



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

INFRASTRUKTURA PRO ELEKTROMOBILITU

INFRASTRUCTURE FOR ELECTROMOBILITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Smutková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

BRNO 2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Studentka: **Karolína Smutková**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Infrastruktura pro elektromobilitu

STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PROBLEMATIKY ÚKOLU:

Rozvoj elektromobility vyžaduje i rozvoj infrastruktury pro nabíjení vozidel případně další prvky. Tato práce bude orientována na problematiku nabíjecích stanic, bateriových úložišť a případně dalších prvků vhodných pro nabíjení elektromobilů zejména veřejných.

CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Analýza problematiky nabíječek, tedy způsobů nabíjení a komunikace s vozidlem. Zpracování přehledu současného stavu poznání v oblasti různých způsobů nabíjení, komunikace vozidlo nabíječka, standardizace. Začlenění lokálních bateriových úložišť do infrastruktury. Zpracujte přehled současného stavu z pohledu úhrady nabíjení v České republice. Proveďte diskusi nad získanými poznatky.

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

BERETTA, J. Automotive electricity: electric drives. 1. Hoboken, NJ: J. Wiley, 2010. ISBN 978--84821-095-0.

JIANG, J, ZHANG, C. Fundamentals and applications of lithium-ion batteries in electric drive vehicles. Singapore: Wiley, 2015. ISBN 978-1-118-41478-1.

LINK, A., O'CONNOR, A., SCOTT, T. Battery technology for electric vehicles: public science and private innovation. New York, NY: Swales&Willis, 2015. ISBN 978-1-138-81110-2.

CHAU, K. T. Electric vehicle machines and drives: design, analysis and application. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley, [2015]. ISBN 978-1-118-75252-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

.....
prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

ředitel ústavu

.....
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problematikou nabíjení elektromobilů, do níž spadá množství dílčích otázek. Poskytuje přehled o současných technických řešeních nabíjecích stanic, konektorů, komunikace vozidlo – nabíječka v průběhu nabíjení a s tím související finanční náročnosti nabíjení. Přitom zohledňuje potřebu velkých množství elektrické energie z majoritně obnovitelných zdrojů, což v této práci reflektují bateriová uložení. Posledním bodem je porovnání současných elektrovozidel zejména dle kapacity baterie, ceny a dojezdu. Celá práce je primárně vztažena na území České republiky.

KLÍČOVÁ SLOVA

elektromobil, nabíjení, bateriová uložení, power-to-gas, cena nabíjení, nabíjecí stanice, konektory, elektromobilita, doba nabíjení

ABSTRACT

This thesis deals with the issue of charging electric vehicles, including a number of sub-questions. It provides an overview of current charging stations, connectors, communication between vehicle and charger during charging and of the resulting price for charging. It also takes into account the need for large amounts of energy mostly from renewable sources, coupled with battery storage facilities. The last point is a comparison of current electric vehicles mainly by battery capacity, price and range. The whole thesis is primarily related to the territory of the Czech Republic.

KEYWORDS

electric vehicle, charging, battery storage, power-to-gas, price of charging, charging stations, connectors, electromobility, charging time



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SMUTKOVÁ, K. Infrastruktura pro elektromobilitu. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 39 s. Vedoucí diplomové práce Josef Štětina.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. Josefa Štětiny, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 17. června 2020

.....

Karolína Smutková



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Josefu Štětinovi, Ph.D. za konzultace a cenné rady při vypracovávání této práce.

Dále bych chtěla poděkovat rodině za trpělivost a zejména Ing. Martinu Tobiášovi za cenné rady a podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

Úvod.....	11
1 HISTORIE ELEKTROMOBILISMU	12
1.1 ODKLON OD ELEKTROMOBILISMU	13
2 AKUMULÁTORY	14
2.1 PEVNÉ BATERIE.....	15
2.2 BATERIOVÁ ULOŽIŠTĚ	15
2.2.1 POWER-TO-GAS	16
2.3 ZAČLENĚNÍ BU DO INFRASTRUKTURY	17
2.4 RECYKLACE BATERÍ.....	19
3 NABÍJENÍ.....	20
3.1 PŘIPOJENÍ EV POMOCÍ KABELŮ A VIDLIC	20
3.1.1 TYP A.....	20
3.1.2 TYP B	21
3.1.3 TYP C	21
3.2 NABÍJECÍ REŽIMY	22
3.2.1 REŽIM 1.....	22
3.2.2 REŽIM 2.....	22
3.2.3 REŽIM 3.....	22
3.2.4 REŽIM 4.....	22
3.2.5 REŽIM KONSTANTNÍHO PROUDU	23
3.2.6 REŽIM KONSTANTNÍHO NAPĚTÍ	23
3.2.7 KOMBINOVANÝ REŽIM	23
3.3 NABÍJECÍ STANICE.....	24
3.3.1 V0G	25
3.3.2 V1G (SMART CHARGING STATIONS).....	25
3.3.3 V2G (V2B)	25
3.3.4 Normální „pomalé“ nabíjení.....	25
3.3.5 RYCHLÉ	26
3.3.6 TESLA SUPERCHARGER	26
3.3.7 SYSTÉM RYCHLÉ VÝMĚNY AKUMULÁTORU.....	26
3.4 DOBA NABÍJENÍ A DOJEZD SOUDOBÝCH EV	27
3.5 NABÍJECÍ KONEKTORY	28
3.5.1 TYP 1 - SAE J1772 / YAZAKI.....	28
3.5.2 TYP - MENNEKES (VDE-AR-E 2623-2-2)	28
3.5.3 CHADeMO.....	29
3.5.4 TESLA SUPERCHARGER	29
3.6 ÚHRADA NABÍJENÍ EV V ČR.....	30
3.6.1 DOMÁCÍ NABÍJENÍ	30
3.6.2 NABÍJECÍ STANICE.....	30



ZÁVĚR.....	33
POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE.....	34
Seznam použitých zkratek	39

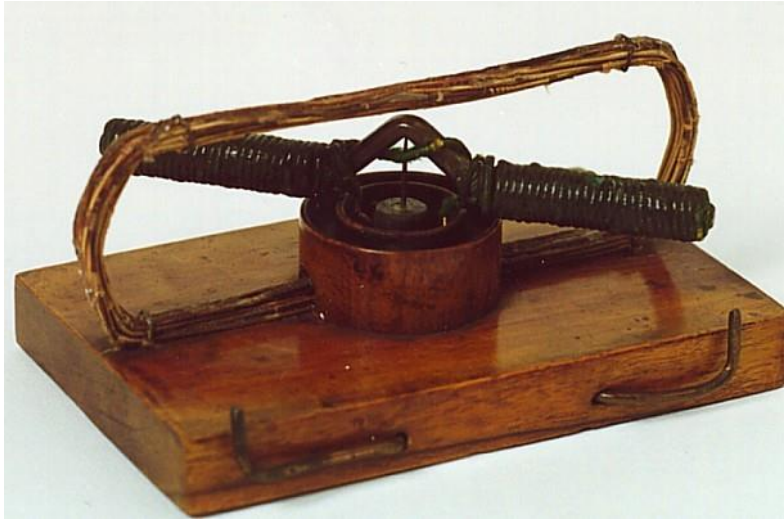
ÚVOD

Vzhledem k nepopiratelným změnám klimatu je na některých částech planety pozorovatelná snaha o zastavení, v ideálním případě zvrácení, nežádoucích klimatických jevů. Za hlavního viníka pocházejícího z činnosti člověka byl označen oxid uhličitý, přičemž jedním z mnoha jeho emitorů je proces spalování v současných benzínových a naftových motorech. Hovoříme-li o našem kontinentu, podnítilo Evropskou unii zavést sérii zpřísnujících se emisních limitů pro spalovací motory. Nepřímo tak za bezemisní způsoby dopravy označila vozidla s elektrickým pohonem.

