životní prostředí a v posledních letech se tak začalo velmi intenzivně jednat, jak tento negativní vliv omezit. [25]

Jedním z řešení má být postupné, ale výrazné snížení emisí produkovaných v dopravě. Tohoto cíle je v plánu dosáhnout elektrifikací vozového parku, využití alternativních pohonů jako je vodík, a v poslední době se začíná uvažovat i o syntetickém palivu. Výroba bateriových elektromobilů není z hlediska ekologie příliš pozitivní, protože již na začátku jejich výroby, dále při těžbě a zpracování materiálů nutných pro výrobu baterií se uvolňuje velké množství emisí. Dnešní lithium-iontové baterie, které jsou nejrozšířenější, obsahují prvky z různých zemí po celém světě, například kobalt a lithium, které jsou produkovány hlavně v Demokratické republice Kongo a Chile. K výrobě motorů s permanentními magnety jsou potřebné vzácné zeminy, které jsou nejvíce získávány v Čínské lidově demokratické republice. Pro dosažení cílů, které si stanovila EU, bude nutné zvýšit dodávky těchto materiálů mnohonásobně před rokem 2030, například lithia bude potřeba 18krát více než dnes a kobaltu pětkrát více. V roce 2050 se očekává potřeba 60krát více lithia a 15krát více kobaltu než v současnosti. Cena těchto materiálů

je již dnes celkem vysoká a v budoucnu, kdy se počítá s větším rozšířením elektromobilů celosvětově, lze předpokládat, že poptávka poroste a s ní pravděpodobně i cena, a to tím spíše, pokud se nebude dařit uspokojit poptávku nebo nebude dostatek zařízení pro zpracování těchto materiálů. Příklad příliš rychlé změny v kritické infrastruktuře můžeme vidět v roce 2022 na nedostatku zkapalňovacích zařízení pro zkapalnění zemního plynu dováženého do Evropy ze zámoří. V budoucnu bude potřeba připravit dostatek kapacit pro zpracování těchto vzácných materiálů, aby nedošlo k podobné situaci, ke které došlo se zemním plynem. Evropská unie se k tomu snaží snížit svou závislost na státech s nerostnými surovinami, jako je například Ruská federace na jejímž území se těží velké množství různých druhů nerostných surovin. Pro dosažení evropského cíle hladkého přechodu k masové elektromobilitě je nutné zajistit dostatečné zdroje pro zpracování a samotné materiály. Naleziště materiálů, jako je kobalt, se nacházejí v Kanadě a některých afrických zemích, zatímco lithium lze těžit ve Velké Británii a grafit ve Švédsku a Norsku. Další důležitý materiál, nikl, se těží v Kanadě. [26]

Je třeba vyřešit i otázku zpracování materiálů, které se v současnosti převážejí do Číny kvůli nízkým nákladům na práci a energii. Tento trend zpracování v Číně bude pravděpodobně v nejbližších letech růst v závislosti na cenách zemního plynu. Elektřina pro zpracování těchto materiálů se v Číně vyrábí především v uhelných elektrárnách, což má další významný negativní dopad na ekologičnost celého procesu výroby baterií. Světové vlády v současné době řeší především emise na území svých států, které vypouští samotná auta. Ale pro dosažení opravdové změny vlivu na životní prostředí bude potřeba vyřešit i emise vznikající během výroby. Problémem může být i nedostatečná kapacita přenosových sítí, před kterou varuje i sám velký propagátor elektromobility Elon Musk. [26]

Potřebné množství kovů nezbytné pro výrobu baterií jako jsou měď, hliník, mangan, kobalt a lithium, se bude mezi lety 2020 a 2050 podle předpovědí zvyšovat každým rokem o 10 %, potřeba niklu téměř o 12 % za rok. Rizika u vzácných kovů nejsou jen v jejich nedostatku a ceně, ale také v lokalitách těžby. Tyto vzácné prvky se těží v politicky nestabilních zemích, kde kontrola bezpečnosti a ochrany životního prostředí při těžbě je nedostačující a problém je i v tom kdo samotnou těžbu provádí a kdo ji ovládá. [27]

Kobalt se dříve používal pro výrobu slitin, pro zlepšující vlastnosti. Dnes se využívá ve výrobě lithium iontových baterií. Pro představu elektromobil s dojezdem 500 km potřebuje

pro svou 300 kg baterii 10 kg kobaltu. Zdaleka největší prokázanou zásobu kobaltu má Demokratická republika Kongo, a v současnosti dosahuje skoro 70 % světové produkce. Na druhém místě je s velkým odstupem Ruská federace. Důležité je také kdo tuto těžbu ovládá. Přesto že má Kongo tak velké naleziště a produkci, firmy registrované v této zemi se podílejí na celosvětové těžbě pouze z 3,5 %, zbytek patří společnostem registrovaným ve Spojeném království, Švýcarsku a v Číně. Při detailním pohledu zjistíme, že největší podíl na produkci kobaltu má společnost Glencore vlastněná rodinou Glasenbergů z Jihoafrické republiky. Po sečtení známých podílů z různých firem zjistíme, že Čína ovládá minimálně 24 % světové těžby a Evropa nemá žádný podíl. Společnost Eurasian je sice registrována ve Spojeném království, ale je kontrolována Kazachstánskou vládou. [27]

Tab. 1 Země s nejvyšší produkcí kobaltu (2020) [27]

<b>Země</b>	<b>Procento celkové produkce [%]</b>	<b>Procento z celkových prokázaných zásob [%]</b>
<i>Kongo</i>	69,0	46,1
<i>Rusko</i>	6,3	3,3
<i>Austrálie</i>	4,0	18,4
<i>Kuba</i>	2,7	6,6
<i>Kanada</i>	2,6	2,9
<i>Nová Kaledonie (Francie)</i>	1,2	-
<i>Ostatní</i>	14,2	-

Jihoamerický stát Chile je největším producentem mědi na světě, po něm následují Peru a Čína. Největšími producenty jsou společnosti ze Spojeného království, Chile, Spojených států amerických a Mexika. Trh s mědí není tolik koncentrovaný jako trh s kobaltem, Čína například ovládá pouze 11 %. [27]

Tab. 2 Země s nejvyšší produkcí mědi (2020) [27]

<b>Země</b>	<b>Procento celkové produkce [%]</b>	<b>Procento z celkových zásob [%]</b>
Chile	27,8	22,7
Peru	10,4	8,8
Čína	8,3	3,0
Kongo	7,8	3,5
USA	5,8	5,5
Austrálie	4,3	10,6
Zambie	4,1	2,4
Rusko	3,9	7,0
Mexiko	3,6	6,0
Indonésie	2,5	2,7
Polsko	1,9	3,5
Ostatní	19,5	24,3

V případě lithia pochází polovina světové produkce z Austrálie, následuje Chile a Čína. Největší prokázané zásoby má Chile, na druhém místě je Austrálie. Řada zemí, včetně těch evropských se snaží nalézt zásoby lithia i na svém území. Čína kontroluje 33 % trhu s lithiem, Evropa nekontroluje nic a Spojené státy mají teoretický vliv přes různé investiční fondy. [27]

Tab. 3 Země s nejvyšší produkcí lithia (2020) [27]

<b>Země</b>	<b>Procento celkové produkce [%]</b>	<b>Procento z celkových zásob [%]</b>
Austrálie	54,2	25,9
Chile	16,3	41,8
Čína	12,6	6,8
Argentina	7,3	10,0
Ostatní	9,6	15,5

Těžba niklu je koncentrována v Indonésii, kde ho těží především zahraniční společnosti. Následují Filipíny, kde surovinu těží místní společnost, a Rusko. Sídla těžařských společností jsou rozptýlena po světě a Čína nemá v žádné takové firmě významný podíl pomocí kterého by mohla kontrolovat některou ze společností. [27]

Tab. 4 Země s nejvyšší produkcí niklu (2020) [27]

<b>Země</b>	<b>Procento celkové produkce [%]</b>	<b>Procento z celkových prokázaných zásob [%]</b>
<i>Indonésie</i>	39,4	22,1
<i>Filipíny</i>	12,5	5,1
<i>Rusko</i>	8,9	7,9
<i>Nová Kaledonie</i>	7,5	-
<i>Austrálie</i>	5,8	22,1
<i>Kanada</i>	5,5	2,1
<i>Čína</i>	3,9	2,9
<i>Brazílie</i>	2,7	16,8
<i>Guatemala</i>	2,1	-
<i>Ostatní</i>	11,8	-

Prvky vzácných zemin tvoří kovy vzácných zemin, tj. skandium, yttrium a všechny lanthanoidy. Jedná se o měkké kovy s výbornými magnetickými vlastnostmi. Jen výjimečně se vyskytují ložiska s dostatečnou koncentrací, aby se jejich těžba vyplatila, navíc se jedná o velkou zátěž na životní prostředí. Prvky vzácných zemin se používají při výrobě špičkových technologií - od lékařských přístrojů až po vojenské obranné systémy. Pro přechod na bezemisní ekonomiku budou nepostradatelné a celosvětová poptávka po nich tudíž poroste. Nad celosvětovou těžbou má kontrolu Čína. [27]

Čínská lidově demokratická republika je také dominantním dodavatelem polykrystalického křemíku pro výrobu solárních panelů. Společně s Ruskem produkuje dominantní většinu antimonu potřebného pro baterie, solární panely, polovodiče i větrné turbíny. Světová produkce je rozdělena mezi Čínu (53 %), Rusko (20 %) a Tádžikistán (19 %). Výroba oceli se postupně přesouvá do Číny, kde není zatížena až 50 % navýšením ceny emisními povolenkami tak jako v Evropě. Čína i díky levné elektřině z uhlí dominuje ve zpracování vytěžených surovin. [27]

Pro transformaci k nízkouhlíkové ekonomice bude pro Evropu a USA problém sehnat a zaplatit kriticky důležité suroviny. Západ bude muset pro zajištění dostatečných dodávek zajistit programy na hledání nových nalezišť, strategické obchodní dohody, koupit podíly v těžebních společnostech, vytvořit ekonomické a bezpečnostní aliance a podpořit výzkum a vývoj nových technologií s nižší náročností na tyto kritické materiály. [27]

### **3.3.2 Baterie**

Baterie představují klíčovou součást elektromobilů, bez kterých by tyto vozidla nemohla fungovat. Nicméně právě baterie představují momentálně nejproblematičtější prvek bateriových elektromobilů. Toto souvisí s tím, že s cílem dosáhnout co největšího dojezdu a srovnatelnosti s vozidly se spalovacím motorem je nutné navýšit kapacitu baterie. Avšak s dnešní technologií je to spojeno s navyšováním nežádoucích charakteristik baterií, konkrétně hmotnosti a velikosti. Tyto rozměry jsou momentálně limitující. Baterie je nejčastěji umístěna v podlaze vozu, kde má dostatek prostoru a zároveň slouží jako nízké těžiště vozidla. Vysoká hmotnost baterií způsobuje, že elektromobily jsou v porovnání se spalovacími vozy mnohem těžší. [4]

### **3.3.3 Lithium-iontová baterie**

Lithium-iontové baterie jsou nejrozšířenějším typem baterie v současnosti. Tyto baterie jsou vylepšenou verzí oproti dřívějším akumulátorům, jako jsou NiCD a NiMH, kdy se podařilo snížit hmotnost o polovinu, omezit samovybíjení, navýšit počet cyklů a téměř odstranit paměťový efekt. Li-ion baterie však dosahují nižších proudů než předchozí Ni baterie. Katoda Li-ion baterií je vyrobena z oxidu kovu, anoda je z uhlíku a elektrolyt je tvořen lithiovou solí v rozpouštědle. Moderní články jsou vybaveny čipy, které řídí nabíjení a vybíjení. Li-ion články lze rozdělit podle použitých aktivních prvků, jako jsou například LCO (Lithium Cobalt Oxide), LMO (Lithium Manganese Oxide, použitý v Nissanu Leaf), NMC (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide) nebo NCA (Lithium Cobalt Aluminium Oxide), které používá společnost Tesla. [9]

### **3.3.4 Recyklace a znovupoužití**

Velké množství materiálů z dnes používaných baterií lze znovu použít, takzvaně recyklovat. Když baterie doslouží, je nejlepší možností baterii recyklovat. V budoucnu by mohlo být využití recyklovaných lithiových akumulátorů klíčové při řešení nedostatku a růstu cen drahých kovů, jak se elektromobily stávají stále běžnějšími. V současné době je však recyklováno pouze přibližně 5 % všech baterií z elektromobilů, ve srovnání s 99,5 % recyklovaných olověných baterií. [28]

Baterie v elektromobilech jsou použitelné, dokud jejich kapacita nepoklesne na 70 % původní kapacity. Tyto baterie se mohou stále použít jako stacionární úložiště energie, například pro domácí solární elektrárny nebo jako zdroj levné energie v době nočního tarifu. Soukromé společnosti po celém světě začínají využívat vyřazené baterie z elektromobilů pro tyto účely. [29]

### 3.3.5 Bezpečnost

Počet bateriových elektromobilů v provozu začíná postupně růst. S rostoucím počtem elektromobilů roste i počet jejich nehod. A jak to u nových technologií bývá, některé problémy se řeší až v praxi při masovém nasazení. Největším problémem je hořlavost bateriových článků. Nehoda, při které dojde k porušení krytu baterie většinou vede k silnému požáru. Znamenány jsou i případy zkratu při nabíjení a následného vznícení, proto se aktuálně řeší bezpečnost parkování elektromobilů v podzemních garážích. Požáry baterií se stále zkoumají a výrobci i testují odolnost a zkouší nové možnosti hašení. [30]

Zjednodušeně lze říci, že čím více článků má baterie, tím větší je její kapacita, ale také se zvyšuje riziko požáru. Novější lithium-iontové baterie mají vyšší riziko požáru než starší generace baterií, jako jsou nikl-kadmiové, olovené nebo nikl-metal hybridové akumulátory. Elektromobily jsou navrženy tak, aby baterie byla chráněna před nehodami pomocí nosných a pevných částí vozu. Obvykle je baterie umístěna uprostřed podlahy vozidla pro nejlepší polohu těžiště a z důvodu ochrany před nárazem. Při nehodě ve vysoké rychlosti, které dnešní elektromobily dosáhnou v krátkém čase, se riziko poškození akumulátoru výrazně zvyšuje. [30]

