

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Bakalářská práce

Porovnání domácích nabíječek pro elektrická vozidla

Matěj Svátek

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Matěj Svátek

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Porovnání domácích nabíječek pro elektrická vozidla

Název anglicky

Comparison of home chargers for electric vehicles

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku elektromobility a s ní spojenou problematiku domácího nabíjení. Hlavním cílem je vytvořit přehled domácích nabíječek na našem trhu. Dílčím cílem práce pak je vytvořený přehled domácích nabíječek dále porovnat na základě stanovených parametrů.

Metodika

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce se věnuje porovnání domácích nabíječek pro elektrická vozidla.

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

30-40 stran

Klíčová slova

domácí nabíjení, elektromobilita, využití domácí energie

Doporučené zdroje informací

Jeremy Neubauer, Eric Wood, The impact of range anxiety and home, workplace, and public charging infrastructure on simulated battery electric vehicle lifetime utility, *Journal of Power Sources*, Volume 257, 2014, Pages 12-20, ISSN 0378-7753, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.01.075>.

Joakim Munkhammar, Justin D.K. Bishop, Juan Jose Sarralde, Wei Tian, Ruchi Choudhary, Household electricity use, electric vehicle home-charging and distributed photovoltaic power production in the city of Westminster, *Energy and Buildings*, Volume 86, 2015, Pages 439-448, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.006>.

Noah Horesh, Yan Zhou, Jason Quinn, Home charging for all: Techno-economic and life cycle assessment of multi-unit dwelling electric vehicle charging hubs, *Journal of Cleaner Production*, Volume 383, 2023, 135551, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135551>.

Patrick Jochem, Till Gnann, John E. Anderson, Moritz Bergfeld, Patrick Plötz, Where should electric vehicle users without home charging charge their vehicle?, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 113, 2022, 103526, ISSN 1361-9209, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103526>.

Yueming Lucy Qiu, Yi David Wang, Hiroyuki Iseki, Xingchi Shen, Bo Xing, Huiming Zhang, Empirical grid impact of in-home electric vehicle charging differs from predictions, *Resource and Energy Economics*, Volume 67, 2022, 101275, ISSN 0928-7655, <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2021.101275>.

1906

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Štekerová

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 20. 2. 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 17. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Porovnání domácích nabíječek 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 31.3.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Veronice Štekerové, Ph.D. za vedení, trpělivost a cenné rady. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu.

Porovnání domácích nabíječek pro elektrická vozidla

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním domácích nabíjecích stanic pro elektrická vozidla, dostupná na českém trhu. Teoretická část je zaměřena na vysvětlení důležitých pojmů, které s nabíjením elektrických vozidel souvisí. Jsou zde popsány základní veličiny, se kterými nabíjecí stanice pracuje. Vysvětlení, co nabíjecí stanice představuje a k čemu je určena. Dále jsou popsány základní prvky, o které mohou být dobíjecí stanice doplněny a typy konektorů, které se v dnešní době využívají.

V praktické části je na základě vybraných parametrů porovnáno 6 domácích nabíjecích stanic, které nabízejí automobilky působící na tuzemském trhu. Mezi porovnávané parametry jsou vybrány cena, rozměry, stupeň krytí IP, výkon a vzdálená správa, hmotnost a dostupnost LCD displeje. Pro porovnání parametrů byla zvolena vícekriteriální analýza.

Výsledkem vícekriteriální analýzy je nabíjecí stanice, která představuje nejlepší řešení. Je nutné brát v potaz skutečnost, že jednotlivé váhy byly přiřazovány subjektivně, nikoliv na základě průzkumu.

Klíčová slova: Domácí nabíjení, elektromobilita, využití domácí energie

Comparison of home chargers for electric vehicles

Abstract

This bachelor thesis focuses on comparing home charging stations for electric vehicles available on the Czech market. The theoretical part aims to explain important concepts related to electric vehicle charging. It describes the basic parameters involved in charging stations, explains what a charging station is and what it is designed for. Furthermore, it describes basic elements that charging stations may be equipped with and the types of connectors commonly used nowadays.

In the practical part, 6 home charging stations offered by car manufacturers operating on the domestic market are compared based on selected parameters. The compared parameters include price, dimensions, IP protection rating, power, and remote management, weight and LCD display. Multi-criteria analysis was chosen for parameter comparison.

The result of the multi-criteria analysis is the charging station representing the best solution. It is necessary to consider that individual weights were assigned subjectively, not based on a survey.

Keywords: Home charging, electromobility, use of home energy

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce.....	3
3 Přehled řešené problematiky	4
3.1 Nabíjecí zařízení	4
3.2 Parametry	4
3.2.1 Nabíjecí elektrický proud	4
3.2.2 Elektrické napětí	5
3.2.3 Elektrický výkon	5
3.3 Domácí nabíjení	6
3.3.1 Přenosná nabíječka	8
3.3.2 Domácí nástěnná nabíjecí stanice.....	9
3.3.3 Instalace domácí nabíjecí stanice	10
3.3.4 Nabíjení ze zásuvky v porovnání s wallboxem	11
3.3.5 Princip nabíjení.....	12
3.3.6 Schéma nabíjení.....	13
3.4 Funkce wallboxu	14
3.4.1 Systém řízení výkonu	14
3.4.2 Ukazatel spotřeby energie	14
3.4.3 Vzdálená správa.....	15
3.4.4 RFID čtečka	15
3.5 Nabíjecí režimy	15
3.5.1 Mode 1	16
3.5.2 Mode 2.....	16
3.5.3 Mode 3.....	16
3.5.4 Mode 4.....	17
3.6 Konektory	17
3.6.1 CHAdeMO	17
3.6.2 CCS.....	18
3.6.3 Type 1.....	19
3.6.4 Type 2.....	19
4 Porovnání domácích nabíjecích stanic pro elektrická vozidla	21
4.1 Nabíjecí stanice Škoda iV Charger Connect+	21
4.2 Wallbox Selected by Volvo	22
4.3 Kia EV Power Wallbox Online+	24
4.4 BMW Wallbox GEN 3	25
4.5 Wall connector Tesla	26

4.6	Ford Connected wallbox	27
4.7	Souhrn parametrů	28
5	Vícekriteriální analýza	29
5.1	Definice parametrů	30
6	Závěr	33
7	Seznam použitých zdrojů	35

Seznam obrázků

Obrázek 1	Počet přihlášených elektrických vozidel v ČR od roku 2014 [17]	7
Obrázek 2	Veřejné dobíjecí stanice v ČR [18]	7
Obrázek 3	Univerzální nabíjecí souprava iV od společnosti Škoda [48]	8
Obrázek 4	Nabíjecí wallbox Škoda iV Charger Connect [50]	9
Obrázek 5	Křivky nabíjení střídavým (AC) a stejnosměrným (DC) proudem [25]	12
Obrázek 6	Schéma nabíjení vozidla střídavým (AC) a stejnosměrným (DC) proudem [39] ...	13
Obrázek 7	RFID karta Mercedes-Benz [29]	15
Obrázek 8	Konektor CHAdeMO (J1772) [51]	17
Obrázek 9	Vlevo konektor CCS Type 1, vpravo konektor CCS Type 2 [54]	18
Obrázek 10	Konektor Type 1 (J1772) [52]	19
Obrázek 11	Konektor Type 2 Mennekes [53]	20
Obrázek 12	GARO, Selected by Volvo Cars [40]	23
Obrázek 13	BMW Gen 3 [53]	25
Obrázek 14	Wall connector do společnosti Tesla [55]	26
Obrázek 15	Ford Connected wallbox [56]	27

Seznam tabulek

Tabulka 1	Porovnání způsobů nabíjení vozidel, za účelem zjištění ztrát [20]	11
Tabulka 2	Parametry nabíjecích stanic	29
Tabulka 3	Hodnocení	29
Tabulka 4	Porovnání parametrů	31
Tabulka 5	Výsledné pořadí	31

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá porovnáváním domácích nabíjecích stanic pro elektrická vozidla. V současné době se elektromobilita stala velkým pojmem, který má změnit současnou podobu dopravy ve světě a zároveň pomoci zachovat životní prostředí, na co nejlepší úrovni. Klade za cíl především nahradit běžné spalovací motory na fosilní paliva za elektromotory. Hlavní nevýhodou spalovacích motorů je vypouštění škodlivých látek do ovzduší, které se negativně projevuje na našem životním prostředí. Dle dostupných údajů se celosvětová doprava podílí až 12 % na znečišťování ovzduší v oblasti produkce skleníkových plynů, z toho 48 % představuje osobní doprava osobní. Jakkoliv by se mohlo zdát, že se jedná v globálním měřítku o relativně nízké číslo, doprava se umístila na 2. pozici v celkovém žebříčku jednotlivých sektorů, hned za energetickým průmyslem. Vše souvisí s vývojem situace ve světě, dochází k velké globalizaci, se kterou se pojí růst ekonomického sektoru a světové populace. S rostoucí globalizací roste produkce automobilů, kterých je na trhu přibližně 1,4 miliardy. V současné době jsou především na území Evropské unie silné tendence pro snižování vypouštěného množství emisí CO₂, abychom postupně přešli do bodu tzv. nulových emisí.[1; 2; 3]

Proto také Evropský parlament přijal návrh, který zakazuje prodej osobních vozidel na fosilní paliva od roku 2035. Takový krok představuje pouze malý krůček, který je součástí mnohem většího plánu, uhlíkové neutrality a nulových emisí, kterého bychom měli dosáhnout do roku 2050. Automobilky jsou nuceny přicházet s postupně více a více sofistikovanějšími technologiemi, jakými vybavují vozidla na fosilní paliva, za účelem snížení emisí. Často se jedná o uživatelsky nepřívětivá řešení, která mohou přinášet mnoho starostí. [3]

Jako případná volba se nabízí elektrická vozidla, neboť elektromotory neprodukují žádné částice CO₂, které by vypouštěly do ovzduší. Je důležité dodat, že elektromobilita přináší spoustu přinejmenším znepokojujících otázek, týkajících se právě životního prostředí. Jedná se především o procesy spojené se získáváním tolik důležitého lithia pro výrobu bateriových článků a jeho následné zpracování. Do popředí se dostává další producent emisí v podobě pneumatik a brzdového systému. Dlouho se jednalo o částice těžko měřitelné a opomíjené, nicméně se nyní dostávají pomalu do oblasti zájmu. Důležitá je však nezapomenout ani na produkci tolik důležité elektrické energie, která je pro elektromobily klíčová, a ne vždy se dá hovořit o čisté produkci. [4; 5]

Jak je již nastíněno v odstavci výše, každé zařízení, v tomto případě vozidlo, vybavené elektromotorem potřebuje ke svému provozu elektrickou energii. U osobních vozidel představuje zdroj elektrické energie akumulátor instalovaný na palubě vozidla. Ve svojí práci se budu dále soustředit na nabíjecí stanice pro osobní automobily s akumulátorem, obecně nazývané elektromobily. [6]

2 Cíl práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku elektromobility, a s ní spojenou problematiku domácího nabíjení. V teoretické části budou popsány základní pojmy, které s domácím nabíjením souvisí. Budou blíže specifikovány domácí nabíjecí stanice a jejich příslušenství. Cílem je vytvořit přehled domácích nabíječek na našem trhu. Dílčím cílem práce je pak vytvořený přehled domácích nabíječek porovnat na základě stanovených parametrů.

