

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra vozidel a pozemní dopravy**



## **Bakalářská práce**

**Analýza možností veřejného nabíjení pro elektrická vozidla**

**Jakub Gavura**



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Gavura

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Analýza možností veřejného nabíjení pro elektrická vozidla**

Název anglicky

**Analysis of public charging options for electric vehicles**

---

## Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na možnosti veřejného nabíjení elektrických vozidel. Hlavním cílem práce je analýza infrastruktury veřejného nabíjení pro elektrická vozidla. Dílčími cíli práce jsou technologický popis nabíjecích míst, rozbor aktuálně figurujících společností v rámci naší republiky a analýza kapacit a výkonu nabíjecích míst.

## Metodika

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce se věnuje analýze infrastruktury veřejného nabíjení.

Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků hodnocení budou formulovány závěry bakalářské práce.

Práce bude zpracována dle osnovy:

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Přehled řešené problematiky
- 4 Praktická část práce
- 5 Závěr
- 6 Seznam použitých zdrojů
- 7 Přílohy

## Doporučený rozsah práce

25-35 včetně obrázků, tabulek a grafů

## Klíčová slova

nabíjecí infrastruktura, elektromobilita, nabíjecí výkon

---

## Doporučené zdroje informací

Jasmine Ramsebner, Albert Hiesl, Reinhard Haas, Hans Auer, Amela Ajanovic, Gerald Mayrhofer, Andreas Reinhardt, Andreas Wimmer, Erwin Ferchhumer, Bernhard Mitterndorfer, Manfred Mühlberger, Karin Mühlberger-Habiger, Smart charging infrastructure for battery electric vehicles in multi apartment buildings, Smart Energy, Volume 9, 2023, 100093, ISSN 2666-9552, <https://doi.org/10.1016/j.segy.2022.100093>.

Muhammad Shahid Mastoi, Shenxian Zhuang, Hafiz Mudassir Munir, Malik Haris, Mannan Hassan, Muhammad Usman, Syed Sabir Hussain Bukhari, Jong-Suk Ro, An in-depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends, Energy Reports, Volume 8, 2022, Pages 11504-11529, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.011>.

Qi Luo, Yunlei Yin, Pengyu Chen, Zhenfei Zhan, Romesh Saigal, Dynamic subsidies for synergistic development of charging infrastructure and electric vehicle adoption, Transport Policy, Volume 129, 2022, Pages 117-136, ISSN 0967-070X, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.09.028>.

Simen Rostad Sæther, Mobility at the crossroads – Electric mobility policy and charging infrastructure lessons from across Europe, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 157, 2022, Pages 144-159, ISSN 0965-8564, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.01.010>.

Sulabh Sachan, Praveen Prakash Singh, Charging infrastructure planning for electric vehicle in India: Present status and future challenges, Regional Sustainability, Volume 3, Issue 4, 2022, Pages 335-345, ISSN 2666-660X, <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2022.11.008>.

---

## Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

## Vedoucí práce

Ing. Veronika Štekerová, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 17. 1. 2023

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

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2023

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2024

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Analýza možností veřejného nabíjení pro elektrická vozidla" jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.3.2024

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval mé vedoucí bakalářské práce Ing. Veronice Štekerové, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady a čas, který mi věnovala při vypracování bakalářské práce.

# **Analýza možností veřejného nabíjení pro elektrická vozidla**

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá analýzou možností veřejného nabíjení pro elektrická vozidla. Teoretická část bakalářské práce se věnuje historii elektromobilů a jejich bateriím, které se v elektromobilech využívají pro pohon. V bakalářské práci jsou vysvětleny základní parametry baterií pro pochopení potřeb pro nabíjení elektromobilů. Následně jsou popsány možnosti nabíjení v privátní a veřejné sféře pomocí nabíjecích stanic. V praktické části byla využita data společnosti Škoda Auto a.s., kde jako forma posloužila metoda vyplnění checklistů jednotlivými testovacími řidiči, kteří testovali veřejné nabíjecí stanice. Výsledky byly interpretovány pomocí grafů pro jednoznačný výstup analýzy.

**Klíčová slova:** veřejné nabíjení, elektromobilita, parametry nabíjecích zařízení, poskytovatelé nabíjecí infrastruktury

# **Analysis of public charging options for electric vehicles**

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the analysis of public charging options for electric vehicles. The theoretical part of the thesis focuses on the history of electric vehicles and their batteries, which are used in electric cars. Basic parameters of batteries are explained to understand the needs for charging electric vehicles. Furthermore, charging options in private and public sectors using charging stations are described in the thesis. In the practical part, data collected by Skoda Auto a.s were utilized, where the method of filling out checklists by individual test drivers who tested public charging stations was used. The results were interpreted using graphs for a clear output of the analysis.

**Keywords:** public charging, electromobility, parameters of charging devices, provider of charging infrastructure



# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Přehled řešené problematiky.....	3
3.1	Elektromobilita .....	3
3.1.1	Výhody a nevýhody elektromobilů .....	4
3.2	Baterie pro elektromobily .....	5
3.2.1	Historie baterií elektromobilu.....	6
3.2.2	Definice a typy baterií pro elektromobil.....	6
3.2.3	Základní parametry baterie pro elektromobily .....	7
3.3	Nabíjení baterie.....	9
3.3.1	Druhy nabíjecích konektorů .....	10
3.4	Typy nabíjecích stanic pro elektromobily .....	11
3.4.1	Privátní nabíjecí zařízení .....	11
3.4.2	Veřejné nabíjecí stanice.....	12
3.5	Infrastruktura veřejných nabíjecích stanic .....	12
4	Praktická část práce .....	14
4.1	Představení vstupů .....	14
4.2	Analýza infrastruktury v České republice.....	16
4.3	Metodika analýzy.....	17
4.4	Zpracování analýzy .....	17
4.5	Výsledky analýzy.....	19
4.5.1	Výsledky analýzy dle zobrazovaného dobíjecího proudu .....	19
4.5.2	Výsledky analýzy dle stavu nabití vozu .....	20
4.5.3	Výsledky analýzy úspěšnosti poskytnutí nabíjení .....	21
4.5.4	Výsledky analýzy nabíjecí infrastruktury pro elektromobily .....	22
4.6	Příklady neúspěšných provedení nabíjení.....	23
5	Závěr .....	24

6 Seznam použitých zdrojů.....	26
--------------------------------	----

## **Seznam obrázků**

Obr. 1 – Elektromobil s trakční baterií .....	5
Obr. 2 – Struktura modulární baterie elektromobilu. ....	8
Obr. 3 – Vzorec pro výpočet příkonu třífázové zásuvky .....	9
Obr. 4 – Konektory Mennekes a CCS2 kombo .....	10
Obr. 5 – Wallbox Škoda Auto .....	11
Obr. 6 – Vyplněný checklist .....	15
Obr. 7 – Příklad zobrazení aplikace MyŠkoda během nabíjení elektromobilu .....	18

## **Seznam tabulek a grafů**

Tab. 1 - TOP 5 výrobců elektromobilů v rámci prodeje v roce 2021 .....	4
Tab. 2 – Přehled zúčastněných poskytovatelů nabíjecích stanic .....	16
Tab. 3 – Přehled nabíjecích stanic v ČR.....	22
Graf 2 - Shodnost zobrazovaných informací nabíjecího proudu.....	19
Graf 1 – Shodnost zobrazovaných informací k stavu nabití baterie.....	20
Graf 3 - Celková úspěšnost provedení nabíjení elektromobilu .....	21
Graf 4 – Veřejné nabíjecí stanice a body v ČR (kumulativně).....	22

## **Seznam použitých zkratek**

Soupis a definování zkratek (vyskytuje-li se jich v textu velké množství)

AC – alternating current – střídavý proud

Ah – ampérhodina

ČS PHM – čerpací stanice pohonných hmot

ČVUT - České vysoké učení technické v Praze

DC – direct current – stejnosměrný proud

ECU – electronic control unit – elektronická řídicí jednotka

kW - kilowat

kWh – kilowatthodina

MIB - Management Information Block – Informačně řídicí jednotka

SOC – state of charge – stav nabití

UPS - uninterruptible power supply – nepřerušitelný zdroj energie

V - volt

# 1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je analýza možností veřejného nabíjení pro elektrická vozidla. Elektromobilita se stává stěžejním tématem v automobilovém průmyslu, a to nejen v kontextu diskusí o udržitelnosti, ale i v rámci strategických plánů hlavních výrobců vozidel. V současné době je snižování uhlíkové stopy prioritou pro mnoho automobilových značek, a přechod na elektromobilitu je jedním z hlavních směrů, které tento proces naplňují. [1]

Evropa, poháněná nařízeními Evropské unie, směřuje k transformaci dopravy a podporuje vývoj elektromobility. Tato iniciativa klade důraz na infrastrukturu veřejného nabíjení, která je klíčovým prvkem pro rozvoj trhu s elektrickými vozidly. S ohledem na rychlý nástup elektromobility je nezbytné zkoumat a porozumět možnostem, výzvam a perspektivám veřejného nabíjení, aby bylo možné přispět k efektivnímu a udržitelnému rozvoji elektromobilní infrastruktury. [1]

Zatímco elektrická vozidla nabývají na popularitě a stávají se nedílnou součástí automobilového trhu, rozvoj infrastruktury pro jejich dobíjení je klíčovým faktorem pro přechod k udržitelnější dopravě. Tato práce se zaměřuje na analýzu možností a výzev spojených s veřejným nabíjením elektromobilů, s cílem přispět k lepšímu porozumění této problematice a navrhnout relevantní doporučení pro budoucí rozvoj infrastruktury pro elektromobily. [2]