K požáru baterie ale nemusí dojít pouze z důvodu vnějšího poškození například při nehodě. V roce 2016 došlo k požáru vozu Tesla Model S během nabíjení. Podle vyšetřovatelů byla příčinou požáru chyba v nabíjecím zařízení uvnitř vozu. Požár se rychle rozšířil a z vozu zbyly jen trošky, jak je vidět na obrázku. Další elektromobil značky Tesla se ocitl v plamenech po nehodě s kovovými troskami na silnici, které prorazily kryt baterie a způsobily požár. Systém vozidla detekoval problém a řidiče upozornil, aby zastavil vozidlo. Automobilka na základě těchto incidentů posílila spodní část krytu baterie. [30]

Obr. 10 Trosky po požáru Tesly model S, rok 2016



Zdroj: <https://www.teslarati.com/tesla-short-circuit-cause-for-model-s->

Existuje několik možných příčin, které mohou způsobit požár baterie v elektromobilu. Baterie obsahují různé chemické látky s různými vlastnostmi, které za určitých okolností mohou hořet a způsobit požár vozidla. Samotné elektrody jsou vyrobeny z látek s vysokým obsahem chemicky vázaného kyslíku, což podporuje hoření. Materiály použité pro záporné elektrody jsou často samo vznětlivé na vzduchu. Požár může vzniknout při přetížení baterie při nabíjení nebo vybíjení, přehřátí nebo mechanickém poškození, což vede k vnitřnímu zkratu. Hašení velkých baterií v elektromobilech je stále málo prozkoumanou problematikou. Nejčastěji se používá k hašení oxid uhličitý, ale jeho použitím nedochází k dostatečnému ochlazení baterie a může dojít k dalšímu samovznícení. Hašení vodou také neřeší celý problém, protože část baterie zůstane nevyhořelá a může dále hořet. Pro zvládnutí takových situací by mohl být použit kontejner s vodní lázní, do kterého se automobil ponoří na několik dní, aby se minimalizovalo riziko dalšího samovznícení. Především v hustě obydlených oblastech a na parkovištích je obtížné zajistit, aby baterie dohořela pod dozorem. [30]

Automobilka Renault Group již od roku 2010 spolupracuje se záchrannými složkami na zlepšení zákroků u dopravních nehod a zkrácení reakční doby. Ze spolupráce již vzešla dvě řešení, která v budoucnu zjednoduší a zrychlí zásah především pro hasiče. První vylepšení nazvané „Fireman Access“ (přístup pro hasiče) umožní hasičům přímý přístup k hořící baterii u plug-in hybridních a elektrických vozidel značek Renault a Dacia. Vytvoření tohoto přístupu



znamená, že se hasiči dostanou k hašení baterie už po pěti minutách místo standardní doby 1 až 3 hodin. Společnost Renault si tento nápad nechala patentovat. Druhou inovací je využití samolepky s QR kódem umístěné na čelním skle vozidla. Po naskenování QR kódu získá záchranář veškeré technické informace, které potřebuje pro úspěšný a rychlý zásah v případě požáru. Snadno tak poznají, jestli se jedná o hybridní automobil, elektromobil nebo vozidlo s palivovým článkem, díky čemuž budou moci zvolit správný postup během zásahu pro daný typ vozu. Tím se zvýší bezpečnost zasahující jednotky. Technické informace o vozidle napoví hasičům, které místo je nejvhodnější pro použití hydraulických kleští, kde se nachází airbagy a baterie apod. [31]

Novinkou pro zvýšení bezpečnosti elektromobilů je tzv. Emergency plug. Jedná se o speciální zástrčku do slotu pro nabíjení elektromobilu, která elektromobil znehybní a připraví k bezpečnému zásahu záchranářských složek. Toto vylepšení uvedly na trh společnosti Emergency-plug a Resqtec. Zástrčka je určena pro elektromobily i plug-in hybridy a je velmi podobná té, která se používá k samotnému nabíjení. Po připojení zástrčky dojde ke stabilizaci vozidla uvedením do parkovací polohy. Tím se zasahujícím záchranářům zjednoduší vyprošťování osob uvízlých v automobilu i samotný zásah. Tuto pomůcku již využívají hasiči v Asii, USA, ale také v Evropě, a to i v České republice. [32]

Obr. 11 Emergency plug



Zdroj: <https://www.vystroj-vyzbroj.cz/1360-detail-prislusenstvi-vn-nouzova-zastrcka-emergency-plug>



### 3.4 Rozdělení BEV

Elektromobily se dělí do několika kategorií, v závislosti na způsobu využívání elektromotoru. Elektromobily jsou označovány jako EV (electric vehicle), hybridní automobily jako HEV (hybrid electric vehicle) a elektromobily s palivovým článkem na vodík jsou označovány jako FCEV (fuel cell electric vehicle). BEV (battery electric vehicle) je elektromobil s baterií umístěnou v podlaze a pohání ho jeden nebo více elektromotorů. Baterie se nabíjí z rozvodné sítě a

elektromobil může rekuperovat část energie při brždění a uvolnění plynového pedálu. Rekuperace spočívá v tom, že elektromotor funguje jako generátor a energii ukládá zpět do baterie. Intenzitu účinku rekuperace lze u mnoha typů elektromobilů nastavit. [33]

Hybridní vozy se liší svou konfigurací elektromotorů, spalovacích motorů a velikostí baterie. Tyto vozy se dělí na dva typy podle dvou kritérií. Prvním kritériem je uspořádání hnacího ústrojí na sériový, paralelní nebo kombinovaný. Sériový hybrid používá pouze elektromotor a energii z baterie k pohonu vozidla a spalovací motor slouží k dobíjení baterie. Toto uspořádání je vhodné pro městské prostředí, kde vysoká efektivita elektromotoru při častých rozjezdech výrazně snižuje emise. Nicméně tento typ vozů disponuje nízkým výkonem, který nestačí pro jízdu ve vyšších rychlostech. Druhým typem je paralelní hybrid, který dokáže používat buď elektromotor nebo spalovací motor a případně mezi nimi přepínat. Hlavní výhodou paralelního hybridu je větší efektivita ve vyšších rychlostech. Poslední typ kombinuje výhody obou motorů. [33]

Obr. 12 Dělení hybridů podle stupně hybridizace

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

Zdroj: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>

Další dělení hybridů se řídí stupněm hybridizace na micro, mild, full a plug-in hybridy. Micro hybrid je elektrifikován nejméně. Tento druh hybridu disponuje systémem start/stop, funkcí rekuperace brzdné energie, kterou dobíjí 12 V akumulátor a tím snižuje spotřebu a produkované emise CO<sub>2</sub>. Mild hybrid je pokročilejší hybrid, na rozdíl od micro hybridu je již vybaven elektromotorem, větší baterií a větší schopností rekuperace. O pohon vozidla se stále

stará spalovací motor a elektropohon jej pouze doplňuje a pomáhá při rozjezdu a zrychlení. Díky tomu dojde k většímu snížení produkovaných emisí. Full hybrid je již schopný jízdy čistě na elektřinu bez asistence spalovacího motoru. To mu umožňuje ještě větší baterie a silnější elektromotor než v případě mild hybridu. Elektrickou energii do baterie ale nejde doplnit ze sítě a ta je tudíž nabíjena rekuperací a spalovacím motorem. Plug-in hybridní automobil se liší od předchozích variant především možností nabíjet baterii ze sítě. Dále disponuje větší baterií než předchozí varianty hybridů, což znamená vyšší dojezd, některé plug-in hybridy jsou schopné dojet čistě na elektřinu i více než 50 km. Výhodou plug-in hybridů je ještě čistší provoz s ohledem na emise, nejnižší spotřeba z výše jmenovaných variant hybridů. [33]

### **3.5 Elektromotor**

Podle definice přeměňuje elektromotor elektrickou energii na mechanickou energii. Většina elektromotorů využívá magnetické pole a elektrický proud procházející cívkou. Tak se vytváří točivý moment, který se přenáší na poháněné zařízení. Pro pohon elektromotorů se využívá stejnosměrný nebo střídavý proud z baterií, elektrických rozvodů nebo generátoru. Pokud porovnáme vlastnosti elektromotorů s vlastnostmi spalovacích motorů, jsou elektromotory lehčí, menší, jednodušší, levnější, efektivnější a vykazují vysokou efektivitu v celém rozsahu otáček. Díky menším rozměrům a hmotnosti je možné do automobilu umístit několik elektromotorů, umístit elektromotor přímo na nápravu a objevily se i pokusy s umístěním elektromotoru přímo do nábojů kol. Tento poslední nápad se ale moc neujal, protože vytvořil příliš velké množství neodpružené hmoty a bylo to nevhodné řešení pro každodenní provoz. [9]

#### **3.5.1 Střídavé elektromotory**

Střídavé elektromotory pracují se střídavým napětím, což vyplývá již z jejich názvu. Vzhledem k tomu, že baterie poskytuje stejnosměrné napětí, je zapotřebí vybavit elektromobily zařízením zvaným střídač nebo měnič napětí. Střídač slouží k přeměně střídavého napětí na stejnosměrné. Tento technologický pokrok umožnil rozšíření střídavých elektromotorů v automobilech až v posledních dvou desetiletích. Před lety byly rozměry střídačů příliš velké, aby se vešly do osobních automobilů. [9]

### **3.5.2 Stejnoseměrné elektromotory**

Elektromotory pracující se stejnosměrným proudem mají jako zdroj energie stejnosměrné napětí. Skládají se z rotoru a statoru, kde pro přenos energie mezi nimi slouží kartáče. Ty však zvyšují riziko poruch a náklady na údržbu v porovnání se střídavými motory. Stejnoseměrné motory mají také nižší účinnost než střídavé motory, což je způsobeno použitím kartáčů. Proto výrobci automobilů stejnosměrné motory používají jen výjimečně. [9]

## 4 Vlastní práce

### 4.1 Prodej automobilů v EU

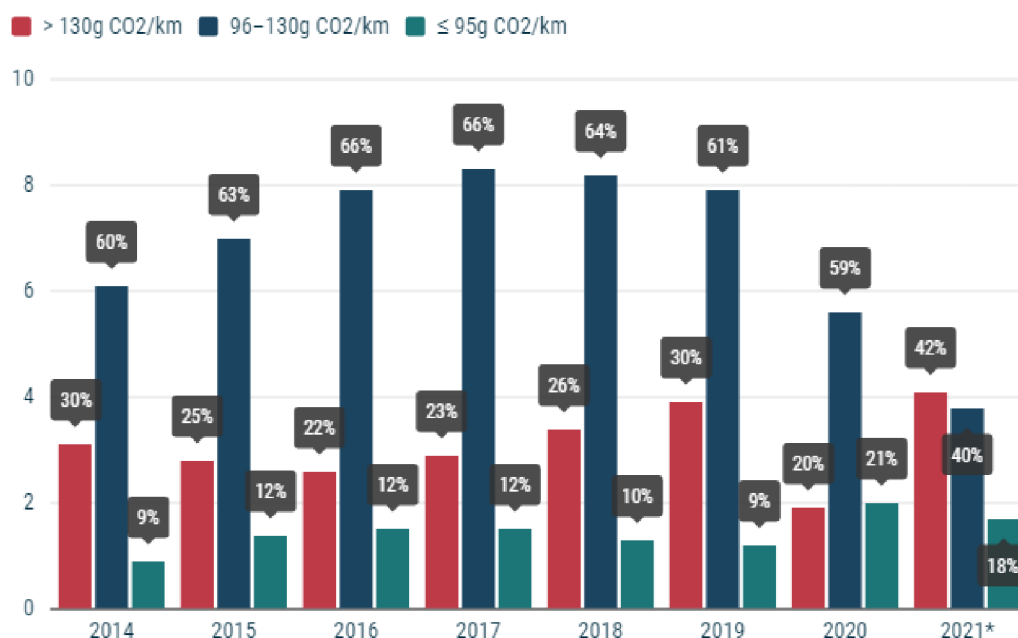
Počet nově registrovaných vozidel v Evropské unii za celý rok 2022 klesl o 4,6 % ve srovnání s rokem předcházejícím. Hlavním důvodem poklesu byly nedostatečné dodávky dílů především v první polovině roku i přes zvýšení registrací koncem roku, mezi srpnem a prosincem, se jednalo o nejslabší rok s počtem nově registrovaných 9,3 milionu vozidel, od roku 1993, kdy bylo registrováno 9,2 milionu nových automobilů. Ze čtyř největších evropských trhů zaznamenal růst pouze ten německý (+1,1 %) díky silným prodejům v posledním měsíci roku. Zbylé tři významné evropské trhy zaznamenaly nižší počet registrací než v roce 2021, Itálie - 9,7 %, Francie - 7,8 % a Španělsko - 5,4 %. [34]

Registrace vozidel za celý rok 2022 podle typu pohonu naznačují, že celkově v Evropské unii dochází k navýšení prodeje plně či částečně elektrifikovaných vozidel. Bateriová elektromobila dosáhla 12,1 % podílu což je meziroční zvýšení o 3 %. Prodeje hybridních automobilů, při započítání hybridních a plug-in hybridních vozidel, se zvýšily na 32 %. Podíl prodeje automobilů se spalovacím motorem naopak klesl. Prodeje automobilů s benzinovým motorem klesly meziročně o 3 % na 32,5 % v roce 2022 a osobní vozy s naftovým motorem klesly o 2 % na 14,4 %. [35]

Téměř 60 % nových prodaných osobních vozidel v Evropské unii vypouští méně než 130 gramů CO<sub>2</sub> na kilometr. Přiložený graf zobrazuje počet registrací nových automobilů podle uvedených emisních tříd a vychází z dat Evropské agentury pro životní prostředí. Ze znázorněných dat si můžeme všimnout mírně rostoucího trendu u kategorie automobilů, které vypouštějí na kilometr více než 130 gramů CO<sub>2</sub>. Tento trend, který jde proti všem snahám Evropské unie o snižování emisí vypouštěných v dopravě můžeme odůvodnit vozy SUV. Automobily této kategorie jsou větší, těžší a vybaveny většími motory. Při započítání těchto proměnných lze snadno odvodit, že tyto vozy mají vyšší spotřebu a logicky tak vypouští i větší množství emisí. V lednu roku 2022 se v Evropské unii prodalo 409 900 vozů typu SUV, což tvoří 49,7 % všech prodaných osobních automobilů. [36]