V teoretické části bude vybráno 6 domácích nabíjecích stanic, které budou blíže popsány. Veškeré informace o nabíjecích stanicích budou čerpány ze zdrojů, které výrobci, případně obchodní zastoupení mají k dispozici na svých webových stránkách.

Pro vyhodnocení nabíjecích stanic bude použita vícekriteriální analýza, pomocí které bude vyhodnocena nejlepší nabíjecí stanice dle posuzovaných parametrů. Při porovnávání bude zohledněna cena a uživatelské hledisko.

Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků vícekriteriální analýzy bude formulován závěr bakalářské práce.

3 Přehled řešené problematiky

V této kapitole jsou obsaženy teoretické poznatky související s řešenou problematikou domácího nabíjení. Kapitola je rozdělena do několika podkapitol, ve kterých jsou podrobně vysvětleny jednotlivé pojmy.

3.1 Nabíjecí zařízení

S pořízením elektromobilu úzce souvisí výběr a pořízení vhodné nabíjecí stanice. Každý elektromotor potřebuje ke svému provozu elektrickou energii, kterou mu v případě elektromobilu dodává baterie. Každá baterie má omezenou kapacitu, kterou je potřeba pravidelně dobíjet. K provozování elektromobilu je nezbytně nutné mít k dispozici zdroj dobíjení. Nabíjecí zařízení odebírá ze sítě elektrický proud o určitém napětí, který přenáší do baterie vozidla. [7]

Běžný uživatel bez znalostí se v celé problematice může lehce ztratit. Na dnešním trhu s nabíjecími zařízeními je široký výběr nabíjecího příslušenství, které se na první pohled od sebe nijak zvlášť neodlišují. [7]

3.2 Parametry

Aby bylo možné do akumulátoru doplnit energii pro následující jízdu, je třeba zvolit vhodný typ nabíjecí stanice s jasnými parametry. Výsledné řešení musí být optimální a pokud možno co nejvíce zjednodušit řidičům provoz. Cílem je nabít vozidlo úsporně a rychle. [7]

3.2.1 Nabíjecí elektrický proud

Elektrický proud je definován jako usměrněný pohyb elektrických nábojů, které projdou určitým bodem za jednotku času, jeho jednotkou je ampér. Aby mohl elektrický proud procházet, je nutné splnit dvě následující podmínky. Zaprvé musí mít uzavřený elektrický obvod, za druhé musí mít k dispozici alespoň jeden zdroj elektrického napětí. Dále se rozlišují 2 typy elektrického proudu, a to střídavý proud a stejnosměrný. Stejnosměrný proud (DC) proudí pouze jedním směrem, zatímco u střídavého proudu se jeho tok v pravidelných časových intervalech střídá. [8]

Nabíjecí proud je takový proud, který odebírá příslušné elektrické zařízení, v tomto případě nabíjecí stanice, který je dále veden do palubní nabíječky příslušného elektromobilu. Nabíjecí proud je velmi důležitý z hlediska výběru nabíjecí stanice, neboť na něm přímo závisí nabíjecí výkon určité stanice a zároveň udává, jaký maximální proud bude zapotřebí odebírat, aby zařízení bezpečně a efektivně fungovalo. Například v některých starých stavbách jsou instalovány elektrické rozvody, které jsou dimenzovány pouze na elektrický proud o hodnotě 10 A, zatímco dnešní nabíjecí stanice vyžadují obvykle alespoň 16 A. [7; 9; 10]

3.2.2 Elektrické napětí

Elektrické napětí lze definovat jako rozdíl potenciálů mezi dvěma různými body. Je klíčové ke vzniku elektrického proudu. Lze si jej představit jako pomyslnou sílu v elektrickém obvodu, která působí na elektrické náboje a vede je určitým směrem. Takto vzniká elektrický proud. Na základě použití zdroje střídavého napětí, nebo stejnosměrného napětí, vzniká v návaznosti proud střídavý, či stejnosměrný. [11]

V běžné jednofázové elektrické zásuvce máme k dispozici v ČR 230 V, v třífázové zásuvce 400 V. Elektrické napětí je pro nás stejně tak důležité, jako nabíjecí elektrický proud, neboť na něm také přímo závisí nabíjecí výkon příslušné nabíjecí stanice. [9]

3.2.3 Elektrický výkon

Při výběru nabíječky je klíčovým parametrem výkon. Udává, za jak dlouho se nabije baterie vozidla. Výkon nabíjení závisí na domácím rozvodu elektrické sítě a na charakteristikách nabíječky, z druhé strany závisí na palubní nabíječce elektromobilu. [9; 12]

Nabíjecí zařízení elektromobilu představuje elektrospotřebič. Může být připojeno do jednofázové sítě o napětí 230 V a proudu 16 A, takový model představuje běžná zásuvka. V tuto chvíli je výkon zásuvky zhruba 3,7 kW. Druhou možností je připojení k třífázové soustavě, kde elektrické napětí činí 400 V a elektrický proud 16 A, existuje však možnost i pro vyšší proudy. Výkon takové průmyslové zásuvky činí zhruba 11 kW. [7; 10]

Příslušný výkon je zároveň maximálním přenášeným výkonem zásuvky, která v tuto chvíli funguje na hranici svých možností. Záleží na každé nabíječce, jaké má vstupní a výstupní parametry. Obvykle jsou vstupní hodnoty nižší, než je maximální výkon zásuvky, neboť by spotřebič enormně zatěžoval zásuvku a hrozilo by její přetížení. Ve chvíli přetížení by měl zasáhnout proudový jistič, který okamžitě přeruší elektrický obvod. [13; 10]

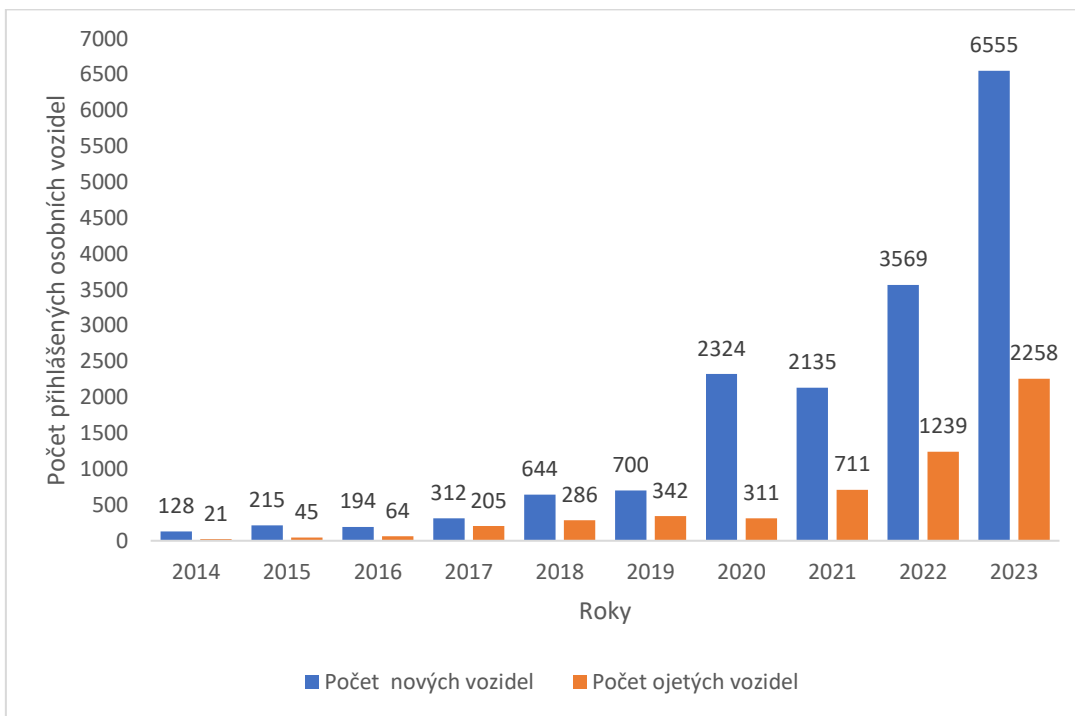
3.3 Domácí nabíjení

Nabíjení vozidla je naprosto klíčové pro každého majitele elektromobilu, jelikož elektrická energie je esenciální pro chod každého elektromotoru. Domácí nabíjení přináší jednu nespornou výhodu, kdykoliv máme vozidlo zaparkované poblíž nabíjecího bodu, je možné jej nabíjet dle potřeby. Provozovatel elektromobilu musí vzít v potaz, že dojezd není jediným limitem elektromobilu. Před každou cestou, především delšího charakteru, je nutné přemýšlet, kdy si dát vozidlo nabíjet. Zatímco u tankování fosilních paliv zabere doplnění energie pár minut, elektromobil je v tomto ohledu náročnější. Nejideálnější dobou pro dobítí vozidla představuje v praxi noční doba, kdy vozidlo není využíváno a ráno bude plně nabitě. [6; 14]