Z hlediska ekologické udržitelnosti a potřeby snížení emisí skleníkových plynů je klíčové, aby veřejné nabíjecí stanice byly dostupné, spolehlivé a efektivní. Kromě toho je nezbytné zohlednit různé technologické a legislativní aspekty, které ovlivňují implementaci a provoz veřejné infrastruktury pro dobíjení elektrických vozidel. Práce se zaměřuje na zhodnocení současné situace a trendů v oblasti veřejného nabíjení v České republice a v Evropské unii, s důrazem na identifikaci klíčových překážek a možností pro další rozvoj této infrastruktury. [3]

Díky stále se rozvíjející technologii a rostoucímu povědomí o environmentálních otázkách je přechod k elektromobilní dopravě nevyhnutelný. Analyzovat a porozumět aspektům veřejného nabíjení elektrických vozidel je klíčové pro úspěšnou integraci elektromobility do každodenního života a pro dosažení dlouhodobé udržitelnosti v oblasti dopravy. [4]

## 2 Cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je zanalyzovat aktuální stav možností veřejného nabíjení pro elektrická vozidla. Cílem této analýzy je poskytnout ucelený pohled na současnou situaci, identifikovat případné nedostatky a přínosy existujících veřejných nabíjecích stanic z perspektivy uživatelů elektrických vozidel. Práce je zaměřena na vyhodnocení sběru dat z checklistů, které byly vyplněny testovacími řidiči na různých veřejných nabíjecích stanicích. Hlavním kritériem, podle kterého bude provedena analýza, je schopnost a dostupnost provedení nabíjení na dané veřejné nabíjecí stanici.

V rámci dosažení tohoto hlavního cíle bylo stanoveno několik dílčích cílů, které pomohou lépe porozumět problematice a uskutečnit komplexní analýzu:

- Historie elektromobilů a jejich baterií: Tento dílčí cíl umožní prostřednictvím historického přehledu porozumět vývoji elektromobilů a technologiím, které stojí za jejich bateriemi. Porozumění historickému kontextu pomůže lépe pochopit současnou situaci a budoucí směřování elektromobility.
- Popis možností pro využití nabíjení elektromobilů: Tento cíl umožní provést přehled různých metod a technologií nabíjení elektromobilů, včetně nabíjecích standardů, typů nabíjecích stanic a různých nabíjecích možností.
- Provedení analýzy sesbíraných dat: Získaná data z checklistů vyplněných testovacími řidiči na veřejných nabíjecích stanicích budou podrobena analýze. Tato analýza umožní identifikovat klíčové trendy, problémy a příležitosti v oblasti veřejného nabíjení elektromobilů a poskytne základ pro formulaci doporučení a návrhů na zlepšení současné situace.

Tímto způsobem je práce zaměřena na komplexní porozumění problematice veřejného nabíjení elektromobilů a může přispět ke zlepšení infrastruktury pro elektromobilitu prostřednictvím relevantních analýz a doporučení.

### 3 Přehled řešené problematiky

V následující kapitole jsou přiblíženy technologie spojené a používané u elektromobilů. Vzhledem k současným trendům a rostoucí důležitosti elektromobility je toto téma významné pro každého výrobce automobilů. S ohledem na rostoucí počet elektromobilů na silnicích je nutné zajistit dostatečnou nabíjecí infrastrukturu, aby uživatelé elektromobilů mohli pohodlně a spolehlivě využívat svá vozidla. [1]

#### 3.1 Elektromobilita

Elektromobilitou se rozumí dopravní prostředky, které jsou poháněny elektřinou. Tyto dopravní prostředky používají baterie nebo palivové články k napájení elektromotoru, který pohání vozidlo. Elektromobilita se stává stále populárnější, protože nabízí ekologičtější alternativu k tradičním spalovacím motorům, které produkují škodlivé emise. Elektromobily jsou často také velmi tiché a mají nižší náklady na provoz a údržbu. [5]

První elektromobil byl vyvinut již v 19. století. V roce 1837 si skotský vynálezce Robert Anderson postavil malé elektrické vozítko, které používalo baterie. První elektromobil, který byl schopen převážet cestující, byl vyroben v roce 1884 v Anglii a nazýval se "The Electrobat". V roce 1899 byl založen v USA první výrobní podnik na elektromobily, který se jmenoval "Electric Vehicle Company". Elektromobily byly velmi populární v první polovině 20. století, ale s nástupem levnějších spalovacích motorů postupně ztrácely na významu. V posledních letech ale opět získávají na popularitě, zejména díky zlepšení technologií baterií a vývoji nových modelů elektromobilů. [6]

V roce 2022 bylo podle článku pánů. Paoli a Gül prodáno celosvětově 3 miliony elektromobilů představující 4,1 % globálních prodejů vozidel. V roce 2021 bylo prodáno 6,6 milionů elektromobilů, a to představovalo 9 % celkových prodejů vozidel potvrzující celosvětové uplatnění elektrických motorů jako řešení budoucích problémů konvenčních motorů. V tabulce číslo 1 je vidět 5 největších prodejců elektromobilů na světě. [7]

Při zkoumání dlouhodobých strategií lze pozorovat vysoký nárůst prodejů elektromobilů. Například plán společnosti Škoda Auto a.s. je mít do roku 2030 v Evropě 70% podíl elektromobilů na celkových prodejkách. Jako nejsilnější automobilová značka v České republice chce o tématu rozvoje a důležitosti elektromobility zvyšovat povědomí. [8]

Tab. 1 - TOP 5 výrobců elektromobilů v rámci prodeje v roce 2021

Výrobce	Celosvětově	Evropa	Asie	USA	Ostatní
<b>Tesla</b>	936	170	321	352	93
<b>VW Group</b>	763	549	154	44	15
<b>BYD</b>	598	1	595	0	2
<b>GM</b>	517	0	486	25	6
<b>Stellantis</b>	385	324	14	42	5

Zdroj: <https://www.iea.org/commentaries/electric-cars-fend-off-supply-challenges-to-more-than-double-global-sales>

### 3.1.1 Výhody a nevýhody elektromobilů

Elektromobily mají několik výhod oproti tradičním vozidlům s pohonem spalovacím motorem. Elektromobily představují ekologičtější alternativu v porovnání s tradičními vozidly se spalovacími motory. Jejich provoz nevytváří emise, a to znamená menší znečištění ovzduší a šetrnější přístup k životnímu prostředí. Navíc mají elektromobily nižší provozní náklady, protože elektřinu lze získat levněji než paliva pro spalovací motory a jejich údržba je obvykle levnější. Díky tichému provozu elektromobilů je jejich jízda příjemnější a méně rušivá. Kromě toho mají elektromobily lepší výkon díky okamžité reakci na plynový pedál, která znamená lepší zrychlení ve srovnání s vozidly s konvenčním pohonem. Další výhodou je možnost nabíjení elektromobilů z obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární panely nebo větrné turbíny, které dále zvyšuje jejich šetrnost vůči životnímu prostředí. [9]

Elektromobily mají několik nevýhod, které je důležité zvážit při jejich používání. Mezi ně patří omezený dojezd na jedno nabití baterie, což může být problémem zejména při delších cestách. Dále je tu dlouhá doba nabíjení, která může trvat delší dobu než plnění nádrže u tradičních vozidel, a to může být nevýhodou při rychlém plánování cest. Elektromobily jsou také obvykle dražší než tradiční vozidla se spalovacím motorem, a to může být překážkou pro některé zájemce. [9]

Další nevýhodou je omezené množství nabíjecích stanic, jelikož veřejné nabíjecí stanice pro elektromobily jsou stále méně dostupné než klasické čerpací stanice. Toto může omezovat pohodlí a dostupnost nabíjení. Elektromobily také vyžadují speciální znalosti a vybavení pro údržbu, z toho vyplývá, že údržba může být dražší a složitější než u tradičních vozidel. [9]

### 3.2 Baterie pro elektromobily

Porozumění parametrům baterií je nezbytné pro efektivní výběr, použití a údržbu elektromobilu. V této části bakalářské práce je zaměřeno na historii, klíčové parametry baterií, které zahrnují kapacitu, napětí, hmotnost, životnost cyklů nabití, rychlost nabíjení, teplotní rozsah provozu a cenu. Baterie, které se využívají v elektromobilech nejsou klasické tužkové baterie, ale soustavy pospolu pospojované moduly baterií. Mezi základní parametry řadíme minimální a maximální napětí baterie, kapacitu a vnitřní odpor. Další parametry jako váha a rozměry jsou taktéž důležité parametry, ale jen z pohledu výroby, umístění a celkového rozložení elektromobilu. Každý elektromobil může dané rozměry a váhu měnit dle svých možností technologie. Každá automobilka se snaží tyto dva parametry co nejvíce minimalizovat, ale obě veličiny mají své limity. Na obrázku 1 je vidět elektromobil s umístěním trakční vysokonapěťové baterie v podlaze vozu. [10]