Tato práce se zabývá problematickými aspekty, jež jsou neoddělitelné od současných elektrovozidel. Jedná se například o jejich reálný dojezd pojící se s akumulátory, metody a finanční náročnost nabíjení a zejména infrastrukturu veřejných nabíječek, která je pro potenciálního zákazníka jedním z rozhodujících faktorů. Také je zde věnován prostor bateriovým uložistím, která mohou přispět k řešení nejen nestabilních dodávek elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

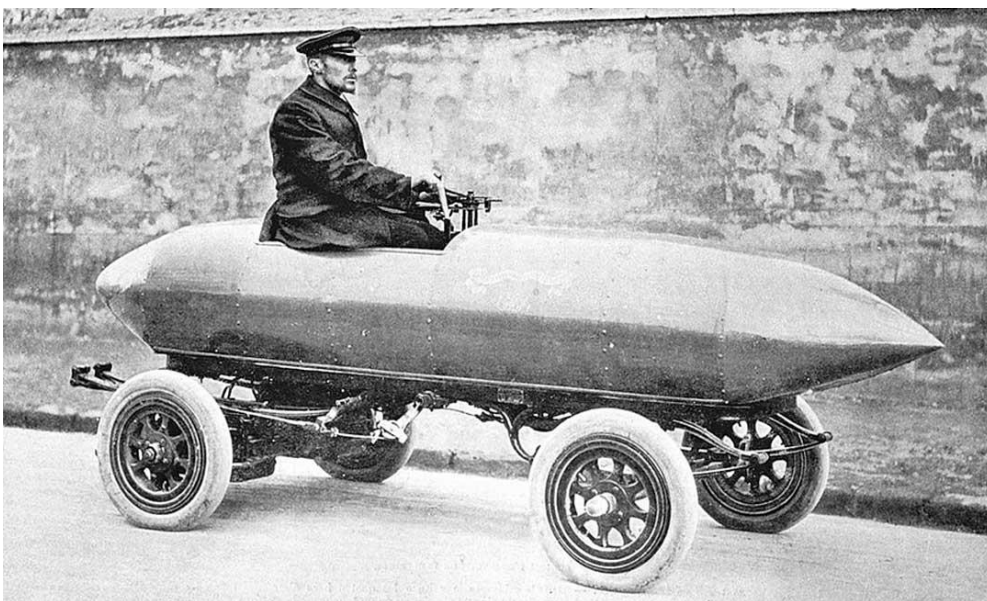
1 HISTORIE ELEKTROMOBILISMU

Může se zdát, že elektromobilismus spatřil světlo světa až v 21. století, opak je pravdou. První model elektromotoru (obr. 1) byl zkonstruován v letech 1827 – 1829 na Slovensku Štefanem Aniánem Jedlíkem [1].



Obrázek 1 Jedlíkův elektromotor [16]

Prakticky využitelný elektromotor ovšem pochází z roku 1834 z Ruska, kde jej M. H. Jacobi předvedl v první akumulátorové lodi. První elektromobil byl prezentován roku 1835 v Holandsku a takřka paralelně i v Itálii. Elektromobil rovněž jako první vozidlo na světě překonal roku 1899 (obr. 2) stokilometrovou rychlostní hranici rychlostí 105,882 km/h a jen o 3 roky později 170 km/h.



Obrázek 2 Camille Jenattony 1899 - závodní elektromobil [17]

Tyto elektromobily čerpaly energii z olovených akumulátorů, které jsou s minimálními změnami používány v automobilech dodnes. Dojezd tehdejších vozidel na čistě elektrický pohon nepřesahoval 70 km.

Tento problém vyřešil až motor s vnitřním spalováním, který vznikl až 50 let poté.

1.1 ODKLON OD ELEKTROMOBILISMU

Roku 1912 byl vynalezen elektrický startér, což ztraktivnilo vozy s vnitřním spalováním, protože tímto bylo eliminováno nepohodlné a fyzicky náročné startování klikou. Rovněž byla objevena nová ložiska ropy, což snížilo její cenu a do paliva se začalo přidávat olovo, což pomohlo prodloužit životnost motorů při zachování jejich levné výroby. Pro naftařské společnosti to tudíž byla příležitost, jak raketově zbohatnout za předpokladu, že ropa bude plošně žádanou komoditou. To vše akcelerovala osoba Henryho Forda, díky níž došlo k sériové výrobě vozidel s benzínovými motory za dostupné ceny (obr. 3).



Obrázek 3 Ford T, jenž napomohl útlumu elektromobilů [18]

Pro srovnání – okolo roku 1900 byla pořizovací cena benzínového automobilu 650 dolarů, odpovídajícího elektrického 1750 [2]. Je potřeba nezapomínat na neviditelnou ruku trhu, která pravděpodobně reflektovala fakt nízkých dojezdových vzdáleností, vysoké hmotnosti auta (ač je elektromotor oproti spalovacímu motoru o dost účinnější, velké množství energie se zmaří jen pro přesun této hmoty) a dlouhých nabíjecích časů. V té době navíc nefigurovala otázka ekologičnosti výroby energií a samotných vozidel.

2 AKUMULÁTORY

Za předpokladu plně elektrických vozidel (dále EV) je technologické řešení uskladnění energie definujícím parametrem jejich funkčnosti. Od volby akumulátoru se odvíjí většina podstatných parametrů vozidla, o které se zákazník zajímá – dojezd, nabíjecí čas, hmotnost a cena. V tabulce 1 jsou porovnány typy akumulátorů užívaných u EV. Při hodnocení akumulátorů se uvažují tyto parametry:

- jmenovitá kapacita [Ah]
- měrný výkon [W/kg]
- měrná energie na jednotku hmotnosti či objemu [kWh/kg]

Z pohledu provozu vozidla:

- úroveň nabití [%] (SOC – state of charge), jedná se o procentuální podíl okamžité kapacity k jmenovité kapacitě baterie
- hloubka vybití [%] (DOD – depth of discharge), udává pokles SOC při provozu a její maximální hodnota definuje počet cyklů vybití – nabití, které baterie unese bez degradace jejich základních parametrů
- životnost baterie
 - střední doba života [s] – udává životnost při provozu v daných podmínkách
 - state of health [%] (SoH) – udává degradaci jmenovité kapacity baterie v čase

Baterie EV jsou složeny z modulů, které jsou tvořeny vhodnou kombinací sériového a paralelního uspořádání akumulátorových článků. Srovnání nejpoužívanějších článků je uvedeno v Tabulka 1 Srovnání nejpoužívanějších typů baterií v EV [3].

Tabulka 1 Srovnání nejpoužívanějších typů baterií v EV [3]

Typ	NiMH	LiCoO ₂	LiMn ₂ O ₄
Anoda	vzácné sloučeniny AB ₅	amorfní uhlík	
Katoda	Ni(OH) ₂	LiCoO ₂	LiMn ₂ O ₄
Kapacita článku [Ah]	6,5	4,4	
Napětí článku [V]	1,2	2,5 – 4,2	
Měrná energie [Wh/kg]	63 - 75	90 - 140	160
Měrný výkon [W/kg]	220	760	1300
Počet cyklů [-]	600 - 1200	DOD = 100 % - 3000	

		DOD = 20 až 40 % - 20000	
Životnost [rok]	10		
Samovybíjení [%/měs]	30	5 – 10	
Provozní teplota [°C]	-30 až 65	- 40 až 65	
Nabíjecí režim	-	konstantní napětí/proud	

Cílem je co největší kapacita baterie v kombinaci s co nejmenším možným objemem a hmotností. Z toho důvodu se využívají články s vysokými hodnotami měrných veličin, a to zejména Li-Ion (LiCoO_2 a LiMn_2O_4). V hybridních vozidlech se elektrický pohon používá zejména ke splnění přísných požadavků při emisních testech a při provozu má spíše podpůrnou funkci. Proto se zde používají NiMH články, které jsou levnější, menší a mají vysokou životnost, tudíž nevádí, že mají menší hodnoty měrné energie [3 - 5].

2.1 PEVNÉ BATERIE

Současná Li-Ion baterie má z dnešního pohledu nepřekonatelné hranice, blízkou budoucností by proto mohly být tzv. pevné nebo tenkovrstvé baterie. Jejich výhodami jsou variabilní možnost geometrie článků a vysoká energetická hustota. Proto jsou v tomto typu baterie všechny elektrochemicky aktivní komponenty v podobě ultratenkých vrstev vyrobených například ze slitiny hliníku a lithia, grafitu nebo oxidu lithia a kobaltu. Téměř všichni velcí automobiloví producenti (BMW, Volkswagen, Mercedes, ...) si již zajistili přístup k této technologii buď vlastním vývojem, nebo navázáním spolupráce s technologickými firmami. U současných Li-Ion baterií je při extrémním toku proudů riziko zkratu, jež může vést až k požáru. Toto nebezpečí konstrukce pevných elektrolytů vylučuje [5, 30].

2.2 BATERIOVÁ ULOŽIŠTĚ

Jedná se o systémy na akumulaci elektrické energie. V České republice je nalezneme ve formě kontejnerů naplněných Li-Ion bateriemi, řídicí technikou a transformátorem, aby se předešlo časovým průtahům se stavebními úřady a snížila se cena a náročnost jejich realizace. Bateriová uložení (dále BU) se budují z více důvodů:

- Problémem větrných, slunečních a vodních elektráren je fakt, že nejsou schopny stálé a neměnné dodávky energie. Proto je v jejich minimech výroby nebo potřeba dodávat energii do sítě z jiných zdrojů a při špičkách ji v ideálním případě ukládat. BU se zdají dobrým řešením, neboť mají reakční dobu v řádech sekund a energii můžou do sítě jak dodávat, tak si mohou přebytek energie i ukládat.
- Rovněž tuto technologii mohou využívat instituce a firmy, pro něž je výpadek proudu silně nežádoucí (nemocnice, banky, ...).

