

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra statistiky**



**Bakalářská práce**

**Elektromobilita a její očekávaný vývoj v České republice**

**Polina Pechurkina**

© 2021 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Polina Pechurkina

Hospodářská politika a správa  
Podnikání a administrativa

Název práce

**Elektromobilita a její očekávaný vývoj v České republice**

Název anglicky

**Electromobility and its expected development in Czech Republic**

---

### **Cíle práce**

Cílem práce je na základě analýza současného stavu elektromobility v České republice zhodnotit vývojové tendence vybraných ukazatelů. Následně sestavit prognózu budoucího vývoje elektromobility v České republice.

### **Metodika**

K hodnocení vývoje elektromobility budou vybrány metody analýzy časových řad. Tyto budou následně zvoleny i pro stanovení predikce dalšího vývoje.

## Doporučený rozsah práce

30-50

## Klíčová slova

Elektromobilita, elektrická energie, elektrický pohon, nabíjecí stanice, časové řady, hybrid, životní prostředí.

---

## Doporučené zdroje informací

ARLT, Josef, ARLTOVA, Markéta. Ekonomické časové řady: [vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace]. Praha: Grada, 2007. 285 s. ISBN 978-80-247-1319-9

EHSANI, Mehrdad. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: fundamentals, theory, and design. Boca Raton : CRC Press LLC, 2005. ISBN 0-8493-3154-4.

HENDERSON, Peter. Ecological Effects of Electricity Generation, Storage and Use. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI, 2018. 231 s. ISBN-13: 978 1 78639 202 2.

KÁBA, Bohumil, SVATOŠOVÁ, Libuše. Statistické metody II. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 105 s. ISBN 978-80-213-1736-0

WESTBROOK, Michael Hereward. The Electric Car: Development and Future of Battery, Hybrid and Fuel-cell Cars. Cambridge: University Press, 2005. ISBN 0-85296-013-1.

---

## Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Andrea Jindrová, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra statistiky

Elektronicky schváleno dne 2. 10. 2020

**prof. Ing. Libuše Svatošová, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2020

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Elektromobilita a její očekávaný vývoj v České republice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.03.2021

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí bakalářské práce paní Ing. Andree Jindrové, Ph.D. za její pomoc a cenné rady, za konzultace a čas, které mi v průběhu zpracování práce poskytla.

# Elektromobilita a její očekávaný vývoj v České republice

## Abstrakt

Předložená bakalářská práce se zabývala sledováním struktury a vývoje elektromobility a s ní související infrastruktury v České republice v letech 2012 – 2020. Kromě toho zabývala se predikci dynamiky vývoje elektromobility v letech 2021 a 2022.

Teoretická část práce byla zaměřená na obecnou informaci o automobilech s pohony na alternativní paliva, zejména o elektromobilech a hybridech, na jejich historický vývoj ve světě a v České republice. Následně byl v této části vysvětlen pojem „elektromobil“, jenž znamená vozidlo, poháněné výlučně elektrickou energií, resp. elektromotorem. Dále byly popsány ukazatele související s vývojem elektromobility, a to státní podpory, dobíjecí infrastruktura a ekologické účinky.

V praktické části práce jsme se zabývaly statistickou analýzou vybraných ukazatelů, a to – počtem automobilů s pohony na alternativní paliva, počtem elektromobilů a hybridů, vývojem počtu dobíjecích stanic i nabíjecích bodů. Ke zpracování a vyhodnocení časových řad byla použita data z Ministerstva dopravy, Svazu dovozců automobilů, Asociace elektromobilového průmyslu a European Alternative Fuels Observatory.

Z analýzy dat vyplývá, že elektromobilita měla po celé sledované období rostoucí tendenci. Na základě výpočtu trendových funkcí a průměrného koeficientu růstu byla z dostupných dat vypočtena predikce vývoje elektromobility v České republice v letech 2021 a 2022. Podle odhadu na této období bude elektromobilita i nadále prudce rozvíjet v České republice.

**Klíčová slova:** Elektromobilita, elektrická energie, elektrický pohon, nabíjecí stanice, časové řady, hybrid, životní prostředí

# **Electromobility and its expected development in Czech Republic**

## **Abstract**

The presented bachelor's thesis was focused on monitoring the structure and development of electromobility and related infrastructure in the Czech Republic from 2012 to 2020. In addition, dealt with the prediction of the dynamics of the development of electromobility in 2021 and 2022.

The theoretical part of the work contains general information about cars powered by alternative fuels, especially electric cars and hybrids, their historical development in the world, and the Czech Republic. Subsequently, the term "electric car" was explained in this section, which means a vehicle powered exclusively by electricity, respectively electric motor. Furthermore, in this part of the work were described indicators related to the development of electromobility, specifically state aids, charging infrastructure, and environmental effects.

In the practical part of the work, we dealt with the statistical analysis of selected indicators, particularly - the number of cars powered by alternative fuels, the number of electric cars and hybrids, the development of the number of charging stations and charging points. Data from the Ministry of Transport, the Association of Car Importers, the Electric Vehicle Industry Association, and the European Alternative Fuels Observatory were used to process and evaluate time series.

The analysis of the data shows that electromobility had growing trend throughout the monitoring period. Based on the calculation of trend functions and the average growth coefficient, was calculated a prediction of the development of electromobility in the Czech Republic in 2021 and 2022. According to estimates for this period, electromobility will continue to develop rapidly in the Czech Republic.

**Keywords:** Electromobility, electric energy, electric drive, charging station, time series, hybrid, environment

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Úvod.....</b>                                   | <b>10</b> |
| <b>2 Cíl práce a metodika .....</b>                  | <b>11</b> |
| 2.1 Cíl práce .....                                  | 11        |
| 2.2 Metodika práce.....                              | 11        |
| 2.2.1 Časová řada.....                               | 12        |
| 2.2.2 Charakteristika časových řad .....             | 12        |
| 2.2.3 Elementární charakteristiky časových řad ..... | 13        |
| 2.2.4 Modely časových řad .....                      | 14        |
| 2.2.5 Vyrovnání časových řad .....                   | 14        |
| 2.2.6 Klasické modely trendu .....                   | 15        |
| 2.2.7 Volba vhodného modelu trendu.....              | 15        |
| <b>3 Teoretická část.....</b>                        | <b>17</b> |
| 3.1 Historie elektromobilů .....                     | 17        |
| 3.1.1 Vývoj elektromobilů v České republice .....    | 18        |
| 3.1.2 Historie hybridních automobilů .....           | 18        |
| 3.2 Elektrická vozidla.....                          | 19        |
| 3.3 Hybridní automobily .....                        | 20        |
| 3.4 Automobily s pohony na alternativní paliva ..... | 20        |
| 3.5 Nabíjecí infrastruktura .....                    | 21        |
| 3.5.1 Veřejné dobíjecí body .....                    | 23        |
| 3.6 Státní podpora elektromobility.....              | 24        |
| 3.6.1 Státní podpory v České republice .....         | 24        |
| 3.7 Přednosti a nevýhody elektromobilů.....          | 25        |
| 3.8 Vliv elektromobilů na životní prostředí .....    | 25        |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>4 Praktická část .....</b>                                       | <b>28</b> |
| 4.1 Počet automobilů s pohony na alternativní paliva .....          | 28        |
| 4.2 Počet elektromobilů v České republice .....                     | 31        |
| 4.3 Registrace nových vozidel s pohony na alternativní paliva ..... | 33        |
| 4.4 Registrace nových hybridů v České republice .....               | 35        |
| 4.5 Nabíjecí stanice .....  | 37        |
| 4.6 Veřejné dobíjecí body .....                                     | 39        |
| 4.6.1 Dobíjecí body se střídavým a stejnosměrným proudem .....      | 41        |
| <b>5 Závěr.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>6 Seznam použitých zdrojů .....</b>                              | <b>47</b> |
| <b>7 Seznam tabulek .....</b>                                       | <b>51</b> |
| <b>8 Seznam grafů .....</b>   | <b>51</b> |

# 1 Úvod

Předložená bakalářská práce se zabývá vymezením a shrnutím informací o dynamice růstu a tendenci vývoje elektromobility v České republice v letech 2012 – 2020. Dále se zabývá odhadem budoucí dynamiky vývoje elektromobility a s ní spojené infrastruktury.

V průběhu posledních sta let bylo lidstvo zvyklé používat pro dopravu vozidla závislá na pohonných hmotách. Spalování fosilních paliv s sebou ale přináší řadu nebezpečí, jako je například zhoršení životního prostředí. Pro zvládnutí tohoto a dalších problémů začalo lidstvo přemýšlet o využívání ekologičtějších zdrojů energie v dopravě, z nichž nejčistější je v dnešní době elektrická energie, i když nejsou všechny metody těžby elektrické energie dostatečně ekologické. Od doby, kdy se elektřina poprvé začala používat, se její vývoj značně inovoval. Například transportování elektřiny na velké vzdálenosti se stalo realitou, díky tomu se zvýšila efektivita elektřiny, byla zefektivněna také její výroba a nejdůležitější je to, že jsme se naučili ji vyrábět z čistých zdrojů energie.

Objevením čistých zdrojů energie došlo také na nápad konstrukce ekologických automobilů, což jsou vozidla s elektrickým motorem. Vzhledem k rostoucímu zájmu o takové automobily je důležité poznat jejich vývoj a odhadnout další tendenci.

Hlavním důvodem rozvoje elektromobility jsou nulové lokální emise při dopravě, však se často neříká, že při výrobě elektrických vozidel a elektrické energie mohou být emise oxidu uhličitého srovnatelné s automobilem se spalovacím motorem. Nicméně použití elektrických vozidel by mohlo vést k vyčištění městských zón. V důsledku používání elektrických vozidel by se měla také snížit spotřeba ropy, jež je používána i v mnoha jiných odvětvích. Je to velice důležitá surovina, jejíž zásoby mohou brzy dojít a jež se v následujících letech může stát nedostatkovým zbožím. Dalšími výhodami elektromobilů oproti klasickým automobilům jsou také nižší náklady spojené s nabíjením a obsluhou. Avšak pořizovací cena elektromobilu je často zjevně vyšší než obdobného vozidla se spalovacím motorem, nicméně automobilky plánují v nejbližších 10 letech učinit elektromobily dostupnějšími než automobily.

## 2 Cíl práce a metodika

V této části práce bude vymezen cíl práce a metodika, která byla k dosažení cíle zvolena.

### 2.1 Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce je na základě vybraných ukazatelů prozkoumat současný stav a dynamiku vývoje elektromobility v České republice v letech 2012 – 2020. Na základě provedených analýz bude sestavena prognóza budoucího vývoje elektromobility v České republice.

#### Dílčí cíle práce:

1. Shromáždit data ukazatelů, na jejichž základě bude charakterizována tendence vývoje elektromobility v České republice za období 2012 – 2020.
2. Prozkoumat dynamiku vývoje automobilů s pohony na alternativní paliva, dále podrobněji rozebrat vývoj elektromobilů a hybridů. Sledován bude také jak vývoj počtu dobíjecích stanic v České republice, tak i dobíjecích bodů. Dobíjecí body budou rozděleny podle dobíjecího proudu na dobíjení střídavým a stejnosměrným proudem.
3. Odhadnout vývoj elektromobility a s ní související nabíjecí infrastruktury v České republice v letech 2021–2022.

### 2.2 Metodika práce

V teoretické části práce bude popsána historie elektromobilů a hybridů, vymezeny budou základní charakteristiky elektromobilů, hybridů, automobilů s pohony na alternativní paliva a nabíjecích stanic. Teoretické poznatky budou čerpané z odborné literatury zaměřené na řešenou problematiku.

V praktické části budou zvoleny vhodné ukazatele a statistické metody pro charakteristiku vývoje elektromobility. Pro analýzu sledovaných ukazatelů bude použita analýza časových řad. Data budou čerpána z internetových stránek Ministerstva dopravy, European Alternative Fuels Observatory, Asociace elektromobilového průmyslu a Svazu dovozců Automobilů. Data budou zpracována pomocí programů IBM SPSS Statistics 26.

### 2.2.1 Časová řada

Časová řada je posloupnost hodnot sledovaného ukazatele, jenž je jednoznačně seřazena v čase. Jednotlivé hodnoty budeme označovat  $y_t$ , kde  $t$  je časový index, který nabývá hodnot od 1 do  $n$ , tj.  $t = 1, 2, \dots, n$  (Svatošová a Kába, 2008, s. 38).

### 2.2.2 Charakteristika časových řad

Časové řady jsme schopni klasifikovat podle různých hledisek. Například lze je členit podle charakteru ukazatele na:

#### Intervalové a okamžikové časové řady

Intervalové časové řady a okamžikové časové řady můžeme rozlišovat podle rozhodného časového hlediska. Velikost sledovaného ukazatele intervalové časové řady je závislá na délce sledovaného období. Aby nedocházelo ke zkreslení, musejí být délky intervalů stejné. Ukazatele okamžikové časové řady se vztahují ke konkrétnímu momentu. Příslušný ukazatel vymezuje, kolik jevů existuje v daném časovém okamžiku, z nichž nejběžnější je den, například poslední, nebo první den v měsíci (Arlt, 2007, s. 11-12; Svatošová a Kába, 2008, s. 38, Hindls a další, 2002, s. 344-345).