*Obr. 1 – Elektromobil s trakční baterií*



Zdroj: <https://www.devinn.cz/blog/baterie-elektromobilu>



### 3.2.1 Historie baterií elektromobilu

Baterie představují klíčovou součást elektromobilů, která určuje jejich výkonnost, dojezd a spolehlivost. V roce 1859 francouzský fyzik Gaston Planté vynalezl nabíjecí olověný akumulátor, a to se považuje za zrod tohoto typu baterií. V roce 1881 francouzský chemický inženýr Camille Alphonse Faure vylepšil Plantého akumulátor, čímž se zvýšila jeho kapacita a umožnila se průmyslová výroba. Tyto inovace umožnily vznik prvního použitelného elektromobilu, který byl vyvinut francouzským vědcem Gustavem Trouvéem v roce 1881. Tento elektromobil byl úspěšně testován v centru Paříže, avšak Trouvé nebyl schopen ho patentovat. [11, 12]

### 3.2.2 Definice a typy baterií pro elektromobil

Elektrická baterie je zařízení, které slouží k ukládání elektrické energie. Tato energie může být použita pro napájení různých zařízení, včetně elektromobilů, mobilních telefonů, notebooků, digitálních fotoaparátů a mnoha dalších. Elektrické baterie se skládají z jednoho nebo více elektrod a elektrolytu, který umožňuje tok elektronů mezi elektrodami. [11, 13]

Existují různé typy elektrických baterií, které se liší výkonem, kapacitou a životností. Nejčastěji používanými typy baterií jsou:

- Lithium-iontové baterie: Tyto baterie jsou velmi populární pro použití v elektromobilech a mobilních telefonech díky své vysoké kapacitě, výkonu a relativně dlouhé životnosti.
- Olověné baterie: Tyto baterie jsou levnější než lithium-iontové baterie, ale mají nižší kapacitu a jsou těžší. Jsou často používány v náhradních zdrojích energie pro nouzové osvětlení a UPS.
- Niklové baterie: Tyto baterie mají vysokou kapacitu a jsou relativně levné, ale mají nižší výkon a kratší životnost než lithium-iontové baterie.
- Vodíkové palivové články: Tyto baterie využívají vodík a kyslík k vytváření elektrické energie a jsou velmi efektivní, ale jsou stále velmi drahé a nejsou v širokém použití. [13,14]

Výběr správné elektrické baterie závisí na konkrétním použití a potřebách. Elektrické baterie jsou také důležité pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární panely a větrné turbíny, které využívají baterie k ukládání energie pro použití v době, kdy slunce nesvítí nebo nefouká vítr. [11]

### **3.2.3 Základní parametry baterie pro elektromobily**

Pro správný a co nejdelší chod baterie je potřeba znát hranice napětí baterie. Pokud se nechají články baterie klesnout pod minimální hranici, dochází k degradaci a následné ztrátě kapacity baterie. Může nastat i obrácený děj, kdy je baterie vystavována vyššímu napětí, než je konstruováno a poté dochází k úbytku možné maximální kapacity. Pro dosažení co nejdelšího a nejlepšího chodu je vhodné znát tyto parametry a průběžně sledovat aktuální stav baterie. [15]

Velmi důležitý údaj pro uživatele vozu je kapacita baterie. Tento parametr u elektromobilu nahrazuje palivovou nádrž, která se využívá u konvenčního motoru. Jedná se o údaj, který označuje maximální množství elektrické energie v baterii. Jednotkou pro značení kapacity baterie je kWh udávající maximální výkon baterie za hodinu využívání. S tím spojená spotřeba energie je též udávána v Ah pro jednoduchý přepočet dojezdu vozidla. Elektromobily řídí elektronické řídicí jednotky, které dokážou navzájem komunikovat s ostatními částmi vozu. ECU trakční baterie udává aktuální stav kapacity baterie pomocí ukazatele SOC. Jedná se o řídicí jednotku baterie, která je umístěná přímo v jeho pouzdru, která dokáže sledovat parametry, které mají na baterii vliv. Na základě algoritmu baterie vypočítává procentuální aktuální stav v podobě SOC. Tento parametr je dále přebírán dalšími ECU ve voze a poté předáván jako informace pro uživatele vozu. [14, 15]

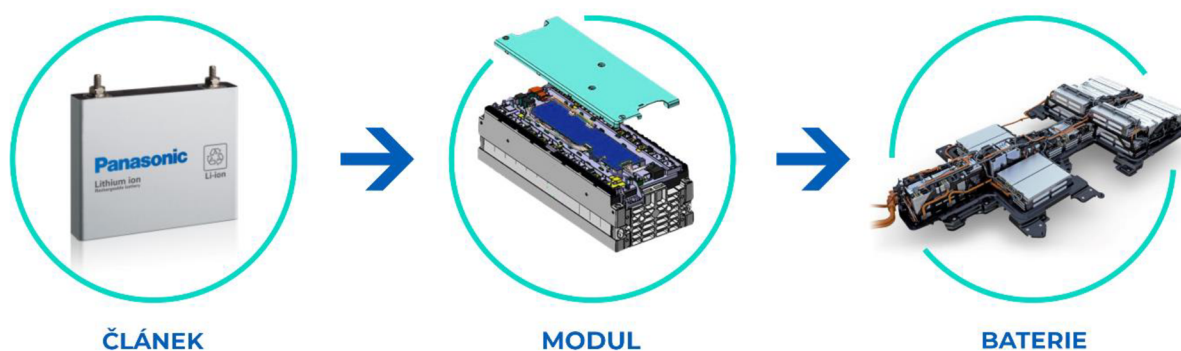
Vnitřní odpor ovlivňuje, jak velké výkony lze převzít z baterie do elektromotoru, ale také jakou maximální rychlostí bude možné baterii nabíjet. S maximální rychlostí a maximálními výkony jsou spojené další faktory jako jsou tepelné ztráty baterie a také teplotní stabilita materiálů. V základu zde funguje jednoduchý princip čím menší odpor, tím větší výkony a naopak. Údaj je udáván obdobně jako u konvenčních vozidel v kW, kde definuje intenzitu práce v daný okamžik. [13, 15]

Při vzniku vysokých odporů se musí energie vzniklá odporem dostávat mimo baterii, a to se děje pomocí vydávání tepla z baterie. Vysoká výhřevnost není požadovaná činnost od baterie, tudíž se s ní musí zacházet tak, aby se co nejvíce minimalizovala. Elektrická energie v baterii je podmíněná chemické reakce a ta je taktéž závislá na teplotě. Při nižších teplotách je chemická reakce zpomalována a výkon a kapacita je snížena. [11, 15]

Kompletní teplotní management má na starosti ECU trakční baterie. Základním nastavením ECU se řídí ochlazování nebo ohřívání baterie pro dosažení co nejlepších výkonů za jakékoliv okolní teploty. Proto jsou některé elektromobily dodávány i například s tepelným čerpadlem, které dokáže nakládat se zbytkovým teplem pro dobíjení baterie. Oproti tomu během připojení baterie na nabíjecí stanici v zimních obdobích dokáže baterii přehřát a tím zvýšit kapacitu, jelikož energie pro přehřátí nemusí být využito z baterie. [15]

Základní částí baterie jsou články. Články si lze představit jako malé tužkové baterie, které obsahují obdobné složení jen s vyššími výchozími parametry. Články jsou ustavovány dále do modulů baterie. Zde dochází k propojení článků a vytvoření větší kapacity baterie. Moduly jsou využívány z důvodu možnosti výměny po modulech a nemusí vždy dojít k výměně celé baterie jako celku. Následně jsou moduly umístěny do pouzdra a pospojovány navzájem kdy na venek vystupují jako jedna baterie. Názorný příklad jedné modulární trakční baterie je vidět na obrázku 2. [10, 15]

*Obr. 2 – Struktura modulární baterie elektromobilu.*



Zdroj: <https://www.devinn.cz/blog/baterieelektromobilu>

### 3.3 Nabíjení baterie

Pro fungování elektromotoru je zapotřebí doplňovat (nabíjet) kapacitu baterie. Nabíjecí stanice jsou proto důležitým prvkem v elektromobilitě. Pro orientaci mezi možnostmi výkonů nabíjecích stanic je dnes potřeba velká odbornost oproti natankování nádrže palivem. Pro nabíjení se využívá stejnosměrný (DC) nebo střídavý (AC) proud. Nejrychlejší nabíjení probíhá pomocí stejnosměrného proudu, ale elektromotor ve vozidle poté využívá pro pohon střídavý proud. Proto je zapotřebí mít přímo ve vozidle měnič napětí a proudu pro zajištění co nejlepších vstupních i výstupních parametrů vozidla. Vozidlo má zabudovaný takzvaný usměrňovač, a proto je možné nabíjet přímo ze sítě domácích zásuvek jak 230 V tak i 400 V AC. Rychlost nabíjení omezuje tento usměrňovač, který je nastaven na maximální vstupní výkon tedy rychlost. [14, 16]

Další omezení provádí zmíněné napětí (230 V/400 V), počet fází a maximální výstupní proud. Druhý parametr ovlivňuje daná nabíječka dle výkonu a počtu fází, které dokáže využít pro nabíjecí proces. V domácím prostředí lze využívat pouze 230 V, 16 A jistič na jedné fázi a na třech fázích 400 V. Maximální příkon ve watech se vypočítá dle daného vzorce pro třífázovou zásuvku viz obrázek 3. [15, 17]

Obr. 3 – Vzorec pro výpočet příkonu třífázové zásuvky.