Automobily vypouštějící mezi 96 a 130 gramy CO<sub>2</sub> na kilometr ubývají. Za rok 2020 došlo k výraznému snížení prodejů vozů, které spadají do této emisní kategorie. Zpravidla se jedná

Obr. 13 Nová osobní auta registrovaná v EU podle emisních tříd



Zdroj: <https://www.acea.auto/figure/new-passenger-cars-in-the-eu-by-emissions-classes/>

o vozy nižší střední a střední třídy. U těchto vozidel můžeme pozorovat postupné nasazování hybridních jednotek, které těmto vozidlům umožňují výrazně snížit vypouštěné emise a zařadit se tak do nižší kategorie. Rok 2021 je specifický změnou metody měření emisí z NEDC na WLTP. [37]

Kategorie s nejnižšími emisemi (pod 96 gramů CO<sub>2</sub> na kilometr) za sledovaných 7 let mírně vzrostla, ale stále se jedná o nejméně zastoupenou skupinu vozidel podle emisních tříd. Do této kategorie můžeme zařadit vozidla elektrická, s hybridním ústrojím anebo malé automobily. Prodeje elektrovozidel a automobilů s hybridním ústrojím rostou, ale v porovnání s celým trhem jsou jejich prodeje stále nízké, jak je patrné z příloženého grafu. [37]

Projekce nárůstu prodejů elektrovozidel od roku 2026 do roku 2040 podle společnosti BloombergNEF, počítá s postupným růstem prodejů především v ekonomicky silných a rozvíjených státech. Příkladem těchto zemí je Čínská lidově demokratická republika, USA, Kanada, Japonsko a především státy v Evropě. Nárůst prodejů elektromobilů zatím nepozorujeme v Indii, která se společně s Čínou řadí v počtu obyvatel mezi největší trhy na světě. Podobně jako v Indii jsou nižší prodeje EV také v jihovýchodní Asii, Mexiku, Brazílii nebo Rusku. Hlavní

důvodem je nízká kupní síla obyvatelstva v těchto chudších zemích a minimální nebo neexistující podpora prodeje. Malý nárůst prodeje v těchto chudších, avšak velice lidnatých zemích bude mít podle této projekce za následek, že i když se v EU podaří dosáhnout 80 % elektrifikovanosti silniční dopravy, stále bude ve světě jezdit okolo 800 milionů automobilů se spalovacím motorem v roce 2040. Podle dat z roku 2018 se počet automobilů v provozu na celém světě odhaduje na 1,4 miliardy kusů, 800 milionů vozidel je tudíž více než polovina z celkového počtu, a velký rozdíl v emisích tím nevznikne. [38] [39]

Podle údajů Sdružení automobilového průmyslu bylo v České republice za rok 2022 vyrobeno 134 944 elektrických osobních vozidel. Ve srovnání s předchozím rokem 2021 se jedná o 11% nárůst. Z toho se vyrobilo 87 086 bateriových elektromobilů jejichž produkce meziročně vzrostla o 20 %, produkce plug-in hybridů mírně poklesla na konečné množství 47 858 vozů. Celkově se v České republice za rok 2022 vyrobilo 1,218 milionu osobních automobilů. Česká automobilka Škoda Auto vyrobila 693 032 automobilů z čehož bylo 10,4 % vozů elektrifikovaných. Automobilka Hyundai v porovnání vyrobila celkově 322 500 automobilů a elektrifikovaných bylo téměř 20 %. [40]

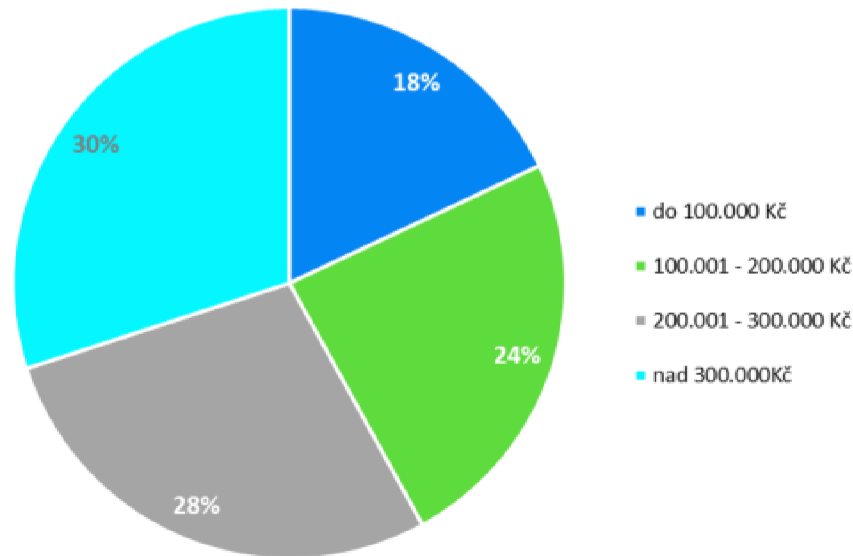
Největší podíl vozidel poháněných elektromotorem a bateriemi v prodeji za rok 2021 je mezi autobusy a dopravními prostředky s 2 a 3 koly. U autobusů se jedná o 44 % a u motorek a tříkolek se jedná o 42 %. Podíl nových elektrifikovaných osobních automobilů na světovém trhu dosáhl v roce 2021 9 %. Nejmenší podíl mezi novými elektrifikovanými automobily je mezi nákladními vozidly, kde prodeje dosáhly pouze 1 % z celkového počtu. [39]

## **4.2 Trh s automobily v ČR**

V České republice se v roce 2022 prodalo 192 087 ojetých automobilů. Na českém trhu dlouhodobě nakupují nová auta především soukromé společnosti. České domácnosti si ve většině případů kupují ojetá vozidla, především z důvodu jejich lepší cenové dostupnosti. Většina z těchto ojetých automobilů, konkrétně 70 %, se prodala za cenu nižší než 300 000 Kč. Při aktuálních cenách elektromobilů, které začínají kolem 800 000 Kč, je na místě otázka kolik občanů České republiky si bude moci finančně dovolit jejich nákup. Prodejní cena nového elektromobilu je vysoká a pokud zůstane i do budoucna na stejné úrovni může se stát, že velká část obyvatel si takový vůz nebude moci dovolit koupit a zůstane u automobilu se spalovacím

motorem. A protože nařízení EU od roku 2035 bude umožňovat prodej ojetých automobilů se spalovacím motorem, velice pravděpodobně zůstane relativně velké procento majitelů, kteří si ani v roce 2035 elektromobil nepořídí. Důvodů může být několik, řadí se mezi ně vysoká pořizovací cena, nesouhlas s ekologičností elektrovozidel nebo i obliba spalovacích motorů a jejich vlastností, kterými elektrické motory nedisponují. [41]

Obr. 14 Prodejní cena ojetých automobilů v ČR



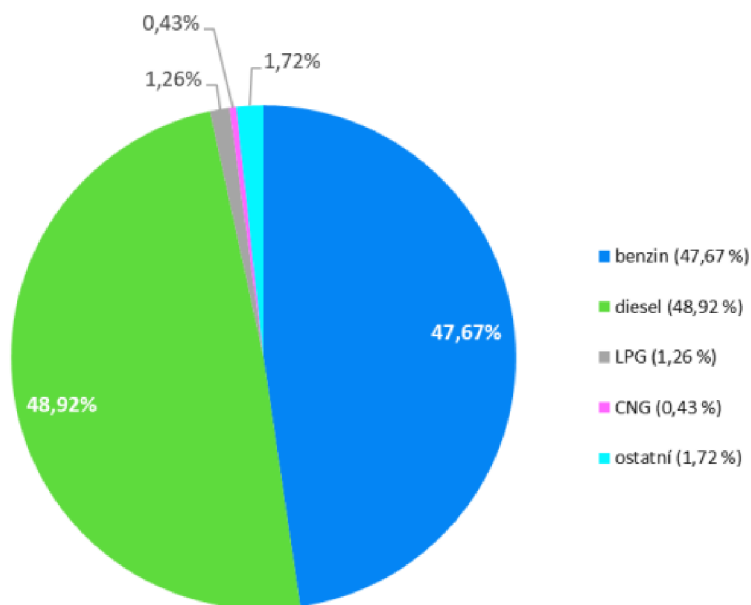
Zdroj: <https://www.cebia.cz/novinky/tiskove-zpravy/cebia-summary-3-2022-informace-statistiky-a-zajimavosti-z-oblasti-prodeje-ojetych-vozidel>

Průměrná cena ojetého automobilu prodaného v České republice ve třetím čtvrtletí roku 2022 od ledna poklesla, ale přesto se jedná o výrazný nárůst od roku 2020. V roce 2020 činila průměrná prodejní cena ojetých automobilů 229 400 Kč. Ve třetím čtvrtletí roku 2022 se tato průměrná cena zvýšila na 287 000 Kč a meziročně vzrostla o 14,8 %. Postupně v čase tato částka roste, ale zdaleka zatím nedosahuje prodejní ceny nového elektromobilu. Ojeté elektromobily se zatím prodávají minimálně. Jedná se především o předváděcí vozy autosalonů nebo například vozy z operativního leasingu. Prodejní cena elektromobilu postupně klesá se stářím a nájedem vozidla. Na hranici životnosti baterií a zároveň na konci jejich záruky, která je dnes většinou okolo 8 let nebo 160 000 km se pak hodnota elektromobilu může přiblížit nákladům na výměnu baterie. [41]



Nejčastějším palivem u prodáváných ojetých automobilů je stále nafta (48,92 %), následovaná benzínem (47,67 %), jehož podíl ve srovnání s rokem 2021 vzrostl o 6,3 %. Podíl automobilů s pohonem na naftu naopak poklesl přibližně o 7 %. Alternativní paliva – CNG, LPG a další (mezi které se řadí automobily s hybridním a elektrickým pohonem) zastávají pouze minimální podíl na trhu ojetých vozidel, jak je patrné z obrázku č. 15. [41]

Obr. 15 Nejčastější typy paliv ojetých automobilů v ČR



Zdroj: <https://www.cebia.cz/novinky/tiskove-zpravy/cebia-summary-3-2022-informace-statistiky-a-zajimavosti-z-oblasti-prodeje-ojetych-vozidel>

### 4.3 Ceny za nabíjení elektromobilů

Během roku 2022 ceny elektrické energie výrazně vzrostly, a to se promítlo jednak do vyšších cen elektřiny potřebné pro nabíjení elektromobilů, ale také do prodejní ceny elektromobilů. Výrobci, včetně české společnosti Škoda Auto, již začali promítat zvýšené výrobní náklady do prodejních cen vozů. Výjimkou v této vlně zdražování je americká automobilka Tesla, která u vybraných modelů ceny naopak snížila, a to vcelku výrazně až o 20 % a to na všech trzích kde působí. Zdražování nových automobilů obecně má vliv i na trh ojetých vozidel. S rostoucí cenou nových aut si zákazníci častěji vybírají právě ojetá auta s cílem ušetřit peníze za nákup nového vozidla. [42]

Tab. 5 Ceny za nabíjení u veřejných nabíjecích stanic [43] [44] [45]

<b>Distributor/Typ nabíjení</b>	<b>Cena za kWh v Kč (s DPH)</b>	<b>Cena za minutu v Kč (s DPH)</b>	<b>Volné minuty</b>
ČEZ AC	10,00	2	480
ČEZ DC	15,00	2	90
ČEZ UFC	20,00	2	45
EON AC	9,90	2	480
EON DC	13,90	2	90
EON UFC	16,90	2	45
PRE AC	9,00	1	180
PRE DC	12,00	2	60
PRE UFC	14,00	2	30

Ceny za nabíjení elektromobilů v poslední době také rostou z důvodu zdražování elektřiny. Provozovatelé nabíjecích stanic postupně upravují své ceníky tak, aby promítli zdražení do svých cen. Společnost ČEZ ceny upravila již 1.7.2022, Pražská energetika aktualizuje svůj ceník od 1.2.2023 a EON má od 1.3.2022 ceník stále stejný. Všichni tito provozovatelé umožňují majitelům elektrovozidel se registrovat, a registrovaným uživatelům následně nabízejí lepší ceny. Při nabíjení u veřejných nabíjecích stanic se zpravidla platí i za čas strávený na tomto místě, aby se předešlo situaci, kdy bude někdo nabíjecí bod zabírat déle, než je nezbytně nutné. Provozovatelé se tím snaží zákazníky motivovat, aby po nabití vozidla co nejdříve uvolnili nabíjecí bod. Všechny tři společnosti nabízejí určité množství volných minut na nabíjení zdarma. Množství tohoto času je u ČEZu a EONU stejné a zároveň vyšší než u Pražské energetiky, jak je patrné v následující tabulce. [43]

Z porovnání uvedené tabulky vyplývá, že společnost ČEZ má nejvyšší ceny za jednu kWh ve srovnání s konkurencí. Volné minuty na nabíjecím místě nabízí ve stejném množství jako konkurenční EON a vyšší než společnost PRE. Ceník na stránkách ČEZu, ze kterého vychází tato tabulka, je aktualizovaný naposledy 1.7.2022. Uvedené ceny platí pro neregistrované zákazníky. [43]

Společnost EON vychází jako kompromis v porovnání těchto tří hlavních provozovatelů nabíjecích stanic. Ceny za nabíjení u veřejných stanic jsou mírně vyšší než u PRE, ale relativně výrazně nižší než u ČEZu. Počet volných minut pro stání na místě pro nabíjení je stejný jako u společnosti ČEZ a zároveň vyšší než u PRE. [44]

Společnost PRE vlivem vyšších cen za elektřinu na trhu zvyšuje ceny za nabíjení elektromobilů od 1.2.2023. U nejpomalejšího nabíjení AC se cena zvyšuje o 2 Kč za kWh, u rychlejšího DC nabíjení a nejrychlejšího UFC o 3 Kč za kWh. Ceny za čas strávený na nabíjecí stanici zůstávají stejné. Stejně jako další dva velcí distributoři společnost PRE nabízí zvýhodněnou cenu nabíjení pro klienty, kteří odebírají elektřinu také pro svou domácnost. [45]