#### Krátkodobé, dlouhodobé a vysokofrekvenční časové řady

Časové řady můžeme dělit podle periodicity na krátkodobé, dlouhodobé a vysokofrekvenční. Jestliže je periodičita kratší jednoho roku, jedná se o krátkodobou časovou řadu. U dlouhodobé časové řady musí být periodičita nejméně jeden rok. U vysokofrekvenčních časových řad jsou hodnoty sledovány ve velice krátkých úsecích (méně než jeden týden) (Arlt, 2007, s. 11-12).

#### Primární a sekundární časové řady

Primární a sekundární časové řady můžeme rozdělovat podle charakteru sledovaných ukazatelů. Ukazatele, jež můžeme určit přímo, nazýváme primární. U nich můžeme jednoznačně určit typ statistické jednotky i znaku, a jejich charakteristiky. Sekundární ukazatele nelze určit přímo, ale například pomocí definice funkce různých hodnot

primárního ukazatele, pomocí definice funkce dvou a více primárních ukazatelů, pomocí definice funkce různých primárních ukazatelů (Hindls a další, 2002, s. 249-250).

### 2.2.3 Elementární charakteristiky časových řad

Hlavním úkolem analýzy časových řad je získání orientační představy o charakteru procesu, který tato řada představuje. Pomocí absolutních charakteristik můžeme porovnávat hodnoty jednotlivých členů časové řady.

Ve vzorci č. 2.1 **první diference**  $dy_t$  představuje rozdíly sousedních pozorování řady neboli porovnávání hodnoty aktuální  $y_t$  s hodnotou minulého období  $y_{t-1}$ .

$$dy_t = y_t - y_{t-1}, \quad t = 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

**Koeficient růstu** vyznačuje relativní postupnou rychlost změn hodnot v časové řadě. Pokud je vyjádřen v procentech, hovoříme o tempu růstu. Ve vzorci č. 2.2 udává koeficient růstu  $k_t$  podíl aktuální  $y_t$  a předešlé hodnoty  $y_{t-1}$ .

$$k_t = \frac{y_t}{y_{t-1}}, \quad t = 2, 3, \dots, n \quad (2.2)$$

**Průměrný koeficient růstu**  $\bar{k}$  je definován jako geometrický průměr jednotlivých koeficientů. Průměrný koeficient růstu lze použít jenom u časových řad, jež vykazují monotónní průběh poklesu, či vzestupu.

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{k_2 k_3 \dots k_n} \quad (2.3)$$

Ve vzorci č. 2.3 představují hodnoty  $k_2, k_3, \dots, k_n$  vypočtené koeficienty růstu (Svatošová a Kába, 2008, s. 39).

## 2.2.4 Modely časových řad

Při analýze časových řad se nejčastěji předpokládá, že uvažovaná časová řada obsahuje tři komponenty:

- Trend ( $T_t$ ) – charakterizuje se dlouhodobou celkovou a hlavní tendencí vývoje časové řady.
- Periodická kolísání ( $P_t$ ) – je důsledkem působení periodicky se opakujících faktorů na sledovaný jev, projevuje se periodickým kolísáním ukazatelů časové řady okolo trendu. Podle délky jedné periody ji můžeme rozdělovat na:
  - Cyklické kolísání – udává periodu pravidelně se opakujících odchylek ukazatelů a přesahuje období delší než jeden rok;
  - Sezónní kolísání – představuje opakující se kolísání související se střídáním ročních období, jež ovlivňují spotřební zvyky a schopnosti produkce;
  - Krátkodobé kolísání – periodické výkyvy časové řady se opakují v rámci období kratšího než jeden rok.
- Náhodné kolísání ( $\varepsilon_t$ ) – vyvoláno působením vedlejších faktorů náhodného charakteru. Projevuje se malými, nepravidelnými nebo jednotlivými odchylkami faktorů časové řady, jež není možné předpovídat (Svatošová a Kába, 2008, s. 41; Arlt, 2007, s. 13-14; Hindls a další, 2002, s. 254-255).

Zahrnuje-li časová řada všechny tři výše zmíněné komponenty, hovoříme o periodické časové řadě, což představuje vzorec č. 2.4.

$$y_t = T_t + P_t + \varepsilon_t \quad (2.4)$$

## 2.2.5 Vyrovnání časových řad

Při vyrovnávání časových řad se nahrazují některé skutečné hodnoty hodnotami teoretickými, které jsou očištěné o náhodnou složku. Časovou řadu je nutné vyrovnat pro předpovídání dalšího vývoje. Vyrovnání lze provádět mechanicky (pomocí klouzavých průměrů) či analyticky (pomocí analytických funkcí).

**Vyrovnávání pomocí klouzavých průměrů** se provádí tím způsobem, že naměřené hodnoty se nahradí průměry, jež se spočítají z naměřených hodnot. Při výpočtu se vždy postupuje o jeden údaj dopředu a poslední z již použitých údajů se vypustí.

**Analytické vyrovnání časových řad** spočívá v proložení dat vyrovnávací křivkou. Nejčastěji se využívá přímka, exponenciála či parabola a výběr křivky lze provést pomocí dynamického zkoumání hodnot sledovaného ukazatele (Svatošová a Kába, 2008, s. 42-44).

### 2.2.6 Klasické modely trendu

Pro analýzu vývoje neperiodických časových řad můžeme využít následující vyrovnávací křivky:

1. Lineární: 
$$T_t = a + bt \quad (2.5)$$

2. Kvadratická: 
$$T_t = a + bt + ct^2 \quad (2.6)$$

3. Exponenciální: 
$$T_t = ab^t \quad (2.7)$$

Ve vzorcích č. 2.5-2.7  $T_t$  udává závislou proměnnou,  $t$  je časová proměnná,  $a, b, c$  jsou parametry trendové funkce (Svatošová a Kába, 2008, s. 44).

### 2.2.7 Volba vhodného modelu trendu

Při volbě vhodného typu trendové funkce je velmi důležité správné vymezení kritérií. Podkladem by měla být věcně ekonomická kritéria. Díky věcné analýze dokážeme v některých případech zjistit, jestli je funkce rostoucí nebo klesající.

Při výběru správného typu trendové funkce bychom se měli opírat o rozbor empirických údajů. Mezi tyto metody patří index determinace.

#### Index determinace a korelace

Odhad strukturálních parametrů trendové funkce je velice důležitým, proto je nutné zvolit správnou trendovou funkci. Standardním a často počítaným ukazatelem je index determinace ( $I^2$ ):

$$I^2 = 1 - \frac{\sum(y_t - y'_t)^2}{\sum(y_t - \bar{y})^2} \quad (2.8)$$

Ve vzorci č. 2.8  $y_t$  představuje hodnoty sledované časové řady. Hodnota  $\bar{y}$  představuje aritmetický průměr hodnot sledované časové řady. Hodnota  $y'_t$  je vypočtená hodnota podle vhodného typu trendové funkce.

Dále se také může být použit index korelace označený jako  $I$ , jenž představuje druhou odmocninu indexu determinace. Index determinace může nabývat hodnot od nuly do jedné. Čím je hodnota indexu determinace bližší jedné, tím model lépe popisuje zkoumaný jev (Svatošová a Kába, 2008, s. 46-47; Hindls a další, 2002, s. 204-205).

### **Střední absolutní procentuální chyba MAPE**

MAPE je odvozená z angličtiny (Mean Absolute Percent Error) a překládá se jako střední absolutní procentuální chyba. Zde volíme ten model, který má nejnižší hodnoty. Do 5 % označujeme model jako kvalitní, od 5 % do 10 % jako model optimální. V případě, že je hodnota MAPE vyšší než 10 % považujeme model za nedostatečně kvalitní. Proto se u této metody snažíme dosáhnout co nejnižších hodnot.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - y'_t|}{y_t} \quad (2.9)$$

Ve vzorci č. 2.9  $y_t$  představuje hodnoty sledované časové řady. Hodnota  $y'_t$  je vypočtená hodnota podle vhodného typu trendové funkce. Hodnota  $n$  představuje počet sledovaných hodnot časové řady (Svatošová a Kába, 2008, s. 48).



### 3 Teoretická část

Teoretická část předložené práce se věnuje historii elektromobilů a hybridů. Vysvětluje základní charakteristiky elektromobilů, hybridů, automobilů s pohony na alternativní paliva a nabíjecích stanic.

#### 3.1 Historie elektromobilů

Historie vývoje technických zařízení se často silně podobá vývoji živých bytostí. A stejně jako ve světě zvířat nebo rostlin dochází ke změně epoch, vítězství a smrti desítek a stovek druhů, které jsou nižší než nadřazenost nad jinými, dokonalejšími organismy, stejně tak historie technologie je bojem o život a smrt různých konceptů. Nové koncepty se rodí, vyvíjejí, dosahují vrcholu své technické úrovně a vytvářejí nové, dokonalejší nápady, nebo umírají. První elektrický vůz je velmi obtížné identifikovat. Mnoho vynálezců v devatenáctém století postavilo své vlastní modely, ale jejich výroba se stala poměrně masivní až na počátku dvacátého století, kdy se již vyvíjel a zdokonaloval spalovací motor – hlavní konkurent dnešních elektromotorů.

První zmínka o tom, že elektrický pohon pohání určitý model, pochází z roku 1828, kdy Maďar Anián Jedlík vytvořil malé auto s úplně první verzí elektromotoru. Takový motor samozřejmě nemohl pohnout skutečným autem, ale to byl první krok. V letech 1828 – 1839 vynalezl Skot Robert Anderson první elektrický vozík. Malé auto také navrhli a postavili profesor Sibrandus Stratingh z Holandska a jeho asistent Christopher Becker v roce 1835 (Chan, 2013, s. 207-208).

Pokročilejší modely elektromobilů byly vytvořeny kolem roku 1842 americkým kovářem Thomasem Davenportem a Robertem Andersonem. Inovace v těchto automobilech byla prvním praktickým využitím myšlenky nedobíjecích elektrických článků (Erjavec, 2013, s. 11-12).

Na přelomu století – v roce 1899 byl stanoven pozemní rychlostní rekord planety – silniční auto poprvé dosáhlo rychlosti 68 mil za hodinu (kolem 110 km za hodinu) (Fuhs, 2009, s. 2). Tento rekord vytvořil elektromobil La Jamais Contente postavený Belgičanem Camille Jenatzym (Vegr, 2009, s. 44; Ehsani, 2018, s. 11-12).

Vývoj elektrických vozidel dosáhl svého nejvyššího bodu na přelomu století. V té době měla elektrická auta oproti benzinovým mnoho výhod – jde o provozní náklady, absence

vibrací, hluku a zápachu (Husain, 2011, s. 11-12). Kromě toho je třeba mít na paměti, že řazení rychlostních stupňů u časně benzinových vozidel bylo docela obtížné, ale u jejich elektrických protějšků to nebylo nutné. Obecně nebyla u elektrických vozidel téměř nutná manuální práce, aby je bylo možné nastartovat, což byla samozřejmě jejich nepochybná výhoda (Chan, 2013, s. 208).

### **3.1.1 Vývoj elektromobilů v České republice**

První elektromobil v České republice vznikl v roce 1895 a byl sestrojen Františkem Křižíkem. Druhý sestrojený elektromobil byl poháněn dvěma elektromotory a také měl k dispozici benzinovou soupravu, která zabezpečila jeho vyšší dojezd (Pauly, 2007, s. 60-63).

Velký zájem o elektromobily způsobila ropná krize v roce 1973, ale nebyla jediným důvodem pro rozvoj automobilů s elektrickým pohonem. Důležitou roli v tom hraje nepříznivý vývoj životního prostředí zejména v centrech velkých měst (Fuhs, 2009, s. 21).

Z těchto důvodů se začaly některé organizace v České republice zabývat vývojem a výrobou elektromobilů. Ve spolupráci VUÉS (dříve Výzkumný ústav elektrických strojů) v Brně a brněnského Vysokého učení technického bylo vyrobeno několik osobních a dodávkových prototypů elektromobilů, které nyní můžeme vidět v muzeu. Ústav silniční a městské dopravy v Praze udělal přestavbu automobilu F127. Vůz byl využíván pro velké množství jízdních zkoušek, z nichž byla získána spousta cenných technických údajů. Dál štafetu vývoje elektromobilů převzali jednotlivci či malé skupiny, tzv. amatéři, kteří nemohli své znalosti ve svém zaměstnání uplatnit. Bylo to vždy s použitím vlastního volného času na úkor vlastní rodiny a materiálu pořízeného za vlastní peníze (Vegr, 2009, s. 44).