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$$

kde:

$P$  ..... Příkon [W]

$U$  ..... Fázové napětí [V]

$I$  ..... Proud [A]

$\cos\varphi$  . Účinitel [-]

Zdroj: <https://www.devinn.cz/blog/baterieelektromobilu>

### 3.3.1 Druhy nabíjecích konektorů

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, lze používat jak stejnosměrný proud tak střídavý proud. Pro zjednodušení rozpoznání druhů nabíječek je pro daný typ jiný tvar konektoru. V dnešní době se zatím lze setkat nejčastěji se dvěma druhy konektorů, a to Type 2 a CCS kombo. Oba konektory jsou vidět na obrázku číslo 4. Evropské elektromobily mají v převaze konektor Type 2, často nazýván Mennekes, který byl v roce 2014 schválen pro celou EU. Tento typ je pro dobíjení střídavým proudem, kde z důvodu omezení nabíječek pracuje s výkonem 22 kW, i když samotný konektor zvládá přenos okolo 44 kW. Daný druh je využíván pro strategické nabíjení, které je prováděno během delšího zaparkování elektromobilu. Další v řadě je konektor podporující rychlo nabíjení stejnosměrným proudem pod názvem v Evropské unii CCS Combo 2, který dokáže vůz nabíjet až 350 kW. V dnešní době se jedná o koncovku s nejrychlejším možným nabíjením, která je běžně k dodání. [18, 19]

*Obr. 4 – Konektory Mennekes a CCS2 kombo*



Zdroj: <https://amperepoint.com/en/blogs/ev-charging-guide/type-2-chademo-ccs-all-about-plugs-for-your-ev>

### 3.4 Typy nabíjecích stanic pro elektromobily

Nabíjecí stanice je důležitý prvek elektromobility, který je taktéž zmíněn v zákoně č. 311/2006 Sb. o pohonných hmotách. Typy dobíjení závisí na výkonu dobíjecí stanice, tím je myšlena rychlost nabití vozu. Pro rychlý přenos elektrické energie do baterií je zapotřebí mít co nejvyšší napětí. Pro vytvoření dostatečné infrastruktury pro aktuální ale i budoucí množství elektromobilů je zapotřebí věnovat pozornost typům nabíjecích stanic a jejich výkonů pro odbavení co nejvyššího počtu zákazníku v co nejkratším čase. Nabíjecí infrastruktura se dělí na privátní/domácí a veřejnou. [20]

#### 3.4.1 Privátní nabíjecí zařízení

Pro využívání nabíjení elektromobilů v privátní zóně se používají zejména Wallboxy a klasické zásuvky na 230 V. Poskytovatel Wallboxu značky Škoda Auto a.s. je vidět na obrázku číslo 5. Nabíjecí kabely, které je možné použít v běžných zásuvkách v domácnosti dosahují nejpomalejšího nabíjení. Jedná se tak o záložní nebo nouzové využití. [21]

*Obr. 5 – Wallbox Škoda Auto*



Zdroj: [https://eshop.skoda-auto.cz/cs\\_CZ/wallbox-skoda/p/5LA915686A](https://eshop.skoda-auto.cz/cs_CZ/wallbox-skoda/p/5LA915686A)

Zařízení Wallbox je koncipováno jako domácí nabíjecí stanice již od svého počátku. Již při plánování pořízení u poskytovatele jsou zmíněny veškeré požadavky na připojení do sítě domu. Pokud budou dané parametry nedosažitelné, jsou možné další varianty. Pro zjednodušení procesů výběru daného Wallboxu má již většina poskytovatelů vytvořený konfigurátor, kam se zadávají dané požadavky zákazníka a na základě těchto podnětů je vydefinován Wallbox na míru. Pro domácí využití není prvoplánové co nejrychlejší nabití elektromobilu, tudíž je ve většině případů řešeno pouze AC nabíjením. Dalšími předpoklady jsou maximální možná přípojka elektrické sítě u domu nebo zapojení fotovoltaiky ze střechy domu či přístřešku pro elektromobil. [22, 23]

### **3.4.2 Veřejné nabíjecí stanice**

Jak již bylo zmíněno výše, pro veřejné nabíjecí stanice platí stavební zákon a je předpokládáno, že je budou využívat různí uživatelé k nabíjení svých vozidel. Proto záleží na poskytovateli dané stanice, z jakého důvodu či využití se rozhodl danou stanicí vybudovat. Jiné zájmy bude mít nákupní středisko a jiné prostory čerpacích stanic. [24, 25]

Ve veřejných nabíjecích stanicích se lze setkat s variantami AC i DC. Pro uživatele veřejných nabíjecích stanic bude hlavním ukazatelem cena nabíjení a její dostupnost. Každý poskytovatel veřejné nabíjecí stanice nabízí ceny jak pro jednorázové zákazníky, tak i různé slevové tarify. Elektromobilitou a její infrastrukturou se zabývají i samotní výrobci elektromobilů, kteří se snaží vyjednávat s poskytovateli co nejjednodušší a nejlevnější nabíjení pro své zákazníky. Například Škoda Auto svým zákazníkům nabízí kartu PowerPass. Tím zákazník získává zjednodušení využívání veřejných nabíjecích stanic. [26, 27]

## **3.5 Infrastruktura veřejných nabíjecích stanic**

Dle dostupných podkladů z Ministerstva dopravy ČR je aktuálně ke dni 31.7.2023 na území České republiky 4 051 veřejných nabíjecích míst. Převažuje výskyt pomalejšího AC nabíjení v počtu 3 004. Rozložení dle krajů není úplně rovnoměrné a stejný počet stanic není zahrnut v každém kraji. Čerpacích stanic pro pohonné hmoty je v ČR 3 961 dle evidence ze dne 24.3.2023. Porovnání dle počtu je ale zavádějící, jelikož čerpání PHM je o poznání rychlejší činnost než nabíjení elektromobilu. Lepším ukazatelem by bylo provést porovnání v rámci stráveného čistého času u nabíjecí nebo čerpací stanice. [28]

Příkladem může být uveden elektromobil značky Škoda Auto Enyaq s kapacitou baterie 77 kWh. Jako zástupce konvenčního vozidla byl zvolen vůz značky Škoda Auto Octavia s běžným naftovým motorem 2.0 TDI s objemem nádrže 45 l. Octavia má cca dvojnásobný dojezd na jednu plnou nádrž, tudíž potřeba dobíjení elektromobilu byla zdvojnásobena. Průměrné čerpadlo z ČS PHM má průtok okolo 25 l/min, což znamená že doba strávená tankováním jednoho konvenčního vozidla bude trvat do plné nádrže maximálně 2 minuty. Oproti tomu nabití jedné baterie z 0 % na 100 % bude elektromobilu trvat při využití AC nabíjení až 8 hodin. Tyto nabíječky mají zcela odlišný smysl využívání a jsou do porovnání nevhodné. [25, 28, 29]

K porovnání s konvenčním motorem lze využít pouze DC nabíjení o výkonu 150 kW, kdy doba nabití do 100 % kapacity baterie je cca 40 minut. Z těchto dat vyplývá, že pro zajištění stejné infrastruktury jako je tomu nyní u ČS PHM by muselo být DC nabíjecích stanic v České republice okolo 158 440 s nejsilnějším výstupem alespoň 150 kW. Dle tohoto zjištění aktuálně na území České republiky chybí 157 393 nabíjecích stanic s DC výkonem. [24, 26, 29]

I když se na první pohled může zdát, že příchod elektromobility znamená pouze přechod na "čistou" energii pro vozidla, ve skutečnosti se jedná o mnohem větší změnu myšlení a využívání vozidel v budoucnosti. Poté je již možné dané číslo ponížít o pomalejší nabíjecí body AC, které lze využít v době, kdy je vůz delší dobu odstaven, například dobou strávenou v zaměstnání, na schůzce či jiné aktivitě. Je potřeba se zamýšlet nad vybudováním stanic, kde se vozy nejdéle zdržují a těmi jsou veřejné parkoviště. Pokud je vozidlo během parkování v nákupním centru připojeno k nabíjecí stanici a během návštěvy kina plně nabito, není nutné se starat o dobu, po kterou probíhá nabití elektromobilu. Budování infrastruktury pro elektromobily by nemělo být zaměřeno na přibývání rychlých DC nabíjecích stanic, ale na budování strategických lokací, které dokážou přeměnit strávený čas na efektivní nabíjecí prostor pro každý elektromobil. [24, 30]



## 4 Praktická část práce

Tato část práce se zabývá analýzou možností veřejného nabíjení pro elektromobily. Pro tuto analýzu byla vybrána data poskytnuta společností Škoda Auto a.s. Data byla sbírána za pomoci testovacích subjektů, kteří vytipovávali nabíjecí stanice, které následně podrobili testu funkčnosti a komunikace mezi nabíjecí stanicí a elektromobilem.

### 4.1 Představení vstupů

Každý testovací subjekt měl za úkol vytipovat veřejnou nabíjecí stanici, kterou posléze podrobil otestování funkčnosti. Pro následné vyhodnocení dat bylo nutné sjednotit výstupní data. K tomu byl vytvořen jednotný checklist, který je vidět na obrázku číslo 6. V checklistu jsou názorně uvedena data, která testovací řidiči vyplňovali během testování nabíjecích stanic.

Checklist se skládá ze základní hlavičky, která obsahuje název a identifikační číslo nabíjecí stanice, datum provedení testu, jméno testovacího řidiče, VIN číslo elektromobilu a celkový výsledek nabíjení na dané nabíjecí stanici. Mezi další informace checklistu patří například provozovatel nabíjecí stanice, výrobce nabíjecí stanice, typ nabíjení a maximální dobíjecí výkon. Provádění testů bylo naplánované na 3 fáze, jehož součástí bylo testování pracovního týdne, ve kterém řidiči vyjížděli k nabíjecím stanicím provádět testy.