- Firmy s připojením k vysokému nebo velmi vysokému napětí musí za rezervovanou kapacitu platit nemalé částky. Navíc za odchylky od plánované spotřeby platí vysoké pokuty. BU by tak pomohla skrze zmírňování těchto špiček šetřit náklady firem za energie.
- Tato uložiska mohou využívat pro svou potřebu domácnosti, jež mají vlastní zdroje energie ze solárních panelů.

BU je v České republice pro potřeby energetické sítě jen pár (například Mydlovary na Českobudějovicku 1,75 MWh, Obořiště nedaleko Dobříše 1 MWh nebo Planá nad Lužnicí 2,5 MWh). Je tomu tak kvůli legislativě, která je zatím povoluje budovat jen u točivých výroben s turbínou a u už existujících tepláren nebo elektráren. Ne však u obnovitelných zdrojů, kde by měly největší dopad. V západní Evropě se bateriové systémy využívají na akumulaci energie krátkodobě v řádu hodin, dlouhodobější akumulace se realizuje skrze plyn, který je snáze skladovatelný [6 - 10].

2.2.1 POWER-TO-GAS

Technologie Power to Gas používá elektrickou energii na výrobu plynného paliva. Prvotně se vyrábí vodík, jenž může být hned využit nebo se z něj v dalších krocích vyrobí syngas, metan nebo LPG. Tyto plyny se mohou použít přímo za různými účely, nebo se z nich dá opět vyrobit elektrina. Přehled účinnosti přeměn lze vidět v Tabulka 2 Přehled účinnosti přeměn při technologii P2G [12]. Tyto účinnosti se zvyšují využitím vedlejšího produktu, jímž je teplo. Ale stále jsou to nižší hodnoty než u bateriových uložisk [11].

Tabulka 2 Přehled účinnosti přeměn při technologii P2G [12]

Látka	Účinnost [%]	Podmínky
ELEKTRINA -> PLYN		
vodík	54 – 72	200 bar komprese
metan (SNG)	49 – 64	
vodík	57 – 73	80 bar komprese
metan (SNG)	50 – 64	
vodík	64 – 77	bez komprese
metan (SNG)	51 - 65	
ELEKTRINA -> PLYN -> ELEKTRINA		
vodík	34 – 44	80 bar komprese + až 60 % zpět

metan (SNG)	30 - 38	na elektřinu
ELEKTRINA -> PLYN -> ELEKTRINA A TEPLA		
vodík	48 - 62	80 bar komprese + 40/45 % elektřina/teplo
metan (SNG)	43 - 54	

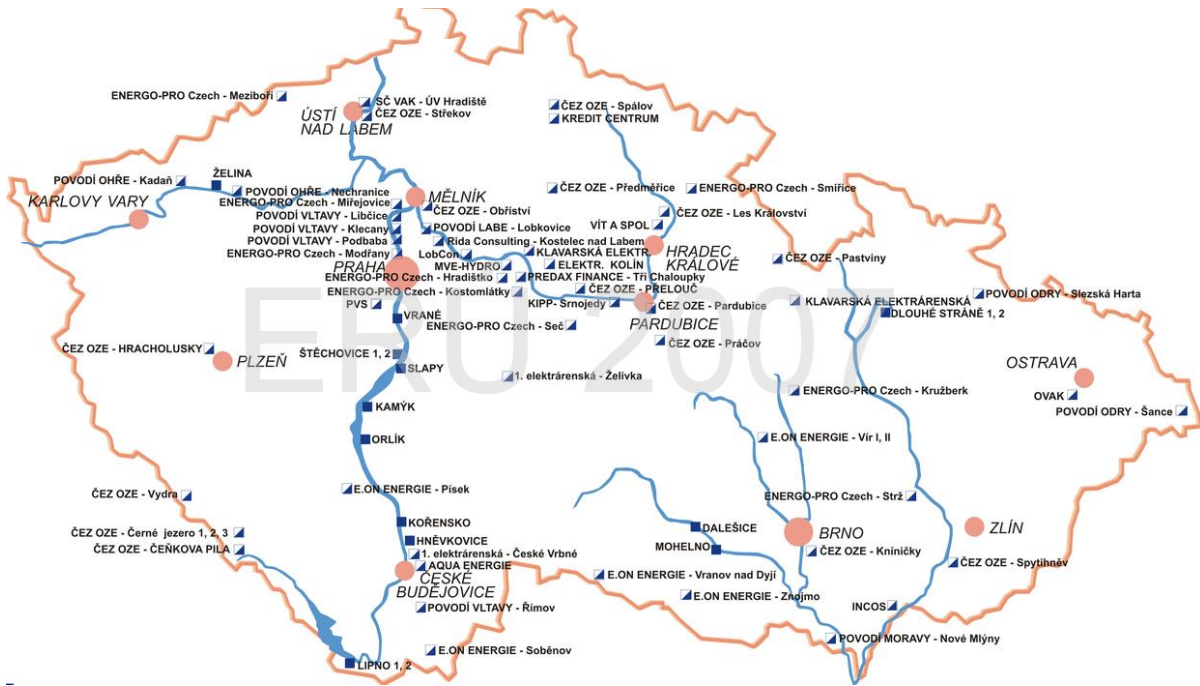
2.3 ZAČLENĚNÍ BU DO INFRASTRUKTURY

Při pohledu na obr. 4 až obr. 6 zobrazující rozložení alternativních zdrojů energie v České republice vyplývá, jaká místa by byla vhodná pro umístění bateriových uložení. Co se týká BU v centrech měst s cílem nabíjet BU „pomalu“ a z nich poté EV „rychle“ se přikláním k řešení přivést elektrickou energii o vysokém napětí na periferie měst a tam vedle trafostanic vybudovat rychlonabíjecí stanice.

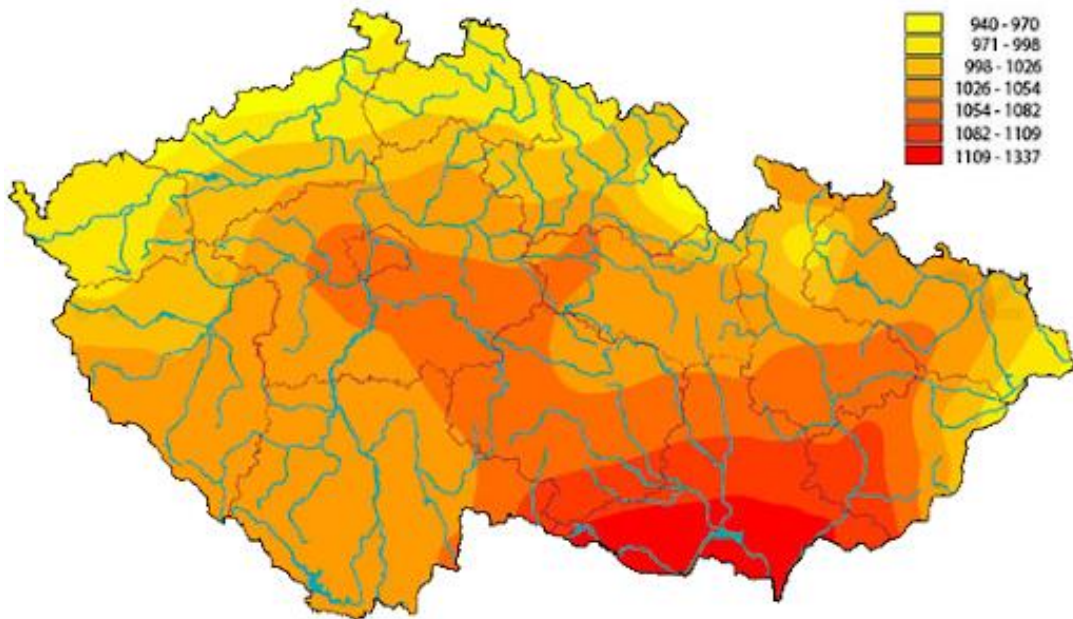
Při pohledu na Českou republiku je zřejmé, že neoplývá vodními toky se strmým spádem ani mohutnými řekami vhodnými pro stavbu přehrad, navíc předpovědi o vodě v budoucích letech nejsou optimistické. Rovněž ČR nedisponuje větrem o vysoké rychlosti a stálosti, která je spjata s mořem. Na sluneční svit nejbohatší jih země rovněž disponuje úrodnou půdou, nikoli pouštěmi, navíc půda je v současnosti poptávaná i kvůli rozšiřující se obytné zástavbě. Proto ani tato lokalita není úplně vhodná na ekologicky diskutabilní solární panely. Z tohoto vyplývá, že uhelné elektrárny by na našem území bylo vhodné nahradit jadernými, i výzkum směřovat na zefektivnění tohoto typu elektráren, čímž by byla potřeba implementace BU minimalizována [63 - 65].