### **3.1.2 Historie hybridních automobilů**

První hybridní vůz postavil v roce 1900 ve Vídni v továrně Ludwiga Lohnera mladý mistr Ferdinand Porsche, původem z České republiky. V té době závod L. Lohnera vyráběl lokomotivy a v malém množství elektrické vozíky. Práce nad výrobou hybridního vozu byly zahájeny v roce 1898 a byly schváleny Lohnerem. Za poměrně krátkou dobu bylo vyrobeno více než 300 kopií, které se rychle vyprodaly (Mi, 2018, s. 7-10).

V roce 1968 byl vytvořen první plně hybridní pohonný systém používaný v dnešních moderních automobilech. Elektromechanický systém umožnil kombinovat mnohem menší

spalovací motor s elektromotorem, aniž by došlo ke ztrátě hlavního výkonu vozidla (Fuhs, 2009, s. 12-14).

V roce 1973 představila německá společnost Volkswagen veřejnosti svůj model Volkswagen Taxi Hybrid. V roce 1999 uvedla Honda na trh své první hybridní vozidlo s pohonem předních kol, Honda Insight. Dvoustupňový model Insight se stal významnou základnou pro vývoj hybridní silniční dopravy ve Spojených státech (Khajepour, 2014, s. 3, Vegr, 2009, s. 46-49).

V roce 1992 přišla Toyota s programem „Smlouva o pronájmu země“ a díky tomu byl v roce 1997 vyroben hybridní automobil Toyota Prius, jenž díky své velké popularitě se stal hlavním synonymem slova „hybrid“. Až doposud mnozí věří, že řada hybridních vozidel Toyota je ze všech nejúspěšnější. Celkem se prodalo přes milion kusů tohoto hybridního automobilu (Ehsani, 2018, s. 14; Khajepour, 2014, s. 3).

### **3.2 Elektrická vozidla**

Elektrické automobily jsou taková vozidla, která fungují výhradně na elektrické energii, k pohybu kol využívají elektrickou energii, pro fungování využívají akumulátor, který je zásobárnou elektrické energie, a k pohonu je využíván elektromotor (Emadi, 2015, s. 7-8). Elektrický pohon se používá u mnoha různých typů vozidel, včetně golfových vozíků, jízdních kol, vlaků a automobilů. Akumulátory jsou dobíjeny pomocí externích zdrojů elektrické energie, jimiž jsou elektrické nabíjecí stanice a dobíjecí body. Všechny elektronické systémy v elektromobilech jsou poháněny akumulátorem (Erjavec, 2013, s. 58; Husain, 2011, s. 3-4).

Elektromobily jsou tak ekologické díky tomu, že elektromotory produkují nulové lokální emise. Avšak elektrická vozidla nejsou tak ekologické, jako jsou představovaný. Pro celkovou analýzu jejich ekologičnosti musíme zkoumat celou „životní cestu“ elektromobilu. Například v důsledku neekologického procesu výroby samotného vozidla a elektrické energie vznikají poměrně vysoké emise (Denton, 2016, s. 1-2).

Výhodou elektromobilů je poměrně snadná údržba kvůli tomu, že mají méně detailů a cena jejich „tankování“ je nižší než u automobilů se spalovacím pohonem. Nejvýznamnějšími nevýhodami, které zatím brzdí zájem o elektrická vozidla, jsou dlouhá doba nabíjení, jež se pohybuje od 15 minut do 10 hodin, a nedostatek rozvinuté infrastruktury. Avšak uživatelé elektromobilů mají možnost dobít své auto například přes

noc v garáži. Za nevýhodu je také považován dojezd vozidla, který je oproti vozům se spalovacím motorem o poznání kratší, a kromě toho se může zkrátit například při chladném, nebo velice teplém počasí kvůli využití klimatizace. Další významnou překážkou před pořízením elektromobilů je jejich vysoká cena. A pokud je pravděpodobné, že se technický pokrok vyrovná s dobou nabíjení a cenou elektromobilů v blízké budoucnosti, pak je nedostatek rozvinuté infrastruktury ještě významnějším problémem. S rychlým rozvojem vozového parku elektrických vozidel může současné nabíjení desítek tisíc automobilů „žijících“ ve středně velkém městě vést k lokálnímu zničení stávající energetické sítě, která není pro takové přetížení navržena (Pistoia, 2010, s. 20-31; Henderson, 2018, s. 1-7).

### **3.3 Hybridní automobily**

Hybridní elektrické vozidlo (HEV) má k pohonu vozidla k dispozici více než jeden zdroj energie – používá jeden nebo více elektrických motorů a spalovací motor (Emadi, 2015, s. 6-8). Elektromotor hybridního vozidla je napájen bateriemi, které jsou neustále dobíjeny generátorem poháněným spalovacím motorem. Systém dobíjí baterie za jízdy, proto není nutné nabíjení pomocí zásuvného modulu (Erjavec, 2013, s. 2-3).

Hybridní vozidla kombinují v sobě výhody elektromobilů a automobilů se spalovacím pohonem. Můžou zajistit snížení emisí, ale zároveň můžou i zabezpečit standardní jízdní výkon automobilu. Proti čistě elektrickému vozidlu zde není závazné dobíjet akumulátor, jelikož hybridní vozidla při použití spalovacího motoru dokážou akumulátor dobíjet. Zatímco v případě čistě elektrického vozidla je možné při jízdě akumulátor dobíjet pouze pomocí rekuperace elektrické energie, jež je ale závislá na okamžitých jízdních podmínkách. Tyto podmínky však nemusí nutně nastat (Husain, 2011, s. 4).

Hybridy můžeme dělit podle různých hledisek, například dle stupně hybridizace na micro-hybridy, mild-hybridy a full-hybridy, dle uspořádání hnacího stroje na sériové, paralelní a kombinované hybridy (Donateo, 2017, s. 11-12).

### **3.4 Automobily s pohony na alternativní paliva**

Je důležité vědět, že existují jiné možné způsoby, jak snížit závislost na zahraniční ropě, a to vedle použití elektromobilů. Používání alternativních paliv v automobilu se spalovacím motorem bylo a je předmětem mnoha výzkumů. Používáním alternativních paliv

nejen snižujeme naši závislost na ropě, ale také snižujeme emise a dopady výfuků automobilů na globálním oteplování (Erjavec, 2013, s. 3-5).

Nejvýznamnějšími typy automobilů s pohony na alternativní paliva jsou:

### **Vozidla s pohonem na zkapalněný ropný plyn**

LPG (**L**iquified **P**etroleum **G**as) je směs zkapalněných ropných plynů vytvořená pod tlakem z propanu a butanu. Propan je čistě spalující palivo, které nabízí dojezd blíže dojezdu benzínu než jiná alternativní paliva. LPG vozidla mají speciální nádrže nebo válce pro ukládání plynu (Khajepour, 2014, s. 26-27).

Nevýhodou propanu je to, že je těžší než vzduch, takže pokud uniká z nádrže, hromadí se pod autem. Hrozí nebezpečí výbuchu, a proto auta na LPG nesmí parkovat v podzemních garážích. Vozidla s pohony na zkapalněný ropný plyn jsou používána v České republice již dlouho, ale kvůli některým jejich nevýhodám má zájem o toto palivo klesající tendenci (Ehsani, 2018, s. 69-72).

### **Vozidla s pohonem na stlačený zemní plyn**

V České republice začalo využívání zemního plynu v dopravě ve 40. letech 20. století. V té době byl plyn používán k pohonu automobilů, autobusů a zemědělských strojů. Zemní plyn jako pohonná hmota se používá v České republice od konce minulého století (Erjavec, 2013, s. 3-4).

CNG (**C**ompressed **N**atural **G**as) je stlačený zemní plyn složený převážně z metanu. Tento pohon je mnohem ekologičtější než na naftu, benzin i zkapalněný ropný plyn. CNG se vyrábí lisováním zemního plynu na méně než 1 procento jeho přirozeného objemu za atmosférického tlaku. Spalováním methanu vzniká v motoru významně méně škodlivin než při využívání nafty. Díky ekologickému aspektu je zemní plyn podporován převážnou většinou států Evropské unie, a to nejčastěji ve formě státních podpor a dotací (Khajepour, 2014, s. 25-26).

## **3.5 Nabíjecí infrastruktura**

Nezbytnou podmínkou pro rozvoj elektromobility je vývoj s ní související dobíjecí infrastruktury. Výraznou odlišností mezi nabitím elektromobilu a tankováním automobilu představuje doba trvání těchto procesů. Nabíjení baterií se pohybuje od desítek minut až po hodiny. Tankování je otázka pár minut. Na druhou stranu málokterý automobil je využíván

nepřetržitě 24 hodin denně. Doba, kdy auto stojí v garáži, na parkovišti nebo u domu může být využita pro dobítí baterií.

Pojem dobíjecí infrastruktura zahrnuje v sobě dobíjecí stanice a nabíjecí body v soukromém sektoru, patří sem domácí dobíjení a ve veřejném sektoru, například dobíjecí místa na nádražích, letištích (Robinson, 2017, s. 3-4).

První dobíjecí stanice ve světě se objevily v devatenáctém století společně s prvními elektromobily. V té době jednotliví výrobci konstruovali individuální konektory, což mělo za následek, že byly různých tvarů podle výrobce vozidel. Tato tendence byla na konci minulého století zastavena a výrobci se domluvili na standardizaci dobíjecího konektoru.

Nabíjení jako takové se dělí na dva základní druhy (Chunhua, 2010, s. 939-940):

- dobíjení střídavým proudem (AC) do 22 kilowatt;
- dobíjení stejnosměrným proudem (DC) nad 22 kilowatt.

Do kategorie **dobíjení střídavým proudem (AC)** se řadí například nabíjení z domácí zásuvky, ale také i velké AC dobíjecí stanice (Knížek, 2018):

- 1 U **standardní domácí jednofázové zásuvky** je obvykle maximální proud 12 ampér a nabíjecí výkon pouze 2,3 kilowatt. Daný způsob nabíjení je uživatelsky poměrně nevýhodný, poněvadž se jedná o velice pomalé nabíjení v řádu hodin a je tedy vhodnější pro vozidla s nízkou kapacitou baterií (Rojko, 2020b).
- 2 **Wallbox** je nástěnné zařízení, které poskytuje rychlé a pohodlné nabíjení elektromobilů. V porovnání s klasickými zásuvkami je toto řešení bezpečnější, poněvadž zařízení samo sleduje a reguluje velikost proudu a napětí. Pomocí wallboxu je možné také čerpat elektrickou energii ze zdrojů obnovitelné energie, například ve formě solárních panelů, díky čemuž bych mohl být zabezpečen ekologický provoz elektrovozidel, jenž by byl provozován z takzvané zelené energie (Rojko, 2020a).
- 3 **AC dobíjecí stojany** na dobíjení střídavým proudem jsou podobné wallboxům. Dobíjecí stojany takového typu můžeme obvykle vidět např. u nákupních center či na některých čerpacích stanicích (Horčík, 2014).

**Dobíjení stejnosměrným proudem (DC)** má k dispozici vlastní DC převodník a díky tomu k řízení již není nutná palubní nabíječka. To vyloučí pomalé nabíjení a celý proces „tankování“ je díky tomu velmi urychlen. Rychlé nabíjení stejnosměrným proudem (DC) probíhá pouze do výše 80 %, pak se rychlost omezuje až na úroveň AC dobíjení, aby nedošlo

ke snížení životnosti baterie. Nabíjecí stanice se stejnosměrným proudem poskytují kromě rychlého nabíjení také pomalé nabíjení střídavým proudem (Knížek, 2018).

**Tesla Supercharger** jsou jediné rozšířené dobíjecí stanice, které staví a provozuje samotná automobilka a jež jsou navíc přístupné pouze vozům Tesla. V České republice se nachází malé množství takových dobíjecích stanic. Rovněž z hlediska rychlosti nabíjení mají elektromobily Tesla podstatnou přednost oproti ostatním elektrickým vozidlům. Jejich běžný dobíjecí výkon v České republice kolísá kolem 150 kilowatt, což představuje třikrát větší výkon, než má většina ostatních veřejných nabíjecích stanic (Horčík, 2013).

### 3.5.1 Veřejné dobíjecí body

Dobíjení elektrických vozidel může probíhat různými způsoby, například pomocí klasických dobíjecích stanic, dobíjecích bodů, chytrých lamp, chytrých obrubníků anebo pomocí mobilního dobíjení. Vybudování dobíjecích stanic v centrech velkých měst není vždy možné především kvůli nedostatku volných ploch. Proto byly vynalezeny alternativní způsoby dobíjení elektrických vozidel, jimiž jsou:

- 1 **Dobíjecí body** představují jednofázové a třífázové zásuvky nabízející obyčejně nabíjení střídavým proudem do nabíjecího výkonu kolem 40 kilowatt.
- 2 **Dobíjecí pouliční lampy** jsou součástí „chytrých sítí“ velkých měst. Jde o prvek pouličního osvětlení, které však kromě osvětlování přináší další užitečné funkce, jejichž součástí jsou nabíjecí zásuvky pro elektromobily (Srpová, 2020).
- 3 **Dobíjecí sloupky** jsou vzhledem k jednoduché instalaci a malému rozměru považované za nejvhodnější způsob pro vytvoření dobíjecí infrastruktury elektrovozidel. Nejvhodnější umístění je v garážích obchodních domů a garážích všeobecně či na venkovních parkovištích.
- 4 **Mobilní dobíjení** dává možnost dobíjení elektrických vozidel v místech, kde je nedostatečná infrastruktura stacionárních dobíjecích stanic, například na vesnicích. Nejčastěji funguje na principu služby, kterou si lze objednat (Horčík, 2018).