#### **4.4 Ekonomika provozu**

V roce 2022 došlo k výraznému růstu ceny za elektřinu, která značně snížila ekonomickou výhodnost provozu elektromobilů v porovnání s vozidly se spalovacím motorem. Pohonné hmoty v roce 2022 zažily také velký cenový výkyv, především z obavy z jejich nedostatku, ale cena za litr benzínu a nafty se pomalu vrací na hodnoty před krizí, způsobenou především ruskou agresí na Ukrajině. Ceny za nabíjení u veřejných nabíjecích stanic třech největších provozovatelů v České republice se od ledna 2022 do února 2023 výrazně zvýšily. U nabíjecích stanic společnosti ČEZ byla průměrná cena v lednu loňského roku 10 Kč za kWh, o rok později je to 15 Kč/kWh, podobně zdražili i ostatní dva hlavní provozovatelé. Nejméně z těchto tří společností zdražila společnost EON. [46]

Podobně jako je potřeba rozšířit množství nabíjecích bodů na veřejných komunikacích tak, aby byl umožněn provoz elektromobilů ve větším měřítku, je také potřeba rozšířit a zjednodušit placení za nabíjení u těchto stanic. Nabídka nabíjecích stanic je v České republice stejně jako jinde v zahraničí roztržštěná. V Evropě a stejně tak i v České republice je možné nabíjet na jednotlivých stanicích bez registrace, ale ceny za dobití jsou pak logicky vyšší. Při cestě na dovolenou nebo pracovní cestu do zahraničí je tak vhodné zvolit si jednoho poskytovatele s dostatečnou sítí nabíjecích stanic a u něho se registrovat. Řidič tak může zvláště na dlouhé cestě výrazně ušetřit za nabíjení. Dosud totiž nejsou na nabíjecích stojanech platební terminály pro platby platebními kartami, jako je tomu u čerpacích stanic. U některých stanic

se částka za dobítí platí pomocí QR kódu, v síti nabíjecích stanic společnosti MOL, která provozuje i čerpací stanice se částka za dobítí platí u obsluhy čerpací stanice. Dalším řešením mohou být univerzální karty, které mohou výrazně zjednodušit cestování. Obvykle nezahrnují nabíjecí stanice všech provozovatelů, ale jejich množství je více než dostatečné. Výhodným příkladem je Chargemap Pass, za kterou se neplatí pravidelný poplatek za poskytování služby, ale pouze za odebranou elektřinu. Při registraci je potřeba zaplatit pouze poplatek za kartu a poštovné ve výši 19,99 EUR. Tyto univerzální karty zjednoduší placení za odebranou elektřinu u nabíjecí stanice, je ale potřeba počítat s tím, že ceny za nabíjení budou vyšší než v případě registrace u konkrétního poskytovatele. Řešení začínají nabízet už i samotné automobilky. Při nákupu elektromobilu nabízejí univerzální kartu daného výrobce, která pokrývá celou Evropskou unii, a to již včetně České republiky. Příkladem může být Powerpass od Škody Auto, Kia EV Power Card nebo Mercedes me Charge. Tyto účty mohou být propojené přímo s platební kartou uživatele, nebo jsou poplatky fakturovány měsíčně. Stejně jako u běžných univerzálních karet vyjdou poplatky při použití této univerzální karty na více než při použití karty konkrétního poskytovatele. Specifická je v tomto ohledu automobilka Tesla, která po celé světě provozuje svoji vlastní síť rychlonabíjecích stanic Supercharger. Nabíjet na této stanici je možné pouze vozy značky Tesla, zatímco vůz Tesla lze dobít na kterékoli nabíjecí stanici s konektorem CCS Combo nebo Mennekes. Každý automobil Tesla má vlastní účet pro nabíjení a uživatel má tak jistotu, že na dané stanici může nabíjet. [46]

Pro představu nákladů na nabíjení elektromobilu můžeme využít skutečná naměřená data o spotřebě v reálném provozu vozu Škoda Enyaq, který je zmíněn v této práci. Při každodenním provozu automobilu bude nejčastěji uživatel nabíjet svůj elektromobil v domácnosti nebo na pracovišti. Nejčastěji bude automobil využíván pro jízdy do a z práce, na nákupy, pro děti do školy apod. Takto je elektromobil možné provozovat za předpokladu, že je jeho majitel zaměstnán ve společnosti, která má vlastní parkovací stání, a že tato stání jsou vybavena infrastrukturou pro nabíjení. Pro vyšší bezpečnost elektrické sítě při nabíjení se doporučuje nabíjet elektromobil ne z obyčejné zásuvky, ale přes takzvaný a již zmíněný wallbox. Ne každá společnost však nabízí svým zaměstnancům parkovací místa pro jejich osobní automobil. Většinou se jedná o parkovací stání pro firemní automobily anebo pro vysoko postavené ma-

nažery, protože parkovací místo může vyjít relativně draze, především v Praze. Proto v budoucnu nastane problém s nabíjením pro zaměstnance, kteří bydlí v bytech a na pracovišti nemají možnost si elektromobil dobít. [46]

Pro modelový příklad využijeme naměřenou spotřebu elektřiny a nafty u testovaných vozů Škoda Enyaq a Škoda Kodiaq. Spotřeba u těchto dvou vozidel dosáhla na stejné trase v reálném provozu v průměru 27,3 kWh/100 km respektive 7,3 l/100 km, při průměrné rychlosti 79 km/h v zimním období. Trasa kombinovala všechny typy silnic od silnic třetí třídy až po dálnice. U elektromobilů je rozdíl v ceně nabíjení mezi veřejnou nabíjecí stanicí a domácím nabíjením a také mezi rychlostmi nabíjení u veřejné stanice. Jelikož se test odehrával v chladných zimních podmínkách dojezd u elektromobilu se výrazně zkrátil a na delších vzdálenostech je potřeba nabíjet na veřejných nabíječkách větším výkonem pro vyšší komfort cestování, který je ale zároveň dražší. Protože Škoda Enyaq neumožňuje nabíjet rychleji než výkonem 150 kW nemá smysl použít takzvané superrychlé nabíjení typu UFC. Při porovnání všech tří hlavních provozovatelů vychází nejlevněji Pražská energetika. Při ceně nabíjení 12 Kč za kWh by v průměru sto kilometrů z pohledu spotřeby elektřiny řidiče vyšlo na 327,6 Kč, nejdražší by bylo nabíjení u ČEZu za 409,5 Kč a nabíjení u nabíječky EONu by stálo 379,47 Kč. Ceny jsou bez započítání příplatku za čas strávený na stanici, protože určité rozdílné množství má zákazník u všech společností zdarma a vyjádřené na vzdálenost 100 km. Cena za jeden litr nafty k 11. únoru 2023 vycházela na 37,07 Kč. Při spotřebě 7,3 l/100 km by náklady vycházely na 270,1 Kč na 100 km. Z těchto údajů je patrné, že na delší vzdálenosti, kdy je elektromobil potřeba nabít u rychlonabíjecí stanice je nabíjení dražší celkem výrazně. Náklady na nabíjení elektromobilu jsou naopak výrazně nižší při nabíjení v domácnosti. Zastropovaná cena elektřiny v lednu 2023, kterou většina zprostředkovatelů účtovala zákazníkům činila 6,05 Kč/kWh s DPH. Při stejné spotřebě jsou náklady na nabíjení výrazně nižší, a to konkrétně 165,17 Kč. [47]

Celkové náklady také ovlivňuje hodnota automobilu. Elektromobil je v porovnání s autem se spalovacím motorem výrazně dražší při nákupu a jeho cena klesá, a to výrazněji tím, čím se stárí vozu blíží konci záruky na baterii. Baterie je velmi drahá součást a je také důvodem proč jsou elektrická auta výrazně dražší než auta se spalovacím motorem. Ve chvíli, kdy se tak blíží konec její životnosti hodnota celého automobilu je tím ovlivněna. Kdyby se změnila celá baterie náklady budou finančně devastující pro majitele elektromobilu, a tak se

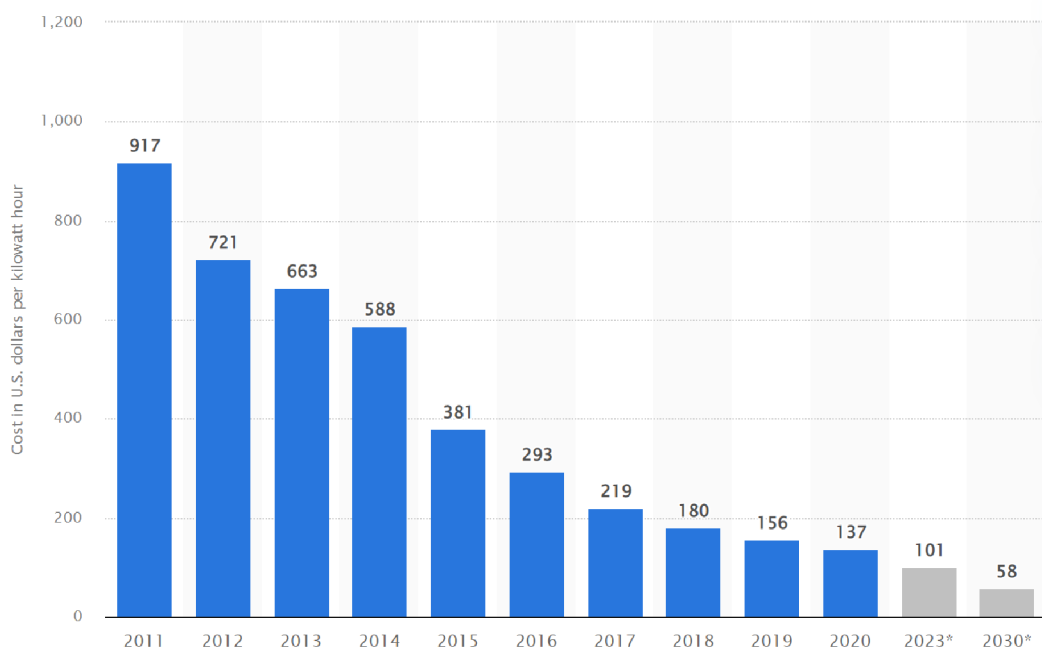
výrobci snaží přijít s řešením tohoto nedostatku. Některé společnosti si pohrávají s myšlenkou pronájmu baterie, kdy by náklady na její potřebnou výměnu nesl výrobce. Řešení, které se již v praxi používá je výměna jednotlivých částí baterie, kterým se říká moduly. Výměna modulů je výrazně levnější než výměna celé baterie, ale stále se jedná o desetitisícové náklady. Jeden modul baterie pro Škodu Enyaq ve variantě 80x stojí 41 842 Kč a náklady na výměnu jsou 13 056 Kč. Servisní náklady jsou tak u elektromobilu vyšší v porovnání se stejně starým automobilem se spalovacím motorem. Vliv na výraznější pokles nemá pouze cena za novou baterii, ale také dynamický vývoj v oblasti elektromobilů. Výrobci postupně přicházejí s vylepšeními, která urychlují zastarávání již prodávaných elektromobilů. Některá z nich jsou méně důležitá jiná více, některá zlepšení lze snadno aplikovat pomocí softwarové aktualizace ať už v autorizovaném servisu nebo pomocí OTA updatu (OTA – over the air). Přestože zůstatková hodnota automobilu během jeho životního cyklu výrazně poklesne k nelibosti současného majitele, elektromobil je pro budoucího majitele, který si pořizuje ojetý elektromobil stále finančně náročný především z hlediska servisních nákladů. [46]

Dalším nákladem na provoz automobilu je jeho pojištění. Povinné ručení je v současné době na nejnižší možné sazbě. Elektromobily se řadí do kategorie vozidel s objemem motoru menším než 1 000 ccm. V budoucnu lze ale počítat s navýšením plateb za povinné ručení s tím, jak se budou elektromobily rozšiřovat. Až se začnou výrazněji zvyšovat prodejní čísla elektromobilů, poroste také počet nehod a pojistných událostí, které bude potřeba proplatit z povinného ručení. Náklady na opravy po nehodě jsou u elektromobilů ve většině případů vyšší než u standardních vozů, protože se většinou jedná o dražší automobily. Majitelé elektromobilů ušetří také na měření emisí, které vychází minimálně na 800 Kč. Vyšší náklady se pravděpodobně projeví u pneumatik. S tím, jak jsou elektromobily těžší budou více opotřebovávat pneumatiky a bude tak potřeba je častěji měnit za nové. V extrémních případech došlo k výměně už po jednom roce. [46]

#### 4.4.1 Vývoj ceny baterií

Náklady na výrobu baterií a konečná cena za baterii pro elektromobil výrazně ovlivňuje prodejní cenu elektromobilu, jak již bylo několikrát zmíněno. Přiložený graf zobrazuje vývoj ceny za baterie. Uvedené částky v amerických dolarech vyjadřují cenu za jednu kWh baterie. V průběhu posledních více než deseti let můžeme sledovat výrazný pokles. Přes to, že od roku 2011 do roku 2020 cena klesla o neuvěřitelných skoro 800 dolarů za kWh z 917 v roce 2011 na 137 dolarů v roce 2020, cena za nový elektromobil nijak výrazně nepoklesla. Elektromobily jsou stále výrazně dražší než podobně velké a výkonné automobily se spalovacím motorem. V nabídkách jednotlivých automobilek se začínají objevovat dostupnější elektromobily, a k jedinému zlevnění dochází vlivem prodejů levnějších vozů nižších tříd s menší baterií. I z důvodu nedostatku čipů, který po covidové krizi stále převládá, cena elektromobilů naopak mírně roste nebo zůstává více méně stejná. [48]