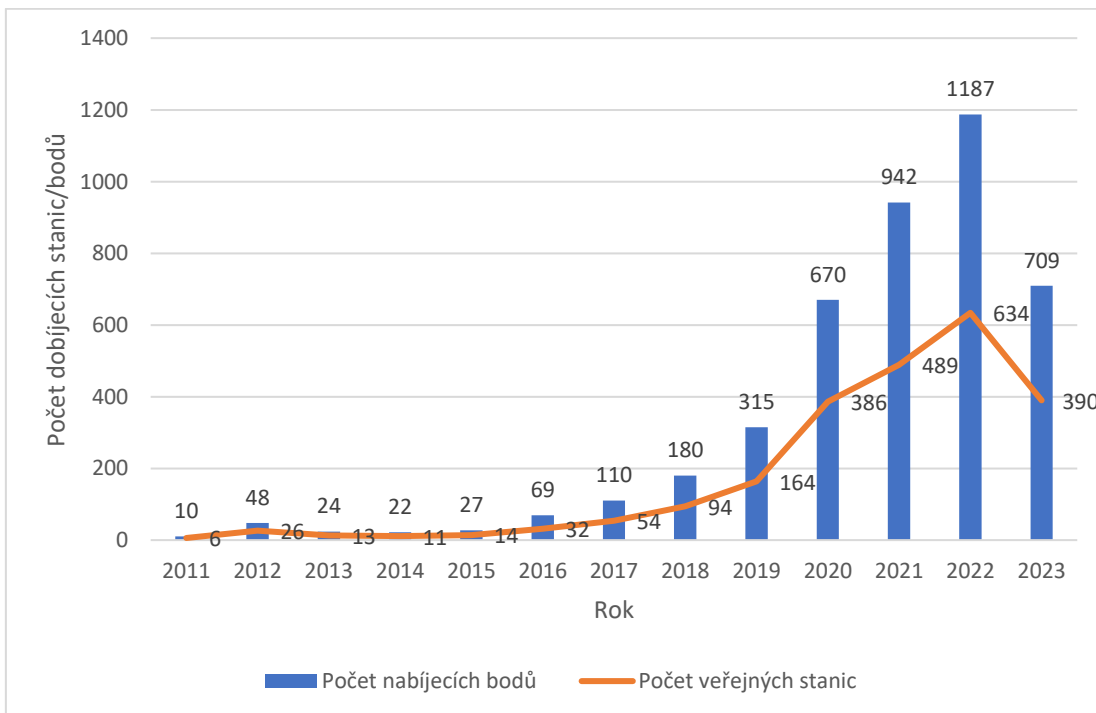
Veškeré domácí nabíjení elektrických vozidel představuje především do budoucna velký nápor na energickou síť. Ke konci roku 2023 bylo na českém trhu registrováno 22 451 osobních vozidel na elektrický pohon. Na Obrázku č. 1 je zobrazen postupný vývoj přihlášených elektrických vozidel na území ČR od roku 2014. Dále bylo k 30.9.2023 v ČR instalováno více než 4 600 veřejných dobíjecích bodů. Na Obrázku č. 2 si lze všimnout stoupajícího trendu. Do budoucna se dá očekávat, že se počty budou dále zvyšovat. Úkolem dodavatelů energií bude v budoucnu nejen zabezpečit stabilní a dostatečnou síť, ale taky systematicky a logicky budovat infrastrukturu tam, kde bude nejvíce zapotřebí. Klíčem k úspěchu a optimalizaci bude implementace strategie, která zajistí, že se odběr elektrické energie ze sítě stabilizuje. Dá se předpokládat, že většina majitelů začíná svůj automobil nabíjet ve chvíli, kdy přijedou domů a připojí automobil k nabíjecí stanici. K tomu dochází v čase relativně velkého odběru ze sítě, která může být najednou přetěžována všemi odběrateli. Cílem je vytvořit model, který jednak zajistí stabilitu v elektrické síti pro všechny odběratele a za druhé nabídne uživatelům výhodné ekonomické řešení, tedy levnou energii. K tomu

by mohla napomoci strategie inteligentního nabíjení. Ta by zajistila odběr ze sítě v méně vytěžované době, nejčastěji v noci a samozřejmě za nižší náklady. [15; 16]

Obrázek 1 Počet přihlášených elektrických vozidel v ČR od roku 2014 [17]



Obrázek 2 Veřejné dobíjecí stanice v ČR [18]



3.3.1 Přenosná nabíječka

Na trhu nabíjecích stanic je možné si pořídit tzv. přenosnou nabíječku viz Obrázek 3. Její výhodou je snadná aplikace, kdy k připojení do sítě dochází zapojením do běžně používané zásuvky 230 V, případně do průmyslové zásuvky 400 V. Majitelé zajisté ocení relativně dobrou skladnost, univerzálnost řešení a absenci odborně vyškolené osoby při používání. [19]

Obrázek 3 Univerzální nabíjecí souprava iV od společnosti Škoda [48]



Nabíjení tímto způsobem je z dlouhodobého hlediska jak z pohledu praktického, tak i logického méně vhodné. Z dlouhodobého hlediska se jedná o řešení neúsporné a nepraktické. Proces nabíjení je při připojení do jednofázové elektrické sítě velmi pomalý, zařízení pracuje s malými hodnotami elektrického proudu a napětí, přenášený výkon je tudíž relativně malý. Během procesu nabíjení dochází k velkým ztrátám, především v kabeláži, a také kvůli nadměrnému přehřívání vnitřních komponent. Současně je enormně zatěžována elektrická zásuvka. [7; 20]

3.3.2 Domácí nástěnná nabíjecí stanice

Z dlouhodobého hlediska představuje efektivní a pohodlné řešení majitelům elektrických vozidel nabíjecí wallbox (Obrázek č. 4), neboli nástěnná nabíjecí stanice. Poskytuje především rychlé a bezpečné dobíjení akumulátoru vozidla. Vzhledem k jeho pevnému spojení s elektroinstalací objektu se minimalizují ztráty ve vedení. Díky samostatnému připojení do třífázové soustavy představuje stabilní a bezpečné nabíjení, neboť nezatěžuje elektrickou zásuvku a spolu s ní celý okruh. Některé wallboxy umožňují připojení rovněž do 1fázové soustavy, nabíjecí výkon je potom samozřejmě nižší. [10; 13]

Obrázek 4 Nabíjecí wallbox Škoda iV Charger Connect [50]



Nejčastěji se wallboxy využívají v rodinných domech k privátnímu nabíjení. Jedná se o relativně skladné zařízení v podobě boxu, které je možné umístit na zeď, nebo na stojan. Z hlediska připojení nabíjecího kabelu rozlišujeme wallbox s integrovaným kabelem nebo bez. V případě varianty bez kabelu je nutné mít vždy k dispozici nabíjecí kabel, který se zapojí do zástrčky stanice na jednom konci, a na druhém do zástrčky ve vozidle. Na trhu se setkáme s vícero typy standardů. V Evropě je v současné době standardním typem tzv. Typ 2. Nabíjecí stanice je určitě investicí do budoucna. Vzhledem ke standardizaci koncovek bude možné obsloužit všechna vozidla pomocí jednoho nabíjecího bodu, bez nutnosti instalace dalšího. [12]

Na trhu je možné vybrat si z větší škály nabíjecích stanic z pohledu přenášeného výkonu. Asi nejčastěji se setkáme s výkonem 7,4 kW, 11 kW a 22 kW. Na první pohled se zdá být koupě zařízení o výkonu 22kW jako výhodná investice. Je potřeba vzít v úvahu fakt, že v současné době není mnoho elektrických vozidel, která umožňují nabíjet tak vysokým výkonem. Nejčastěji se setkáme s výkonem 7,4 kW, případně 11 kW. Pro příklad uvádím Škodu Superb iV, která disponuje plug-in hybridním pohonem, její palubní aparát umožňuje nabíjet pouze výkonem 3,6 kW. Oproti tomu Škoda Enyaq iV 80 umožňuje nabíjení výkonem až 11 kW. K nabíjení vysokým výkonem je zapotřebí mít ve vozidle z výroby instalovaný odpovídající střídač. [12; 21]

3.3.3 Instalace domácí nabíjecí stanice

Při instalaci wallboxu je připojovací kabeláž napevno instalována do současné elektroinstalace objektu. Při instalaci je zapotřebí myslet na to, že nabíjecí wallbox musí být opatřen vlastním proudovým jističem a chráničem. Nejčastěji se wallboxy propojují s tří fázovou soustavou. Samotnou instalaci provádí vyškolený elektrotechnik s patřičným oprávněním. Instalace musí být provedena v souladu s předpisy výrobce a konkrétní země. Určitě je důležité brát v potaz místo nabíjení, respektive je zapotřebí mít vlastní parkovací stání. Pokud nemůžeme parkovat vozidlo na vlastním pozemku, ale na ulici, bude realizace projektu komplikovanější. V praxi některé automobilky nabízejí různá výhodná řešení pro své zákazníky, kdy bývá součástí nákupu možnost předinstalační prohlídky. Ta spočívá v návštěvě technika, který provede kontrolu elektrických rozvodů, případně místo umístění a posoudí celkovou montáž. [12; 13; 22]

3.3.4 Nabíjení ze zásuvky v porovnání s wallboxem

Velmi zajímavý průzkum provedla organizace ADAC, když se rozhodla porovnat 3 způsoby nabití vozidla, za účelem zjištění ztrát elektrického proudu. Pro porovnání zvolili 4 různé modely automobilů viz Tabulka č.1. Nabíjeli vozidlo vždy o 20 % kapacity baterie, množství elektrického proudu bylo měřeno kalibrovaným elektroměrem. Nejprve nabíjeli ze zásuvky 230 V. Posléze wallboxem o výkonu 11 kW, a nakonec wallboxem se sníženým nabíjecím výkonem, který byl nastaven prostřednictvím vozidla. Toho lze v praxi docílit ve chvíli, kdy je nabíjecí výkon rozdělován mezi 2 a více vozidel, nebo získáváme potřebnou energii ze solárních panelů. [20]

Z výsledků organizace ADAC viz Tabulka č. 1 je na první pohled patrné, že nabíjení vozidla ze zásuvky je oproti nabíjení wallboxem mnohem více ztrátové, a tudíž méně hospodárné. Zároveň je možné vidět, že s vyšším výkonem lze docílit nižších ztrát. K samotným ztrátám, každý elektromobil je vybaven palubní nabíječkou, která má za úkol přeměnit střídavý proud na stejnosměrný. Dále ve vozidle funguje několik komponentů, důležitých při dobíjení, které odebírají velké množství energie. V neposlední řadě se ztráty mohou objevit v přípojných kabeláži. Dobíjení baterie wallboxem je díky vyššímu výkonu rychlejší, což souvisí s palubními komponenty, které řídí proces dobíjení. Ty nejsou jednoduše aktivní po tak dlouhou dobu jako u zásuvkového nabíjení. [20]

Tabulka 1 Porovnání způsobů nabíjení vozidel, za účelem zjištění ztrát [20]

Způsob nabíjení	Zásuvka	Wallbox	Wallbox se sníženým výkonem
Parametry	Výkon / ztráta	Výkon / ztráta	Výkon / ztráta
Renault Zoe	2,3 kW / 24,2 %	11 kW / 9,7 %	Žádné měření
VW ID 3	2,3 kW / 13,6 %	11 kW / 9,0 %	5,5 kW / 9,2 %
Tesla Model 3	2,3 kW / 15,2 %	11 kW / 7,7 %	3,5 kW / 11,4 %
Fiat 500e	2,3 kW / 12,7 %	11 kW / 6,3 %	3,6 kW / 13,9 %

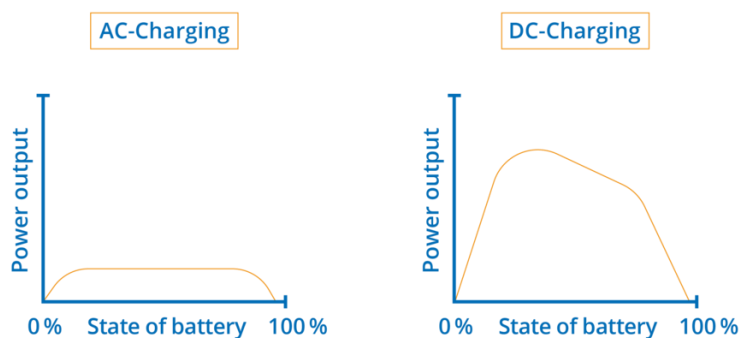
3.3.5 Princip nabíjení

V domácích podmínkách se běžně využívá nabíjení střídavým proudem (AC). Nabíjení stejnosměrným proudem (DC) je záležitost především veřejného nabíjení, kdy je zapotřebí baterii nabít na co nejvyšší kapacitu za co nejkratší dobu. [23]