Obr. 6 – Vyplněný checklist

Kontrolní karta dobíjení							
Dobíjecí místo: OC Letňany ID: UR111				Číslo vozu TMB: PF056111			
Datum: 26.9.2023	Řidič: Bilek	OK	NOK		Popis závady (v případě NOK)		Foto / printscreen
<b>1 Nabíjecí stanice</b>							
Provozovatel (e-on, PRE, ČEZ, ...)	ČEZ			Foto s typem konektoru (AC/DC), displejem a ID nabíjecí stanice			
Display	ANO	NE					
Výrobce nabíjecí stanice (ABB, Alpitronic, ...)	SIEMENS			Snímek obrazovky na začátku nabíjení a na konci			
Number of vehicles at the charging station place	in reality:	1	v PowerPassu:				
<b>2 Nabíjení na nabíjecí stanice</b>							
<b>2.1 Autentizace (ověření) na dobíjecím místě (označte všechny dostupné možnosti a poté vyberte metodu)</b>							
Karta Powerpass	doba ověření (sek.):		15	závady:			
Typ nabíjení	AC	DC					
Dobíjecí výkon (kW)	150Kw						
<b>2.2 Druhé vozidlo na nabíjecí stanici</b>							
Nabíjí se na stejné nabíjecí stanici jiné vozidlo?	ANO		ano, od minuty nabíjení testovaného vozu		NE		
Jde nabíjet testované vozidlo současně s jiným vozidlem na stejné nabíjecí stanici?	ANO	NE					
Jaký nabíjecí konektor používá druhé vozidlo?							
Vyskytly se nějaké problémy s nabíjením, když se současně nabíjelo druhé vozidlo?							
Změnil se nabíjecí výkon, když se nabílo druhé vozidlo?							
<b>2.3 Spuštění a ukončení nabíjení</b>							
<b>stav km: 15887</b>							
Čas zahájení a ukončení nabíjení	start:	10:09	konec:	10:18	závady:		
Stav baterie (%) - displej dobíjecího sloupku	start:	53	konec:	63	závady:		
Stav baterie (%) - displej rádia	start:	53	konec:	63	závady:		
Stav baterie (%) - aplikace MyŠKODA	start:	53	konec:	63	závady:		
Dobíjecí výkon (kW) - displej dob. sloupku	start:	64	konec:	62	závady:		
Dobíjecí výkon (kW) - displej rádia	start:	64	konec:	62	závady:		
Dobíjecí výkon (kW) - aplikace MyŠKODA	start:	63,7	konec:	61	závady:		
<b>2.4 Komunikace s podporou nabíjecí stanice v případě závady / nespustění nabíjení (tel. číslo podpory na nabíjecí stanici)</b>							
Dovolali jste se na zákaznickou linku?	Ano, na druhý pokus						
Byla podpora uživatelsky přívětivá?	Ano						
Podářilo se odstranit závadu/spustit nabíjení?	Nepodařilo						
Detailnější popis situace a okolních podmínek před zahájením nabíjení:	Nabíjecí konektor byl na displeji stanice zobrazen jako obsazený, přitom byl volný a nikdo ho nevyužíval.						
Detailnější popis situace a okolních podmínek v průběhu nabíjení:	vozidlo na daném konektoru nezačalo nabíjet.						
Reakce infolinky:	Restart stanice nepomohl, závadu předají dál, informují technika na kontrolu stanice.						
<b>3 Další zjištěné závady</b>							
Powerpass ACR1							Trace:
Powerpass nezobrazuje obsazený nabíjecí konektor, po 4 min aplikace zobrazí obsazený nabíjecí konektor.							Trace:
Druhý nabíjecí konektor na stanici je zobrazen jako obsazený ale je zastrčený v nabíjecí stanici. Helplinka neví kde je problém a zašle technika na kontrolu stanice, je možné že je rozbitý modul v nabíjecí stanici.							Trace: 10:35
							Trace:

Zdroj: Vlastní zdroj

Jelikož se jednalo o testování firmou Škoda Auto a.s. byla u nabíjecích stanic používána aplikace PowerPass sloužící k placení za nabíjení. Důvodem provedení daného testování nabíjecích stanic bylo podílení se na efektivní a kvalitní nabíjecí infrastrukturu v České republice. Výstupem analýzy je aktuální stav nabíjecí infrastruktury z pohledu funkčnosti a korektnosti nabíjecích stanic a elektromobilů. Analyzovaní poskytovatelé nabíjecích stanic byly tři největší zástupci poskytovatelů nabíjecích stanic, a to firmy ČEZ, E.ON a PRE.

*Tab. 2 – Přehled zúčastněných poskytovatelů nabíjecích stanic*

<b>Přehled zúčastněných poskytovatelů nabíjecích stanic</b>				
	<b>Počet nabíjecích stanic</b>	<b>Počet nabíjecích AC bodů</b>	<b>Počet nabíjecích DC bodů</b>	<b>∑ nabíjecích bodů</b>
<b>ČEZ</b>	604	736	464	1200
<b>E.ON</b>	199	246	148	394
<b>PRE</b>	783	1096	275	1371

Zdroj: <https://www.cistadoprava.cz/stanice-ceska-republika/>

Z celkového počtu 4 313 evidovaných nabíjecích bodů AC a DC jsou tyto tři poskytovatelé zastoupeni ve více jak 68 procentech. Jedná se o největší veřejné poskytovatele nabíjecích stanic pro elektromobily. [28]

Tato analýza má sloužit jako zpětná vazba pro poskytovatele nabíjecích stanic, která bude obsahovat korektní chování stanice vůči elektromobilu a využívání aplikací pro snadnější správu energie elektromobilu. Výstupem analýzy je predikce spokojenosti uživatele s využitím nabíjecí stanice a korektních informací o možnostech nabíjení a následného využití nabíjení.

## **4.2 Analýza infrastruktury v České republice**

V rámci bakalářské práce lze vstupní analýzu infrastruktury veřejných nabíjecích stanic pro elektromobily provést na základě dat z webového portálu [www.cistadoprava.cz](http://www.cistadoprava.cz). Portál poskytuje aktuální informace o infrastruktuře k datu 30. září 2023. Tento zdroj poskytuje důležité údaje o veřejných nabíjecích stanicích, které jsou klíčové pro vyhodnocení stavu a vývoje nabíjecí infrastruktury v České republice.

Analyzujeme celkový počet nabíjecích bodů, rozdělení mezi jednosměrnými (AC) a obousměrnými (DC) nabíjecími body a celkový počet veřejných nabíjecích stanic v daném období. Důležitým aspektem analýzy je také dynamika růstu infrastruktury, která je znázorněna trendovým grafem, jež umožňují sledovat vývoj nabíjecí sítě v čase. Závěrem vstupní analýzy je vhodné shrnout klíčové poznatky a trendy, které mohou posloužit jako východisko pro strategické plánování a další výzkum v oblasti rozvoje elektromobilové infrastruktury v České republice.

### **4.3 Metodika analýzy**

Metodika analýzy, která byla použita, se zaměřovala na zaznamenávání porovnávacích údajů mezi nabíjecími stanicemi, elektromobilem a aplikací MyŠkoda. Tato aplikace je klíčovým nástrojem pro řidiče elektromobilů, neboť usnadňuje plánování nabíjení ve veřejné sféře a poskytuje užitečné informace týkající se dostupnosti nabíjecích stanic a stavu nabití vozidla. Proces sběru dat zahrnoval systematické zaznamenávání informací o stavu nabíjení, funkčnosti nabíjecí stanice a uživatelské zkušenosti s aplikací MyŠkoda. Tyto údaje byly následně analyzovány s cílem identifikovat klíčové trendy a případné nedostatky v provozu veřejných nabíjecích stanic z hlediska uživatelského pohledu. Tento přístup umožňuje nejen porozumět praktickým aspektům využívání veřejného nabíjení elektromobilů, ale také přispívá k zhodnocení efektivity a spolehlivosti infrastruktury pro elektromobilitu. Analyzovaná data poskytují důležité informace pro optimalizaci provozu nabíjecích stanic a zlepšení uživatelského zážitku při nabíjení elektromobilů ve veřejném prostoru.

### **4.4 Zpracování analýzy**

Celkem bylo nashromážděno 232 checklistů, které jsou v této bakalářské práci následně zpracovány. Cílem analýzy nebylo porovnávat jednotlivé provozovatele, a proto jsou vstupní data posuzována tak, jako by byly nabíjecí stanice provozovány jediným subjektem. Informace jako označení a adresa nabíjecí stanice jsou pro účely analýzy irelevantní a nebude s nimi dále pracováno.

Ukazatelem pro analýzu jsou stavy baterie na všech třech ukazatelích, kterými jsou sloupek nabíjecí stanice, informace z elektromobilu poskytované na infotainmentu a v aplikaci MyŠkoda. Dalším důležitým ukazatelem pro analýzu je, zda byla nabíjecí stanice využívána s dalším vozem, nebo zdali se jednalo o samostatnou nabíjecí stanici.