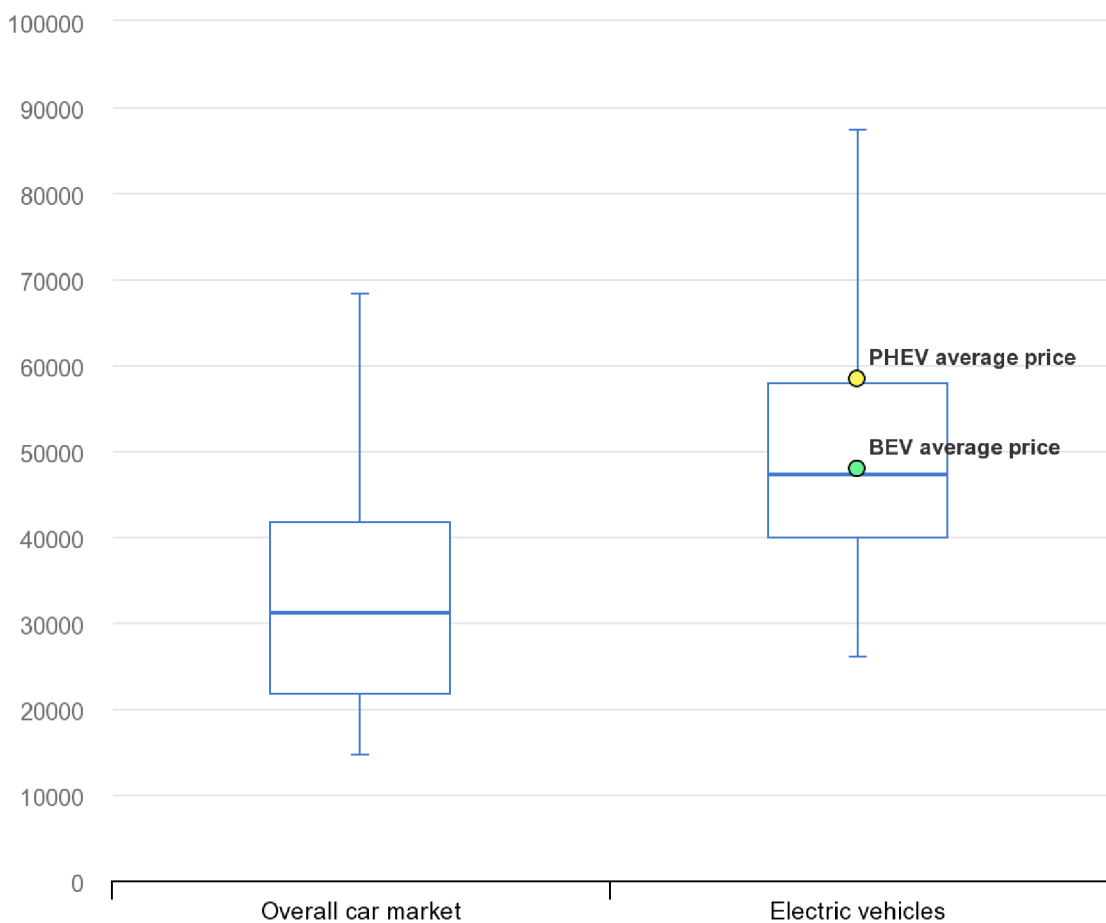
Obr. 16 Vývoj ceny baterií v letech 2011 až 2030, hodnota v dolarech za kWh



Zdroj: <https://www.statista.com/statistics/883118/global-lithium-ion-battery-pack-costs/>

Z dostupných dat se průměrná cena zaplacená za nový elektromobil například ve Spojených státech za posledních osm let zvýšila. Zatímco v roce 2015 byla průměrná cena zaplacená za elektromobil 35 880 dolarů v roce 2021 se jednalo již o 63 821 dolarů. Během uplynulé dekády analytici předpovídali, kdy nastane ten zlomový bod pro elektromobily a cena za elektromobil bude stejná jako za vůz se spalovacím motorem. Podle předpovědí některých analytiků bude tohoto bodu „cenové parity“ dosaženo, až cena za jednu kWh baterie poklesne

Obr. 17 Rozložení cen EV na celém trhu v letech v EU 2021-2022



Zdroj: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-electric-light-duty-vehicles>

pod 100 dolarů. Přestože se však cena nachází již v blízkosti této hodnoty, ceny elektromobilů jsou stále vysoké. Prodejní cena elektromobilů klesla za poslední roky pouze v Číně, na evropském a americkém trhu k poklesu nedošlo. Na grafu níže je možné pozorovat rozložení cen nových elektromobilů v porovnání s celým automobilovým trhem v Evropské unii mezi lety 2021 a 2022. Z grafu lze vyčíst, že ceny za elektromobily jsou výrazně vyšší, než je celkový tržní



průměr za automobil. Pořizovací ceny v Evropské unii jsou vyšší než v Číně, ale na druhou stranu nižší než v USA. Mezi lety 2020 a 2021 však došlo k nárůstu cen o 4 %. [49] [50] [51]

## **4.5 Infrastruktura**

### **4.5.1 Současná situace**

V současné době se v České republice nachází 1 364 nabíjecích stanic různých provozovatelů. Více než polovinu přitom provozují tři energetické společnosti – ČEZ, EON a Pražská energetika. Největší výskyt veřejných nabíjecích stanic je v Praze, Středočeském a Jihomoravském kraji. Skoro polovina z nabíjecích bodů je soustředěna právě v těchto početných aglomeracích. Nabíjecí stanice se nejčastěji nacházejí ve městech a v jejich blízkosti, na dálničních odpočívadlech a u čerpacích stanic a také na parkovištích u obchodních center. Přes 95 % veřejných nabíjecích bodů je vybaveno moderními konektory Typ 2 a CHAdeMO. [52]

Ministerstvo dopravy si uvědomuje, že pro větší rozšíření elektromobilů v blízké budoucnosti je potřeba vybudovat dostatečně hustou síť nabíjecích stanic. Česká republika je navíc tranzitní zemí, a je proto důležité vybudovat dostatečné množství nabíjecích stanic v blízkosti hlavních tahů. Ministerstvo do poloviny roku 2022 podpořilo výstavbu více než 2 000 nabíjecích bodů, z toho 500 rychlonabíjecích z nichž část je ještě ve výstavbě. Vláda se prostřednictvím ministerstva snaží vytvářet podmínky pro splnění všech cílů definovaných v Národním akčním plánu české mobility. Podle tohoto plánu by do roku 2030 mělo vzniknout až 35 tisíc nabíjecích bodů. Tempo výstavby nabíjecích stanic se v poslední době zrychluje, otázkou však zůstává, jestli se zrychluje dostatečně. [53]

### **4.5.2 Výhled do budoucnosti**

Společnost BloombergNEF uvádí dva scénáře budoucího vývoje elektrifikace. Jedním z nich je Ekonomický scénář přechodu na elektromobilitu a druhým je přechod na plnou elektromobilitu do roku 2050. Ekonomický scénář vychází z technologicko-ekonomických trendů na trzích a nepředpokládá žádné nové regulace ze stran státních organizací, které by tento trh ovlivnily. Druhý scénář čisté dopravy uvažuje, jak by vypadal a probíhal přechod na emisně čistou dopravu do roku 2050. Tento druhý scénář je naopak výrazně ovlivněn regulacemi ze strany národních a nadnárodních organizací a jednotlivých vlád. [39]

Podle zhodnocení společnosti BloombergNEF bude do roku 2040 potřeba investovat do infrastruktury celosvětově 1 bilion dolarů podle ekonomického scénáře a 1,4 bilionu podle scénáře čisté dopravy do roku 2050. Celosvětově by bylo potřeba na pokrytí celosvětové poptávky mezi 340 a 490 miliony nabíjecích bodů, z čehož většina by se měla nacházet doma u majitelů elektrovozidel v podobě wallboxů. Veřejných nabíjecích stanic by bylo potřeba mezi 42 a 59 miliony do roku 2040 v závislosti na typu uvedené strategie. Většina vlastníků elektrovozidel pravděpodobně nebude mít přístup k soukromé nabíječce, a pro tyto uživatele bude tudíž potřeba vybudovat dostatečné množství pomalých nabíjecích konektorů, které budou moci využít přes noc, kdy bude jejich vozidlo zaparkované v blízkosti bydliště. Především ve větších městech s kvalitní hromadnou dopravou nelze předpokládat, že většina majitelů elektrovozidel bude jezdit svým vozem do práce, kde by potenciálně mohli mít dostupný nabíjecí bod, a tím pádem možnost dobít si baterii svého vozu během pracovní doby. Dnes je počet elektrovozidel na jednu nabíječku mezi 5 a 20 elektromobily v závislosti na zkoumané zemi. V budoucnu může toto množství potenciálně vzrůst na 30 až 45 vozidel na jednu nabíječku. Investice na vybudování infrastruktury jsou stále příliš malé a pro splnění klimatických cílů bude potřeba přidání prostředků nebo jejich relokace na budování infrastruktury. Prodejci pohonných hmot v budoucnu přijdou o zisky z prodeje benzínu a nafty, a proto se snaží podílet na budování nabíjecí infrastruktury. S plánem na nabíjení většiny elektrovozidel na soukromých nabíjecích bodech, dojde i tak k výraznému poklesu příjmů distributorů pohonných hmot. Čerpací stanice by se v budoucnu mohly přeorientovat na poskytování služeb, asistence a místo pro odpočinek a občerstvení motoristům na dálnicích a silnicích pro motorová vozidla cestujícím na dlouhé vzdálenosti. [39]

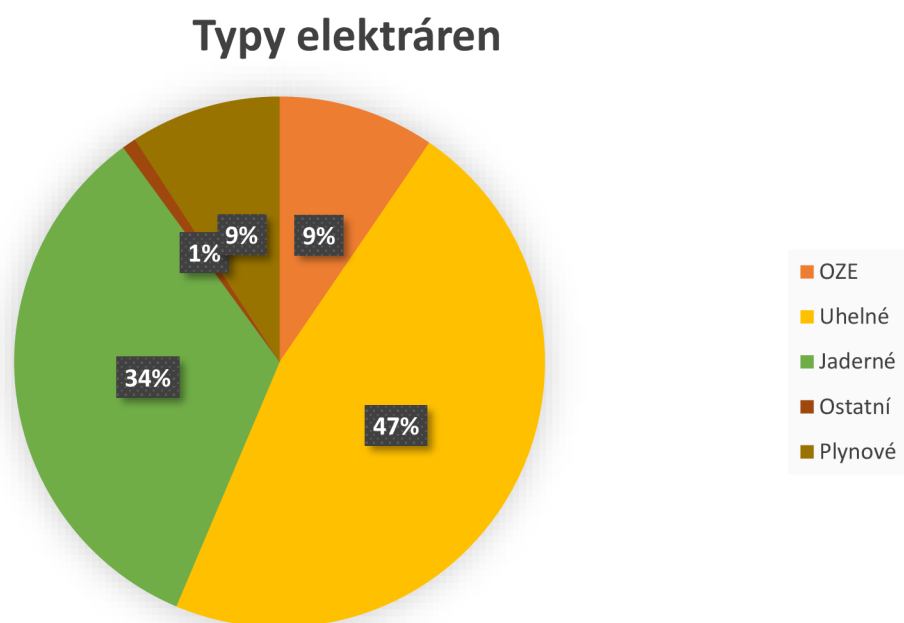
#### **4.5.3 Energetická infrastruktura**

Energetický mix v České republice v současné době není připraven na masivní přechod na elektromobilitu. Elektrická energie pochází ze zdrojů, které nejsou ani uhlíkově neutrální ani zcela čisté. Z takzvaných OZE (obnovitelných zdrojů energie) v ČR se vyrobí pouze okolo 15 % spotřeby. Na níže přiloženém grafu je vidět, z jakých zdrojů pocházela vyrobená elektřina dne 13.2.2023. Převážná většina energie byla získána spalováním uhlí. V průměru bylo za celý den vyrobeno z uhlí přibližně 50 %. Stabilní a velký podíl elektřiny je vyráběn v jaderných elektrárnách. Elektřina z biomasy tvoří malý podíl v celém mixu, ale její příspěvek do celého mixu

je také stabilní. Výkyvy můžeme pozorovat u přečerpávacích elektráren, které slouží k vykrýtí rostoucí spotřeby ve špičce, větrných elektráren, které jsou výrazně závislé na povětrnostních podmínkách a solárních zdrojů. Solární elektrárny v zimních měsících vyrábějí menší množství elektřiny, ale i přes zataženou oblohu jsou schopné elektřinu vyrábět. [54]

Energetická infrastruktura není připravena na elektromobilitu ani z hlediska kapacity výrobních zdrojů. K 31.12.2021 dosahoval instalovaný výkon všech elektráren v České republice 20 852,4 MW. Aby bylo možné veškeré automobily, které jsou dnes registrované

Graf 1 Zdroje elektrické energie v ČR



Vlastní zpracování, zdroj dat: <https://oenergetice.cz/energostat/power/generation-online/czech/2023-02-13/2023-02-13>

v ČR nahradit elektromobily, bylo by potřeba vyrobit dodatečných cca 20 milionů MWh elektrické energie. Takové množství energie v současné době chybí i při započtení přebytku elektrické energie, který je vyvážen do zahraničí. [55]

#### 4.6 Elektromobil vs konvenční vůz

Pro srovnání elektromobilů s vozy se spalovacím motorem, jsem si vybral dva vozy značky Škoda. Model Enyaq iV 80x, čistě elektrický vůz třídy SUV a model Kodiaq v konfiguraci 2.0 TDI DSG 4x4 vůz s dieselovým spalovacím motorem třídy SUV. Tyto dva automobily jsou přibližně stejně velké a elektromobil Enyaq by měl být v budoucnu náhradou za Kodiaq. [46]