Obrázek 4 Rozmístění větrných elektráren v ČR [56]



Obrázek 5 Mapa vodních elektráren v ČR nad 1 MW, plná značka ČEZ, ostatní nezávislí výrobci [58]



Obrázek 6 Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m²] [57]

2.4 RECYKLACE BATERIÍ

Je třeba si uvědomit, že životnost baterií není nekonečná. Těžba zejména lithia a kobaltu je pro zdraví pracovníků škodlivá, což může být jedním z důvodů, proč se tyto nerostné suroviny dovážejí zejména z Číny, Afriky a Ruska. Recyklace nejvyužívanějších Li-Ion baterií prozatím není dořešeným tématem, neboť veřejnost tento problém začne vnímat teprve během příštích let, kdy svět zaplaví nezvladatelné množství velkých baterií teprve za pár let, jelikož elektromobilita a bateriová uložení stojí na začátku globalizace. Situace je v realitě (ne v laboratorních podmínkách, kde se recykluje nepoměrně malé množství) taková, že recyklace baterií je nerentabilní (hodnota kovu získaného z jedné tuny baterií je 8110 jüanů (28 655 Kč), ovšem cena recyklace tohoto množství činí 8500 jüanů (30 030 Kč)), zároveň je tento proces pro život silně toxický. Část baterií končí na otevřených skládkách, z nichž se toxické látky v bateriích obsažené vyplavují do půdy a vodních toků. Ekonomicky silnější státy budou do této problematiky zajisté investovat, neboť by se závislost na dovozu lithia, kobaltu, niklu a grafitu v budoucnu mohla ukázat jako strategicky nevýhodná [59 – 62, 66, 67].

3 NABÍJENÍ

Nabíjení může být realizováno běžnou jednofázovou domácí zásuvkou, průmyslovou třífázovou zásuvkou, přenosnými nabíječkami EVSE (electric vehicle supply equipment) nebo nabíjecí stanicí přímo na to určenou. Může být použit jak střídavý (AC) tak stejnosměrný (DC) proud.

Do akumulátoru je vždy uskladňován stejnosměrný proud, proto je jediným rozdílem v AC a DC nabíjení místo, kde probíhá usměrnění napětí a proudu. Proces nabíjení elektrovozidla je v každém státě definován předpisy. Mezinárodně existuje norma IEC 61851, která je v České republice převzata pod označením ČSN EN 61851.

Mnoho pořizovatelů elektromobilů si neuvědomuje, že rychlost nabíjení není často ovlivněna výkonem nabíječky, ale parametry palubní nabíječky, která usměrňuje AC na DC proud. Výstupní nabíjecí napětí je omezené maximálně 690 V a EV musí pracovat v normovaném rozsahu frekvence a napětí.

DC nabíjení obchází limit dodávaného výkonu použitím externího měniče v samotné nabíjecí stanici, proto teče DC proud přímo do akumulátoru EV a obejde tak palubní nabíječku. Zde jsou jmenovité hodnoty napájecího napětí normou omezeny na 1000 V [3,13, 14, 50].

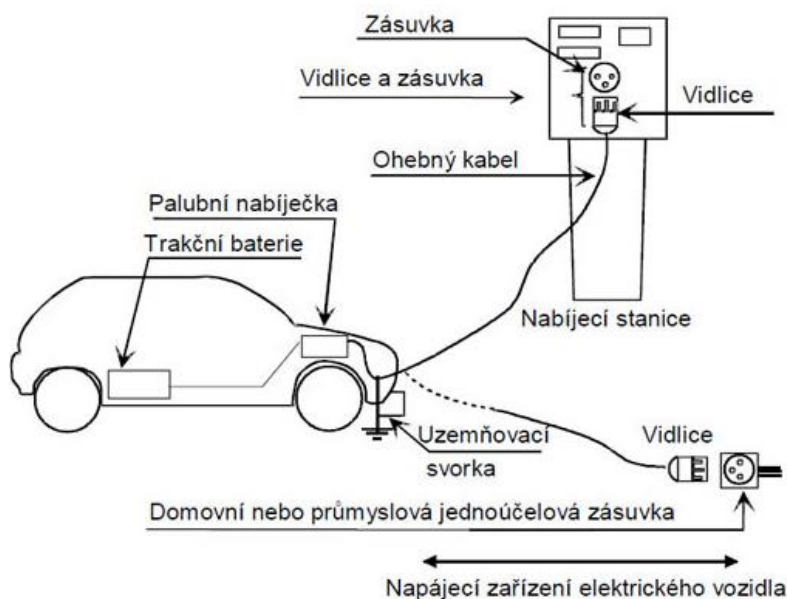
3.1 PŘIPOJENÍ EV POMOCÍ KABELŮ A VIDLIC

Nabíjení EV střídavým proudem lze realizovat dle ČSN EN 62196-1 3 typy připojení:

3.1.1 TYP A

Toto připojení (obr. 7) je uskutečněno vidlicí (konektorem) a kabelem trvale připojených k EV. U této varianty je možné vidlici připojit na:

- domácí nebo průmyslovou zásuvku
- nabíjecí stanici

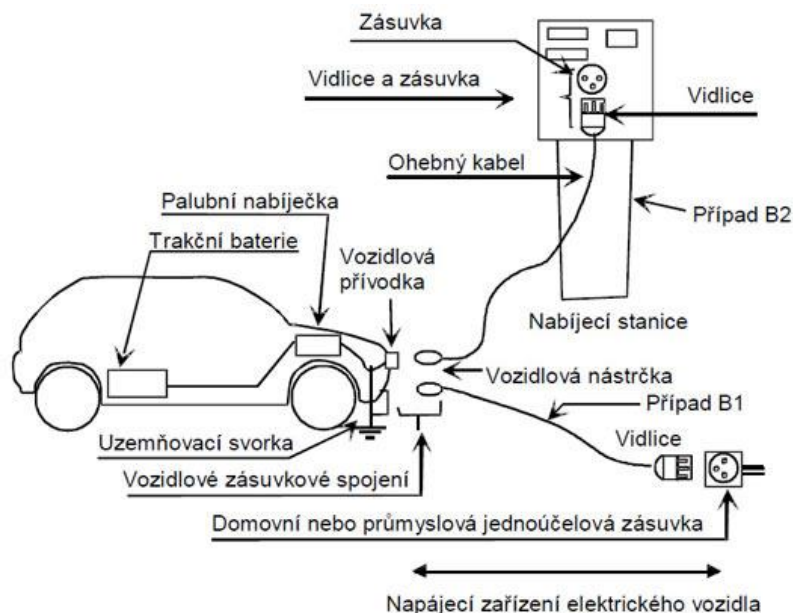


Obrázek 7 Typ A nabíjení EV [15]

3.1.2 TYP B

Zde je připojení EV (obr. 8) – rozvodná síť realizováno kabely, které je možné odpojit od vozidla i od zdroje střídavého napětí. Na začátku nalezneme konektor EV a na konci připojení zprostředkovává:

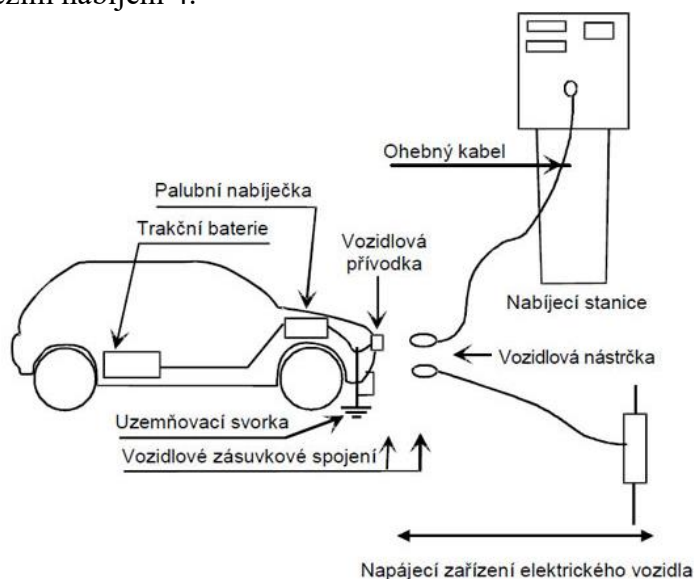
- domácí nebo průmyslová zásuvka
- nabíjecí stanice



Obrázek 8 Typ B nabíjení EV [15]

3.1.3 TYP C

Třetí typ propojení EV (obr. 9) – rozvodná síť charakterizuje nabíjecí kabel s vozidlovým konektorem trvale připojený k nabíjecí stanici. Pouze při tomto typu připojení je u nabíjení EV možno použít režim nabíjení 4.