### 3.6 Státní podpora elektromobility

Postupné zařazování elektromobilů a hybridů do běžné silniční dopravy je již několik let součástí státních programů. Tyto státní podpory a dotace se v posledních letech ještě více rozšířily a dá se očekávat, že tomu tak bude i nadále.

Největší meziroční počet nově registrovaných elektrických vozidel v Evropské unii, je v Nizozemsku a to kolem 5 %, dále ve Švédsku, Rakousku a Portugalsku. V celé Evropě má největší počet elektrických vozidel Norsko, kde jezdí více než 250 tisíc elektromobilů. Ve světě prvenství stále drží Čína, kde počet elektrovozidel představuje 40 % z celkového počtu automobilů (Horčík, 2020).

#### 3.6.1 Státní podpory v České republice

Česká republika byla v rozšiřování elektromobilů dlouho pozadu, ale v současnosti se snaží podpořit vývoj a rozšíření elektrických vozidel. Teprve v roce 2015 představila vláda dva projekty. První byl vypsán Ministerstvem životního prostředí a druhý Ministerstvem průmyslu a obchodu.

Dne 20. listopadu 2015 schválila vláda Národní akční plán čisté mobility od Ministerstva životního prostředí. V něm vyjadřuje podporu rozvoji vozidel a infrastruktury na alternativní paliva. Spolu s tím byla Ministerstvu průmyslu a obchodu uložena povinnost každoročně informovat vládu o plnění opatření Národního akčního plánu Čistá mobilita za předchozí rok. Tento plán zahrnuje řadu nařízení, jimiž jsou podpora nákupu vozidel na alternativní paliva, podpora rozšiřování nabíjecí infrastruktury pro elektromobily, podpora pro výzkum. V současné době díky tomuto programu kromě bezplatného parkování pro majitele elektromobilů v Praze ještě neplatí silniční daň. Podnikatelé a úřady poté mohou požádat o dotaci při nákupu elektromobilů až ve výši 75 % ceny (Národní akční plán čisté mobility, 2015).

Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky vypsalo dotaci firmám všech velikostí na nákup elektromobilů. V rámci Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost vyčlenilo ministerstvo dohromady téměř 80 milionů korun na podporu elektromobility v České republice. Peníze nejsou určeny pouze na elektrická vozidla, ale i na rozvoj dobíjecí infrastruktury pro elektromobily (Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost, 2014).



### 3.7 Přednosti a nevýhody elektromobilů

Jednoznačnými přednostmi elektromobilů jsou:

- možnost využívat obnovitelnou energii s velkou účinností,
- možnost okamžitého maximálního výkonu,
- možnost opakovaného a mnohonásobného přetížení,
- rekuperace energie,
- absence hluku, jiných emisí a vibrací,
- automatizace a jednoduchost ovládání.

Mezi nevýhody elektromobilů patří:

- kratší akční rádius (dojezdová vzdálenost),
- vysoká pořizovací cena,
- nedostatek oficiálních dobíjecích míst,
- nedostatek dobíjecích míst pro rychlé nabíjení (Crisostomi, 2018, s. 1-5).

Konstrukce a počet komponentů elektromobilů jsou nesrovnatelně menší než u vozidel se spalovacím motorem. Efektivita elektrických motorů již v dnešní době dosahuje přes 95 % a náklady spojené s jejich výrobou by se mohly v nejbližší budoucnosti se snížit o polovinu, díky čemuž vzroste zájem o elektrická vozidla.

Akumulátory používané v současných elektromobilech jsou principiálně totožné s akumulátory používanými v mobilních telefonech, jsou bezpečné a šetrné k životnímu prostředí. Cena akumulátorů, tedy podstatná položka, by byla opět při hromadné výrobě mnohem nižší než dnes, přesto započteme-li jejich cenu do celkových nákladů, vycházejí již dnes náklady na kilometr nižší než při použití benzínu. Cena benzínu a nafty však bude stoupat, zatímco cena baterií by se měla snižovat. U většiny elektromobilů životnost akumulátorů dnes kolísá kolem 160 tisíc ujetých kilometrů, což představuje kolem 3000 – 4000 cyklů nabití, kdy na jeden cyklus lze najet 200 – 300 kilometrů (Hrzina, 2020).

### 3.8 Vliv elektromobilů na životní prostředí

V souvislosti s rozvojem dopravy se vedle nepopiratelných přínosů objevují i některé problémy. Mezi nejzávažnější a nejdiskutovanější z nich patří zejména nárůst emisí skleníkových plynů a některých dalších znečišťujících látek. Mezi další neméně závažné

problémy související s rozvojem dopravy lze řadit nárůst silniční dopravy, nedostatek neobnovitelných (fosilních) zdrojů energie, nárůst hluku, špatné řešení dopravy zejména ve městech, nedostačující dopravní infrastruktura, fragmentace krajiny vlivem dopravy a v neposlední řadě také zvyšující se nehodovost (Pistoia, 2010, s. 5-10, Henderson, 2018).

Poprvé se začalo mluvit o škodlivosti výfukových plynů z automobilových motorů na počátku 60. let dvacátého století, kdy počet respiračních onemocnění u lidí prudce vzrostl. Od té doby byl tento problém brán vážně. Pravidla Euro-1 vstoupila v platnost v roce 1993. Od svého zavedení vyráběly evropské automobilové společnosti pouze vozy, které těmto požadavkům vyhovují. Světoví lídři v automobilovém průmyslu již dnes orientují své výrobky na slibné požadavky normy Euro-6. Od zavedení evropských norem od roku 1993 se množství škodlivých látek ve výfukových plynech snížilo více než dvakrát (Majewski a další, 2018).

Silniční doprava představuje 80 % všech emisí škodlivých látek ve velkých městech. Kromě toho, automobily nejen znečišťují vzduch toxickými plyny, ale také spalují kyslík. Problém ekologičnosti silniční dopravy je nyní stále důležitější. Vezmeme-li v úvahu všechny výše uvedené skutečnosti, je zřejmé, že směr spojený s takzvanými „zelenými technologiemi“ v automobilovém průmyslu je nejslibnějším způsobem rozvoje silniční dopravy. V současnosti mají vozidla na vodíkový pohon a palivové články z hlediska ochrany životního prostředí nejlepší výkon, ale při jejich implementaci existuje mnoho výzev, jejichž překonání může trvat dlouho (Ehsani, 2018, s. 489-492).

O elektromobilech se hovoří jako o vozidlech, která při dopravě neprodukují žádné škodlivé emise. Toto je klíčový faktor, proč se zejména v elektromobilech hledají řešení postupného snížení znečištění ovzduší a podíl nežádoucích emisních plynů, zejména pak oxidu uhličitého. Samotný provoz elektromobilů lze považovat za ekologický, nicméně výrobu elektromobilu, jeho součástí a způsob jakým se vyrábí elektrická energie nikoli. Například v Norsku, kde je elektromobilita velice rozvinutá, získávají elektrickou energii z obnovitelných zdrojů a tím je ekologičtější než Německo, které získává elektrickou energii z uhelných elektráren (Robinson, 2017, s. 18-19; Khajepour, 2014, s. 11-14).

Proces získávání vhodných surovin má na životní prostředí také velký vliv. V případě získávání surovin pro výrobu Li-Ion baterií, kde více než polovina celosvětové zásoby lithia se nachází v Jižní Americe. Zatím známe dva způsoby získávání této suroviny. V případě uložení lithia v půdě v podobě solného roztoku, se tento roztok těží sáním do vypařovací nádrže, kde se několik měsíců až let odpařuje, dokud nebude dosaženo optimální

koncentrace pro následné zpracování. Takový způsob velmi zhoršuje proces zavlažování půdy, jelikož v půdě zůstává malé množství vody. Druhý, ale méně obvyklý způsob získávání lithia, je těžba z hornin. Tato metoda je kvůli energetické náročnosti a přídavným chemickým látkám až dvakrát dražší než první varianta. Zde je životní prostředí ohroženo vznikem povrchových dolů a také odpadní voda z čisticích procesů je zdravotně závadná a samozřejmě je zde možnost jejího úniku (Khajepour, 2014; Westbrook, 2005, s. 65-71).

## 4 Praktická část

V praktické části bude zkoumán vývoj počtu automobilů s pohony na alternativní paliva a elektromobilů v České republice. Dále zde bude provedena analýzy počtu registrací nových automobilů s pohony na zkapalněný ropný plyn a stlačený zemní plyn, a hybridů v letech 2012 – 2020. Zkoumána bude také dynamika vývoje počtu nabíjecích stanic a dobíjecích bodů v České republice za stejné období. Data budou čerpána z internetových stránek Ministerstva dopravy, European Alternative Fuels Observatory, Asociace elektromobilového průmyslu a Svazu dovozců Automobilů.

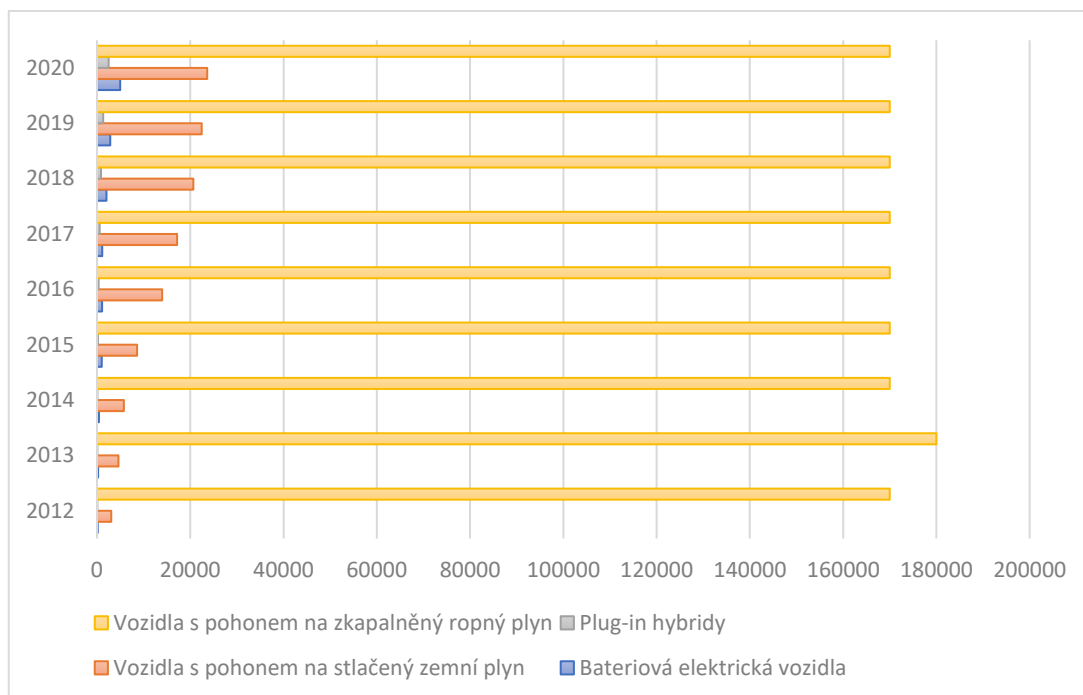
### 4.1 Počet automobilů s pohony na alternativní paliva

Vývoj elektromobility v České republice začal kolem roku 2010. Pro analýzu rozvoje elektromobility bylo vybráno období 2012 – 2020. Za toto období se počet automobilů s alternativními pohony v České republice zvýšil ze 173 222 na 201 105 jednotek (Tabulka č. 1). Důležitý vliv na zvýšení počtu automobilů s pohony na alternativní paliva mají státní podpory a dotace, rozvoj s ní spojené infrastruktury, ale i vysoké ceny klasických paliv.

Podle tabulky č. 1 a grafu č. 1 v roce 2012 činil celkový počet automobilů s pohony na alternativní paliva 173 222 vozidla, z toho 152 jednotky představovala elektrická vozidla a 16 jednotek hybridy. Největší podíl mají každoročně vozidla s pohonem na zkapalněný ropný plyn (LPG) a to přibližně 85 %, avšak za sledované období se počet těchto automobilů nepatrně snížil, a to na celkových 170 tisíc jednotek. Vozidla s pohonem na zkapalněný ropný plyn v posledních 20 letech ztrácí svoji popularitu zejména kvůli tomu, že se objevily alternativní bezpečnější a ekologičtější druhy automobilů. Hlavním konkurentem vozidel na zkapalněný ropný plyn v dnešní době jsou vozidla na stlačený zemní plyn. Počet elektromobilů, hybridů a vozidel na stlačený zemní plyn se naopak výrazně zvýšil.