Baterie potřebuje ke svému nabití výhradně stejnosměrný proud, zatímco elektromotor je poháněn střídavým proudem. Při AC nabíjení je nezbytné přeměnit střídavý proud ze sítě na stejnosměrný proud. K tomuto účelu je ve vozidle zabudovaný střídač, častěji nazývaný palubní nabíječka. Přeměnou AC-DC zároveň udává maximální rychlost nabíjení vozidla. Samotná přeměna je energicky náročná. Dochází k určitým ztrátám a vyžaduje určitý čas, proto je AC nabíjení pomalejší. Záleží na možnostech konkrétního střídače. V případě DC dobíjení dochází k přeměně AC-DC uvnitř nabíjecí stanice a do vozidla již vstupuje stejnosměrný proud. Vozidlo je nabito za mnohem kratší dobu. [24]

AC dobíjení je oproti DC stabilnější. Toho si lze všimnout na Obrázku č. 5. Zatímco nabíjení AC proudem je v podstatě lineární, u DC dobíjení lze vidět obrovský přísun výkonu na začátku nabíjení, který postupně klesá. [24]

Obrázek 5 Křivky nabíjení střídavým (AC) a stejnosměrným (DC) proudem [25]



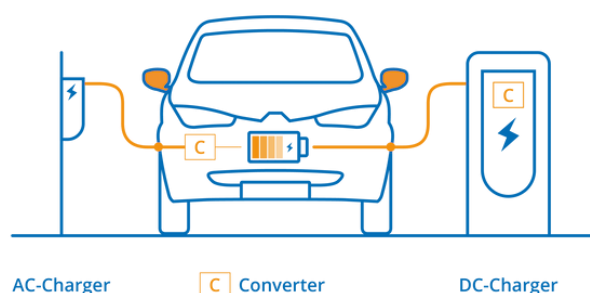
Pro domácí použití dává AC nabíjecí stanice větší smysl. Na trhu domácích nabíjecích stanic tento typ převládá. Dodává stabilně nižší výkon a nedochází k zásadním výkyvům. Cenově a technologicky představuje dostupnější řešení. U DC nabíjecích stanic je vyžadováno připojení k síti o vysokém výkonu, která není všude k dispozici a její přivedení vyžaduje nemalé finanční náklady. Zároveň obsahuje uvnitř velký těžký střídač, který je zapotřebí chladit, tudíž se zvedají další nároky na energii a financování. Z finančního hlediska představuje DC dobíjení velké vstupní náklady. [24]

V neposlední řadě se nabíjení takovým způsobem dlouhodobě nedoporučuje. Příliš vysoký výkon a výkyvy způsobují enormní zátěž pro palubní komponenty a samotnou baterii, která se rychleji opotřebovává. Je na místě zvážit, zda je nezbytně nutné nabít vozidlo rychle, či nikoliv. Každé řešení má svá pro a proti, která je nutno brát v potaz. [24]

3.3.6 Schéma nabíjení

Na následujícím zjednodušeném schématu (Obrázek 6) jsou znázorněny oba způsoby nabíjení elektrického vozidla. Při AC nabíjení vstupuje el. proud do střídače, který po přeměně na stejnosměrný proud dodá energii baterii. Zatímco u DC stanice si můžeme všimnout, že se střídač nachází uvnitř a do vozidla se přenáší stejnosměrný proud. [24]

Obrázek 6 Schéma nabíjení vozidla střídavým (AC) a stejnosměrným (DC) proudem [39]



3.4 Funkce wallboxu

Wallbox je navržen s důrazem na zabezpečení nabíjecího procesu elektromobilů. Disponuje integrovanými bezpečnostními prvky, které chrání zařízení například před přepětím, přehřátím, přetížením. Některé nabíjecí stanice disponují užitečnými funkcemi a možnostmi správy nabíjecího procesu. Umožňují uživatelům například plánovat časy nabíjení, provádět monitoring spotřeby energie. Některé nabíjecí stanice umožňují vzdálenou správu wallboxu. Pomocí ethernetového kabelu nebo Wi-Fi jsou připojeny k internetové síti a následně prostřednictvím mobilní aplikace ovládány. Obvykle lze sledovat aktuální stav procesu nebo jeho nastavení. Některé nabíjecí stanice umožňují spárování s fotovoltaickou elektrárnou. [26]

3.4.1 Systém řízení výkonu

Jedná se o prvek ochrany, kterým lze vybavit wallbox. Je navržen k vybalancování spotřeby energie v celé domácnosti, aby nedošlo k přetížení. V situaci, kdy je domácnost vybavena energeticky náročnými spotřebiči, tedy tepelným čerpadlem, klimatizací, varnou deskou apod., je výhodné mít k dispozici systém řízení výkonu, v angličtině pod pojmem load balancing. [27]

První možností je statické řízení zátěže, kdy je pro wallbox při instalaci nastaven limit, který nebude nikdy přesažen. Například pro wallbox o výkonu 7,4 kW bude nastaven limit na 5 kW. [27]

Druhou možností je tzv. dynamické řízení zátěže (dynamic load balancing), kdy je wallbox natolik inteligentní, že sám přizpůsobuje výkon a hledá optimální řešení v závislosti na zatížení domácnosti. [27]

Některé nabíjecí stanice jsou schopny ve spolupráci s fotovoltaickou elektrárnou maximalizovat výkon právě ve chvíli, kdy je produkce elektrárny maximální a směřovat tak veškerou čistou energii přímo do vozidla. [27]

3.4.2 Ukazatel spotřeby energie

V dnešní době umožňuje většina wallboxů, které lze na trhu pořídit, sledování stavu spotřebované energie. To je prováděno buď přímo na zařízení nebo prostřednictvím aplikace v rámci vzdálené správy. [26]

V případě potřeby vykazovat množství spotřebované energie například pro vystavení faktury za spotřebovanou energii je nezbytné zakoupení a instalace

certifikovaného MID elektroměru, nebo zakoupení wallboxu s již integrovaným certifikovaným elektroměrem. [28]

3.4.3 Vzdálená správa

Většina wallboxů, včetně těch, které nabízejí sami automobilky, se dnes již umí připojit k internetové síti pomocí Wi-Fi či LAN. To majitelům umožňuje sledovat a spravovat nabíjecí stanici na dálku na svém mobilním zařízení, počítači apod. Rozsah funkcí a možností vzdálené správy nabízí každý výrobce jinak. Stejně tak má obvykle každý výrobce svou aplikaci. Nejčastěji se jedná o správu uživatelů, výpisy za odebranou energii a historii nabíjení, nastavování nabíjecího procesu. [12]

3.4.4 RFID čtečka

Představuje formu komunikace na rádiové frekvenci. V případě wallboxů se využívá k jasné identifikaci autorizované osoby. Pokud je wallbox vybaven čtečkou RFID karet, je možné nakonfigurovat obvykle až 10 RFID karet. [29]

Díky technologii RFID může majitel autorizovat jednotlivé osoby, které mohou využít wallbox k nabíjení. Bez karty viz Obrázek č. 7 pak nelze nabíjení spustit. Využití najde tato technologie například v případě, kdy je instalovaný wallbox volně přístupný z ulice, v zaměstnaneckých garážích, hotelech. Výhodou využívání RFID identifikace mimo jiné představuje také možnost sledování jednotlivých uživatelů. V rámci správy nabíjení je možné dle RFID karet identifikovat jednotlivé uživatele a následně zjistit jejich spotřebu a historii nabíjení. [29]

Obrázek 7 RFID karta Mercedes-Benz [29]



3.5 Nabíjecí režimy

Pro klasifikaci a standardizaci nabíjecích režimů byla přijata norma IEC 61851, která definuje následující nabíjecí režimy. [30]

3.5.1 Mode 1

Mode 1 je nejjednodušší způsob nabíjení elektrických vozidel střídavým proudem. Nabíjení probíhá kabelem připojeným do běžné elektrické zásuvky. Vzhledem k tomu, že se jedná o samotný kabel bez jakéhokoliv řídicího systému, hardwaru a ochrany, tak při procesu nabíjení hrozí přehřátí kabelu. Během nabíjení nedochází ke komunikaci nabíječky s komponenty vozidla. Ve většině evropských zemí je tento způsob nabíjení zakázán. Mode 1 představuje tzv. pomalé nabíjení, neboť nabíjecí výkon dosahuje nanejvýš hodnoty 3,7 kW a nabíjecí proud se pohybuje mezi 10 a 16 A. [30]

3.5.2 Mode 2

Mode 2 je dalším způsobem nabíjení elektrických vozidel. Stejně jako mode 1, tak i mode 2 se připojuje k běžné domácí zásuvce, oproti modu 1 je tu navíc možnost připojení k průmyslové zásuvce. Nabíjení probíhá střídavým proudem. V tomto případě už je součástí nabíjecího příslušenství také ochranné zařízení, které komunikuje s palubními komponenty vozidla a řídí proces nabíjení. Mode 2 je určen k nabíjení výkonem od 2,3 kW při 1fázovém připojení k elektrické síti, a až 22 kW při připojení k 3fázové elektrické síti. Obvykle pracuje s elektrickým proudem o hodnotě v rozmezí 10 až 32 A. Typicky pracují v tomto režimu přenosné nabíječky. Spolu s mode 3 představují nejrozšířenější platformu pro nabíjení elektrických vozidel. [30]

3.5.3 Mode 3

Představuje bezpečný a relativně rychlý způsob nabíjení elektrického vozidla střídavým proudem. Nabíjecí zařízení je vybaveno proudovým chráničem a během procesu nabíjení komunikuje s vozidlem. V režimu nabíjení 3 je možné vozidlo nabíjet celou škálou nabíjecích výkonů, které závisí na možnostech nabíjecího zařízení. Obvykle se výkon pohybuje v rozmezí 2,3kW (nejčastěji pro plug-in-hybridní vozidla) až po 22kW. Režim 3 umožňuje nicméně nabíjet výkonem až 43 kW. Vstupní hodnoty proudu dosahují až 63 A. [30]

Zařízení nabíjející v režimu 3 je připojeno na vlastní okruh elektrické sítě v rámci rozvodů budovy. Nedochází tak k přetížení okruhu při používání více spotřebičů připojených do zásuvek jedné větve. [30]

3.5.4 Mode 4

Jako jediný nabíjecí režim definuje nabíjení vozidel stejnosměrným proudem. Nabíjecí stanice obsahuje měnič, tak aby do vozidla putoval už stejnosměrný proud. Vzhledem k tomu, že při nabíjení není potřeba přeměňovat proud uvnitř vozidla, je vozidlo nabito za poměrně kratší dobu. Ke spojení dochází speciálním kabelem se speciálním konektorem. Nabíjecí výkon se pohybuje přibližně v rozmezí od 50 kW do 240 kW. Vstupní elektrický proud dosahuje hodnot až 400 A, vstupní napětí až 500 V. [30]

3.6 Konektory

Nabíjecí konektor je dalším důležitým parametrem při výběru nabíjecí stanice. Ačkoliv jsou snahy o zavedení univerzálního standartu, v současné době je na trhu vícero typů konektorů. Hlavní rozdíly představují způsob nabíjení AC nebo DC a země původu. [31]