Obrázek 9 Typ C nabíjení EV [15]

DC nabíjení je realizováno obdobným způsobem, je ovšem specifické vzhledem k většímu přenášenému výkonu. Norma povoluje v tomto případě použití pouze typu nabíjení C a to přes dedikovanou vozidlovou zásuvku nebo použitím kombinovaného konektoru. U obou variant je zakázáno použití prodlužovacích přívodů nebo druhé kabelové sestavy. Rovněž kabelová sestava musí být v provedení, které ji neumožňuje použít jako prodlužovací přívod [15, 19].

3.2 NABÍJECÍ REŽIMY

Nabíjecí režimy lze kategorizovat dle různých aspektů. Základním hlediskem dělení je jejich klasifikace pohledem norem (obr. 10):

3.2.1 REŽIM 1

Umožňuje připojení EV na střídavý proud skrze normalizované zásuvky do hodnoty maximálně 16 A. V případě jednofázového napájení je limit 250 V, třífázového 480 V. Je nutno použití silových kabelů společně s vodiči ochranného uzemnění. Neprobíhá komunikace mezi EV a kabelem. Režim 1 je zakázán například v USA, neboť PE vodiče nejsou klasickou součástí domovních instalací.

3.2.2 REŽIM 2

Jedná se o úpravu režimu 1. Prikazuje použití proudového chrániče zapojeného mezi EV a elektrickou sítí s cílem zvýšit ochranu osob při nabíjení. Nabíjení probíhá přenosnými nabíječkami pomocí domovních nebo průmyslových zásuvek. Nabíjecí kabel je vybaven řídicí elektronikou (EVSE kitem), spínacími a jistíci prvky. Zde již probíhá komunikace mezi EV a přenosnou nabíječkou. Nabíjení lze provozovat jednofázově či třífázově, od 5 do 32 A. Nejedná se o vyhrazený okruh, proto může dojít v kombinaci s dalšími zátěžemi v okruhu k přetížení a vypnutí jističe.

3.2.3 REŽIM 3

Nabíjení v tomto případě probíhá pomocí domácí nabíjecí stanice (wallbox) či veřejné stanice střídavým proudem. Tyto stanice mají své vyhrazené okruhy s příslušnou elektroinstalací. Komunikace probíhá mezi stanicí a EV. Nedochází k přetížení sítě.

3.2.4 REŽIM 4

EV je připojen na střídavou napájecí síť skrze nabíjecí stanici (s napevno integrovaným kabelem), jež zabezpečuje datovou komunikaci, řídicí funkci a konverzi střídavého proudu na stejnosměrný. Jedná se o rychlonabíjecí stanice. Režim 4 má ještě 2 podrežimy: 1. max 500 V, 80 A a 2. více než 500 V, max 200 A [19] [20].



Obrázek 10 Porovnání rychlostí a specifik režimů nabíjení [20]

Dále lze režimy dělit dle způsobu nabíjení baterie:

3.2.5 REŽIM KONSTANTNÍHO PROUDU

Do baterie je přiváděn konstantní proud, proto je zde napětí řízeno s cílem udržování konstantního proudu. Úroveň nabití roste lineárně v čase. Problémem tohoto režimu je určit okamžik, kdy je úroveň nabití 100 %. Ukončení nabíjení může být potom vyvozeno z kombinace více faktorů, jako jsou zvýšení teploty, zvýšení gradientu teploty, zvýšení napětí, záporná změna napětí či čas nabíjení.

3.2.6 REŽIM KONSTANTNÍHO NAPĚTÍ

Baterie je připojena na konstantní napětí. Tento režim je vhodný pro všechny typy baterií a jedná se o nejjednodušší způsob nabíjení. Proud se v průběhu nabíjení mění a zpravidla atakuje vysoké hodnoty v počáteční fázi a poté při zvyšování úrovně nabití postupně klesá na nulu. Nevýhodou je nutnost vysokého nabíjecího příkonu na začátku nabíjení.

3.2.7 KOMBINOVANÝ REŽIM

Jedná se o nejvyužívanější režim, neboť spojuje výhody obou předchozích režimů. V první fázi dochází „přednabití“ baterie nízkým konstantním proudem. Následuje nabíjení vyšším konstantním proudem až do bodu zlomu, jenž je definován úrovní nabití nebo napětím baterie. Po dosažení tohoto bodu nabíjení přechází do režimu konstantního napětí až do úplného nabití. Po ukončení nabíjení může režim konstantního napětí udržovat napětí baterie a tím pokrývat ztráty za předpokladu, že je dostupný zdroj energie [21].

3.3 NABÍJECÍ STANICE

Ač je možné EV nabít přes běžnou domácí zásuvku, není to příliš atraktivní z důvodu vysoké časové náročnosti a praktické nerealizovatelnosti pro obyvatele bytů. Proto jsou hojně využívány nabíjecí stanice (dále NS), které díky vyššímu výkonu mohou významně zkrátit nabíjecí čas.

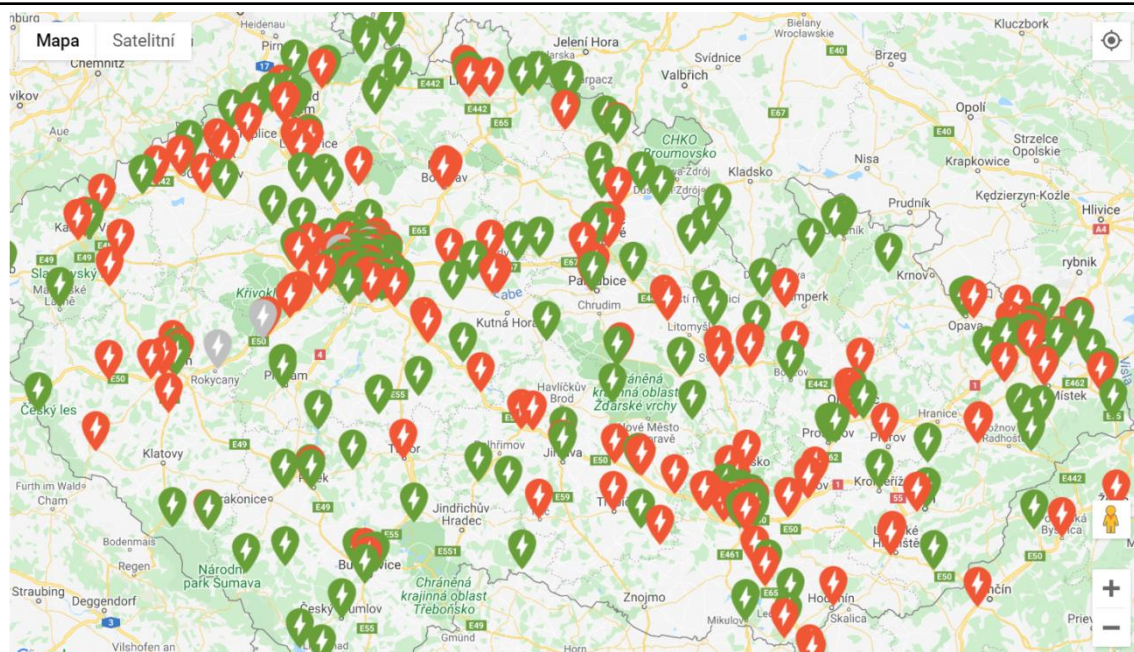
Tabulka 3 Závislost času nabíjení na příkonu

	AC	AC	DC	DC	DC
Příkon [kW]	< 3,5	6 - 22	20	50	100
Čas nabíjení [hod]	6 - 12	1 - 4	0,6 - 1	0,3 – 0,8	0,1 – 2,4

Nejobvyklejším problémem EV je z pohledu laické veřejnosti nedostatek rychlonabíjecích stanic. Reálným problémem spíše je kde a z čeho vyrobit tak velké množství elektrické energie a jak ji k hustě rozestým stanicím přivést.

Při pohledu obr. 11 nelze říci, že by jich byl vizuálně nedostatek. Je třeba si ale uvědomit, že:

1. Většina z nich neumožňuje rychlonabíjení.
2. Ne všechna EV podporují rychlonabíjení.
3. Čas tankování nafty/benzinu není srovnatelný s dobíjením akumulátoru. Proto nelze nahlížet na aktuální počty dobíjecích stanic zkušeností s běžným tankováním, kdy se jedno vozidlo rychle střídá u odběrného místa s druhým.
4. Velké části obyvatelstva by vyhovovalo dobíjení v podobný čas, proto také nelze předpokládat, že by se EV u NS spojitě střídala.