Graf č. 1 představuje porovnání počtu různých druhů automobilů s alternativními pohony, jimiž jsou vozidla s pohonem na zkapalněný ropný plyn, na stlačený zemní plyn, hybridy a elektromobily v České republice v letech 2012 – 2020. Z grafu je patrné, že podíl elektrických vozidel a hybridů na celkovém počtu automobilů s alternativními palivy je docela malý. Přece však počet elektrických vozidel a hybridů vykazuje rostoucí charakter.

**Graf 1: Automobily s pohony na alternativní paliva**



Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

Podle údajů z Ministerstva dopravy a European Alternative Fuels Observatory je nejrozšířenějším alternativním palivem v České republice zkapalněný ropný plyn (LPG). Avšak zájem o toto palivo rok od roku klesá zejména kvůli jeho nevýhodám. Pokles spotřeby vozidel s pohonem na zkapalněný ropný plyn souvisí s tím, že individuální přestavby byly na starších autech, která jsou postupně vyřazována.

Opačnou situaci zažívají vozidla s pohonem na stlačený zemní plyn. Zájem o tento druh vozidel každoročně stoupá především díky tomu, že se zvyšuje počet plnicích stanic v České republice.

**Tabulka 1: Celkový počet osobních automobilů na alternativní paliva**

| Rok                 | Počet automobilů v ČR | První absolutní diference | Koeficient růstu | Tempo růstu v % |
|---------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| 2012                | 173 222               | -                         | -                | -               |
| 2013                | 184 862               | 11 640                    | 1,0630           | 6,30            |
| 2014                | 176 260               | - 8 602                   | 0,9512           | - 4,88          |
| 2015                | 179 822               | 3 562                     | 1,0198           | 1,98            |
| 2016                | 185 400               | 5 578                     | 1,0301           | 3,01            |
| 2017                | 188 856               | 3 456                     | 1,0183           | 1,83            |
| 2018                | 193 549               | 4 693                     | 1,0242           | 2,42            |
| 2019                | 196 611               | 3 062                     | 1,0156           | 1,56            |
| 2020                | 201 105               | 4 494                     | 1,0223           | 2,23            |
| $\bar{k}$ 2012-2020 |                       |                           | 1,0181           | 1,81            |

Zdroj: MDČR, vlastní zpracování

Zájem o alternativní paliva roste vždy, když tržní ceny klasických pohonných hmot (benzínu a nafty) stoupají. Z tabulky č. 1 můžeme vidět, že v roce 2014 došlo k poklesu cen benzínu a nafty a kvůli tomu se snížil zájem o vozidla s pohony na alternativní paliva o 4,88 % (tj. o 8602 automobilů) ve srovnání s rokem minulým. Od roku 2015 ceny benzínu a nafty rostou v důsledku zvýšení výrobních nákladů na těžbu nafty, z tohoto důvodu zájem o automobily na alternativní paliva každoročně roste.

Pro zpracování dat za období 2012 – 2020 byla vybraná jako nejvhodnější kvadratická funkce, protože z uvažovaných modelů vykazuje nejvyšší index determinace ( $I^2 = 0,887$ ). Trendová funkce má následující tvar:

$$T_t = 175080,833 + 819,623t + 235,356t^2$$

Z hodnoty indexu determinace lze odvodit, že kvadratický trend pro tento případ je vyhovující. Rovněž velikost absolutní procentuální chyby MAPE je velmi malá (1,11 %) a hovoří ve prospěch zvoleného modelu.

**Tabulka 2: Prognóza počtu automobilů v letech 2021 – 2022**

| Rok  | Počet osobních automobilů na alternativní palivo |
|------|--|
| 2021 | 206 813  |
| 2022 | 212 575  |

Zdroj: MDČR, vlastní zpracování

Dle vypočtené prognózy na rok 2022 se pravděpodobně zvýší počet automobilů s alternativním pohonem na celkových 212 575 jednotek, což představuje nárůst o 11 470 jednotek v porovnání s rokem 2020. Česká republika má zvyšující se tendenci v počtu automobilů s alternativními pohony.

## **4.2 Počet elektromobilů v České republice**

Využití elektromobilů v dopravě ovlivní velkou část naší populace. Jejich výroba v posledních několika letech zažívá velký rozmach a obyvatelstvo do nich vkládá velké naděje. Dnes má každá velká automobilka své elektrické nebo hybridní vozidlo a některé z nich už plánují úplný přechod na výlučnou výrobu elektromobilů.

Podle tabulky č. 3 na začátku sledovaného období 2012 – 2020 činil počet elektromobilů v České republice 152 jednotky. Na konci sledovaného období se změnil počet elektromobilů na celkových 4 974 jednotek, což představuje nárůst o 4 822 vozidla.

Počet elektrických vozidel v České republice vzrostl v roce 2015 o 36,81 % (tj. o 243 automobily) oproti roku 2014. Tento nárůst byl vyvolán zdražením cen klasických paliv (benzínu a nafty), jež využívají automobily se spalovacím motorem. Jiným faktorem je zvýšení státních podpor v oboru ekologické mobility a zavedení Národního akčního programu Čistá mobilita pro období 2015 – 2018.

**Tabulka 3: Celkový počet elektromobilů v České republice**

| Rok                 | Počet elektromobilů | První absolutní diference | Koeficient růstu | Tempo růstu v % |
|---------------------|---------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| 2012                | 152                 | -                         | -                | -               |
| 2013                | 237                 | 85                        | 1,3586           | 35,8650         |
| 2014                | 417                 | 180                       | 1,4317           | 43,1655         |
| 2015                | 660                 | 243                       | 1,3682           | 36,8182         |
| 2016                | 964                 | 304                       | 1,3154           | 31,5353         |
| 2017                | 1 472               | 508                       | 1,3451           | 34,5109         |
| 2018                | 2 030               | 558                       | 1,2749           | 27,4877         |
| 2019                | 2 837               | 807                       | 1,2845           | 28,4455         |
| 2020                | 4 974               | 2 137                     | 1,4296           | 42,9634         |
| $\bar{k}$ 2012-2020 |                     |                           | 1,3510           | 35,0989         |

Zdroj: MDČR, vlastní zpracování

Další velký nárůst počtu elektromobilů byl zaznamenán v roce 2020. V tomto roce došlo k výstavbě velkého množství dobíjecích stanic a nabíjecích bodů, což mělo za následek zvětšení počtu elektromobilů o 42,96 % (tj. o 2 137 jednotek). Nástup elektromobilů se v České republice zvýšil také v souvislosti se zavedením pokut pro automobilky za neplnění emisních limitů v jejich flotilách. Od 1. ledna 2020 skončila povinnost pro řidiče elektromobilů, plug-in hybridů a vodíkových vozidel vylepovat dálniční známky, což bylo další příčinou zvětšení zájmu o elektromobily. Zájem o ně podpořila aktualizace státního programu „Národní akční plán čisté mobility“. Aktualizace obsahuje predikce počtu dobíjecích a plnicích stanic. Jsou zde také uvedeny cíle pro vozový park. Z hlediska naplňování strategických cílů aktualizace národního plánu je klíčové to, že i pro období 2021 – 2027 bude zajištěna finanční podpora zejména z prostředků EU.

Na základě výpočtu indexu determinace ( $I^2=0,995$ ) a střední absolutní procentuální chyby (MAPE = 7,22 %) byla za nejvhodnější funkci vybrána funkce exponenciální s následujícím předpisem:

$$T_t = 109,163 * 1,526^t$$



**Tabulka 4: Prognóza vývoje celkového počtu elektromobilů v letech 2021-2022**

| Rok  | Celkový počet elektromobilů |
|------|-----------------------------|
| 2021 | 7 485                       |
| 2022 | 11 424                      |

Zdroj: MDČR, Vlastní zpracování

Dle vypočtené prognózy se na rok 2021 a 2022 pravděpodobně zvýší počet elektromobilů na celkových 11 424 jednotky.

### 4.3 Registrace nových vozidel s pohony na alternativní paliva

V průběhu období 2012 – 2020 počet registrací automobilů s pohony na zkapalněný ropný plyn (**LPG**) a stlačený zemní plyn (**CNG**) v České republice mírně rostl. Podle tabulky č. 5 v roce 2013 vzrostl počet registrací o 20,5 % (tj. o 929 automobilů). K růstu došlo kvůli zvětšení zájmu o automobily s pohonem na stlačený zemní plyn vzhledem k tomu, že je vozidla s takovým pohonem jsou bezpečné, ekologické a levnější než elektromobily nebo hybridy.

V roce 2014 se zvýšil počet registrací nových vozidel na zkapalněný ropný plyn a stlačený zemní plyn v České republice o 11,48 % (tj. o 588 automobilů) oproti roku 2013. V roce 2015 měl počet registrací nových automobilů s pohony na alternativní paliva také vzestupné tempo růstu. Počet registrací se v tomto roce zvýšil o 14,51 % (tj. o 869 automobilů). Důvodem k růstu v roce 2014 a 2015 se staly státní podpory a dotace. V roce 2019 a 2020 zájem o LPG a CNG vozidla výrazně vzrostl a ani COVID-19 krize nezapříčinila pokles zájmu o tyto druhy automobilů, proto bylo tempo růstu v těchto letech kolem 15 %.

**Tabulka 5: Registrace nových vozidel na zkapalněný ropný plyn a stlačený zemní plyn**

| Rok                   | Počet registrací | První absolutní<br>diference | Koeficient<br>růstu | Tempo růstu v<br>% |
|-----------------------|------------------|------------------------------|---------------------|--------------------|
| 2012                  | 3 601            | -                            | -                   | -                  |
| 2013                  | 4 530            | 929                          | 1,2051              | 20,5077            |
| 2014                  | 5 118            | 588                          | 1,1149              | 11,4889            |
| 2015                  | 5 987            | 869                          | 1,1451              | 14,5148            |
| 2016                  | 6 738            | 751                          | 1,1115              | 11,1457            |
| 2017                  | 7 238            | 500                          | 1,0691              | 6,9080             |
| 2018                  | 8 170            | 932                          | 1,1141              | 11,4076            |
| 2019                  | 9 516            | 1 346                        | 1,1414              | 14,1446            |
| 2020                  | 11 560           | 2 044                        | 1,1768              | 17,6817            |
| $\bar{k}$ 2012 - 2020 |                  |                              | 1,1347              | 13,4749            |

Zdroj: SDA, Vlastní zpracování

Zpracováním dat byla vybrána funkce, která nejvíce odpovídala daným hodnotám. Za vybranou funkci byla zvolena exponenciální s indexem determinace 0,988, střední absolutní procentuální chyba činí (MAPE = 3,68 %). Trendová funkce má následující tvar:

$$T_t = 3353,272 * 1,143^t$$

Dále byl vypočten průměrný koeficient růstu počtu registrací automobilů s alternativními pohony na období 2012 – 2020, který činí 1,1347, tempo růstu je 13,47 %.

**Tabulka 6: Prognóza počtu registrací vozidel na zkapalněný ropný plyn a stlačený zemní plyn v letech 2021-2022**

| Rok  | Počet registrací automobilů s alternativními pohony |
|------|---|
| 2021 | 12 758  |
| 2022 | 14 582  |

Zdroj: SDA, vlastní zpracování

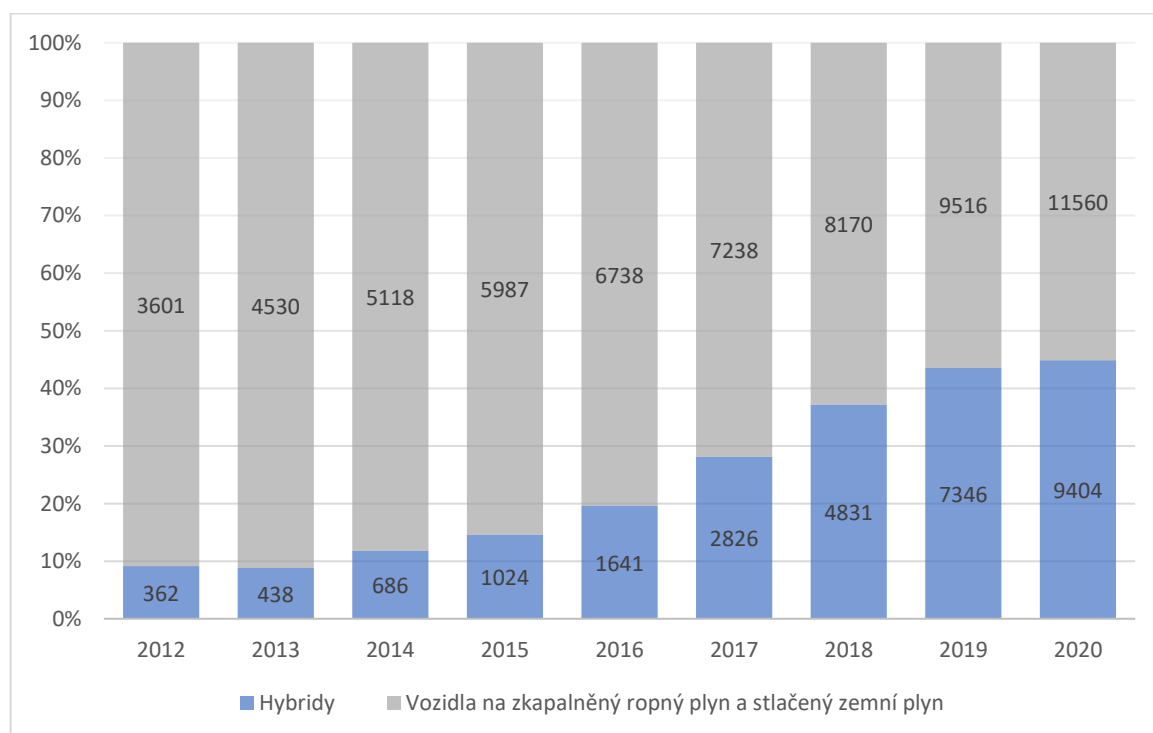
Odhad výpočtu prognózy registrací v roce 2022 činí 14 582 automobily. Z prognózy je patrná vzestupná tendence v počtu registrací nových automobilů s alternativními pohony.