Třetím ukazatelem pro analýzu je aktuální zobrazovaný dobíjecí výkon, který je opět zobrazován na všech třech možnostech zobrazení. Hlavním ukazatelem pro vyhodnocení je, zdali nabíjecí stanice zahájila nabíjení elektromobilu a zobrazovací možnosti tuto informaci taktéž korektně předávali uživateli. To znamená, že při správném zahájení nabíjení elektromobilu nabíjecí stanice, infotainmentu a v aplikaci MyŠkoda shodně předali výstupní informaci uživateli. Na obrázku číslo 7 je zobrazena aplikace MyŠkoda během nabíjení vozu a jsou zde vidět všechny tři sledované parametry. Pokud se v procesu nabíjení elektromobilu vyskytne neshoda, nejčastěji je to způsobeno chybným chováním jednoho ze tří aktérů – uživatele elektromobilu, provozovatele nabíjecí stanice nebo výrobce nabíjecího zařízení.

*Obr. 7 – Příklad zobrazení aplikace MyŠkoda během nabíjení elektromobilu*



Zdroj: MyŠkoda – Aplikace na Google Play

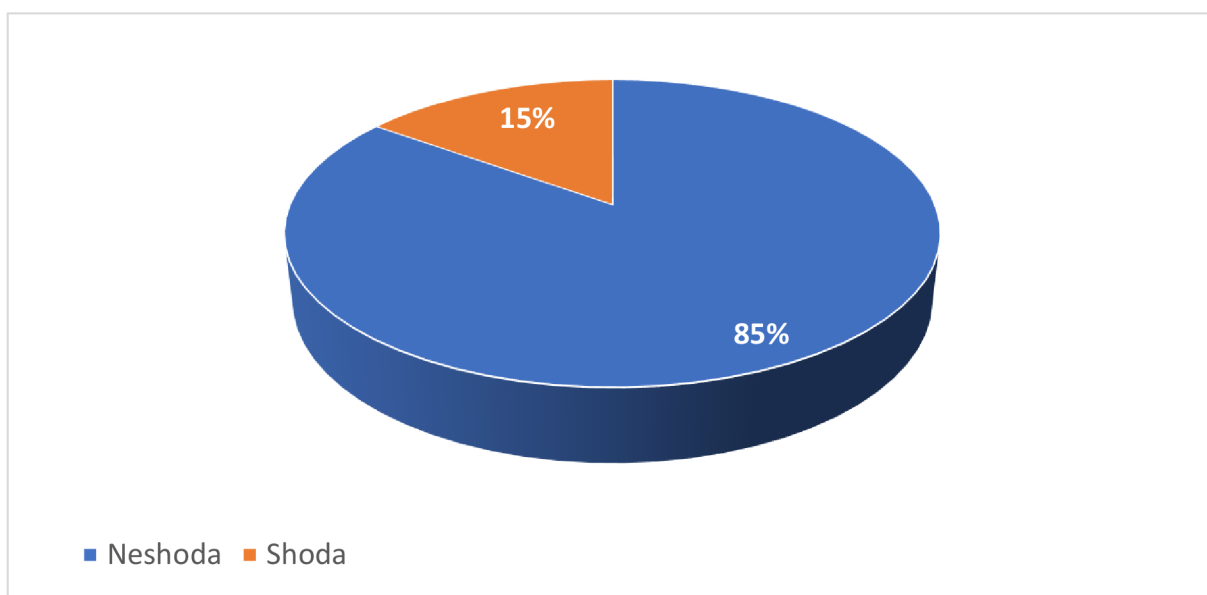
## 4.5 Výsledky analýzy

V této kapitole bakalářské práce jsou představeny výsledky analýzy, které se zaměřují na tři části. První část je výsledek dle zobrazovaného dobíjecího proudu během nabíjení elektromobilu s prioritou 3. Další část je výsledek analýzy dle stavu nabití vozu, které má prioritu 2. Poslední část je celková úspěšnost zahájení a provedení nabíjení elektromobilu s prioritou 1. Celková úspěšnost proběhlého nabíjení elektromobilu má samozřejmě nejvyšší váhu hodnocení, jelikož zbylé části pouze poskytují přidružené informace během nabíjení elektromobilu. Poslední vyhodnocená část analýzy je celková analýza infrastruktury nabíjecích stanic v České republice.

### 4.5.1 Výsledky analýzy dle zobrazovaného dobíjecího proudu

Analýzou pomocí testů na nabíjecích stanicích došlo k získání informace zobrazenou na grafu číslo 2. Pouze 15 % testů mělo shodné zobrazení aktuálního dobíjecího proudu na nabíjecí stanici, MIB elektromobilu a aplikaci MyŠkoda, Bylo zjištěno, že mezi aplikací MyŠkoda a elektromobilem v přenosu aktuálních informací dochází k častým rozdílům a to v 36 % provedených testů. Rozdílnost v aktuálním dobíjecím proudu může být značná vzhledem k proměnlivým okolním podmínkám a každá platforma nemusí být schopna zobrazovat aktuální data stejně rychle.

*Graf 2 - Shodnost zobrazovaných informací nabíjecího proudu*

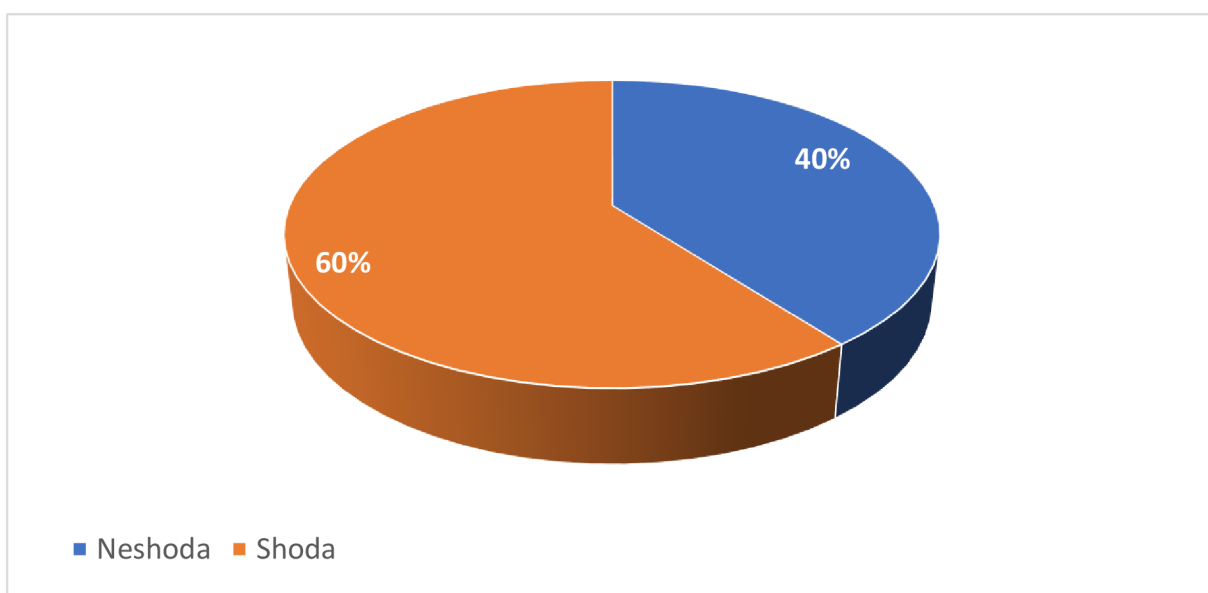


Zdroj: vlastní zdroj

#### 4.5.2 Výsledky analýzy dle stavu nabití vozu

Z výsledků analýzy zobrazené na grafu číslo 1 vyplývá, že 40 % připojení k nabíjecím stanicím nezobrazovalo shodné informace k aktuálnímu stavu baterie mezi nabíjecí stanicí, MIB elektromobilu a aplikací v telefonu MyŠkoda. Tento ukazatel naznačuje velký prostor ke zlepšení pro všechny zainteresované strany. Jedná se o správnost komunikace mezi nabíjecí stanicí a elektromobilem. Z celkového počtu neshod v zobrazení došlo pouze u dvou testů k neshodě mezi elektromobilem a aplikací MyŠkoda, kdy došlo ke špatnému přenosu dat pomocí backendů aplikace.