Obrázek 11 Rozmístění nabíjecích stanic v ČR; oranžově rychlonabíjecí, zeleně standardní [49]

Dle interakce EV a elektrické sítě se dají NS rozdělit:

3.3.1 V0G

Pouze základní komunikace, odehrává se jen odběr ze sítě do EV. Nejobvyklejší provedení.

3.3.2 V1G (SMART CHARGING STATIONS)

Mezi EV a sítí probíhá rozsáhlejší komunikace, jsou zde potřeba pojetí inteligentních sítí s rozvinutější měřicí infrastrukturou. Nabíjení se řídí potřebami sítě, proto probíhá, jen pokud to síť umožňuje nebo vyžaduje.

3.3.3 V2G (V2B)

Jedná se o nejkompexnější řešení. Je shodné s V1G, ale navíc umožňuje zpětný tok energie z EV do sítě. Jedná se o zajímavý koncept, neboť by EV mohla pomoci distribuční soustavě v průběhu času s nejvyššími odběry. Lze provést i ve variantě, kdy EV poskytuje energii pouze jedné budově a ta ji neposílá dále do sítě [4].

V současnosti je problém do EV energii vůbec dostat, proto je zejména varianta V2G prozatím hudbou budoucnosti. Nehledě na fakt, že i EV by se tomuto procesu musela přizpůsobit, opět by tak vzrostla jejich komplikovanost a cena.

Dle rychlosti nabíjení lze NS dělit:

3.3.4 Normální „pomalé“ nabíjení

Při jednofázovém 230 V, 16 A do 3,7 kW hovoříme o nejpomalejší možnosti nabíjení. Je realizováno z běžné domácí zásuvky a je možno u každého EV. U EV větších akumulátorů trvá proces nabití do 100 % až desítky hodin, proto se využívá sporadicky a při delším plánovaném stání EV. Jeho výhodami jsou nižší tepelné ztráty a vyšší šetrnost vůči akumulátoru.

Jednofázové 230 V, 32 A do 7,4 kW nabíjení je rychlejší než předchozí typ, nicméně tyto zásuvky se v běžných domácnostech běžně nevyskytují. Nalezneme je například na svářečských pracovištích. U tohoto typu nabíjení je rovněž povinnost použít Wallbox.

Třífázová 400 V, 16 A, 11 kW se v domácnostech občas vyskytuje s původním účelem napájení kotoučových pil, míchaček na beton, trouby na pečení v kuchyni atp.

Třífázová 400 V, 32 A, 22 kW také vyžaduje použití Wallboxu, nicméně už se s nabíjecím časem dostáváme na zajímavější hodnoty.

U pomalého nabíjení je užíváno režimu 2 a 3, interakce V0G až V1G, připojení A, B.

3.3.5 RYCHLÉ

S cílem snižovat čas nabíjení je nutno pracovat s vyššími nabíjecími napětími a proudy. Palubní nabíječky nejsou na takovou zátěž dimenzované, proto je potřeba AC/DC konverzi uskutečnit v NS, protože poskytují dostatečný prostor mimo jiné i na chlazení. Využívá se konektorů Combo 2, Mennekes nebo CHaDeMO. Disponují výkonem většinou 50 – 100 kW za hodinu. Připojení typu C, režim 4 a V0G, V1G [50 - 52].

3.3.6 TESLA SUPERCHARGER

Nejvýkonnějšími NS disponuje společnost Tesla, ovšem jsou přístupné jen vozům Tesla. Poskytují výkon až 150 kW za hodinu [48].

3.3.7 SYSTÉM RYCHLÉ VÝMĚNY AKUMULÁTORU

Problém s dlouhými nabíjecími časy baterií by mohl řešit koncept rychlé výměny baterie. Ve většině případů se jedná o podzemní kontejner, v němž se nabíjí baterie. EV jen najede na zařízení, které mu vyjme vybitou baterii a vloží nabitou. Celý tento proces většinou netrvá déle než 5 minut. Celosvětově jsou snahy (jednotlivců, nikoli vlád) tento systém zavést, ovšem vyvstává pár problémů:

1. Většinou jsou v uložistiích baterie jen pro jeden typ automobilu.
2. Jak se vypořádat s tím, že by jednotlivec měl „svou“ baterii, k níž se chová šetrně a z uložistiě by mu do EV vložili „cizí“ opotřebenou baterii.
3. Zatím to téměř vůbec nepodporují výrobci EV.

Z těchto důvodů není tento systém prozatím k dispozici až na výjimky pro EV v osobním vlastnictví, ale jen pro automobilové flotily, které mají ve vlastnictví více než desítky baterií a jeden typ EV. Firmy si mohou tento typ stanic vybudovat ve svých areálech, kterými jejich vozidlové flotily musí projíždět. Co se týká jednotlivců, tak vizí do budoucna jsou autonomní vozidla nepatřící soukromým vlastníkům (například gigant Uber se tímto směrem ubírá), čímž by většina současných překážek zmizela [53 - 55].

3.4 DOBA NABÍJENÍ A DOJEZD SOUDOBÝCH EV

Tabulka 4 Přehled vybraných specifikací soudobých EV [31] - [48]

	Kapacita baterie [kWh]	Dojezd max [km]	Cena od [Kč]	Čas nabíjení [h]				
				Domácí zásuvka	Wallbox	22 kW nabíječka	50 kW nabíječka	Tesla Supercharger
Nissan Leaf 2018	40	270	937 000	21	7,5 [7 kW]	X	1 z 20 na 80 %	X
Renault Zoe	52	395	835 000	34	6 [11 kW]	3	1,05 z 20 na 80 %	X
VW e-Golf	35,8	231	882 900	17	5,3 [11 kW]	X	0,75 na 80 %	X
BMW i3	33,2	260	1 049 100		3 [11 kW] na 80 %	3 na 80 %	0,75 na 80 %	X
Hyundai Ioniq Electric	38,3	270	960 000	35,5	6,5 [7,2 kW]	6	1 na 80 %	X
Kia Soul EV	64	450	998 000	31	9,5 [7,2 kW]	X	1,25 na 80 %	X
Škoda Citigo e iV	36,8	252	479900	15	4 [7,2 kW] na 80 %	3	1 na 80 %	X
Tesla S	110	593	2 271 200	33 - 44	11 - 15 [7 kW]	6	1,3 z 20 % na 80 %	0,5 z 20 % na 80 %
Tesla 3	75	409	1 199 200	22 - 33	7 - 11 [7 kW]	7	0,6 - 1 z 20 % na 80 %	0,3 z 20 % na 80 %

Údaje z tabulky č. 4 ač převzaty od prodejců, je třeba brát s rezervou. Reálné časy nabíjení a hodnoty dojezdu se většinou silně liší. Při dojezdu hraje velkou roli, jakým způsobem je vozidlo provozováno a v jakých teplotách – tudíž bude hrát významnou roli podnebný pás a roční období, neboť u EV je energie z baterie využívána i na vytápění kabiny, udržování teploty motoru i akumulátorů a veškerých elektrických spotřebičů od světel přes infotainment až po veškerou řídicí elektroniku. Rovněž je třeba počítat s tím, že u EV majoritně nevyužíváme se 100% kapacity baterie. A to z toho důvodu, že kvůli prodloužení životnosti se akumulátor nabíjí relativně rychle do jeho 80 % a rozmezí 80 % až 100 % zabere v poměru k nabití do 80 % velmi dlouhou dobu.

3.5 NABÍJECÍ KONEKTORY

Propojení nabíjecí stanice – elektromobil se uskutečňuje nabíjecími kabely, které jsou vybaveny konektory. Všechny tyto konektory podléhají mezinárodnímu standardu IEC 62196, jež je upravený pro potřeby EVSE a vychází z IEC 60309, jež definuje veškeré průmyslové silové připojení. U EV lze pozorovat více typů konektorů (obr. 12), z čehož vyplývá, že každý výrobce prosazuje svůj typ, přičemž mezi sebou nebývají kompatibilní.

3.5.1 TYP 1 - SAE J1772 / YAZAKI

Jedná se o konektor severoamerického standardu, byl vyvinut spoluprací Společnosti automobilových inženýrů (SAE) a japonské společnosti Yazaki. Umožňuje jednoduché (do 16 A) i rozdělené (do 80 A) jednofázové AC nabíjení na úrovni 120 a 220 V. Konektor obsahuje 5 kolíků:

- 2 silové,
- PE (protective earth – uzemnění),
- kolík detekce konektoru (zabraňuje pohybu EV v průběhu nabíjení),
- řídicí (datová komunikace mezi nabíjecí stanicí a EV).

Využívá se u nabíjecích stanic typu C a u nabíjecích kabelů, které mají na straně sítě klasickou vidlici, neboť se tento konektor připojuje na straně EV. Rozšíření tohoto konektoru obsahuje 2 dodatečné kolíky, které umožní DC nabíjení (Combo 1). Byť se jedná o starší typ konektoru, v USA a Japonsku je z důvodu existující infrastruktury tento standard využíván dodnes [22 - 23].