#### 4.4 Registrace nových hybridů v České republice

Hybridní vozidla kombinují v sobě výhody elektromobilů a automobilů se spalovacím pohonem. Můžou zajistit snížení emisí, ale zároveň můžou i zabezpečit standardní jízdní výkon automobilu.

Na grafu č. 2 je zobrazen vývoj počtu registrací nových hybridů v porovnání s počtem registrací nových vozidel na zkapalněný ropný plyn a stlačený zemní plyn v České republice za období 2012 – 2020. Po celé sledované období má počet registrací nových hybridů převážně rostoucí tendenci.

Graf 2: Porovnání počtu registrací nových hybridů a vozidel na alternativní paliva



Zdroj: SDA, vlastní zpracování

Z tabulky č. 7 vyplývá, že v průběhu sledovaného období 2012 – 2020 měly hybridy a vozidla s pohony na alternativní paliva rostoucí tendenci.

Velký nárůst počtu registrací nových hybridů v České republice byl zaznamenán v letech 2015 – 2017, v roce 2015 se zvýšil počet automobilů o 33 % (tj. o 338 hybridů), v roce 2016 o 37,59 % (tj. o 1 641 hybridů) a v roce 2017 o 41,93 % (tj. o 1 185 hybridů). Důvodem k prudkému nárůstu registrací byly různorodé státní podpory a zejména Národní akční plán čisté mobility.

**Tabulka 7: Registrace nových hybridů**

| Rok                   | Počet registrací | První absolutní<br>diference | Koeficient růstu | Tempo růstu v<br>% |
|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------|--------------------|
| 2012                  | 362              | -                            | -                | -                  |
| 2013                  | 438              | 76                           | 1,1735           | 17,3516            |
| 2014                  | 686              | 248                          | 1,3615           | 36,1516            |
| 2015                  | 1024             | 338                          | 1,3301           | 33,0078            |
| 2016                  | 1641             | 617                          | 1,3760           | 37,5990            |
| 2017                  | 2826             | 1 185                        | 1,4193           | 41,9321            |
| 2018                  | 4831             | 2 005                        | 1,4150           | 41,5028            |
| 2019                  | 7346             | 2 515                        | 1,3424           | 34,2363            |
| 2020                  | 9404             | 2 058                        | 1,2188           | 21,8843            |
| $\bar{k}$ 2012 - 2020 |                  |                              | 1,3296           | 32,9582            |

Zdroj: SDA, vlastní zpracování

Na základě výpočtu indexu determinace ( $I^2 = 0,992$ ) a střední absolutní procentuální chyby (MAPE = 9,31 %) byla za nejvhodnější funkci vybrána funkce exponenciální s následujícím předpisem:

$$T_t = 196,243 * 1,553^t$$

**Tabulka 8: Prognóza počtu registrací hybridů v letech 2021-2022**

| Rok  | Počtu registrací hybridů |
|------|--------------------------|
| 2021 | 16 003                   |
| 2022 | 24 851                   |

Zdroj: SDA, vlastní zpracování

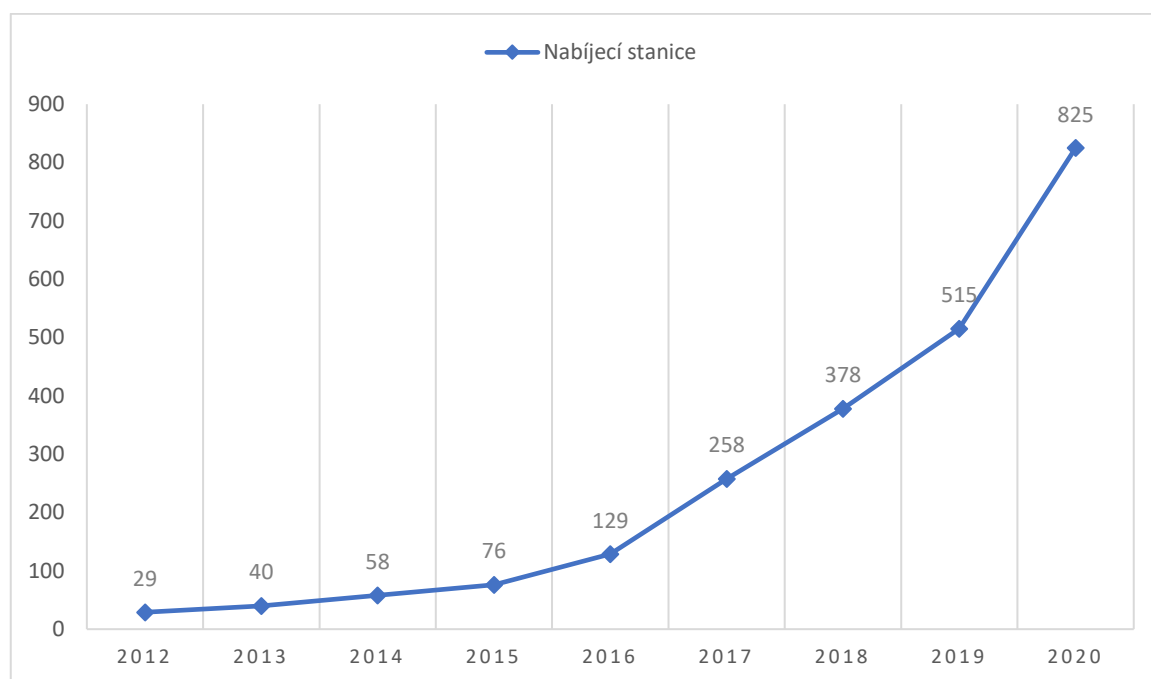
Pomocí průměrného koeficientu růstu za období 2012 – 2020 byla vytvořena prognóza na rok 2021 a 2022. Podle odhadu se zvýší počet registrací hybridů v České republice na celkových 24 851 hybridů.

## 4.5 Nabíjecí stanice

Vývoj a přístup lidí k elektrifikaci dopravy ovlivňuje celá řada aspektů. Velký vliv mají technické parametry – doba nabíjení baterií, cena baterií a jejich životnost a bezpečnost používání akumulátorů. Jednou ze slabých stran současného stavu je infrastruktura dobíjecích stanic, kterých není dostatek. Největší bariérou při výběru mezi vozidly na benzín nebo naftu a elektromobilem v současnosti je mentální problém, který spočívá ve strachu z možnosti předčasného vybití z důvodu malé kapacity akumulátoru a následné nemožnosti jeho nabíjení z důvodů nedostatečné infrastruktury.

První nabíjecí stanice se v České republice objevily v roce 2010 a byly v počtu několika jednotek.

**Graf 3: Vývoj počtu nabíjecích stanic v České republice**



Zdroj: CDV, ASEP vlastní zpracování

Při pohledu na celou situaci ze strany České republiky lze říct, že počet dobíjecích stanic v České republice stále roste, což je vidět i na grafu č. 3. Můžeme předpokládat, že takový růst je způsoben státními podporami a dotacemi. Cílem akčního plánu Čistá mobilita je postupné zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. Doprava totiž v České republice patří k největším zdrojům emisí skleníkových plynů. Podle plánu by se tak v následujících letech měl zvyšovat počet dobíjecích stanic.

Podle tabulky č. 9 v roce 2020 byl zaznamenán největší nárůst počtu nabíjecích stanic, a to o 37,57 % (tj. o 310 stanic). Tento nárůst byl zapříčiněn tím, že velké energetiky reagují na očekávaný nápor poptávky vyvolaný prudkým zvýšením prodeje elektromobilů, který také automobilky plánují.

**Tabulka 9: Počet nabíjecích stanic**

| Rok                   | Počet nabíjecích stanic | První absolutní diference | Koeficient růstu | Tempo růstu v % |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| 2012                  | 29                      | -                         | -                | -               |
| 2013                  | 40                      | 11                        | 1,2750           | 27,5000         |
| 2014                  | 58                      | 18                        | 1,3103           | 31,0345         |
| 2015                  | 76                      | 18                        | 1,2368           | 23,6842         |
| 2016                  | 129                     | 53                        | 1,4109           | 41,0853         |
| 2017                  | 258                     | 129                       | 1,5000           | 50,0000         |
| 2018                  | 378                     | 120                       | 1,3175           | 31,7460         |
| 2019                  | 515                     | 137                       | 1,2660           | 26,6019         |
| 2020                  | 825                     | 310                       | 1,3758           | 37,5758         |
| $\bar{k}$ 2012 - 2020 |                         |                           | 1,3365           | 33,6535         |

Zdroj: CDV, ASEP, vlastní zpracování

Na základě zpracovaných dat a výpočtu indexu determinace ( $I^2 = 0,991$ ) a střední absolutní procentuální chyby (MAPE = 8,89 %) byla za nejvhodnější funkci vybrána funkce exponenciální s následujícím předpisem:

$$T_t = 16,504 * 1,543^t$$

Výpočet průměrného koeficientu růstu v počtu nabíjecích stanic v České republice na roky 2012 – 2020 činí 1,3365. Tempo růstu počtu nabíjecích stanic je 33,65 %.

**Tabulka 10: Prognóza počtu nabíjecích stanic v letech 2021-2022**

| Rok  | Počtu nabíjecích stanic |
|------|-------------------------|
| 2021 | 1 264                   |
| 2022 | 1 950                   |

Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

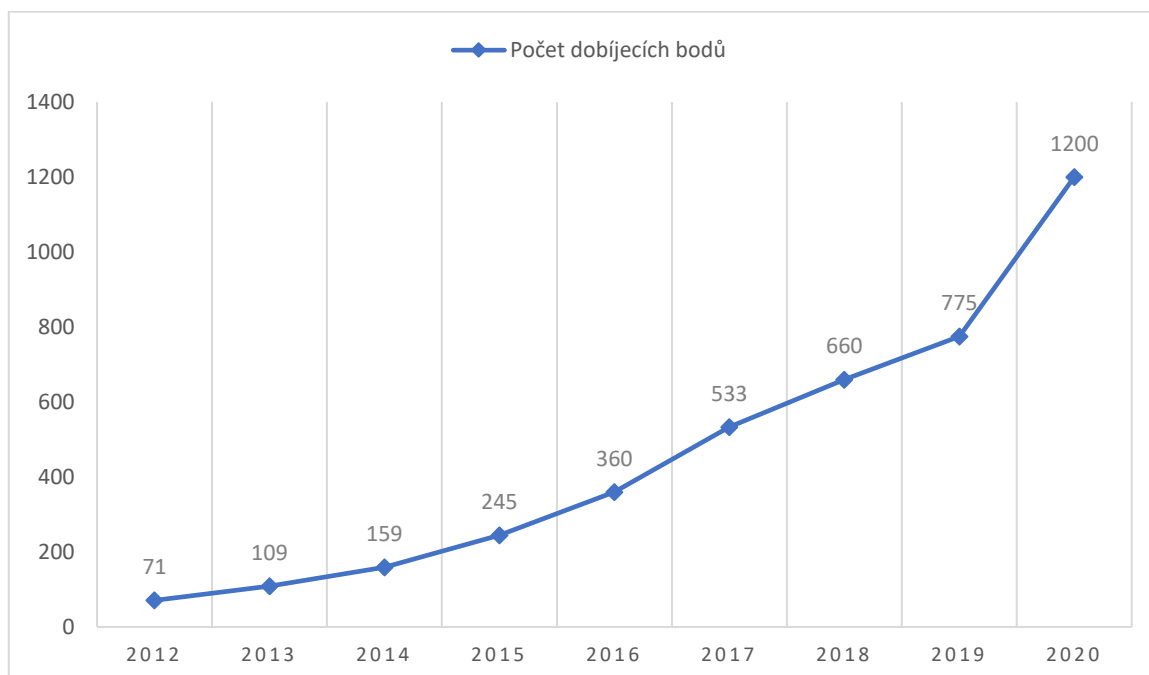
Byla vypočtena prognóza vývoje na roky 2021 a 2022 na základě průměrného koeficientu růstu za období 2012 – 2020. Počet nabíjecích stanic v České republice v roce 2022 bude činit 1 950 stanic.