*Graf 1 – Shodnost zobrazovaných informací k stavu nabití baterie*

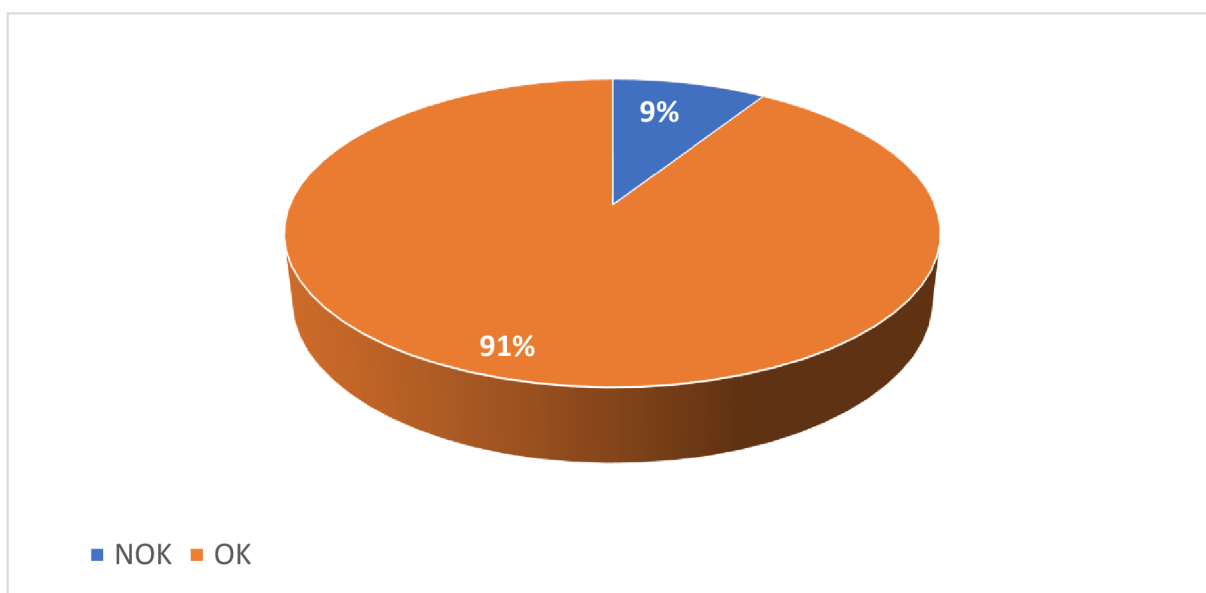


Zdroj: vlastní zdroj

### 4.5.3 Výsledky analýzy úspěšnosti poskytnutí nabíjení

Nejdůležitějším aspektem této analýzy je úspěšnost provedení nabíjení na veřejné nabíjecí stanici. Z provedené analýzy na grafu číslo 3 vychází 91 % úspěšnost provedení nabíjení na veřejných nabíjecích stanicích. Tento výsledek poukazuje na nestabilitu potřeb nabíjení elektromobilů. Pro zajištění obdobné stability jako u konvenčních vozidel je zapotřebí technologii nabíjení na veřejných nabíjecích stanicích zlepšit. V důsledku menšího počtu nabíjecích stanic v porovnání s počtem ČS PHM a následné doby trvání nabíjení, je tento stav neodpovídající ke 100 % přechodu na elektromobilitu a následnému odstavení konvenčních vozidel.

*Graf 3 - Celková úspěšnost provedení nabíjení elektromobilu*



Zdroj: vlastní zdroj



#### 4.5.4 Výsledky analýzy nabíjecí infrastruktury pro elektromobily

Z dostupných údajů z webového portálu [www.cistadoprava.cz](http://www.cistadoprava.cz), která je pod záštitou Ministerstva průmyslu a obchodu, je poslední aktualizace počtu veřejných nabíjecích stanic v ČR k datu 30.9.2023 celkem 2 313 dobíjecích stanic, které tvoří 4 313 dobíjecích bodů, viz tabulka číslo 3.

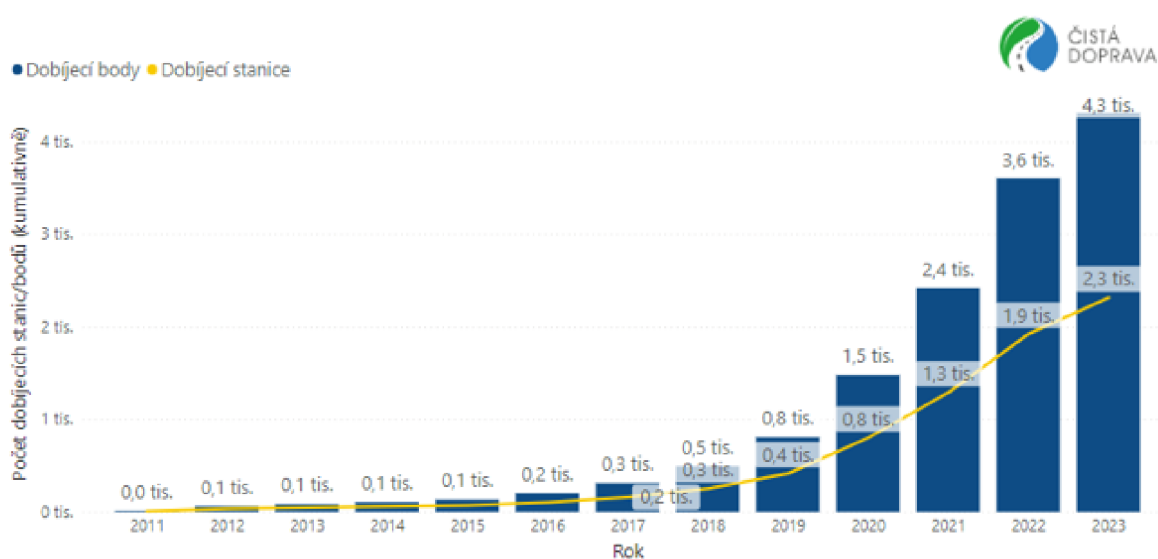
Tab. 3 – Přehled nabíjecích stanic v ČR

Dobíjecích bodů celkem	Dobíjecích stanic celkem
4 313	2 313
AC bodů celkem	DC bodů celkem
3 221	1 092

Zdroj: <https://www.cistadoprava.cz/stanice-ceska-republika/>

Vývoj výstavby nových nabíjecích stanic je od roku 2019 strmě stoupající, jak ukazuje graf číslo 4. Již v roce 2020 bylo v České republice více jak 800 veřejných nabíjecích stanic a celkově přes 1 500 nabíjecích bodů.

Graf 4 – Veřejné nabíjecí stanice a body v ČR (kumulativně)



Zdroj: <https://www.cistadoprava.cz/stanice-ceska-republika/>

## 4.6 Příklady neúspěšných provedení nabíjení

### 1. R326 Kaufland Pelhřimov, 50kW dne 09.06.2023 v 10:28

Nabíjecí stanice měla dva nabíjecí body, kdy jeden z bodů byl využíván jiným elektromobilem. Po připojení druhého elektromobilu pomocí nabíjecí zásuvky, nedošlo ke spojení s nabíjecí stanicí. Po kontaktování hotline poskytovatele nabíjecí stanice bylo sděleno, že daná nabíjecí stanice nepodporuje nabíjení dvou elektromobilů zároveň.

### 2. R328 Obchodní centrum Spektrum, 50 kW dne 11.07.2023 v 11:20

Nabíjecí stanice disponuje dvěma nabíjecími body. Před připojením elektromobilu byl jeden elektromobil nabíjen. Po připojení druhého elektromobilu a uplynutí dvou minut, nabíjecí stanice hlásila chybu v připojení vozidla a nabíjení druhého elektromobilu bylo přerušeno. Chyba byla na straně nabíjecí stanice, kde po informování poskytovatele došlo k omluvě nefunkčnosti nabíjecí stanice.

### 3. 10411 Globus Zličín, 43 kW dne 12.06.2023 v 07:00

Nabíjecí stanice po připojení elektromobilu pomocí zásuvky DC hlásila maximální možný výkon pouze 3,5 kW. Tudíž nebylo možné dosáhnout maximálního dobíjecího výkonu 43 kW. Po kontaktování poskytovatele skrze hotline bylo sděleno, že daná nabíjecí stanice nefunguje korektně a k nabíjecí stanici bude vyslán technik poskytovatele.

### 4. 1S8159 ČVUT, 22 kW dne 14.07.2023 v 07:02

Po připojení elektromobilu a následné autorizaci pomocí služby PowerPass nebylo nabíjení zahájeno. Podpora od poskytovatele nebyla schopná vzdáleně pomoci a muselo dojít k vyslání technika poskytovatele k prověření nabíjecí stanice.

### 5. 2S0004 Městská část Praha 2 (Karlovo náměstí), 22 kW dne 19.07.2023v 13:25

Nabíjecí stanice po příjezdu hlásila, že žádný z konektorů není k dispozici, i když oba nabíjecí body byly volné. Po kontaktování podpory poskytovatele nabíjecí stanice bylo oznámeno, že nabíjení na dané nabíjecí stanici není možné, dokud nedojde k resetování nabíjecí stanice technikem poskytovatele.

## 5 Závěr

Bakalářská práce představuje důkladné zkoumání a porozumění problematice nabíjení elektrických vozidel, která se stává stěžejním tématem v současném automobilovém průmyslu. Teoretická část práce pojednávala o historii elektromobilů a baterií, a poskytla důležitý kontext pro pochopení současného stavu elektromobility. Dále se zabývala možnostmi nabíjení v soukromé i veřejné sféře, což umožnilo získat hlubší vhled do různých aspektů a výzev spojených s rozvojem elektromobilní infrastruktury.

Praktická část bakalářské práce byla založena na analýze dat, která byla systematicky sbírána od testovacích řidičů prostřednictvím speciálně navržených checklistů. Tato data byla analyzována a prezentována formou grafů, jenž umožnilo přehledně a srozumitelně prezentovat výsledky analýzy.

V závěru bakalářské práce lze konstatovat, že analýza infrastruktury nabíjení elektromobilů odhalila klíčové nedostatky a výzvy při přechodu na elektromobilitu. Zjištěné výsledky naznačují, že stávající nabíjecí infrastruktura není vždy spolehlivá a efektivní. Neshody v informacích o stavu nabití vozu a dobíjecím proudu mezi nabíjecí stanicí, elektromobilem a aplikacemi ukazují na potřebu zlepšení komunikačních protokolů a technických řešení. Z analýzy vyplývá, že 40 % připojení k nabíjecím stanicím nedávalo konzistentní informace o stavu baterie, zatímco pouze 15 % testů mělo konzistentní zobrazení aktuálního dobíjecího proudu.