Škoda Kodiaq disponuje dvoulitrovým motorem typu TDI, pohonem 4x4 a výkonem 147 kW. S automatickou sedmistupňovou převodovkou DSG dosahuje zrychlení z nuly na sto kilometrů v hodině za 7,7 s. Výkon Škody Enyaq dosahuje 195 kW s jednostupňovou automatickou převodovkou a dvěma elektromotory, jedním vpředu a jedním vzadu, které zajišťují pohon na všechna čtyři kola, zrychlení z nuly na sto kilometrů v hodině je 6,9 s. Standardní pneumatiky jsou pro oba vozy podobné. Kodiaq je vybaven rozměrem 235/55 R18 na obou nápravách, kdežto Enyaq má rozdílné pneumatiky na jednotlivých nápravách, vpředu 235/55 R19 a 255/50 R19 vzadu. Výrazněji se liší z hlediska hmotnosti. Zde vychází jako lehčí logicky model Kodiaq s provozní hmotností 1765-1967 kg, Enyaq 2195-2380 kg. Tyto dvě rozdílné hodnoty uvádějí hmotnost v různých specifikacích vozů, v závislosti na stupni výbavy apod. Tento velký rozdíl v provozní hmotnosti mezi oběma modely lze snadno vysvětlit těžkou baterií Enyaqu. Rozdíl v hmotnostech je přibližně 430 kg. Baterie však bude ještě těžší, neboť například motory jsou v tomto elektromobilu sice dva, ale jsou lehčí než spalovací naftový motor, stejně jako převodovka u elektromobilu je lehčí. Díky této hmotnostní disproporcii může model Kodiaq táhnout výrazně těžší brzděný přívěs v porovnání s Enyaqem, a to sice 2300-2500 kg vs 1400 kg. Z důvodu umístění baterie v podlaze vozu nedošlo k výraznému snížení objemu zavazadlového prostoru a Škoda Enyaq tak oproti Kodiaqu pojme o 65 litrů méně zavazadel, 585 l vs 650 l. Kde ale baterie místo zabírá je podlaha zavazadlového prostoru, díky čemuž nemá Enyaq rezervní kolo. Tato nevýhoda je společná pro většinu osobních elektromobilů. [46]

Z hlediska jízdních vlastností v některých oblastech vychází lépe Enyaq především ve zrychlení, díky silnějšímu motoru. Vzhledem k větší hmotnosti vozu vlivem těžké, skoro půltunové baterie, poráží Škodu Kodiaq ve zrychlení až od vyšších rychlostí, konkrétně 80 km/h, do této rychlosti zrychluje lépe naftový Kodiaq. Porovnání končí v rychlosti 160 km/h, protože na tuto hodnotu má Enyaq omezenou maximální rychlost. Enyaq díky tvaru své karoserie, a také snaze automobilky o co největší dojezd na jedno nabití, vyniká v oblasti odporu vzduchu. Koeficient  $c_x$  v jeho případě činí 0,258 až 0,280, Kodiaq 0,320 až 0,355. Nejen dojezd a rychlost nabíjení, ale také výkon elektromobilu je ovlivněn venkovní teplotou. Podle výrobce by měl být maximální výkon u Enyaqu dostupný při teplotách baterie 23 až 50 °C, při nabití nad 88 %

a po dobu nejvýše 30 s. Oba vozy disponují pohonem všech čtyř kol. U Enyaqu jde výkon většinu času na zadní nápravu a v případě potřeby se připojí i přední náprava. Při prudkém přidání plynu má tendenci k přetáčivosti a musí ho rázně krotit stabilizace. U Kodiaqu je naopak preferována přední náprava a na zadní je výkon přenášen v případě potřeby. Limitní rychlost při vyhýbacím manévru je v podstatě stejná. Enyaq se však méně naklání v zatáčkách a rychleji reaguje na změnu směru. Menší náklony v zatáčkách lze částečně vysvětlit hmotností baterie a jejím umístěním v podlaze. Dále také nastavení vozu z důvodu větší celkové hmotnosti. U vozu se spalovacím motorem je patrná větší předvídatost. Z řízení ve vyšších rychlostech je cítit, že se vůz nachází na hraně svých schopností, kdežto elektromobil jede suverénně až do chvíle, kdy již není schopen manévr dokončit a plně se projeví nedotáčivost a auto se ze zatáčky „vyhrne“. Jasně ve prospěch Kodiaqu hovoří účinnější brzdy, které zpomalují výrazněji lehčí auto. Brzdná dráha z rychlosti 100 km/h byla o 2,5 metru kratší než v případě Enyaqu. Elektrické vozy koncernu VW postavené na platformě MEB, kam se řadí i Enyaq, jsou specifické zadními bubnovými brzdami, které jsou dle výrobce pro vůz vhodnější z hlediska životnosti i účinnosti, protože elektromobil často využívá rekuperaci, která vynahradí účinek brzd v určitém rozsahu, především pak v městském provozu. [46]

Velmi sledovaná je u elektromobilů spotřeba a také jejich reálný dojezd. Podle různých měřících standardů výrobci uvádějí, že jejich elektromobily na jedno nabití ujedou až vyšší stovky kilometrů, v praxi je tomu však často jinak. Na českém trhu se Enyaq nabízí s bateriemi o kapacitě 58 a 77 kWh. Pro testovanou čtyřkolku se nabízí pouze vyšší kapacita baterie. Největšího dojezdu jsou elektrovozidla koncernu VW oficiálně schopny dosáhnout při teplotách 20 až 22 °C, s polojasnou až zataženou oblohou. V takových podmínkách většinou není potřeba interiér klimatizovat, čímž se snižuje spotřeba a prodlužuje dojezd. Optimální teplota samotné baterie je v rozmezí 20 až 30 °C. V tomto optimálním rozsahu není baterii potřeba ani chladit ani vyhřívat a tím se opět dosahuje vyššího dojezdu. Při nízkých teplotách, které panovaly během testu se baterie musí výrazněji zahřívat a dochází tak k navýšení spotřeby elektřiny, a také ke zkrácení dojezdu. Bylo naměřeno 21 kWh/100 km na běžných silnicích mimo dálnice, při jízdě po dálnici spotřeba vzrostla až na konečných 29,4 kWh/100 km. Průměrná rychlost na dálnici byla pro oba vozy stejná, činila 127 km/h a spotřeba naftového

Kodiaqu dosáhla 7,6 l/100 km. Celková průměrná spotřeba na trase z Prahy do Krkonoš a zpět dosáhla 27,3 kWh/100 km a 7,3 l/100 km. [46]

Dojezd Enyaqu na tuto trasu nebyl dostatečný. Zatímco v létě je reálný dojezd až 400 km, v zimních měsících se snižuje na přibližně 270-280 km. U elektromobilů jde zřejmě prodloužit dojezd i softwarovou aktualizací, kterou do auta nainstaluje servis nebo si ji může stáhnout a nainstalovat i samotný uživatel. Škoda pro Enyaq plánuje takovou aktualizaci, po jejíž instalaci by měl vůz lépe řídit teplotu baterie a omezit tak negativní vlivy nízkých teplot. Dojezd elektrického SUV je ve srovnání s naftovou variantou stále nízký. Dojezd Kodiaqu se i v těchto podmínkách pohyboval kolem 800 km. Pro takové trasy je výhoda spalovacího motoru stále nepřekonaná. A tato výhoda je tím větší, že vůz typu SUV je určen spíše na větší vzdálenosti a mimoměstský provoz, přestože se s ním často setkáme v městském provozu. [46]

Náklady na servisní úkony by měly být nižší u elektrických vozidel. Elektrický motor je podstatně jednodušší. Není potřeba vyměňovat tolik provozních kapalin jako u automobilů se spalovacími motory. Menší množství pohyblivých částí logicky snižuje nároky na údržbu. Elektromobil tak může dosáhnout úspor pro uživatele během provozu a vynahradiť tak svoji vysokou pořizovací cenu. Servisní prohlídky v případě již zmíněného Enyaqu se provádí v přesně daných časových intervalech, a to jednou za 2 roky. Cena prohlídky se nemění ani podle počtu ujetých kilometrů a orientačně se jedná o přibližně pět tisíc korun. U Kodiaqu stojí servisní prohlídka od deseti do osmnácti tisíc korun a je jí potřeba provést každých třicet tisíc kilometrů, právě z důvodu výměny provozních kapalin. Problémem u elektromobilů je ale klesající kapacita baterie. Záruka na baterii bývá zpravidla 8 let a 160 tisíc kilometrů, podle toho, co nastane dříve. Výměna baterie po záruce znamená velký zásah do rozpočtu majitele. Celá baterie stojí stovky tisíc korun. Vyměnit lze také jednotlivé moduly (nikoli články) těch je pro verzi Enyaqu iv 80x dvanáct a jeden stojí 41 842 Kč a práce na výměně stojí 13 056 Kč. To může výhodu nízkých servisních nákladů rychle proměnit v nevýhodu v podobě vysokých servisních nákladů. Problém pak nastane především u bazarových elektromobilů. V České republice si kupuje nový automobil pouze jedna čtvrtina zákazníků. Většinu nových automobilů v ČR kupují soukromé nebo státní společnosti. A při průměrném stáří českého vozového parku bezmála 15 let, bude problém výměny baterií především v chudších státech Evropské unie. Obyvatelé

západních bohatších států si mohou finančně dovolit koupit dražší vůz, státy jim na elektromobily navíc nabízejí štědré dotace. V porovnání s nulovými dotacemi v České republice jsou Češi značně znevýhodněni z hlediska kupní síly. Pro některé uživatele automobilů se v budoucnu může tato individuální doprava stát finančně nedosažitelnou. Předpokládá se, že až v roce 2035 vstoupí v platnost „zákaz“ prodeje nových automobilů se spalovacím motorem, právě méně bonitní obyvatelé budou nadále jezdit v automobilech se spalovacím motorem, protože si elektromobil nebudou moci jednoduše dovolit. Násilné donucení nákupu elektromobilu například ve formě vyššího daňového zatížení pohonných hmot, prezentované jako motivace pro nákup elektromobilu, může vést k tomu, že se ještě více rozevřou pomyslné nůžky mezi bohatšími a chudšími obyvateli. Taková situace může vést také k ještě větší urbanizaci ve státech. Ve městech s kvalitní hromadnou dopravou není pro pohyb ve městě automobil tolik zapotřebí, ale na venkově, kde obyvatelé dojíždějí do práce i několik desítek kilometrů je automobil jediný možný dopravní prostředek. Stát a vláda proto bude muset v budoucnu přijít s řešením této situace. Pokud na jedné straně zakazuje provoz určitého dopravního prostředku, musí nabídnout alternativu nebo jiné alternativy nějakým způsobem zvýhodnit pro sociálně slabší obyvatele. Není možné, aby všichni obyvatelé bydleli ve velkých městech a v situaci, kdy stát zasahuje do přirozených tržních procesů, jako je rozšíření alternativního pohonu ke spalovacímu motoru, je potřeba aby také korigoval následky, které mohou takové zásahy způsobit. [46]

## 5 Výsledky

Záměrem práce bylo zhodnotit ekonomickou výhodnost elektromobilů v porovnání s automobily se spalovacím motorem, dále technické porovnání těchto dvou typů vozů a porovnání jejich technických vlastností.

Pro porovnání nákladů na provoz elektromobilu a vozu se spalovacím motorem bylo uvažováno s náklady na elektřinu a pohonné hmoty. Ve výše zmíněném testu dvou ekvivalentních vozidel Škody Enyaq a Škody Kodiaq byla na stejné 300 km dlouhé trase Praha-Krkonoše-Praha zahrnující všechny typy silnic naměřena spotřeba těchto vozů. Škoda Enyaq dosáhla kombinované spotřeby 27,3 kWh/100 km, Škoda Kodiaq 7,3 l/100 km. Při spotřebě 7,3 l/100 km vychází celková spotřeba na celé trase 21,9 litrů nafty. Nádrž vozidla s objemem 58 litrů tak vystačí na ujetí 795 km. V případě elektromobilu Škody Enyaq je celková spotřeba na celé trase 81,9 kWh, elektromobil tak bude potřeba nabít před dojezdem zpět do Prahy. Při spotřebě 27,3 kWh/100 km je dojezd Enyaqu s 78 kWh baterií 286 km. Dojezdy obou automobilů jsou pro lepší ilustraci znázorněny v následujícím grafu.

*Výpočet dojezdu Škody Kodiaq*

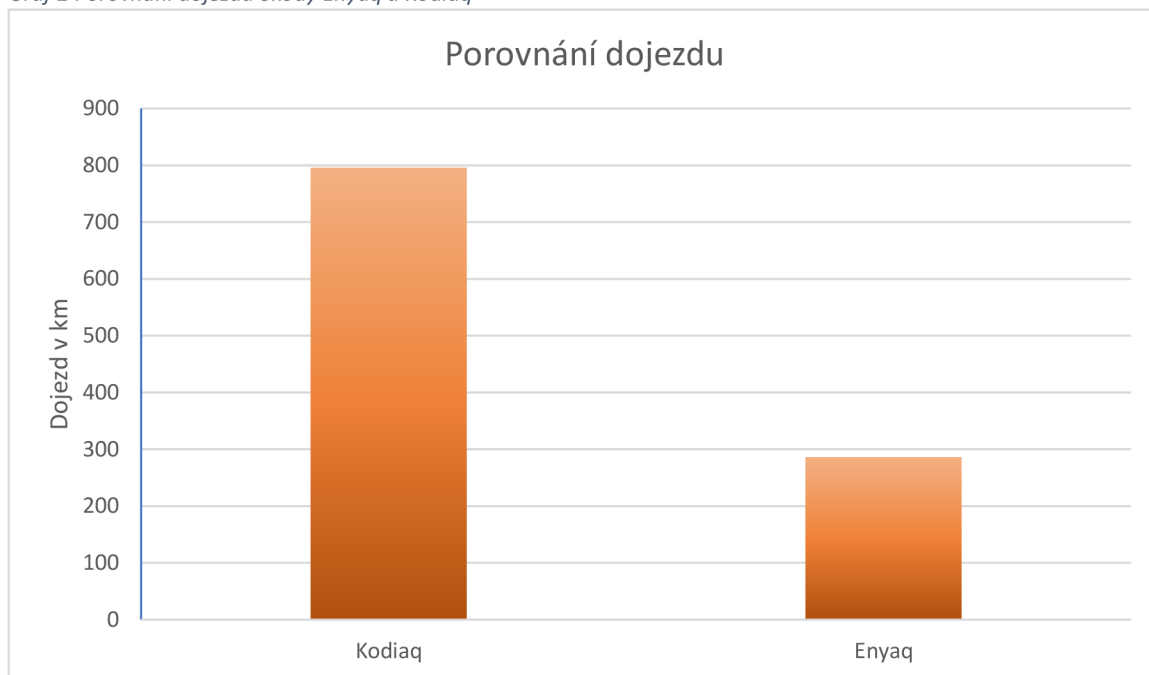
$$\frac{\text{Objem nádrže}}{\text{Změřená spotřeba na 100 km}} \times 100 \text{ km} = \frac{58}{7,3} \times 100 = 794,5 = 795 \text{ km}$$

*Výpočet dojezdu Škody Enyaq*

$$\frac{\text{Kapacita baterie}}{\text{Změřená spotřeba na 100 km}} \times 100 \text{ km} = \frac{78}{27,3} \times 100 = 285,71 = 286 \text{ km}$$



Graf 2 Porovnání dojezdu Škody Enyaq a Kodiaq



Zdroj: vlastní zpracování

Náklady na nabití elektromobilu se liší podle ceny elektřiny a podle způsobu nabíjení elektromobilu. Náklady jsou rozdílné, pokud se automobil nabíjí na domácí nebo veřejné přípojce, u veřejných stanic se cena odlišuje i pro různé rychlosti nabíjení. Pro porovnání, pokud by měl majitel elektromobilu možnost nabíjet doma, náklady na nabíjení by byly nižší. Při ceně 6,05 Kč za kWh (zastropovaná cena elektřiny z února 2023) by plné nabití 78 kWh baterie stálo 471,9 Kč. Pro odjetí celé uvažované trasy by bylo potřeba cestou nabíjet na veřejné rychlonabíjecí stanici. Pro dojetí v zimních měsících s určitou rezervou počítáme nabití na dodatečných 100 km dojezdu. Pro tento příklad využijeme nabíjecí stanici společnosti ČEZ a DC nabíjení v hodnotě 15 Kč za kWh. Na 100 km dojezdu s průměrnou spotřebou 27,3 kWh/100 km by nabíjení stálo 409,5 Kč. Sečtením těchto dvou hodnot vychází náklady na tuto 300 km dlouhou cestu v elektromobilu na 881,4 Kč. Cesta Škodou Kodiaq s naftovým motorem se spotřebou 7,3 l/100 km a cenou paliva 37,7 Kč/l vychází na 825,63 Kč. Celkové náklady na celou cestu Enyaqu a Kodiaqu jsou znázorněné v následujícím grafu.