#### 4.6 Veřejné dobíjecí body

Dobíjení elektrovozidel nemusí probíhat pouze z klasických dobíjecích stanic, ale mohou mít i jinou podobu, a to jako dobíjecí body, chytré lampy, chytré obrubníky či může být použito mobilní nabíjení. Stejně jako klasické nabíjecí stanice se rozvíjejí i dobíjecí body.

Graf č. 4 zaznamenává průběh rozvoje dobíjecích bodů v České republice mezi roky 2012 – 2020. Po celé sledované období má počet dobíjecích bodů rostoucí tendenci.

**Graf 4: Celkový počet dobíjecích bodů**



Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

Podle tabulky č. 11 na začátku sledovaného období 2012 – 2020 byl v České republice k dispozici 71 dobíjecí bod. Ke konci sledovaného období se jejich počet zvýšil na celkových 1 200 bodů.

**Tabulka 11: Vývoj celkového počtu dobíjecích bodů**

| Rok                   | Počet dobíjecích bodů | První absolutní diference | Koeficient růstu | Tempo růstu v % |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| 2012                  | 71                    | -                         | -                | -               |
| 2013                  | 109                   | 38                        | 1,3486           | 34,8624         |
| 2014                  | 159                   | 50                        | 1,3145           | 31,4465         |
| 2015                  | 245                   | 86                        | 1,3510           | 35,1020         |
| 2016                  | 360                   | 115                       | 1,3194           | 31,9444         |
| 2017                  | 533                   | 173                       | 1,3246           | 32,4578         |
| 2018                  | 660                   | 127                       | 1,1924           | 19,2424         |
| 2019                  | 775                   | 115                       | 1,1484           | 14,8387         |
| 2020                  | 1 200                 | 425                       | 1,3542           | 35,4167         |
| $\bar{k}$ 2012 - 2020 |                       |                           | 1,2941           | 29,4139         |

Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

Z tabulky č. 11 je zřejmé, že největší nárůst počtu dobíjecích bodů byl zaznamenán v roce 2020, a to o 35,41 % (tj. o 425 body). Příčinou takového nárůstu je poměrně rychlé zvyšování počtu elektromobilů v České republice a nutnost rozvíjet nabíjecí infrastrukturu. Pro srovnání vývoje dobíjecích bodů s počtem registrovaných nových osobních elektrických vozidel zjistíme, že na přibližně 5 elektromobilů připadá v České republice 1 dobíjecí bod.

Zpracováním dat byla zvolena jako nejvhodnější funkce kvadratická s indexem determinace 0,983, střední absolutní procentuální chyba činí MAPE = 7,17 %. Trendová funkce má následující tvar:

$$T_t = 100,167 - 30,085t + 16,015t^2$$

**Tabulka 12: Prognóza počtu dobíjecích bodů v letech 2021-2022**

| Rok  | Prognóza počtu dobíjecích bodů |
|------|--------------------------------|
| 2021 | 1 401                          |
| 2022 | 1 707                          |

Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

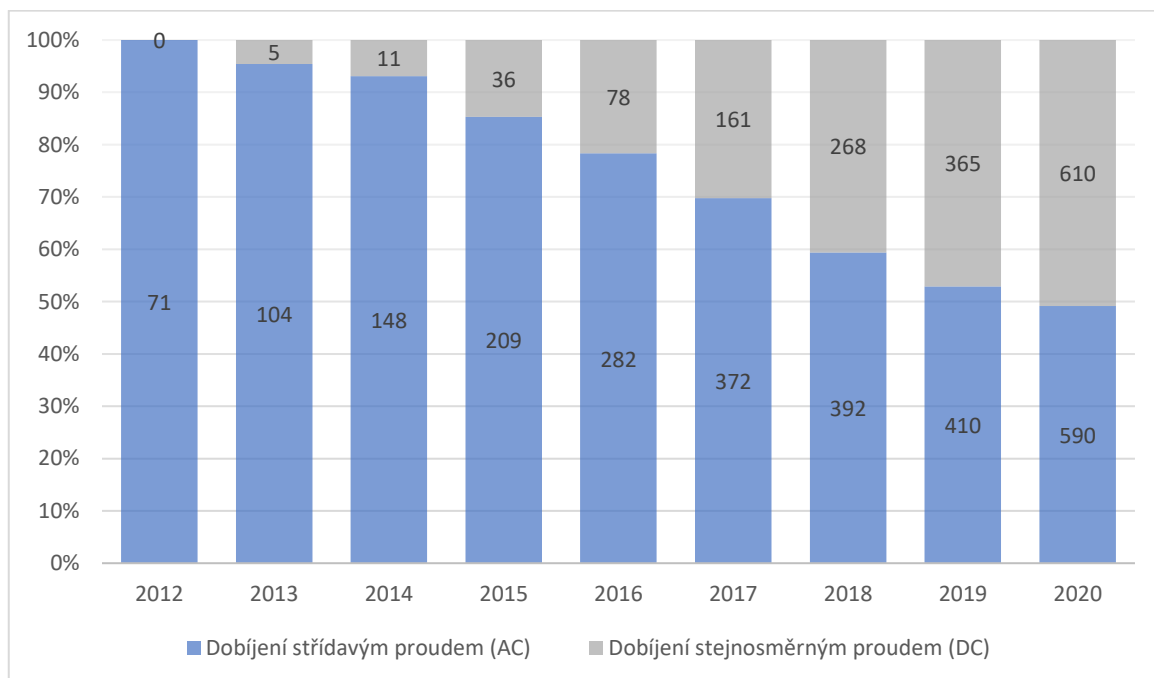


Byla vypočtena prognóza vývoje počtu dobíjecích bodů v České republice na období 2021 – 2022. Předpokládaný počet dobíjecích bodů v České republice v roce 2022 je 1 707 bodů.

#### 4.6.1 Dobíjecí body se střídavým a stejnosměrným proudem

Dobíjecí body se dělí podle typu dobíjecího proudu na dobíjení střídavým proudem (AC) do 22 kW a dobíjení stejnosměrným proudem (DC) nad 22 kW.

**Tabulka 13: Porovnání počtu dobíjecích bodů se střídavým a stejnosměrným proudem**



Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

Z grafu č. 5 je vidět, že na začátku sledovaného období, tj. v roce 2012 existovaly v České republice jenom dobíjecí body se střídavým proudem. Koncem sledovaného období, tj. v roce 2020 mají v České republice již převahu dobíjecí body se stejnosměrným proudem. Příčinou toho je snaha zrychlit dobíjecí proces elektromobilů. Čím více bude rychlých dobíjecích stanic k dispozici, tím větší bude zájem o elektromobily.

### a) Dobíjení střídavým proudem (AC)

Ze zpracovaných dat tabulky č. 14 je za sledované období patrný rostoucí počet normálních veřejných dobíjecích bodů v České republice. Avšak v období 2017 – 2019 se vývoj normálních dobíjecích bodů zpomalil kvůli většímu zájmu o rychlé dobíjecí body. Největší nárůst počtu dobíjecích bodů byl zaznamenán v roce 2020, a to o 180 bodů oproti minulému roku. Růst počtu dobíjecích bodů je spojen s prudkým zvýšením množství elektromobilů.

**Tabulka 14: Počet dobíjecích bodů se střídavým proudem**

| Rok                   | Počet normálních | První absolutní diference | Koeficient růstu | Tempo růstu v % |
|-----------------------|------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| 2012                  | 71               | -                         | -                | -               |
| 2013                  | 104              | 33                        | 1,3173           | 31,7308         |
| 2014                  | 148              | 44                        | 1,2973           | 29,7297         |
| 2015                  | 209              | 61                        | 1,2919           | 29,1866         |
| 2016                  | 282              | 73                        | 1,2589           | 25,8865         |
| 2017                  | 372              | 90                        | 1,2419           | 24,1935         |
| 2018                  | 392              | 20                        | 1,0510           | 5,1020          |
| 2019                  | 410              | 18                        | 1,0439           | 4,3902          |
| 2020                  | 590              | 180                       | 1,3051           | 30,5085         |
| $\bar{k}$ 2012 - 2020 |                  |                           | 1,2259           | 22,5910         |

Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

Zpracováním dat byla vyhodnocena nejlepší funkce, kterou se stala kvadratická s indexem determinace 0,968, a střední absolutní procentuální chybou (MAPE = 6,63 %). Trendová funkce má následující tvar:

$$T_t = 27,714 + 36,194t + 2,456t^2$$

Výpočet průměrného koeficientu růstu počtu normálních dobíjecích bodů na celé sledované období 2012 – 2020 činí 1,2259.

**Tabulka 15: Prognóza počtu dobíjecích bodů se střídavým proudem**

| Rok  | Počet dobíjecích bodů se střídavým proudem |
|------|--|
| 2021 | 635  |
| 2022 | 723  |

Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

Byla vypočtena prognóza vývoje počtu normálních dobíjecích bodů v České republice na období 2021 – 2022. Předpokládaný počet normálních dobíjecích bodů v České republice v roce 2022 je 723 body.

### b) Dobíjení stejnosměrným proudem (DC)

Podle tabulky č. 16 měl počet dobíjecích bodů se stejnosměrným proudem v průběhu celého období rostoucí tendenci. Největší růst těchto dobíjecích bodů byl zaznamenán v roce 2020, kdy jejich počet vzrostl o 40 % (tj. o 245 bodů), stálo se to v důsledku státních podpor.

**Tabulka 16: Počet dobíjecích bodů se stejnosměrným proudem**

| Rok                   | Počet rychlých | První absolutní<br>diference | Koeficient růstu | Tempo růstu v<br>% |
|-----------------------|----------------|------------------------------|------------------|--------------------|
| 2012                  | 0              | -                            | -                | -                  |
| 2013                  | 5              | 5                            | 2,0000           | 100,0000           |
| 2014                  | 11             | 6                            | 1,5455           | 54,5455            |
| 2015                  | 36             | 25                           | 1,6944           | 69,4444            |
| 2016                  | 78             | 42                           | 1,5385           | 53,8462            |
| 2017                  | 161            | 83                           | 1,5155           | 51,5528            |
| 2018                  | 268            | 107                          | 1,3993           | 39,9254            |
| 2019                  | 365            | 97                           | 1,2658           | 26,5753            |
| 2020                  | 610            | 245                          | 1,4016           | 40,1639            |
| $\bar{k}$ 2012 - 2020 |                |                              | 1,5451           | 54,5067            |

Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

Na základě výpočtu indexu determinace ( $I^2 = 0,988$ ) byla za nejvhodnější funkci vybrána funkce kvadratická s následujícím předpisem:

$$T_t = 74,452 - 66,279t + 13,56t^2$$

Dále byl vypočten průměrný koeficient růstu počtu rychlých dobíjecích bodů za celé sledované období 2012 – 2020, jenž činí 1,5451 bodů.

**Tabulka 17: Prognóza počtu dobíjecích bodů se stejnosměrným proudem**

| Rok  | Počet dobíjecích bodů se stejnosměrným proudem |
|------|--|
| 2021 | 766  |
| 2022 | 984  |

Zdroj: EAFO, vlastní zpracování

Podle prognózy vývoje počtu rychlých dobíjecích bodů v České republice na období 2021 – 2022, se jejich počet v roce 2022 zvýší na celkových 984 body.

## 5 Závěr

V předložené bakalářské práci byla na základě statistické analýzy prozkoumána dynamika vývoje elektromobility a s ní spojené infrastruktury v České republice za období 2012 – 2020. Zdrojem dat byly údaje získané z Ministerstva dopravy, Svazu dovozců automobilů, Asociace elektromobilového průmyslu a European Alternative Fuels Observatory. Následně byla provedena predikce vývoje elektromobility v České republice pro roky 2021 a 2022. Z provedené analýzy z oblasti časových řad vyplynulo, že mezi hlavní příčiny růstu zájmu o elektromobily patřily státní podpory, zejména Národní akční program Čistá mobilita a zvýšení cen benzínu a nafty.

Jako první byl zkoumán vývoj automobilů s pohony na alternativní paliva, jenž měl ve sledovaném období převážně rostoucí tendenci. V roce 2012 činil počet takových automobilů v České republice skoro 173 tisíce jednotek. V roce 2020 se počty automobilů zvýšily na celkových 200 tisíc jednotek v porovnání s rokem 2012. Největší nárůst automobilů s pohony na alternativní paliva nastal v roce 2013, kdy se zvýšilo jejich množství o 11 tisíc jednotek v porovnání s rokem předchozím. Tak velký nárůst automobilů s pohony na alternativní paliva mohly zapříčinit státní podpory a zdražení benzínu a nafty. Ve sledovaném období počet automobilů klesl pouze jednou, a to v roce 2014. Důvodem mohl být především pokles cen klasických paliv (benzínu a nafty). Dle vypočteného odhadu pro rok 2022 měl by počet automobilů s pohony na alternativní paliva vzrůst na celkových 206 tisíc jednotek.