3.6.1 CHAdeMO

Původně japonský standard (Obrázek č. 8) je jednou z možností rychlého nabíjení, který byl vytvořen sdružením výrobců automobilů a průmyslových subjektů, jež nyní sdružuje více než 400 členů a 50 provozovatelů nabíjecích stanic. Členy konsorcia jsou například TEPCO, Mitsubishi, Nissan a další. Toto rozhraní umožňuje nabíjení akumulátorů elektrických vozidel stejnosměrným proudem s příkonem až 62,5 kW. [32]

Obrázek 8 Konektor CHAdeMO (J1772) [51]



Název CHAdeMO je zkratkou pro „Charge de Move“, což lze přeložit jako „nabíjet pro pohyb“. Hlavním cílem sdružení bylo vytvořit standard pro rychlonabíjecí vozidla, který by mohl být přijat celým automobilovým průmyslem. [32]

Vzhledem k tomu, že CHAdeMO vzniklo především jako japonská iniciativa průmyslových organizací, je tento konektor běžně používán u japonských vozidel, například Nissan Leaf, Mitsubishi Outlander plug-in hybrid nebo Kia Soul. [32]

3.6.2 CCS

Nabíjecí systém (CCS) viz Obrázek č. 9 je standardem pro nabíjení elektrických vozidel, a to prostřednictvím konektorů Combo 1 (CCS1) nebo Combo 2 (CCS2). Tyto dva typy konektorů rozšiřují původní konektory IEC 62196 typu 1 a typu 2 o dva dodatečné kontakty pro stejnosměrný proud (DC), což umožňuje rychlé nabíjení s vysokým výkonem. [31; 33]

Obrázek 9 Vlevo konektor CCS Type 1, vpravo konektor CCS Type 2 [54]



Protokol CCS podporuje škálu nabíjecích výkonů od 3,7 kW do 500 kW, což závisí na kapacitě elektromobilu a nabíjecí stanici. To poskytuje flexibilitu v rychlosti nabíjení, kterou lze přizpůsobit konkrétním možnostem elektromobilu a dostupné nabíjecí infrastruktuře. [31]

3.6.3 Type 1

Původní návrh od firmy Yazaki, publikovaný ve standardu SAE J1772, je běžně označován jako Yazaki nebo J1772 konektor, je zobrazen na Obrázku č. 10. Tento kulatý konektor má na vstupu vozidla drážku pro správnou orientaci. Obsahuje pět kontaktů, z toho jeden kontakt střídavého proudu, jeden ochranný, jeden nulový a dva komunikační kontakty pro řídicí systém a detekci blízkosti. Když je zasunut do vstupu vozidla, udržuje se na místě mechanickou pojistkou, která je součástí samotného konektoru. [33]

Obrázek 10 Konektor Type 1 (J1772) [52]



Běžně se využívá pro dobíjení proudem o hodnotě 32 A ze zásuvky o výkonu 120 V až 240 V, přičemž ve Spojených státech lze s tímto konektorem nabíjet proudem o hodnotě až 80 A, kde je také definován ve standardu SAE J1772. Tento konektor umožňuje nabíjení pouze jednofázovým proudem a je široce využívána v USA a v Japonsku. [33]

3.6.4 Type 2

Nabíjecí standard Type 2 Mennekese, který je zobrazen na Obrázku č. 11, je určen a rozšířen k nabíjení elektrických vozidel především v Evropě. Je navržen podle normy IEC 62196 a od roku 2014 je přijat jako standardní způsob nabíjení pro všechna elektrická vozidla prodaná na území EU. Tento typ konektoru umožňuje nabíjet až výkonem 22kW při 400 V a 32 A. [34]

Obrázek 11 Konektor Type 2 Mennekes [53]



Konektor obsahuje 7 pinů, přičemž tři jsou fázové, jeden nulový, jeden ochranný a dva komunikační, které plní úlohu kontroly připojení a komunikaci s řídicím systémem. [34]

4 Porovnání domácích nabíjecích stanic pro elektrická vozidla

V praktické části bude na základě vybraných parametrů porovnáno šest nabíjecích stanic. Konkrétně se bude jednat o nabíjecí stanice společností Škoda Auto, Volvo Cars, Kia, BMW, Tesla a Ford Motor Company. Nabíjecí stanice budou porovnávány na základě ceny, stupně krytí, rozměrů, dostupnosti vzdálené správy, výkonu, hmotnosti a přítomnosti LCD displeje.

Veškeré informace jsou čerpány především z produktových listů a uživatelských příruček příslušných nabíjecích stanic. Další informace jsou doplněny z webových stránek výrobců či tuzemských zastoupení.

Veškeré nabíjecí stanice, které budou v následujících podkapitolách blíže specifikované jsou dostupné na českém trhu, pracují v nabíjecím režimu 3 a jsou vybaveny evropským nabíjecím standardem type 2. V každé podkapitole je vyjma popisu nabíjecí stanice rovněž vytvořena jednoduchá tabulka s parametry, které budou porovnány v kapitole analýza.

Do porovnání byly zařazeny nejvyšší modely dostupných verzí nebo jediné existující modely, které automobilky, respektive jejich zastoupení na tuzemském trhu nabízejí. To z důvodu, aby nedošlo ke znevýhodnění některého z výrobců v důsledku porovnávání nepřiměřeně rozdílných modelů nabíjecích stanic mezi sebou. Výběr nabíjecích stanic byl proveden na základě dostupnosti produktových listů, uživatelských či instalačních příruček a dalších doplňujících informací.

4.1 Nabíjecí stanice Škoda iV Charger Connect+

Jedná se o vyšší řadu nabíjecí stanice od společnosti Škoda Auto. Tento model lze připojit jak k jednofázové elektrické síti, kdy je schopen nabíjet výkonem až 7,4 kW při hodnotě vstupního proudu 32 A, tak k třífázové soustavě, kdy dobijí výkonem až 11 kW při hodnotě vstupního proudu 16 A. Nabíjecí kabel je napevno instalován k nabíjecí stanici. [35]

Plně elektrifikovaný model Škoda Enyaq, který disponuje baterií o kapacitě 82 kWh, by při výkonu 7,4 kW byl dobit za přibližně 11 hodin. Při využití maximálního výkonu 11 kW, by byl dobit za přibližně 7 hodin 45 minut. [35]

Wallbox Škoda iV Charger Connect viz Obrázek č. 4, disponuje integrovaným certifikovaným elektroměrem MID, tudíž lze naprosto přesně sledovat spotřebu elektrické energie, vynaložené k nabití vozidla. Nabíjecí stanici je možné připojit k síti

pomocí technologií LAN, Wi-Fi a 4G/LTE. Wallbox disponuje integrovanou čtečkou RFID karet, která umožňuje majiteli autorizovat osoby, které mohou wallbox nabít. Důležité je zmínit, že RFID čtečka bývá často součástí příplatkové výbavy. [35]

Nabíjecí stanici lze dálkově spravovat pomocí aplikace Powerpass. Pro plnohodnotné využívání je nutné se zaregistrovat. Po registraci uživatel získá jednu RFID kartu. Díky aplikaci lze autorizovat příslušné osoby a sledovat spotřebu energie. Dále aplikace slouží jako univerzální pomocník na cestách. V rámci aplikace lze zvolit jedno ze tří předplatných a nabíjet vozidlo na veřejných nabíjecích stanicích za předem stanovené ceny za jednu kWh. Aplikace informuje uživatele o lokacích na mapě, kde se nachází veřejná stanice a umožňuje navigovat k cíli. V rámci vyhledávání lze filtrovat dle několika parametrů, například podle typu konektoru, podle rychlosti dobíjení v kW, podle provozovatele, dle počtu konektorů na dané stanici. Kromě již výše zmíněných parametrů aplikace informuje o počtu volných nabíjecích bodů. Autorizace u veřejné stanice bude provedena buď pomocí telefonu s aplikací, nebo RFID kartou vydanou k účtu. [36]

Díky certifikaci IP54 a IK10 lze nabíjecí bod instalovat jak ve vnitřních prostorech, tak venku. Certifikace IP54 vyjadřuje stupeň krytí, v tomto případě je zařízení chráněno proti usazenému prachu a dotyku drátem. Současně je odolné vůči stříkající vodě ze všech úhlů o průtoku 10 litrů za minutu. Stupeň odolnosti IK10 zabezpečuje ochranu při nárazu 20 J. [37]

4.2 Wallbox Selected by Volvo

Společnost Volvo Cars nabízí svým zákazníkům nabíjecí stanici od společnosti GARO viz Obrázek č. 12. Nabízený model dodává výkon od 3,7 kW až po 22 kW, při vstupním proudu až 32 A a v případě připojení k 3fázové elektrické síti. Nabíjecí kabel je napevno instalován k nabíjecímu bodu. Plně elektrizované Volvo CX40 s kapacitou baterie 82 kWh bude nabíto při nabíjecím výkonu 11 kW za přibližně 7,5 hodiny. [38; 39]

Obrázek 12 GARO, Selected by Volvo Cars [40]



Konkrétní model nabízí připojení pomocí Wi-Fi, tudíž lze proces nabíjení sledovat a nastavovat vzdáleně. Wallbox nedisponuje žádným LED displejem, pouze dynamickým osvětlením na čelní straně, které indikuje současný stav. Dále stanice disponuje MID elektroměrem pro přesné sledování spotřebované energie. Wallbox nedisponuje ve standartním provedení RFID čtečkou. V případě potřeby je možné RFID čtečku zakoupit jako dodatekové příslušenství spolu s RFID čipy. Dále je možné čipy pojmenovat například podle osob, které je budou využívat. V rámci příslušenství je možné zakoupit stojan pro wallbox a automatické vyvažování zátěže. Stanice nedisponuje žádným displejem, pouze vícebarevným LED osvětlením na čelní straně, které indikuje momentální stav. [38]

Wallbox lze instalovat jak ve vnitřních, tak venkovních prostorech. Je certifikován stupněm krytí IP44, který říká, že je zařízení chráněno před vniknutím drobných částic a dotyku drátem. Současně odolá proti stříkající vodě ze všech úhlů při průtoku 10 litrů za minutu. [38]

4.3 Kia EV Power Wallbox Online+

Tato nabíjecí stanice představuje inteligentní řešení od společnosti Kia. Je schopná dodávat výkon od 3,7 kW až po 22 kW při maximálním vstupním proudu o hodnotě až 32 A při 3fázovém připojení. Tento model je dodáván s napevno instalovaným nabíjecím kabelem. [41]

Stanice umožňuje připojení k internetové síti pomocí ethernet kabelu, Wi-Fi a případně 4G/LTE. Dále je vybavena certifikovaným MID elektroměrem, který umožňuje sledovat přesnou spotřebu energie a provádět případně vyúčtování. Disponuje čtečkou RFID pro případnou autorizaci osob. Tento model disponuje instalovaným LCD displejem, který zobrazuje základní informace o nabíjení. Není proto nutné hledat veškeré informace v aplikaci. Díky certifikaci IP54 a IK10 lze nabíjecí bod instalovat jak ve vnitřních prostorách, tak venku. Certifikace IP54 vyjadřuje stupeň krytí. V tomto případě je zařízení chráněno před usazeným prachem a dotykem drátu. Dále je odolné proti stříkající vodě ze všech úhlů o průtoku 10 litrů za minutu. Stupeň odolnosti IK10 zabezpečuje ochranu při nárazu 20 J. [41; 42]