Rovněž příklady neúspěšných provedení nabíjení jasně demonstrovaly technické a provozní problémy, které omezují spolehlivost nabíjecí infrastruktury. Například v případě stanice R326 Kaufland Pelhřimov nedošlo ke spojení s nabíjecí stanicí, které bylo způsobeno nedostatečnou podporou pro nabíjení dvou elektromobilů zároveň. 91% úspěšnost provedení nabíjení na veřejných stanicích sice ukazuje, že existují funkční systémy, avšak nedostatečný počet stanic a technické potíže brání plnému přechodu na elektromobilitu.

Na základě zjištění této analýzy je nezbytné podniknout kroky směřující k vylepšení a rozšíření nabíjecí infrastruktury. Investice do technologických inovací, zvýšení počtu nabíjecích stanic a zdokonalení komunikačních protokolů jsou klíčové pro podporu udržitelné mobility a dosažení plného potenciálu elektromobility.

Při požadavku na přechod k elektromobilitě je zapotřebí aktivně pracovat na vytvoření spolehlivé a efektivní nabíjecí infrastruktury, která podpoří přechod na ekologičtější způsob dopravy a přispěje k ochraně životního prostředí pro budoucí generace.

Na základě analýzy veřejné nabíjecí infrastruktury pro elektromobily, která byla provedena s využitím dostupných dat z portálu [www.cistadoprava.cz](http://www.cistadoprava.cz), je patrné, že stávající stav není dostatečně přizpůsoben očekávanému masovému přechodu na elektromobilitu. Výsledky ukazují, že počet dostupných nabíjecích stanic je stále relativně nízký a není schopen uspokojit rostoucí poptávku. Kromě toho spolehlivost těchto stanic bývá často nedostatečná a může způsobovat potíže uživatelům elektromobilů při plánování cest.

Z toho vyplývá naléhavá potřeba zlepšení a rozšíření veřejné nabíjecí infrastruktury. Optimalizace této infrastruktury zahrnuje nejen zvýšení počtu nabíjecích stanic, ale také zdokonalení funkčnosti a spolehlivosti stávajících zařízení. Důraz by měl být kladen na umístění stanic na strategických místech s vysokou frekvencí návštěv, jako jsou obchodní centra, parkoviště, hotely a další místa, kde se vozidla zdržují delší dobu.

Je zřejmé, že veřejné nabíjecí body hrají klíčovou roli v podpoře a úspěchu elektromobility. Proto je nezbytné, aby budoucí opatření směřovala k zajištění dostatečného množství spolehlivých nabíjecích stanic a vytvářela prostředí, které podporuje přechod na elektrická vozidla. Tím by se mohla naplňovat potřeba uživatelů elektromobilů a současně se přispělo k udržitelnější a čistější budoucnosti dopravy v České republice.

## 6 Seznam použitých zdrojů

- [1] Infrastruktura pro dobíjení elektrických vozidel: vybuďovalo se více dobíjecích stanic, jejich nerovnoměrné zavádění však dopravu v EU komplikuje [online]. 2021 [cit. 2023 – 12-16]. Dostupné z: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/cs/#chapter1>
- [2] Elektromobilita se rychle stává novou realitou [online]. 2023 [cit. 2023-12-16]. Dostupné z: <https://chargeup.cz/cs/news?article=rozhovor-s-danielem-sevcikem&newsArticleId=651a7eab0f2180002a057332>
- [3] Optimal mechanism design of public policies for promoting electromobility: A dynamic programming formulation [online]. 2023 [cit. 2023-12-20] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198223000544>
- [4] JÁNSKÝ, Martin. Pomůžeme vám vyznat se v moderních pohonech [online]. Praha 5: Garáž.cz, 2019 [cit. 2023-12-13]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/pomuzeme-vam-vyznat-se-v-modernich-pohonech-21002303>
- [5] KOŠÍK, Michal a Pavel SKAROLEK. Trakční vlastnosti elektromobilu – výkony a účinnosti [online]. 2017 [cit. 2023-12-18]. Dostupné z: [http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT\\_úloha5\\_2017\\_18\\_elektromobil.pdf](http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT_úloha5_2017_18_elektromobil.pdf)
- [6] WILSON, A Kevin. A brief History of the electric car, 1830 to present. [online]. Dostupné z: <https://www.caranddriver.com/features/g43480930/history-of-electric-cars/> 2023 [cit. 2024-01-30]
- [7] Electric vehicle charging infrastructure investment strategy analysis: State-owned versus private parking lots [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X23001774>
- [8] Bezprostřední budoucnost mobility je elektrická!. <https://www.skoda-auto.cz/>. [online]. 2023 Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/novinky/novinky-detail/2023-04-12-bezprostredni-budoucnost-mobility-je-elektricka-rika-o-elektromobilite-ondrej-vetchy-ve-spolupraci-se-skoda-auto> [cit. 2024-01-16].
- [9] Elektromobilita – výhody a nevýhody [online]. [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: <https://autonaklik.cz/elektromobilita-vyhody-a-nevyhody/>

- [10] HADDAD Osamah, AL-NIMR Mah'd. The feasibility of using magnetic refrigeration cycles in the thermal management of rechargeable batteries in electric cars [online]. [cit. 2024-01-12].  
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544223025252>
- [11] MARTINS Livia Salles, GUIMARÄES Lucas Fonseca, BOTELHO Amilton Barbosa Junior. An overview on global demand, recycling and future approaches towards sustainability [online]. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479721011531>
- [12] První elektrická auta vypadala jako podivné kočáry. Vyráběla se už v 19. století. [online]. [cit. 2024-01-13]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/auta-prvni-elektra.html>
- [13] Elektromobily, jejich baterie a jak nabíjet. <https://www.evexpert.cz/>. [online]. 2023.  
Dostupné z: [Elektromobily a jejich baterie \(evexpert.cz\)](https://www.evexpert.cz/). [cit. 2024-01-30]
- [14] VISHNUMURTHY K.A.. A comprehensive review of battery technology for E-mobility [online]. [cit. 2024-01-14]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019452221001734>
- [15] Baterie elektromobilu - Základní parametry. <https://www.devinn.cz/>. [online]. [cit. 2024-01-30]. Dostupné z: <https://www.devinn.cz/blog/baterie-elektromobilu>
- [16] Nabíjecí stanice pro elektromobil: Jak nabíjet doma? [online]. [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/clanky/elektromobilita/nabijeci-stance-pro-elektromobil-jak-nabijet-doma-174023>
- [17] ŠPAČEK, Jakub. Jak funguje elektromobil? Technika se vyvíjí, ale moc nemění [online]. fDrive, 2018 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviji-ale-moc-nemeni-2399>
- [18] MENNEKES Type 2 charging cables. <https://www.mennekes.org>. [online]. 2023.  
Dostupné z: [Charging cables for electric cars – mode 2 and mode 3 | MENNEKES](https://www.mennekes.org). [cit. 2024-01-30].
- [19] EV charging connector types: A complete guide [online]. [cit. 2024-01-20]. Dostupné z: <https://www.power-sonic.com/blog/ev-charging-connector-types/>
- [20] Zákon č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách a čerpacích stanicích [online]. [cit. 2024-02-06]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/ministerstvo/aplikace-zakona-c-106-1999-sb/zakon-c--311-2006-sb---o-pohonnych-hmotach-a-cerpacich-panicich--153312/>

- [21] MÁRA, Ondřej. Wallboxy a jejich možnosti: K čemu jsou vlastně dobré? [online]. auto.cz, 2019 [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/wallboxy-a-jejich-moznosti-k-cemu-jsou-vlastne-dobre-131012>
- [22] Jak vybrat domácí dobíjecí stanici pro elektromobil? [online]. [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/alternativni-energie/jak-vybrat-domaci-dobijeci-stanici-pro-elektromobil>
- [23] Nabíjecí stanice pro elektromobily - wallbox [online]. [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://www.best-power.cz/nabijeci-stanice-pro-elektromobily/>
- [24] An in-depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722017346>
- [25] V Evropě je už přes 7000 rychlonabíjecích stanic standardu CCS. <https://www.hybrid.cz>. [Online]. 2019. Dostupné z: [V Evropě je už přes 7000 rychlonabíjecích stanic standardu CCS \(hybrid.cz\)](https://www.hybrid.cz). [cit. 2024-01-30].
- [26] Nabíjecí stanice pro elektromobily, druhy a použití. [online]. [cit. 2024-02-06]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/nabijeci-stanice-pro-elektromobily-druhy-pouziti-jak-venaletet/>
- [27] Co je to Škoda Powerpass? Nabíjecí karta, která zpřístupní přes 300 tisíc nabíječek v Evropě. <https://elektrickevozy.cz>. [Online]. 2019. Dostupné z: [Co je to Škoda Powerpass? Nabíjecí karta, která zpřístupní přes 300 tisíc nabíječek v Evropě \(elektrickevozy.cz\)](https://elektrickevozy.cz). [cit. 2024-01-30].
- [28] Veřejné dobíjecí stanice v ČR. <https://www.cistadoprava.cz>. [Online]. 2023. Dostupné z: [Stanice: Česká republika | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. \(cistadoprava.cz\)](https://www.cistadoprava.cz). [cit. 2024-01-30].
- [29] Nabíjecí stanice pro každý elektromobil [online]. [cit. 2023-12-16]. Dostupné z: <https://voldrive.com/nabijeci-stanice-a-komponenty/verejne-nabijeci-stanice/>
- [30] Mapa nabíjecích stanic [online]. [cit. 2024-02-06]. Dostupné z: <https://www.evmapa.cz>