*Náklady na nabíjení doma*

$$\text{Kapacita baterie} \times \text{cena za kWh} = 78 \times 6,05 = 471,9 \text{ Kč}$$

*Náklady na nabíjení u veřejné stanice na 100 km dojezdu*

$$\text{Změřená spotřeba na 100 km} \times \text{cena za kWh} = 27,3 \times 15 = 409,5 \text{ Kč}$$

*Celkové náklady Enyaq*

*Náklady nabíjení doma + Náklady na veřejné nabíjení = 471,9 + 409,5 = 881,4 Kč*

*Náklady Škody Kodiaq*

*Spotřeba na 100 km x počet 100 km x cena paliva = 7,3 x 3 x 37,7 = 825,63 Kč*

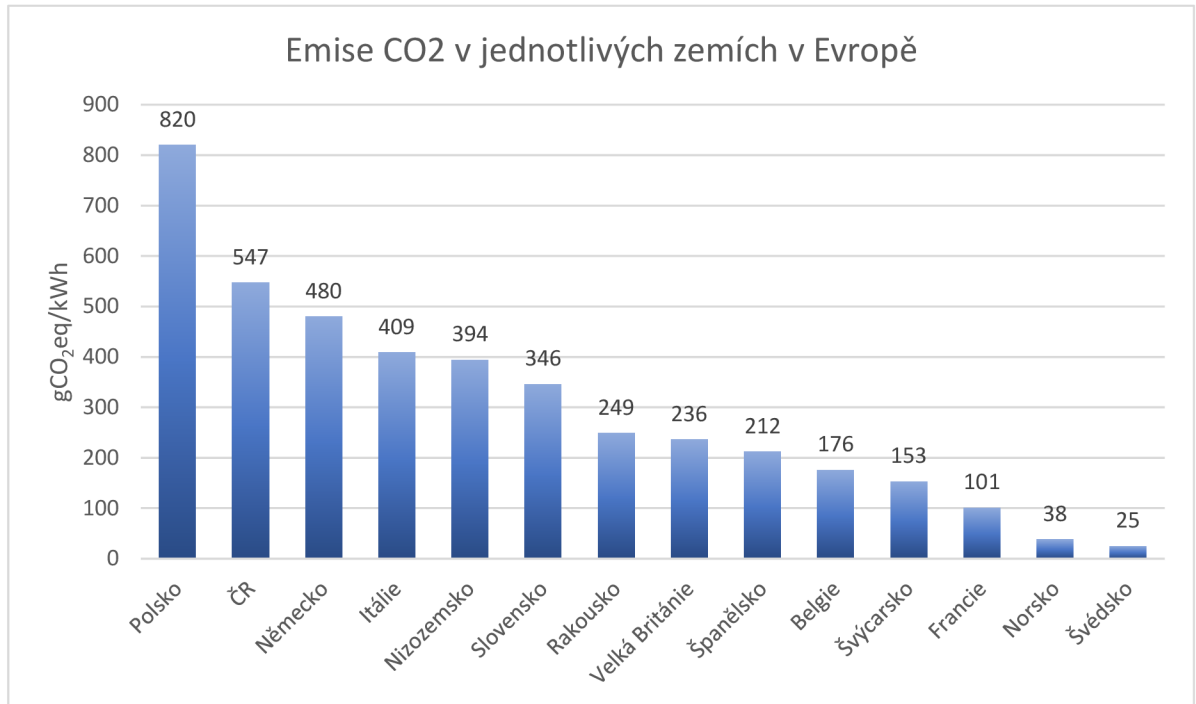
*Graf 3 Celkové náklady na 300 km dlouhou cestu*



*Zdroj: vlastní zpracování*

Uhlíková intenzita v České republice byla v roce 2022 547 gCO<sub>2</sub>eq/kWh. Německo je na tom ve srovnání s ČR mírně lépe, na 1 kWh se zde vyprodukovalo za stejné období 480 gCO<sub>2</sub>eq/kWh. Mnohem lépe je na tom s vypuštěnými emisemi například Francie, která díky velkému počtu jaderných elektráren vyprodukovala v roce 2022 pouze 101 gCO<sub>2</sub>eq/kWh. Provoz elektromobilu z hlediska množství vypuštěného CO<sub>2</sub> je tak mnohem ekologičtější v zemích s produkcí energie z obnovitelných a jaderných zdrojů. Důležitá pro snížení celkových emisí proto není pouze elektrifikace automobilů, ale také investice do ekologičtějších zdrojů energií. V následujícím grafu jsou pro porovnání zobrazeny hodnoty vyprodukovaných emisí vzniklých při výrobě elektřiny v jednotlivých evropských zemích. [56]

Graf 4 Emise vyprodukované na 1 kWh v Evropě (gCO<sub>2</sub>eq/kWh)



Vlastní zpracování; Zdroj dat: <https://app.electricitymaps.com/zone/NO-NO3>

Pro ukázkový příklad můžeme využít výše zmíněné automobily Škoda Enyaq a Škoda Kodiaq. V tomto porovnání jsou započteny pouze emise vyprodukované při provozu těchto vozidel, u elektromobilu se jedná o průměrné emise vyprodukované na území České republiky pro získání 1 kWh elektrické energie. V případě naftového vozu Škoda Kodiaq s tabulkovou kombinovanou spotřebou 7 litrů nafty na 100 km a emisemi CO<sub>2</sub> 183 g/km došlo k vyprodukování 18 300 gCO<sub>2</sub>/100 km. Škoda Enyaq s tabulkovou spotřebou elektrické energie 18,7 kWh/100 km vyprodukuje v České republice 10 228,9 gCO<sub>2</sub>/100 km. Toto porovnání hovoří jasně v prospěch elektromobilu, ale je důležité zdůraznit, že i přes nulové emise, které produkuje elektromobil lokálně, dochází k produkci více než poloviny emisí CO<sub>2</sub> ekvivalentního naftového vozu. Emise produkované při výrobě nejsou do tohoto porovnání započítány. Ale vzhledem k náročnosti výroby baterií jsou vyšší emise vyprodukované při výrobě elektromobilů při srovnání s výrobou automobilu se spalovacím motorem. Pro srovnání ve Francii s výrazně nižšími vyprodukovanými emisemi na kWh je ekvivalent produkce emisí 1 888,7 gCO<sub>2</sub>/100 km. [57]

*Škoda Kodiaq vyprodukované emise*

$$Emise CO_2 \text{ na km} \times 100 \text{ km} = 183 \times 100 = 18\,300 \text{ gCO}_2/100 \text{ km}$$

*Spotřeba na 100 km x Emise CO<sub>2</sub> na kWh v ČR = 18,7 x 547 = 10 228,9 gCO<sub>2</sub>/100 km*

Evropská unie a další vlády jednotlivých států by měly dát do budoucna prostor většímu množství alternativních pohonů a nesoustředit se čistě na bateriové elektromobily. Pokud se budeme spoléhat na revoluci ve vlastnostech baterií která nepřijde, nebudeme mít v takové situaci připravenou náhradu pro pohon nejen osobních automobilů. Z hlediska lepší strategie a minimalizace rizika je proto důležité diverzifikovat podporu alternativním pohonům na více možností mezi které se řadí především vodíkové palivové články a syntetická paliva. Baterie pro elektromobily zatím nejsou tak technicky vyspělé, aby se tato auta stala konkurenceschopnými ve srovnání s automobily se spalovacím motorem. Pro větší rozšíření elektromobility je problém také nedostatečná infrastruktura nejen veřejná ale i domácí, vysoké pořizovací náklady a krátký dojezd, který limituje posádku vozu nejen při cestě do zahraničí, ale může být problémem i při cestování po republice.

## 6 Závěr

Cílem práce bylo porovnání automobilů se spalovacím motorem a elektromobilů. Dále zasadit do historického kontextu technologií elektromobilů, nastínit legislativní, technické a ekonomické překážky a výhody, názorně rozdělit a vysvětlit jednotlivé kategorie elektrických pohonů a praktické porovnání a vyhodnocení provozu těchto vozidel.

Elektromobily se velmi rozšířily již na začátku automobilismu. Jako alternativa k vozům se spalovacím motorem sloužily již na začátku 20. století. Počet elektřinou poháněných vozů v posledních letech opět roste, a to především z důvodu politické snahy o snížení emisí produkováných v dopravě. Elektromobilita je proto politiky zvýhodňována, a to především ekonomicky. Infrastruktura pro provoz velkého množství elektromobilů je však stále nedostatečná.

Náklady na pořízení elektromobilu se v podstatě výrazněji nemění. Nižších cen elektromobilů je dosaženo zmenšením baterie i samotného vozidla. Výrazné zlevnění elektromobilů se v blízké budoucnosti neočekává. V důsledku zvýšené poptávky po vzácných surovinách potřebných pro výrobu baterií se očekává možná stagnace, vyloučený není ani nárůst cen baterií. Ceny nabíjení v posledních letech taktéž výrazně vzrostly. Náklady na kilometr na delší trase, při které je nutné nabíjet mimo domov, se vyrovnávají nákladům na kilometr automobilu se spalovacím motorem. Náklady za rychlonabíjení dokonce překračují náklady za jízdu po stejné trase klasickým automobilem se spalovacím motorem. V současné době tak provoz elektromobilu není až tak ekonomicky výhodný.

Využití baterie jako zdroje energie je u vozidel stále problematické z hlediska výroby, provozu a také recyklace. Technologie baterií stále ještě nedosáhla bodu očekávané revoluce, kdy baterie budou levné a velkokapacitní. V současné době nejsou dostatečné kapacity na výrobu baterií a ani těžbu dostatečného množství materiálů pro baterie. Malé těžební kapacity mohou v budoucnu na trhu způsobit cenový šok podobně jako se tomu stalo v posledních letech u cen elektřiny. Dalším problémem jsou energetické mixy jednotlivých zemí. Států vyrábějících elektřinu z obnovitelných zdrojů je stále velmi malé množství, a proto by se ve většině případů nárůstu počtu elektromobilů jednalo pouze o přesunutí zdroje emisí ze silnic do elektráren. Baterie také stále nemají požadovanou kapacitu a nedisponují technologií rychlejšího nabíjení.

## 7 Bibliografie

1. **Hromádko, Jan.** *Speciální spalovací motory a alternativní pohony*. Praha : Grada Publishing, 2012.
2. **Dusil, Tomáš.** Nový homologační emisní test WLTP: Opravdu znamená konec lhaní? *auto.cz*. [Online] 4. Říjen 2017. [Citace: 5. Leden 2023.] <https://www.auto.cz/novy-homologacni-emisni-test-wltp-opravdu-znamená-konec-lhani-110305>.
3. **CO2 emissions rise to highest average since 2014, as the shift from diesel to gasoline continues.** *Jato*. [Online] 4. Březen 2019. [Citace: 4. Prosinec 2022.] <https://www.jato.com/co2-emissions-rise-to-highest-average-since-2014-as-the-shift-from-diesel-to-gasoline-continues/>.
4. **Některé důsledky hromadného rozšíření elektromobilů pro ČR.** Ing. Josef Morkus, CSc. a prof. Ing. Jan Macek, DrSc., FEng. 11, Praha : Informační centrum ČKAIT, 2019. 1802-2030.
5. **ČTK. Ministr dopravy: Pro Česko je nová emisní norma Euro 7 nepřijatelná!** *auto.cz*. [Online] 10. Únor 2023. [Citace: 11. Únor 2023.] <https://www.auto.cz/ministr-dopravy-pro-cesko-je-nova-emisni-norma-euro-7-neprijatelna-147590>.
6. **Mára, Ondřej.** Proč Euro 7 ohrožuje malá auta? Růst cen nejspíš nebude jen mírný. *auto.cz*. [Online] 6. Prosinec 2022. [Citace: 15. Leden 2023.] <https://www.auto.cz/proc-euro-7-ohrozuje-mala-auta-rust-cen-nejspis-nebude-jen-mirny-146799>.
7. **Josie, Workman a Felipe, Munoz.** New car CO2 emissions hit the highest average in Europe since 2014. *JATO*. [Online] 3. Březen 2020. [Citace: 16. Listopad 2022.] <https://www.jato.com/new-car-co2-emissions-hit-the-highest-average-in-europe-since-2014/>.
8. **Mgr. Mráček, Michael.** Aktuální problémy měření a uvádění spotřeby a emisí u osobních vozidel. *epravo.cz*. [Online] 28. Červen 2018. [Citace: 12. Prosinec 2022.] <https://www.epravo.cz/top/clanky/aktualni-problemy-mereni-a-uvadeni-spotreby-a-emisi-u-osobnich-vozidel-107754.html>.