Wallbox lze spravovat dálkově pomocí mobilní aplikace Kia Connect. V rámci této aplikace lze sledovat aktuální stav akumulátoru vozidla, sledovat proces nabíjení vozidla, plánovat nabíjení vozidla, například podle předpokládaného času odjezdu. Dále lze omezovat nabíjení pouze na standardní či rychlé nabíjení. V případě, kdy by uživatel potřeboval využít veřejnou dobíjecí stanici, má k dispozici mobilní aplikaci Kia Charge. Tam lze vyhledat nejbližší nabíjecí body, jejich počet a aktuální vytížení. Dále informaci o dostupném nabíjecím výkonu a cenách. Zákazník má také možnost zvolit si jeden ze tří typů předplatného. Pak stačí jen navolit trasu a spustit navigaci. [42]

4.4 BMW Wallbox GEN 3

Představuje pohodlné řešení pro majitele elektrických vozidel a plug in hybridních vozidel. V současné době nabízí automobilka BMW na českém trhu wallbox generace 3 viz Obrázek č. 13. Ten je vybaven napevno instalovaným nabíjecím kabelem. Dokáže poskytnout výkon od 7,4 kW až po 22 kW, při vstupním proudu o hodnotě až 32 A při 3fázovém připojení. Lze jej zapojit jak do jednofázové soustavy, tak do třífázové soustavy. [43]

Obrázek 13 BMW Gen 3 [53]



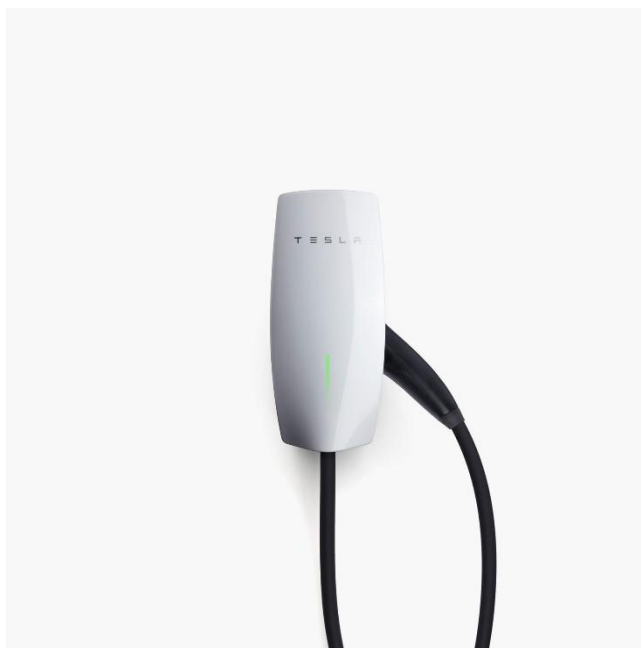
Stanice nedisponuje integrovaným MID elektroměrem ani možností autorizace pomocí RFID čtečky. Veškerá uživatelská nastavení bohužel nelze vzdáleně provádět, neboť wallbox nedisponuje žádným připojením k internetové síti. Wallbox nedisponuje žádnou možností vzdálené správy, nelze uživatelsky nastavovat výkon, není možné spravovat nabíjecí proces. Veškerá možná nastavení lze provést pouze fyzicky v HW stanice. Nabíjení je zahájeno bezprostředně po připojení vozidla k wallboxu. Proces nabíjení lze sledovat v aplikaci My BMW. Uživatel může prostřednictvím aplikace sledovat stav vozidla, nikoliv stanice. [43]

Z uživatelského hlediska nabízí wallbox LED indikaci, informující o aktuálním stavu wallboxu. Dále vykazuje vysokou odolnost proti vnějším vlivům, stanice je certifikována krytím IP65. Odolá proti vniknutí prachu a dotyku drátem. Zároveň odolá tryskající vodě o průtoku 12,5 litru za minutu, po dobu 3 minut. To umožňuje instalaci nabíjecí stanice jak ve vnitřních, tak ve venkovních prostorách. Zároveň vyniká odolností IK09, která zaručuje ochranu proti nárazu 10 J. [43]

4.5 Wall connector Tesla

V současné době nabízí společnost Tesla wallbox 3. generace viz Obrázek 14. Lze jej zapojit jak do 1fázové elektrické sítě, tak do 3fázové o maximálním vstupním proudu až 32 A. Dokáže dodat maximální výkon 22kW. Disponuje napevno přidělaným nabíjecím kabelem s koncovkou typu 2. Lze jím nabíjet veškerá vozidla vybavená tímto standardem. [44; 45]

Obrázek 14 Wall connector do společnosti Tesla [55]



Nabíjecí bod lze připojit k internetové síti pomocí Wi-Fi a následně provádět vzdálenou správu nabíjecího procesu a aktualizaci firmwaru. Wallbox lze zaregistrovat v aplikaci Tesla a následně pomocí aplikace nastavovat nabíjecí plán, sledovat historii. Tento model nedisponuje certifikovaným MID elektroměrem. Nedisponuje ani RFID čtečkou, nicméně je možné provádět autorizaci do určité míry. Lze provést 3 způsoby autorizace. Zaprvé, nabíjecí stanice bude nabíjet veškerá elektrická vozidla.

Zadruhé, lze omezit nabíjení pouze na vozidla s povoleným VIN. Tento způsob lze aplikovat pouze na vozidla od společnosti Tesla. Poslední možností je omezit nabíjení pouze na veškerá vozidla Tesla. V případě, že bude v nějakém místě nainstalováno více nabíjecích stanic Wall connector, pak je možné je vzájemně propojit pomocí funkce sloužící ke sdílení energie. To umožní až 6 nabíjecím bodům spolu komunikovat a nabíjet elektrická vozidla současně a efektivně, aniž by došlo k přetížení elektrického obvodu. Na čelní straně nabíjecího bodu se nachází 7 světelných indikátorů informujících o současném stavu nabíjecího bodu. [44; 45; 46]

Wallbox je certifikován stupněm ochrany IP55. Je tedy odolný vůči usadajícímu prachu a dotyku drátem. Dále je chráněn proti tryskající vodě o průtoku 12,5 litru za minutu. Lze ji bez problému instalovat jak ve vnitřních prostorách, tak venku. [44]

V rámci příslušenství je možné k nabíjecí stanici zakoupit sloupek pro samostatně stojící instalaci. Dále je možné zakoupit čelní desku v jiném barevném provedení, než je standardní bílá. [45]

4.6 Ford Connected wallbox

Nabíjecí stanice od společnosti Ford Motor Company viz Obrázek 15 představuje pohodlné řešení pro nabíjení elektrických vozidel. Je schopné dodat výkon až 7,4 kW při napojení na 1fázovou soustavu, při napojení na 3fázovou soustavu dodá výkon až 11 kW při vstupním proudu až 16 A a vstupním napětí 400 V. Součástí stanice je napevno instalovaný nabíjecí kabel. Standardně se dodává také s pohodlným držákem pro umístění nabíjecího kabelu. [47; 48]

Obrázek 15 Ford Connected wallbox [56]



Wallbox je možné připojit k internetové síti pomocí Wi-Fi, wallbox je potom konfigurovatelný v aplikaci FordPass. Díky Wi-Fi je zařízení schopné přijímat aktualizaci firmwaru na dálku. Pro nabíjení vozidla není připojení k internetové síti vyžadováno, pouze rozšiřuje uživatelské možnosti. Stanice disponuje integrovaným elektroměrem s přesností $\pm 5\%$. Na čelní straně se nachází diodový ukazatel, který informuje o aktuálním stavu nabíjecí stanice. Autorizace pomocí RFID čtečky není k dispozici. [47]

Aplikace FordPass nabízí uživatelům širokou škálu možností. Skrze ji lze provádět určité úkony a nastavení týkající se přímo vozidla. Dále umožňuje vzdálenou správu nabíjecí stanice a nabíjecího procesu. Při připojení vozidla ke stanici lze sledovat aktuální stav akumulátoru, zbývající čas do nabití, sledovat jízdní trendy. Dále lze nastavit nabíjení tak, že stanice pracuje s časem odjezdu. Zařízení upraví podle plánovaného odjezdu celý proces tak, aby bylo vozidlo nabitě v požadovaném čase. Dále je možné spravovat nabíjecí proud. Pomocí aplikace lze vyhledávat veřejně dostupné stanice spolu s informacemi o nabíječkách. Umožňuje plánovat trasy včetně potřebných zastávek pro nabití. Při spárování účtu Ford s platební metodou lze aplikací platit za veřejné dobíjení a mít tak historii plateb vždy po ruce. [49]

Nabíjecí stanice vykazuje vysokou odolnost proti vnějším vlivům, je certifikována krytím IP65. Odolá proti vniknutí prachu a dotyku drátem. Dále je odolná vůči tryskající vodě o průtoku 12,5 litru za minutu, po dobu 3 minut. To umožňuje instalaci nabíjecí stanice jak ve vnitřních, tak ve venkovních prostorách. Vyniká stupněm odolnosti IK10, je odolná vůči nárazu 20 J. [47]

4.7 Souhrn parametrů

V následující tabulce č. 2 jsou zaznamenány parametry nabíjecích stanic, které budou dále porovnány.

Tabulka 2 Parametry nabíjecích stanic

Parametr	Cena Kč	Rozměry (mm)	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	RFID	Vzdálená správa	Stupeň krytí	LCD
Škoda iV Charger Connect+	34 490,-	297×406×116	7	11	ANO	ANO	IP54	NE
Wallbox Selected by Volvo	29 887,-	422×205×124	5,4	22	ANO	NE	IP44	NE
Kia EV Power Wallbox Online+	32 700,-	460×315×135	6,8	22	ANO	ANO	IP54	ANO
BMW Wallbox GEN 3	15 000,-	270×370×185	6	22	NE	NE	IP65	NE
Wall connector Tesla	13 150,-	345×155×110	4,5	22	NE	ANO	IP55	NE
Ford connected wallbox	18 421,-	258×450×131	6,02	11	NE	ANO	IP65	NE

5 Vícekriteriální analýza

Na základě zjištěných parametrů bude v této kapitole provedena vícekriteriální analýza, která pomůže určit, která nabíjecí stanice představuje optimální řešení. Níže jsou blíže upřesněny jednotlivé parametry.[57]

Každému parametru je přiřazena váha kritéria, tedy hodnota z uzavřeného intervalu <1;5> viz Tabulka č. 3. Každá hodnota představuje určitou váhu daného parametru.[57]

Tabulka 3 Hodnocení

Kritéria	Hodnota	Popis hodnocení	Váha
Cena v Kč, rozměry v mm, hmotnost, maximální výkon v kW, RFID čtečka, vzdálená správa, LCD displej	1	Zásadní	0-100 %
	2	Velmi důležité	
	3	Důležité	
	4	Velmi důležité	
	5	Nepodstatné	

5.1 Definice parametrů

Cena – představuje cenu samostatné dobíjecí stanice vč. DPH bez instalace.

Rozměry – jsou přepočítány na objem pro snadnější porovnání.