Do kategorie automobilů s pohony na alternativní paliva patří vozidla s pohony na stlačený zemní plyn a zkapalněný ropný plyn, elektromobily a hybridy. Na začátku sledovaného období představoval poměr počtu elektromobilů méně než 1 % ve srovnání s ostatními vozidly s pohony na alternativní paliva. Avšak díky státním podporám, zejména Národnímu akčnímu plánu Čistá mobilita, každoročně se zvyšovalo jejich množství. Počet elektromobilů vzrostl nejvíce mezi lety 2019 a 2020. Ani dopady COVID-19 krize nezpůsobily snížení zájmu o tento druh vozidel. Dle vypočtených v práci prognóz bude počet elektromobilů v budoucnu také stoupat. Dokonce v roce 2022 bude podle odhadu činit jejich celkový počet skoro 11,5 tisíc jednotek. Důvodem rozvoje elektromobility je nejen neustálé zdražování klasických paliv, ale i státní podpory a rozšíření infrastruktury pro elektromobily mají důležitý vliv.

Počet registrací nových hybridů byl na velice nízké úrovni na začátku sledovaného období v porovnání s počtem registrací nových osobních vozidel s pohony na zkapalněný ropný plyn a stlačený zemní plyn. V průběhu celého sledovaného období měl počet registrací nových hybridů výhradně rostoucí tendenci. K jejich nejvýznamnějšímu nárůstu došlo v posledním roce sledovaného období, a to v roce 2020. V tomto roce bylo zaregistrováno skoro 9,5 tisíc hybridů, což je více o 21 % oproti minulému roku. Podle predikce bude v roce 2022 činit počet registrací nových vozidel s pohony na alternativní pohon skoro 15 tisíc jednotek i počet registrací nových hybridů 25 tisíc jednotek.

Důležitý význam pro rozvoj elektromobility má infrastruktura, která v sobě zahrnuje nabíjecí stanice a dobíjecí body. Podle provedených analýz bylo zjištěno, že nabíjecí stanice a dobíjecí body v průběhu sledovaného období měly každoročně rostoucí tendenci. Hlavní příčinou rozvoje infrastruktury jsou státní podpory. Největší nárůst počtu nabíjecích stanic a dobíjecích bodů byl zaznamenán v roce 2020. Možným důvodem pro takový nárůst mohla být reakce velkých energetiků na očekávaný růst poptávky vyvolány prudkým zvýšením prodeje elektromobilů. V dnešní době je těžko odhadnout dynamiku vývoje elektromobility, ale je jasné, že její rozvoj bude záviset především na rychlosti vybudování nových nabíjecích stanic a dobíjecích bodů v nových lokalitách.

Na základně zhodnocení dosavadního vývoje a predikce vývoje budoucího lze říct, že má Česká republika vysoký potenciál k dalšímu příznivému rozvoji elektromobility. Proto je nutné i nadále udržovat a rozvíjet dobíjecí infrastrukturu pro elektromobily, například pomocí výstavby nových dobíjecích stanic na dálnicích a v malých městech, zvyšovat státní podpory a dotační programy podporující nákup elektromobilů.

## 6 Seznam použitých zdrojů

### **Knižní publikace:**

ERJAVEC, Jack. 2013. *Hybrid, Electric, and Fuel-Cell Vehicles*. 2nd. Spojené státy americké: Delmar. ISBN 978-0-8400-2395-7.

MI, Chris, M.Abul MASRUR a David WENZHONG GAO. 2018. *Hybrid electric vehicles: Principles and applications with practical perspectives*. 2nd ed. Chichester: John Wiley. ISBN 978-1-1189-7053-9.

HUSAIN, Iqbal. 2011. *Electric and hybrid vehicles: design fundamentals*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4398-1175-7.

VEGR, Jaromír. 2009. Elektromobily – historie a současnost. *Čtvrtletník Pro-Energy*. č. 3/2008, str. 44-50. ISSN 1802-4599.

DONATEO, Teresa, ed. 2017. *Hybrid Electric Vehicles*. Rijeka: InTech. ISBN 978-953-51-3297-4.

HINDLS, Richard, Stanislava HRONOVÁ a Jan SEGER. 2002. *Statistika pro ekonomy*. 2. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 80-86419-30-4.

ARLT, Josef a Markéta ARLTOVÁ. 2007. *Ekonomické časové řady: [vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace]*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1319-9.

EHSANI, Mehrdad. 2018. *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: fundamentals, theory, and design*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 0-8493-3154-4.

HENDERSON, Peter A. 2018. *Ecological effects of electricity generation, storage and use*. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI. ISBN 978-1-7863-9202-2.

SVATOŠOVÁ, Libuše a Bohumil KÁBA. 2008. *Statistické metody II*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta. ISBN 978-80-213-1736-9.

- WESTBROOK, Michael. 2005. *The Electric Car - Development and future of battery, hybrid and fuel cells cars*. 2. vyd. Cambridge: University Press. ISBN 0-85296-013-1.
- EMADI, Ali. 2015. *Advanced Electric Drive Vehicles*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4665-9769-3.
- DENTON, Tom. 2016. *Electric and hybrid vehicles*. Abingdon, Oxon: Routledge. ISBN 978-113-8842-373.
- PISTOIA, Gianfranco. 2010. *Electric and hybrid vehicles: power sources, models, sustainability, infrastructure and the market*. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0-4445-3566-5.
- CRISOSTOMI, Emanuele. 2018. *Electric and plug-in hybrid vehicle networks : optimization and control*. Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-4499-7.
- ROBINSON, Jessica, Gary BRASE a Jackson CUTSOR, ERICKSON, Larry E., ed. 2017. *Solar powered charging infrastructure for electric vehicles: a sustainable development*. Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-3156-0.
- KHAJEPOUR, Amir, M. Saber FALLAH, Avesta GOODARZI. 2014. *Electric and Hybrid Vehicles: Technologies, Modeling and Control: A Mechatronic Approach*. Chichester: Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-118-40310-5.
- FUHS, Allen E. 2009. *Hybrid vehicles and the future of personal transportation*. Florida: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4200-7534-2.
- PAULY, Jana. 2007. František Křižík – nejen český Edison. *Světlo*. č. 6/2007, str. 60-63. ISSN 1212-0812.
- CHAN, Ching Chuen. 2013. The rise and fall of electric vehicles in 1828-1930: Lessons learned. *Proceedings of the IEEE*. Vol. 101, Issue 1, 206-212. ISSN 0018-9219.



### **Internetové zdroje:**

SDA. Svaz Dovozců Automobilů. [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.sda-cia.cz/repository-volnedostupna>

ASEP. Asociace elektromobilového průmyslu. [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.asep.cz/statistiky>

EAF0. European Alternative Fuels Observatory. [online]. [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: <https://www.eafo.eu/countries/czech-republic/1729/summary>

MDČR. Ministerstvo dopravy České republiky. [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Statistiky>

CHUNHUA, Liu, K.T. CHAU a Jin ZHONG. 2010. Development of a Smart DC Micro-Grid for Plug-in Electric Vehicle Charging and Discharging. *World Electric Vehicle Journal*. [online]. Volume 4, 939-942. [cit. 2021-02-18]. Auckland. ISSN 2032-6653. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2032-6653/4/4/939>

ROJKO, Miroslav. 2020a. Nabíjanie elektromobilu doma – Wallbox s dynamickým riadením výkonu. *Môjelektromobil*. [online]. [cit. 2020-11-05]. ISSN 1338-6700. Dostupné z: <https://www.mojelektromobil.sk/nabijanie-elektromobilu-doma-wallbox-s-dynamickym-riadenim-vykonu-blog/>

ROJKO, Miroslav. 2020b. Nabíjanie elektromobilu doma – ako najrýchlejšie alebo najlacnejšie nabíjať. *Môjelektromobil*. [online]. [cit. 2021-01-07]. ISSN 1338-6700. Dostupné z: <https://www.mojelektromobil.sk/nabijanie-elektromobilu-doma-ako-najrychlejsie-alebo-najlacnejsie/>

MAJEWSKI, Addy a Hannu E. JÄÄSKELÄINEN. 2020. *DieselNet: Emission Standards* [online]. [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <https://dieselnet.com/standards/>

HRZINA, Pavel. 2020. Cykly a životnost baterie. *TZB-info*. [online]. [cit. 2021-01-23]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elekriny/21096-cykly-a-zivotnost-baterie>

HORČÍK, Jan. 2013. Supercharger. *Hybrid.cz. Magazín o budoucnosti dopravy*. [online]. [cit. 2021-02-12]. ISSN 1802-5323. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/supercharger>

HORČÍK, Jan. 2018. Škoda E-Mona: nová služba mobilního nabíjení elektromobilů. *Hybrid.cz. Magazín o budoucnosti dopravy*. [online]. [cit. 2021-02-19]. ISSN 1802-5323. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/skoda-e-mona-nova-sluzba-mobilniho-nabijeni-elektromobilu>

HORČÍK, Jan. 2014. Nabíjecí stanice pro elektromobily, druhy a použití. Jak nenaletět. *Hybrid.cz. Magazín o budoucnosti dopravy*. [online]. [cit. 2021-02-17] ISSN 1802-5323. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nabijeci-stance-pro-elektromobily-druhy-pouziti-jak-nenaletet>

HORČÍK, Jan. 2020. Prodeje elektroaut v západní Evropě strmě rostou. *Hybrid.cz. Magazín o budoucnosti dopravy*. [online]. [cit. 2021-01-17]. ISSN 1802-5323. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/prodeje-elektroaut-v-zapadni-evrope-strme-rostou>

KNÍŽEK, Martin. 2018. Připojit a nabít? Není proud jako proud. *Hospodářské noviny*. [online]. [cit. 2021-02-16]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <https://archiv.ihned.cz/c1-66171600-pripojit-a-nabit-neni-proud-jako-proud>

SRPOVÁ, Eva. 2020. Chceme se podílet na dobíjecí síti v Praze, zní z magistrátu. Plánuje postavit 4500 chytrých pouličních lamp. *Hospodářské noviny*. [online]. [cit. 2021-02-20]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <https://hnbrandlab.ihned.cz/elektromobilita-2020/c1-66827790-chceme-se-podilet-na-stavbe-dobijeci-site-v-praze-zni-z-magistratu-do-deseti-let-by-melo-fungovat-4500-chytrych-poulicnich-lamp>

Národní akční plán čisté mobility. 2015. Ministerstvo životního prostředí, ministerstvo dopravy, ministerstvo průmyslu a obchodu. [online]. [cit. 2020-12-15] Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/narodni-akcni-plan-ciste-mobility--167456/>

Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost. 2014. Ministerstvo průmyslu a obchodu. Česká republika. [online]. (PDF). [cit. 2020-10-17]. Dostupné také z: <https://www.oppik.cz/files/oppik-text-operacniho-programu.pdf>

## 7 Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1: Celkový počet osobních automobilů na alternativní paliva.....  | 30 |
| Tabulka 2: Prognóza počtu automobilů v letech 2021 – 2022 .....   | 31 |
| Tabulka 3: Celkový počet elektromobilů v České republice .....  | 32 |
| Tabulka 4: Prognóza vývoje celkového počtu elektromobilů v letech 2021-2022.....                                    | 33 |
| Tabulka 5: Registrace nových vozidel na zkapalněný ropný plyn a stlačený zemní plyn.....                            | 34 |
| Tabulka 6: Prognóza počtu registrací vozidel na zkapalněný ropný plyn a stlačený zemní plyn v letech 2021-2022..... | 34 |
| Tabulka 7: Registrace nových hybridů .....  | 36 |
| Tabulka 8: Prognóza počtu registrací hybridů v letech 2021-2022 .....   | 36 |
| Tabulka 9: Počet nabíjecích stanic.....   | 38 |
| Tabulka 10: Prognóza počtu nabíjecích stanic v letech 2021-2022.....  | 38 |
| Tabulka 11: Vývoj celkového počtu dobíjecích bodů .....   | 40 |
| Tabulka 12: Prognóza počtu dobíjecích bodů v letech 2021-2022.....  | 40 |
| Tabulka 13: Porovnání počtu dobíjecích bodů se střídavým a stejnosměrným proudem .....                              | 41 |
| Tabulka 14: Počet dobíjecích bodů se střídavým proudem .....  | 42 |
| Tabulka 15: Prognóza počtu dobíjecích bodů se střídavým proudem .....   | 43 |
| Tabulka 16: Počet dobíjecích bodů se stejnosměrným proudem.....   | 43 |
| Tabulka 17: Prognóza počtu dobíjecích bodů se stejnosměrným proudem.....  | 44 |

## 8 Seznam grafů

|  |    |
|--|----|
| Graf 1: Automobily s pohony na alternativní paliva .....                                 | 29 |
| Graf 2: Porovnání počtu registrací nových hybridů a vozidel na alternativní paliva ..... | 35 |
| Graf 3: Vývoj počtu nabíjecích stanic v České republice.....                             | 37 |
| Graf 4: Celkový počet dobíjecích bodů .....  | 39 |