9. Bejblík, Jan. Elektrické pohony automobilů. [Online] 2016/2017. [Citace: 23. Listopad 2022.] <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/73030/F2-BP-2017-Bejblík-Jan-bakalarska%20prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
10. Národní energetický mix. *okte*. [Online] [Citace: 5. Únor 2023.] <https://www.okte.sk/sk/zaruky-povodu/statistiky/narodny-energeticky-mix/>.
11. Distribution of electricity generation in Austria in 2021, by source. *statista*. [Online] Statista Research Department, 25. Leden 2023. [Citace: 29. Leden 2023.] <https://www.statista.com/statistics/1234896/austria-distribution-of-electricity-production-by-source/>.
12. Deml, Jakub. Podpora elektromobility: Na co lákají u nás i jinde v Evropě. *garáž.cz*. [Online] 13. Duben 2019. [Citace: 19. Leden 2023.] <https://www.garaz.cz/clanek/podpora-elektromobility-na-co-lakaji-u-nas-i-jinde-v-evrope-21001531>.
13. Klesty, Victoria. Electric cars hit 65% of Norway sales as Tesla grabs overall pole. *Reuters*. [Online] 6. Leden 2022. [Citace: 22. Září 2022.] <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/electric-cars-take-two-thirds-norway-car-market-led-by-tesla-2022-01-03/>.
14. Vobořil, David. Německo: Snížení štedré podpory na nákup elektromobilů se projevilo v prodeích. *Oenergetice.cz*. [Online] 12. Únor 2023. [Citace: 15. Únor 2023.] <https://oenergetice.cz/elektromobilita/nemecko-snizeni-stedre-podpory-na-nakup-elektromobilu-se-projevilo-v-prodejich>.
15. Ekologické zóny Německo. *Ekologická známka*. [Online] [Citace: 15. Únor 2023.] <https://www.ekologickaznamka.cz/ekologicke-zony-nemecko/>.
16. ČTK. Každých 60 kilometrů nabíječka. Evropský parlament schválil novou legislativu pro alternativní paliva. [Online] 20. Říjen 2022. [Citace: 12. Listopad 2022.] <https://zdopravy.cz/kazdych-60-kilometru-nabijecka-evropsky-parlament-schvalil-novou-legislativu-pro-alternativni-paliva-129939/>.
17. Manthey, Nora. Audi High Power Charging Hub now live in Nuremberg. *Electrive*. [Online] 20. Prosinec 2021. [Citace: 1. Únor 2023.]

<https://www.electrive.com/2021/12/20/audi-high-power-charging-hub-now-live-in-nuremberg/>.

18. Dobeš, Vojtěch. Nejrychlejší nabíjení elektromobilů je drahé. No a co? *Peníze*. [Online] 20. Únor 2020. [Citace: 6. Listopad 2022.] [https://www.penize.cz/doprava/412874-nejrychlejsi-nabijeni-elektromobilu-je-drahe-no-a-co#element\\_84\\_8643](https://www.penize.cz/doprava/412874-nejrychlejsi-nabijeni-elektromobilu-je-drahe-no-a-co#element_84_8643).

19. Diviš, Tomáš. Analýza důsledků elektrifikace pohonu osobních automobilů s benzínovým motorem. [Online] 2018. [Citace: 7. Listopad 2022.] [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/79921/F2-BP-2018-Divis-Tomas-BP\\_Divis\\_2018.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/79921/F2-BP-2018-Divis-Tomas-BP_Divis_2018.pdf?sequence=-1&isAllowed=y).

20. Březinová, Jana. Distribuční sazba D27d: Ideální při nabíjení elektromobilu. *Elektrina*. [Online] 2. Září 2020. [Citace: 16. Říjen 2022.] <https://www.elektrina.cz/distribucni-sazba-d27d-idealni-pri-nabijeni-elektromobilu>.

21. Šurkala, Milan. Zeekr 009 přijíždí až se 140kWh akumulátorem Qilin a 822km dojezdem. *Svět hardware*. [Online] 5. Listopad 2022. [Citace: 2. Prosinec 2022.] [https://www.svethardware.cz/zeekr-009-prijizdi-az-se-140kwh-akumulatorem-qilin-a-822km-dojezdem/58571?utm\\_campaign=abtest203\\_personalizovany\\_layout\\_varCC&utm\\_medium=z-boxiku&utm\\_source=www.seznam.cz](https://www.svethardware.cz/zeekr-009-prijizdi-az-se-140kwh-akumulatorem-qilin-a-822km-dojezdem/58571?utm_campaign=abtest203_personalizovany_layout_varCC&utm_medium=z-boxiku&utm_source=www.seznam.cz).

22. Kilián, Karel. Elektrické formule v příští sezóně vyzkoušejí během závodů rychlé nabíjení. Na doplnění energie budou mít 30 sekund. *VTM Živě.cz*. [Online] 23. Listopad 2022. [Citace: 24. Listopad 2022.] <https://vtm.zive.cz/clanky/elektricke-formule-v-pristi-sezone-vyzkouseji-behem-zavodu-rychle-nabijeni-na-doplneni-energie-budou-mit-30-sekund/sc-870-a-219489/default.aspx>.

23. ČTK. Do roku 2030 až milion dobíjecích stanic. Německá vláda schválila plán na zvýšení elektromobility. *Forbes*. [Online] 19. Říjen 2022. [Citace: 26. Říjen 2022.] <https://forbes.cz/do-roku-2030-az-milion-dobijecich-stanic-nemecka-vlada-schvalila-plan-na-zvyseni-elektromobility/>.

24. Fronová, Gabriela. Prodej elektromobilů roste už i v Česku. Bude ještě potřeba finanční podpora Evropské unie? *Forbes*. [Online] 10. Listopad 2022. [Citace: 17. Listopad



2022.] <https://forbes.cz/prodej-elektromobilu-roste-uz-i-v-cesku-bude-jeste-potreba-financni-podpora-evropske-unie/>.

25. Srp, Pavel. Zákaz spalovacích motorů oznámilo už 31 zemí světa. Které to jsou? *auto-mania.cz*. [Online] 9. Leden 2021. [Citace: 18. Leden 2023.] <https://auto-mania.cz/zakaz-spalovacich-motoru-oznamilo-uz-31-zemi-sveta-ktere-to-jsou/>.

26. Autocar. Analysis: Fears of EV material shortage. *Autocar*. [Online] 14. Leden 2021. [Citace: 3. Prosinec 2022.] <https://www.autocar.co.uk/car-news/industry-news-environment-and-energy/analysis-fears-ev-material-shortage>.

27. *Rozvoj elektromobility závisí na dostupnosti a cenách vybraných kovů a vzácných zemin*. 10/2022, Praha : Informační centrum ČKAIT, 2022. 1802-2030.

28. Crabtree, George. The coming electric vehicle transformation. *Science*. [Online] 25. Říjen 2019. [Citace: 1. Listopad 2022.] <https://science-sciencemag-org.infozdroje.czu.cz/content/366/6464/422>.

29. Ambrose, Hanjiro a O’Dea, Jimmy. Electric Vehicle Batteries. *Union of Concerned Scientists*. [Online] 11. Únor 2021. [Citace: 3. Listopad 2022.] <https://www.ucsusa.org/resources/ev-battery-recycling>.

30. Sun, Peiyi. A Review of Battery Fires in Electric Vehicles. *ResearchGate*. [Online] Leden 2020. [Citace: 2. Listopad 2022.] [https://www.researchgate.net/publication/338542510\\_A\\_Review\\_of\\_Battery\\_Fires\\_in\\_Elec](https://www.researchgate.net/publication/338542510_A_Review_of_Battery_Fires_in_Elec).

31. A fireman at Renault Group engineering. *Renault Group*. [Online] 15. Červenec 2021. [Citace: 12. Prosinec 2022.] <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/top-stories-2/a-fireman-at-renault-group-engineering/>.

32. Emergency plug enables safe working on and around e-cars for rescuers possible. *Emergency plug*. [Online] [Citace: 2. Prosinec 2022.] <https://emergency-plug.com/en/>.

33. Druhy elektromobilů – znáte je všechny? *Škoda-storyboard*. [Online] 21. Březen 2019. [Citace: 3. Listopad 2022.] <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>.

34. Passenger car registrations: -4.6% in 2022; +12.8% in December. *ACEA*. [Online] 18. Leden 2023. [Citace: 25. Leden 2023.] <https://www.acea.auto/pc-registrations/passenger-car-registrations-4-6-in-2022-12-8-in-december/>.

35. Fuel types of new cars: battery electric 12.1%, hybrid 22.6% and petrol 36.4% market share full-year 2022. *ACEA*. [Online] 1. Únor 2023. [Citace: 7. Únor 2023.] <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-12-1-hybrid-22-6-and-petrol-36-4-market-share-full-year-2022/>.

36. SUVs secure highest ever monthly market share in Europe, but demand remains weak in January. *Jato*. [Online] [Citace: 23. Únor 2023.] <https://www.jato.com/suvs-secure-highest-ever-monthly-market-share-in-europe-but-demand-remains-weak-in-january/>.

37. New passenger cars in the EU by emissions classes. *ACEA*. [Online] 1. Říjen 2022. [Citace: 5. Prosinec 2022.] <https://www.acea.auto/figure/new-passenger-cars-in-the-eu-by-emissions-classes/>.

38. Chesterton, Andrew. How many cars are there in the world? *urbanguide*. [Online] 20. Září 2018. [Citace: 17. Leden 2023.] <https://www.carsguide.com.au/car-advice/how-many-cars-are-there-in-the-world-70629>.

39. Electric Vehicle Outlook 2022. *BloombergNEF*. [Online] [Citace: 18. Leden 2023.] <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>.

40. Ing. Jungwirth, Tomáš. Přes rozsáhlé výzvy roku 2022 bylo v České republice vyrobeno celkem 1,25 mil. vozidel. *Sdružení automobilového průmyslu*. [Online] 18. Leden 2023. [Citace: 5. Únor 2023.] <https://autosap.cz/aktualita/pres-rozsahle-vyzvy-roku-2022-bylo-v-ceske-republice-vyrobeno-celkem-125-mil-vozidel/>.

41. Minksová, Barbora. Cebia SUMMARY 3/2022 - informace, statistiky a zajímavosti z oblasti prodeje ojetých vozidel. *cebia*. [Online] 20. Říjen 2022. [Citace: 20. Listopad 2022.] <https://www.cebia.cz/novinky/tiskove-zpravy/cebia-summary-3-2022-informace-statistiky-a-zajimavosti-z-oblasti-prodeje-ojetych-vozidel>.

42. Kanta, Anna. Tesla za cenu Oktávky v plné palbě. Muskova automobilka výrazně zlevnila. *e15*. [Online] 13. Leden 2023. [Citace: 16. Leden 2023.]

<https://www.e15.cz/byznys/tesla-za-cenu-oktavky-v-plne-palbe-muskova-automobilka-vyrazne-zlevnila-1396007>.

43. Smlouvy, ceník a opse. *Futurego ČEZ*. [Online] [Citace: 15. Leden 2023.] <https://www.futurego.cz/cs/smlouvy-cenik-a-opse>.

44. Pro řidiče. *EON drive*. [Online] [Citace: 17. Leden 2023.] <https://www.eon-drive.cz/pro-ridice/>.

45. Ceník dobíjení na Prepoint. *PRE mobilita*. [Online] [Citace: 17. Leden 2023.] <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/dobijeni-na-prepoint/chci-dobijet-na-prepoint/chci-dobijet-pravidelne/cenik-dobijeni/>.

46. *Čas na střídání?* Jeník, Martin. 1/2022, Praha : Czech News Center a.s., 2022. 0039-7016.

47. Zastropování cen energií. *ČEZ*. [Online] [Citace: 17. Leden 2023.] <https://www.cez.cz/cs/ceny>.

48. O’Dea, S. Lithium-ion battery pack costs worldwide between 2011 and 2030. *Statista*. [Online] 5. Leden 2023. [Citace: 17. Únor 2023.] <https://www.statista.com/statistics/883118/global-lithium-ion-battery-pack-costs/>.

49. Price distribution of electric cars compared to overall car market in the European Union, 2021-2022. *IEA*. [Online] 26. Říjen 2022. [Citace: 28. Prosinec 2022.] <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/price-distribution-of-electric-cars-compared-to-overall-car-market-in-the-european-union-2021-2022>.

50. Osaka, Shannon. Batteries are getting cheap. So why aren’t electric vehicles? *Grist.org*. [Online] 27. Duben 2022. [Citace: 28. Prosinec 2022.] <https://grist.org/article/batteries-are-getting-cheap-so-why-arent-electric-vehicles/>.

51. EV prices have been growing during the last 8 years. *JATO*. [Online] [Citace: 24. Únor 2023.] <https://www.jato.com/ev-prices-have-been-growing-during-the-last-8-years/>.

52. Veřejné dobíjecí stanice v ČR. *Čistá doprava*. [Online] [Citace: 6. Únor 2023.] <https://www.cistadoprava.cz/stanice-ceska-republika/>.

53. Síť dobíjecích stanic pro elektromobily se rozrůstá, další přibyla v Tuchoměřicích. *Ministerstvo dopravy*. [Online] 9. Červen 2022. [Citace: 6. Únor 2023.] <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Sit-dobijecich-stanic-pro-elektromobily-se-rozrust>.

54. Energostat. *Oenergetice*. [Online] [Citace: 13. Únor 2023.] <https://oenergetice.cz/energostat/power/generation-online/czech/2023-02-13/2023-02-13>.

55. Adam, Karel. Výroba a spotřeba elektrické energie v Jihomoravském kraji v roce 2021. *Český statistický úřad*. [Online] [Citace: 17. Leden 2023.] <https://www.czso.cz/csu/xb/vyroba-a-spotreba-elektricke-energie-v-jihomoravskem-kraji-v-roce-2021>.

56. *Electricity maps*. [Online] [Citace: 15. Březen 2023.] <https://app.electricitymaps.com/zone/DE>.

57. CO2 vs. CO2e: What's the difference? *klima*. [Online] 5. Červenec 2021. [Citace: 1. Březen 2023.] <https://klima.com/blog/CO2-vs-CO2e-what-is-the-difference/>.