3.5.2 TYP - MENNEKES (VDE-AR-E 2623-2-2)

Evropská část výrobců se podílela na vývoji konektoru Mennekes, jenž byl Německou asociací pro automobilový průmysl standardizovaný pod názvem VDE-AR-E 2623-2-2. Oba mají takřka totožný základ, výhodou oproti SAE je možnost třífázového napájení palubní nabíječky EV, čímž se zvyšuje příkon a snižuje čas nabíjení. Obsahuje 7 kolíků:

- detekce konektoru
- řídicí
- ochranný
- 4 silové






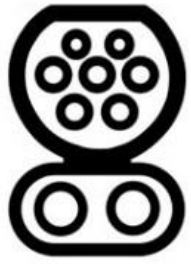
V provedení Combo 2 navíc dominuje kladným a záporným kolíkem pro DC nabíjení. Vzhledem k tomu, že provedení tohoto typu konektoru umožňuje AC i DC nabíjení jej Evropská asociace automobilových výrobců zvolila roku 2011 jako preferovaný a o 2 roky později toto rozhodnutí schválila i Evropská komise. Z toho plyne intence sjednocení nabíjecí sítě v Evropské unii [24] [25].

3.5.3 CHADeMO

Konektor CHADeMO vznikl v Japonsku kvůli možnosti nabíjení vyššími výkony, které kvůli chybějící třífázové soustavě nejsou možné střídavou formou. Evropské instituce nikdy nepřevzaly tento standard do normované podoby, ač jejich požadavky splňuje. Navzdory tomu se z něj stal světový standard pro DC nabíjení, neboť japonské EV s podporou rychlonabíjení mají podstatné zastoupení na trhu. Umožňuje maximálně 125 A při 500V, tedy příkon až 62,5 kVA. Nevýhodou CHADeMO je nutnost samostatné nezaměnitelné vozidlové zásuvky pro DC nabíjení, které je navíc možno realizovat jedině připojením C. Za předpokladu AC nabíjení je potřeba další samostatná vozidlová zásuvka. To je důvodem, proč evropští a američtí výrobci EV navrhuji využití kombinovaných AC/DC konektorů vycházejících z typu 1 nebo 2 [26] [27].

3.5.4 TESLA SUPERCHARGER

S ohledem na to, že vozy Tesla mají v současnosti baterie nejvyšších kapacit, je potřeba je dokázat nabít v rozumném čase. Řešením společnosti Tesla je kombinace 12 nabíjecích modulů s výkony 10 kW v jedné nabíjecí stanici, jež pracuje v nabíjecím režimu 4 (DC level 2) připojením C. Na výstupu je k dispozici až 120 kW s plánovaným navýšením 135 potažmo 150 kW [28] [29].

Střídavý proud AC	Stejnoseměrný proud DC	Kombinovaný (CSS)
Typ 1 Yazaki (Japonsko/USA) 	CHAdeMO (Japonsko/USA) 	Typ 1 CSS (Japonsko/USA) 
Typ 2 Mennekes (Evropa) 	Tesla Supercharger (Japonsko/USA) 	Typ 2 CSS (Evropa) 

Obrázek 12 Přehled konektorů [21]

3.6 ÚHRADA NABÍJENÍ EV V ČR

Cena nabíjení EV není v České republice jednotná, odvíjí se nejen od příkonu, ale i od poskytovatele.

3.6.1 DOMÁCÍ NABÍJENÍ

Za předpokladu nabíjení z nejběžnějšího typu domácí zásuvky se cena za kWh odvíjí od sjednaného tarifu pro odběr celé domácnosti, v roce 2020 je průměrná cena za kWh 4,76 Kč. U řady EV lze nastavit začátek nabíjení, jenž lze situovat na levnější noční proud. Při použití výše zmíněného wallboxu lze s poskytovatelem energie rovněž sjednat výhodnější tarif vzhledem k odebíranému příkonu.

Za podskupinu domácího nabíjení lze považovat nabíjení na parkovištích supermarketů, nákupních center, hotelů či v zaměstnání, protože i zde je maximální nabíjecí příkon limitován zatím téměř vždy wallboxem. Tuto službu může konečný odběratel využít v rozmezí zdarma až o něco málo vyšší, než hradí majitel odběrného místa.

3.6.2 NABÍJECÍ STANICE

V tomto případě se cena zatím odvíjí zejména od tří faktorů: příkon, distributor a registrace (ne frekvence odběru, neboť odběratel může být registrován u více poskytovatelů zároveň).

IONITY: 21 Kč/kWh, příkon 350 kWh bez registrace

E.ON: Dvojitá cena dle toho, zdali je zákazník registrovaný, přičemž registrace je zdarma. AC nabíjení 3/9 Kč, DC 6/11 Kč, UFC 9/13 Kč.

PRE:

Tabulka 5 Tarify nabíjení PRE [70]

		0,5 h	1 h	2 h	3 h
bez registrace	22 kW		60	120	180
	50 kW +	100	200	400	X
s registrací		kvartálně	kWh	min*	
		36,3	3,03	0,24	
	*prvních 120 se časová položka nehradí				

Po celé ČR lze nalézt nejednotnou řadu nabíjecích míst, přičemž cena se pohybuje od nuly po vyšší cenu, než je cena od výše zmíněných hlavních distributorů. Neboť vlastníci těchto nabíjecích míst energii získávají ze svých vlastních alternativních zdrojů nebo ji kupují od svého dodavatele elektřiny [68] [69] [70] [71].

ČEZ:

Tabulka 6 Tarify nabíjení ČEZ [74]

	TAXI	Obchodní cestující	Víkendový řidič	"Pay as you go"	Neregistrovaný
Měsíční platba (Kč/měsíc)	1750	550	200	0	0
Poplatek za odběr (Kč/kWh)	3,5	4,5	5,5	7,5	9,5
Předplacená spotřeba (volné jednotky)	500	122	36	0	0

Tabulka 7 Tarify dalších plateb při nabíjení ČEZ [74]

Další platby	Kč
Obsazení dobíjecí stanice - připojení DC konektoru 50 kW (91. a další minuta přidobíjení nebo 1. a další minuta po ukončení dobíjení podle toho, co nastane dříve)	2,- /minuta
Obsazení dobíjecí stanice - připojení AC konektoru (481. a další minuta při dobíjení nebo 1. a další minuta po ukončení dobíjení podle toho, co nastane dříve)	2,- /minuta
Změna tarifu (2x v kalendářním roce)	zdarma
Změna tarifu (3. a další v kalendářním roce)	200,-
Vystavení a aktivace nového RFID* (nevztahuje se na 1. poskytnutou RFID) v případě ztráty, odcizení či poškození karty	200,-
Poplatek v případě nevrácení RFID při ukončení smluvního vztahu	200,-
*klientská karta prokazující smluvní registraci	

TESLA SUPERCHARGER: 6,31 Kč/kWh, příkon až 150 kW, pouze pro majitele EV značky Tesla. Pokud je kapacita nabíjecího místa vyčerpána z 50 %, cena za nabíjení se navýší



o tzv. idle fee, jež je 5,45 Kč/min, v případě stoprocentní zaplněnosti činí 10,90 Kč/min [72, 73].

ZÁVĚR

Budování infrastruktury pro EV je v komplexní problematice elektromobility položka s nižší prioritou. Ať už se jedná o toto zázemí tvořené energetickými společnostmi, automobilkami nebo soukromníky, ani jeden z těchto subjektů se nepustí do masivní výstavby v době, kdy EV vlastní hrstka vyšší vrstvy, pro většinu obyvatelstva jsou finančně nedosažitelné a zejména když by naprostá většina kupujících dala přednost vozu s vnitřním spalováním, neboť si uvědomují, že nabíjecí infrastruktura je pouze jedním z nedostatků a že v blízké budoucnosti nic nenaznačuje zániku klasických vozidel. Dobře to lze pozorovat u států, v nichž byly poskytnuty kupcům velmi štědré dotace při koupi EV. Podíl EV i přesto zůstal na jednotkách procent a po ukončení dotačních programů spadly prodeje jen na pár kusů ročně.

Rozvoji sítě nabíječek by napomohlo alespoň částečné vyřešení níže uvedených problémů.

Prozatím je jediným důvodem, proč je elektromobilismus horkým a do velké míry politickým tématem aktuální značně evropský motiv záchrany planety poškozené lidskou činností. V ekonomice lze pozorovat, že jakýkoli produkt, který musel být uměle podporován, postupně zanikl. Při aktuální podpoře EV emisní normy sledují pouze CO₂ vycházející z výfuku vozidla, nikoli CO₂ vznikající při výrobě celého vozidla, těžbě a recyklaci prvků pro akumulátory a při výrobě elektrické energie, jež se získává stát od státu odlišně. Zde za předpokladu, že začne být reálně nahlíženo na vliv dopravy a na celkový dopad EV na životní prostředí, je možné, že se pozornost a tudíž i investice přesunou na jiné odvětví lidské činnosti.