Hmotnost – posuzuje se hmotnost nabíjecí stanice udávaná výrobcem.

Výkon – představuje nejvyšší možný výkon dobíjecí stanice.

RFID čtečka – posuzuje se pouze její dostupnost, a to v základní výbavě, nikoliv dostupný počet identifikátorů, nezahrnuje jiný způsob autorizace.

Vzdálená správa – z důvodu omezených možností se posuzuje pouze na základě dostupnosti, bez ohledu na uživatelské možnosti aplikace a způsob připojení.

Stupeň krytí – Na základě norem IEC 529 a EN 60529 jsou definovány stupně krytí, které udávají míru ochrany zařízení krytem před poškozením.

LCD displej – posuzuje se, zda je wallbox vybaven LCD displejem, diodové ukazatele nebo jakékoliv jiné jsou v této kategorii posuzovány jako nevyhovující.

V Tabulce číslo 4 je proveden výpočet, na jehož základě bude zjištěno, která nabíjecí stanice představuje nejlepší řešení. V tabulce jsou rovněž uvedeny váhy kritéria, které představují důležitost parametrů. Každý parametr je hodnocen číslem 1-6, kdy 1 představuje nejlepší volbu. V případě shody je použita průměrná hodnota. Po přiřazení pořadí a vah kritérií je každá hodnota pořadí vydělena vahou kritéria. Následuje sečtení a výsledná hodnota je uvedena ve sloupci Hodnocení. Nejnižší hodnota představuje nejlepší řešení.[57]

Tabulka 4 Porovnání parametrů

Parametr	Cena (Kč)	Rozměry (mm)	Hmotnost (kg)	Maximální výkon (kW)	RFID čtečka	Vzdálená správa	Stupeň krytí	LCD displej	
Váha kritéria	1	3	5	2	3	2	2	3	Hodnocení
Škoda iV Charger Connect+	6	3	6	5,5	1,5	3	4,5	4	16,53
Wallbox Selected by Volvo	4	2	2	2,5	4,5	3	6	4	13,65
Kia EV Power Wallbox Online+	5	6	5	2,5	1,5	3	4,5	1	13,83
BMW Wallbox GEN 3	2	5	3	2,5	4,5	6	1,5	4	12,10
Wall connector Tesla	1	1	1	2,5	4,5	3	3	4	8,62
Ford connected wallbox	3	4	4	5,5	4,5	3	1,5	4	12,97

Na základě analýzy bylo vyhodnoceno 6 nabíjecích stanic. V Tabulce č.5 je přehledně zobrazeno pořadí nabíjecích stanic.

Tabulka 5 Výsledné pořadí

Nabíjecí stanice	Wall connector Tesla	BMW Wallbox GEN 3	Ford connected wallbox	Wallbox Selected by Volvo	Kia EV Power Wallbox Online+	Škoda iV Charger Connect+
Hodnocení	8,62	12,10	12,97	13,65	13,83	16,53

Na prvním místě se umístila stanice od společnosti Tesla. Vyniká především nízkou pořizovací cenou, rozměry a hmotností. Mezi nevýhody patří omezené možnosti autorizace. Na druhém místě se umístila stanice od společnosti BMW, která také vyniká velmi příznivou cenou. Na druhou stranu postrádá veškeré uživatelské vybavení.

Třetí místo patří stanici od společnosti Ford. Tento model představuje zajímavé optimální řešení. Disponuje vzdálenou správou, dostatečným výkonem a přiměřenou cenou.

Na čtvrtém místě se umístila stanice od společnosti Volvo Cars. Mezi její přednosti patří vysoký výkon a vzdálená správa. Na druhou stranu disponuje relativně nízkým stupněm krytí a cena je u tohoto modelu již vyšší.

Páté místo patří stanici od společnosti Kia. Tento model disponuje vysokým výkonem, vzdálenou správou, a dokonce s možností připojení pomocí LTE. Až na vyšší cenu se jedná o velmi dobře vybavený model.

Na posledním místě se umístila stanice od společnosti Škoda Auto. Podobně jako model od společnosti Kia, je tento wallbox velmi dobře vybaven v oblasti konektivity a uživatelské správy. Taktéž je vybaven slotem pro SIM kartu a je schopen se připojit pomocí LTE. Cena u tohoto wallboxu je však bohužel více než dvojnásobně vyšší než u stanice od společnosti Tesla.

V tomto porovnání sehrála podstatnou roli cena pořízení. Z výsledku je patrné, že nabíjecí stanice s nižší cenou nabídne méně možností, zatímco náročnější uživatel si bude muset připlatit.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo porovnat domácí nabíjecí stanice pro elektrická vozidla na území České republiky. V teoretické části jsou popsány důležité pojmy a souvislosti, které s nabíjecími stanicemi nebo nabíjením souvisí. Do praktické části bylo vybráno 6 nabíjecích stanic, které jsou v nabídce od automobilek Škoda Auto, Volvo Cars, Kia, BMW, Tesla a Ford Motor Company. Stanice byly popsány na základě dostupných údajů a informací od výrobců či obchodních zastoupení. Následně byla vytvořena přehledná tabulka, kde jsou zobrazeny porovnávané údaje. Tyto údaje byly čerpány z datových listů případně z příruček. Následně byly údaje použity při vícekritériální analýze. V kapitole Vícekritériální analýza je tato metoda blíže popsána a následně je proveden výpočet.

Porovnání bylo provedeno na základě ceny pořízení, výkonu, rozměrů, hmotnosti, dostupnosti vzdálené správy, stupně krytí a přítomnosti LCD displeje. Důraz byl při porovnání kladen na cenu pořízení.

Na prvním místě se umístila nabíjecí stanice Wall Connector od společnosti Tesla. Představuje skladné, cenově dostupné a s dostatečným výkonem optimální řešení pro domácí nabíjení. Mezi silnými stránkami bychom našli vysoký výkon, nízkou cenu pořízení a malé rozměry. V rámci vzdálené správy je tento model více zaměřen na majitele vozidel Tesla.

Druhou příčku obsadila nabíjecí stanice BMW Gen 3, která disponuje dostatečným výkonem, relativně nízkou cenou pořízení a vysokým stupněm ochrany. Mezi slabé stránky patří absence vzdálené správy, veškerá nastavení je potřeba provést fyzicky v hardwaru stanice.

Na třetím místě se umístila nabíjecí stanice Ford connected wallbox, která disponuje dostačujícím výkonem, vzdálenou správou, vysokým stupněm ochrany a přijatelnou cenou. Bohužel chybí autorizace pomocí RFID.

Na čtvrtém místě se umístila stanice od společnosti Volvo Cars, která dodává vysoký výkon, disponuje RFID čtečkou a možností vzdálené správy. Na druhou stranu disponuje nižším stupněm krytí a vyšší pořizovací cenou.

Pátou příčku obsadila stanice Kia EV Power Online+, která dodává vysoký výkon, disponuje vzdálenou správou, širokou paletou konektivity a LCD displejem. Pořizovací cena je však vyšší.

Na posledním šestém místě se umístila nabíjecí stanice Škoda iV Charger Connect+. Tento model disponuje dostatečným výkonem, vzdálenou správou a širokou paletou konektivity. U tohoto modelu je vyšší cena pořízení.

V budoucnu by se dala práce rozšířit především o reálný průzkum preferencí, na jehož základě by bylo provedeno nové porovnání. Určitě by bylo vhodné se detailněji zaměřit na možnosti vzdálené správy.

7 Seznam použitých zdrojů

- [1] FLECK, Anna. Cars Cause Biggest Share of Transportation CO₂ Emissions. In: *Statista* [online]. 2023. 2023 [cit. 2023-10-23]. Dostupné z: <https://www.statista.com/chart/30890/estimated-share-of-co2-emissions-in-the-transportation-sector/>
- [2] STATISTA RESEARCH DEPARTMENT. Transportation emissions worldwide - statistics & facts. STATISTA RESEARCH DEPARTMENT. *Statista* [online]. 2023 [cit. 2023-10-23]. Dostupné z: <https://www.statista.com/topics/7476/transportation-emissions-worldwide/#topicOverview>
- [3] RADA EVROPSKÉ UNIE. Balíček „Fit for 55“. In: RADA EVROPSKÉ UNIE. *Rada Evropské unie* [online]. 2023, 10. října 2023 [cit. 2023-10-27]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- [4] OROUMIYEH, Farzan a Yifang ZHU. Brake and tire particles measured from on-road vehicles: Effects of vehicle mass and braking intensity. *Atmospheric Environment: X* [online]. 2021, **12** [cit. 2023-10-23]. ISSN 2590-1621. Dostupné z: doi:10.1016/j.aeoa.2021.100121
- [5] LAI, Xin, Junjie CHEN, Quanwei CHEN, Xuebing HAN, Languang LU, Haifeng DAI a Yuejiu ZHENG. Comprehensive assessment of carbon emissions and environmental impacts of sodium-ion batteries and lithium-ion batteries at the manufacturing stage. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2023, **423** [cit. 2023-11-16]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2023.138674
- [6] Jak funguje elektromobil a jaké jsou jeho výhody?. In: <https://www.cez.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/clanky/jak-funguje-elektromobil-a-jake-jsou-jeho-vyhody-148953>
- [7] Nabíjecí stanice pro elektromobily, druhy a použití. Jak nenaletět. In: <https://www.hybrid.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-16]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/nabijeci-stance-pro-elektromobily-druhy-pouziti-jak-venaletet/>
- [8] Elektrický proud. In: <https://e-manuel.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://e-manuel.cz/kapitoly/elektricke-veliciny/vyklad/elektricky-proud/>
- [9] MÁRA, Ondřej. Elektromobily a jejich nabíjení: Znáte nejčastější typy nabíječek a konektorů?. In: <https://www.auto.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-16]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/elektromobily-a-jejich-nabijeni-znate-nejcastejsi-typy-nabijecek-a-konektoru-130851>
- [10] MOKŘÍŠ, Jakub. Jak funguje wallbox pro nabíjení elektroauta. In: <https://www.portalridice.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/jak-funguje-wallbox-pro-nabijeni-elektroauta>
- [11] Elektrické napětí. In: <https://e-manuel.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://e-manuel.cz/kapitoly/elektricke-veliciny/vyklad/elektricke-napeti/>
- [12] JERVIS, Tom. What is a wallbox charger? Electric car home chargers explained. In: <https://www.drivingelectric.com/> [online]. 2023 [cit. 2023-10-30]. Dostupné z:

- <https://www.drivingelectric.com/your-questions-answered/104/what-is-a-wallbox-charger-electric-car-home-chargers-explained>
- [13] PŘIBYL, Martin. Domáci „benzinka“ blízké budoucnosti: Jak připravit dům na nabíjení elektroauta?. In: <https://www.aktualne.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-16]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/domaci-benzinka-blizke-budoucnosti-jak-pripravit-dum-na-nabi/r~a2d7297ed7b511ea842f0cc47ab5f122/v~sl:30f9b502b4c46414e7ea37ec57cd b373/>
- [14] Fakta a mýty o elektromobilech – Jak dlouho trvá nabíjení elektromobilu?. In: <https://elektrickevozy.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-27]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/fakta-a-myty-o-elektromobilech-jak-dlouho-trva-nabijeni-elektromobilu>
- [15] BJØRNDAL, Endre, Mette BJØRNDAL, Elisabet KJERSTAD BØE, Jacob DALTON a Mario GUAJARDO. Smart home charging of electric vehicles using a digital platform. *Smart Energy* [online]. 2023, **12** [cit. 2023-10-27]. ISSN 2666-9552. Dostupné z: doi:10.1016/j.segy.2023.100118
- [16] KADULA, Lukáš. Elektromobilita v Česku 2023: 22 500 elektromobilů a přes 4 600 dobíjecích bodů, většina z nich nabíjí zelenou elektřinou. In: <https://www.cistadoprava.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/tiskove-zpravy/elektromobilita-v-cesku-2023-22-500-elektromobilu-a-pres-4-600-dobijecich-bodu-vetsina-z-nich-nabiji-zelenou-elektrinou/>
- [17] Registrace všech čistých vozidel v ČR dle NAP ČM. In: <https://www.cistadoprava.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/registrace-vsech-cistych-vozidel-v-cr-dle-nap-cm/>
- [18] Veřejné dobíjecí stanice v ČR. In: <https://www.cistadoprava.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/stanice-ceska-republika/>
- [19] ZHOU, Rita. Power On The Go: Portable Electric Car Chargers. In: <https://www.besen-group.com/> [online]. 2023 [cit. 2023-10-30]. Dostupné z: <https://www.besen-group.com/power-on-the-go-portable-electric-car-chargers/>
- [20] RUDSCHIES, Wolfgang. Elektroauto und Ladeverluste: So können Sie Kosten vermeiden. In: *ADAC* [online]. 2023 [cit. 2023-10-30]. Dostupné z: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/ladeverluste-elektroauto-studie/>
- [21] Univerzální nabíjecí souprava iV. In: <https://eshop.skoda-auto.cz/> [online]. [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: https://eshop.skoda-auto.cz/cs_CZ/univerzalni-nabijeci-souprava-iv/p/000054412P
- [22] Co obnáší montáž wallboxu pro nabíjení elektromobilu. In: *AUTOROAD.CZ. AutoRoad.cz a INCORP a.s.* [online]. [cit. 2023-10-30]. Dostupné z: <https://autoroad.cz/zajimavosti/102364-co-obnasi-montaz-wallboxu-pro-nabijeni-elektromobilu>
- [23] MOKŘÍŠ, Jakub. Nabíjení elektromobilů - doma i z dobíjecí stanice. In: <https://www.portalridice.cz/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-27]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/nabijeni-elektromobilu-doma-i-z-dobijeci-stanice>

- [24] AC vs DC Charging: 7 Fundamental Differences. In: <https://go-e.com/en/> [online]. 2023, 1. června 2023 [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: <https://go-e.com/en/magazine/ac-dc-charging>
- [25] Difference #5: AC vs DC Power - Different Charging Curve. In: <https://go-e.com/en/> [online]. 2023, 1. června 2023 [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: https://go-e.com/fileadmin/_processed_/0/d/csm_ac-vs-dc-ladekurve_c92ad5d76e.png
- [26] Nabíjecí stanice pro elektromobily - wallbox. In: <https://www.best-power.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-01-03]. Dostupné z: <https://www.best-power.cz/nabijeci-stanice-pro-elektromobily/>
- [27] What is Dynamic Load Balancing and how does it work?. In: <https://go-e.com/en/> [online]. 2024 [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://go-e.com/en/magazine/what-is-dynamic-load-balancing>
- [28] Wallbox Mid Meter elektroměr (3PH Až do 65A). In: <https://www.mironet.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.mironet.cz/wallbox-mid-meter-elektromer-3ph-az-do-65a+dp566053/>
- [29] RFID Card/RFID Chip for Your Wallbox. In: <https://go-e.com/en/> [online]. 2024 [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://go-e.com/en/magazine/rfid-card-chip-for-wallbox>
- [30] RAFF, Rebeka, Velimir GOLUB, Denis PELIN a Danijel TOPIC. Overview of charging modes and connectors for the electric vehicles. In: *2019 7th International Youth Conference on Energy (IYCE)* [online]. IEEE, 2019, s. 1-6 [cit. 2024-02-26]. ISBN 978-1-7281-3923-4. Dostupné z: doi:10.1109/IYCE45807.2019.8991586
- [31] Co jsou konektory NACS, CCS a CHAdeMO a kdo je může používat?. In: <https://www.chargepoint.com/cs-cz> [online]. 2024 [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <https://www.chargepoint.com/cs-cz/drivers/support/faqs/what-are-nacs-ccs-and-chademo-connectors-and-who-can-use-them>
- [32] Co je CHAdeMO? Systém rychlého nabíjení elektrických vozidel. In: <https://www.midaevse.com/cs/> [online]. 2024 [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <https://www.midaevse.com/cs/news/what-is-chademo-electric-vehicle-fast-charging-system/>
- [33] GOLDBERG, Lee. An Introduction to the SAE J1772 and CCS EV Charging Interfaces. In: <https://www.electronicdesign.com/> [online]. 2024 [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <https://www.electronicdesign.com/markets/automotive/article/21267879/electronic-design-an-introduction-to-the-sae-j1772-and-ccs-ev-charging-interfaces>
- [34] ZAMANOV, Nick. What is a Type 2 Electric Car Charger?. In: <https://cyberswitching.com/> [online]. 2024 [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <https://cyberswitching.com/what-is-a-type-2-electric-car-charger/>
- [35] Wallbox Škoda. In: <https://eshop.skoda-auto.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: https://eshop.skoda-auto.cz/cs_CZ/wallbox-skoda/p/5LA915686B
- [36] Veřejné nabíjení. In: <https://www.skoda-auto.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/emobilita/verejne-nabijeni>
- [37] -KODA-iV-Charger-CZ. In: <https://eshop.skoda-auto.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <https://eshop.skoda-auto.cz/medias/-KODA-iV-Charger-CZ.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8MTQzMDA5MHxhcHBsaWNhdGlvb3R8ZGZ8Z8YURjeUwyaGhNeTg1TVRjM09EY3hPVFF4TmZpZUw4V2dTMDIFUVNCCcFZ>

pQkRhR0Z5WjJWeVgwTmFMbkJrWmd8ODZjZGUyMGI3ZTllMTZmYzVmNm
VmMDFmYTM1MTU1OWUyMzc5OTYxNDE3OWRkMjA1MDg1ZDZkNzJmMz
c5OgNINQ

- [38] Wallbox pro domácí použití – Selected by Volvo Cars. In: <https://accessories.volvocars.com/cs-cz> [online]. 2024 [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: [https://accessories.volvocars.com/cs-cz/XC90\(16-\)/Accessories/Document/VCC-521073/2025](https://accessories.volvocars.com/cs-cz/XC90(16-)/Accessories/Document/VCC-521073/2025)
- [39] Specifikace modelu C40 Recharge. In: <https://www.volvocars.com/cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/cz/cars/c40-electric/specifications/>
- [40] GARO Wallbox Selected by Volvo Cars. In: <https://accessories.volvocars.com/cs-cz> [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://accessories.volvocars.com/AccessoriesWeb/Accessories.mvc/Images/0000c8af%5C80%5C2f%5Cbe%5Cb1.jpg>
- [41] Kia EV Power Wallbox Online+. In: <https://www.auto-horejsek.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://www.auto-horejsek.cz/images/technologie-kia/originalni-prislusenstvi/pdf/kia-ev-power-wallbox-online.pdf>
- [42] ELECTRIC VEHICLE CHARGER EVC04 Series. In: <https://www.vestel-echarger.com/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: https://www.vestel-echarger.com/downloads/VESTEL_Benutzerhandbuch_EVC04-AC11SW-T2P_EN.pdf
- [43] BMW Wallbox. In: <https://www.bmw-lifestyle.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: https://www.bmw-lifestyle.cz/user/related_files/cznavod.pdf
- [44] Wall Connector 3. generace – příručka. In: <https://www.tesla.com/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: https://www.tesla.com/sites/default/files/support/charging/Gen_3_Wall_Connector_Manual_Czech.pdf
- [45] Wall Connector. In: https://www.tesla.com/cs_CZ?redirect=no [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: https://shop.tesla.com/cs_cz/product/wall-connector
- [46] Řízení přístupu u nástěnné nabíječky Wall Connector. In: https://www.tesla.com/cs_CZ?redirect=no [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_cz/support/charging/wall-connector/access-control
- [47] Ford Connected Wall Box Operation manual. In: <https://prislusenstvi-ford.cz/?model=kuga&year=2019> [online]. 2024 [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: https://accessorybase.ford.palmerhargreaves.com/Document/GetDocument/Ford%20Connected%20Wall%20Box%20Operation%20manual_IEC%20reduced.pdf/
- [48] Ford Connected Wallbox. In: <https://prislusenstvi-ford.cz/?model=kuga&year=2019> [online]. 2024 [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://prislusenstvi-ford.cz/emobilita/p%20C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD-pro-dom%C3%A1c%C3%AD-dob%C3%AD-jen%C3%AD/ford-connected-wallbox/2576303?model=kuga&year=2019#>
- [49] FordPass. In: <https://www.ford.cz/> [online]. 2024 [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.ford.cz/servis/sluzby-a-produkty/fordpass>

- [50] Skoda Wallbox iV Charger Connect 4,5m. In: <https://www.audi-zentrum-essen-shop.de/> [online]. 2023 [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: https://www.audi-zentrum-essen-shop.de/media/3a/0b/9c/1657876867/wallbox_front_freigestellt_skoda_ivwei__ohne_rfid_2.png
- [51] Koncovka (vidlice) systému CHAdeMO. In: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana [online]. 2024 [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/CHAdeMO#/media/Soubor:CHAdeMO_Plug_VacavilleDavisStDC2.jpg
- [52] HICKS, Michael. SAE J1772 plug (cropped from the original photo). In: https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page [online]. 2024 [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772#/media/File:SAE_J1772_7058855567.jpg
- [53] Type 2 connector. In: https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page [online]. 2024 [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_62196#/media/File:2015-12-23_Typ-2-Ladestecker.jpg
- [54] CCS Type 1 vs Type 2 Comparison. In: <https://interchargers.com/> [online]. 2024 [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: <https://interchargers.com/wp-content/uploads/2020/12/ccs-type-1-vs-ccs-type-2-comparison-768x432.jpg.webp>
- [55] Wall Connector. In: https://shop.tesla.com/cs_cz [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: https://digitalassets-shop.tesla.com/image/upload/f_auto,q_auto/v1/content/dam/tesla/CAR_ACCESSORIES/MODEL_S/CHARGING_ADAPTERS/1529455-02-D_0_2000.jpg
- [56] Obrázek Ford Connected Wallbox. In: <https://prislusenstvi-ford.cz/?model=kuga&year=2019> [online]. 2024 [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: https://euaccessories.blob.core.windows.net/ford-access-assets/ImageLibrary/SK010504/Ford_Connected_Wallbox_041.jpg
- [57] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.