Vedle akumulátorů je nutný dalekosáhlý rozvoj elektrické sítě, což si dovolím tvrdit, není nejpálčivější záležitost. Největším problémem jsou bezemisní zdroje energie závislé na minimu faktorů, proto je v současnosti řešením jediné jaderná energetika. Na rozdíl od ropy spotřebováváme elektrickou energii na širokou škálu dalších aplikací a spotřeba elektrické energie celosvětově roste i bez EV. Navíc nyní používané jaderné reaktory nedokáží využít jaderné palivo ze sta procent. Proto by se měla pozornost soustředit na vývoj reaktorů, v ideálním případě jaderné fúze, ovšem zde stejně jako u rozvoje akumulátorů nevíme, zdali se nejedná o slepou uličku. Z tohoto lze soudit, že cena energie poroste z důvodů rozvoje dobíjecí infrastruktury, vývoje způsobů získávání jaderné energie a rozšiřování současných a výstavby nových jaderných elektráren. Predikci vyšších cen nabíjení nahrává i fakt, že poskytovatelé nabíjení nehovoří o fixaci cen a od počátku pozorujeme jejich stálý růst. Cena EV také naroste o finanční náročnost vývoje nových typů baterií, které by eliminovaly co nejvíce problémů baterií současných. Tímto se opět dostáváme na začátek, a totiž k problému opravdu vysoké pořizovací ceny EV.

Je možnost, že EV z „druhé a třetí ruky“ nabydou popularity díky nižší ceně. Nyní je to jen dohad, neboť EV ještě nestihly zestárnout natolik, aby bylo možno pozorovat, nakolik se snížila kapacita jejich baterií a zdali je pro další kupce finančně zajímavé tyto baterie měnit.

Je očividné, že rozvoj nabíjecí infrastruktury je potřebný, ale v mohutné problematice elektromobilismu je třeba vyřešit množství otázek, aby byl i smysluplný.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Štefan Anián Jedlík: monoskop.org* [online]. [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: https://monoskop.org/%C5%A0tefan_Ani%C3%A1n_Jedl%C3%ADk#Electromotor_.28.27Electromagnetic_rotor.27.29
- [2] *Inuru M., Mezníky vědy: První elektromobily a elektromotory na světě se datují od roku 1834* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20171207174103/https://www.inuru.com/index.php/plane/ta/mezniky-vedy/468-historie-elektromobil-elektromotor>
- [3] LINDEN, David a Thomas B REDDY. 2002. Handbook of batteries. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1 v. (various pages). ISBN 00-713-5978-8.
- [4] YOUNG, Kwo, Caisheng WANG, Le Yi WANG a Kai STRUNZ. 2013. Electric Vehicle Battery Technologies. Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks [online]. New York, NY: Springer New York, [cit. 2016-01-11]. DOI: 10.1007/978-1-4614-0134-6_2. ISBN 978-1-4614-0133-9. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-0134-6_2
- [5] *Autobible: Baterie zůstávají limitujícím faktorem elektromobilu* [online]. [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/baterie-zustavaji-limitujicim-faktorem-elektromobilu-prulom-se-ceka-za-sedm-let/>
- [6] *Siemens ČR: E.ON spustil největší bateriové úložiště v České republice* [online]. [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/press/siemens-cr-e-on-spustil-nejvetsi-bateriove-uloziste-v-ceske-republice>
- [7] *Siemens: Siestorage* [online]. [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/energy/medium-voltage/solutions/siestorage.html>
- [8] *Envi Web: Česko má třetí velké bateriové úložiště* [online]. [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/112031>
- [9] *O energetice: Asociace: Akumulaci energie nelze zúžit jen na bateriové systémy* [online]. [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/asociace-akumulaci-energie-nelze-zuzit-jen-na-bateriove-systemy>
- [10] *ÚJV Řež, a. s.: Technologie Power-to-Gas (P2G)* [online]. [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://www.ujv.cz/cs/akordeonovy-seznam/technologie-power-to-gas-p2g-11354>
- [11] *Power-to-gas* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Power-to-gas>
- [12] *Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung eines Windgas-Angebotes* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/sonstiges/Greenpeace_Energy_Gutachten_Windgas_Fraunhofer_Sterner.pdf
- [13] *IEC 61851* [online]. [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61851
- [14] *Jak nabít elektromobil? Vysvětlujeme rozdíly mezi nabíjecími stanicemi* [online]. [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-nabit-elektromobil-vysvetlujeme-rozdily-mez-nabijecimi-stanicemi-3069>

- [15] *Nabíjecí systémy elektromobilů vodivým propojením dle ČSN EN 61851-1 ed. 2* [online]. [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/alternativni-energie/nabijeci-systemy-elektromobilu-vodivym-propojenim-dle-csn-en-61851-1-ed-2>
- [16] *Jedlík motor* [online]. [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jedlik_motor.jpg
- [17] *Streamlining in 1899: Jenatzy's "La Jamais Contente" and Vallée's "Pantoufle"* [online]. [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: <http://theoldmotor.com/?p=153296>
- [18] *Ford model T* [online]. [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ford_model_T
- [19] ČSN EN 62196-1 ED. 3. *Vidlice, zásuvky, vozidlová zásuvková spojení a vozidlové přívodky - Nabíjení elektrických vozidel vodivým připojením - Část 1: Obecné požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [20] *Režimy nabíjení* [online]. [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://www.autonabijeni.cz/rezimy-nabijeni/>
- [21] YOUNG, Kwo, Caisheng WANG, Le Yi WANG a Kai STRUNZ. 2013. *Electric Vehicle Battery Technologies. Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks* [online]. New York, NY: Springer New York, [cit. 2020-03-10]. DOI: 10.1007/978-1-4614-0134-6_2. ISBN 978-1-4614-0133-9. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-0134-6_2
- [22] *How the J1772 charging standard for plug-in vehicles works* [online]. 2013 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.edn.com/how-the-j1772-charging-standard-for-plug-in-vehicles-works/>
- [23] *SAE J1772* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772
- [24] *Type 2 charging plug proposed as the common standard for Europe* [online]. 2013 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: [http://www.mennek.es/index.php?id=latest0&L=2&tx_ttnews\[tt_news\]=929&cHash=46a00bad7f0d569c00bea9537556bbeb](http://www.mennek.es/index.php?id=latest0&L=2&tx_ttnews[tt_news]=929&cHash=46a00bad7f0d569c00bea9537556bbeb)
- [25] *Type 2 connector* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Type_2_connector
- [26] *CHAdeMO* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/CHAdeMO>
- [27] *IA-HEV Task 20 "Quick Charging Technology"* [online]. 2012 - 2015 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: http://www.ieahev.org/assets/1/7/IEA_Final_Report_Task_20.pdf
- [28] *Charge on the Road* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_CZ/supercharger?redirect=no
- [29] *Tesla Supercharger* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Supercharger
- [30] *All solid-state battery with sulfur electrode and thio-LISICON electrolyte* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775308005120>

- [31] *Nissan Leaf: Technická data* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: https://www-europe.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/cz/brochures/Techdata/Nissan_LEAF_Tech_data_CZ.pdf
- [32] *Nissan Leaf: Dojezd a nabíjení* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.nissan.cz/vozidla/nova-vozidla/leaf/dojezd-dobijeni.html>
- [33] *Dojezd, baterie a nabíjení* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.renault.cz/elektricke-vozy/zoe/baterie-a-nabijeni.html>
- [34] *Renault Zoe (2020)* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/katalog/renault-zoe-2020/specifikace/r135>
- [35] *Nový Renault ZOE* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.renault.cz/elektricke-vozy/zoe.html>
- [36] *e-Golf* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.cz/modely/e-golf>
- [37] *Inspirováno budoucností. Stvořeno pro přítomnost.* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.bmw.cz/cs/all-models/bmw-i/i3/2017/prehled.html>
- [38] *2019 BMW i3 Extended Road Test: Bigger Battery Improves Range* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://insideevs.com/reviews/343063/2019-bmw-i3-extended-road-test-bigger-battery-improves-range/>
- [39] *Nová data ukazují, jak si vede baterie Tesly Model 3 po 80 000 km* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/nova-data-ukazuji-jak-si-vede-baterie-tesly-model-3-po-80-tis-km-4398>
- [40] *Tesla is working on new ~110 kWh battery pack for more than 400 miles of range* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://electrek.co/2020/02/19/tesla-110-kwh-battery-pack-400-miles-range/>
- [41] *Otestovali jsme dojezd a rychlost nabíjení elektrické Škody Citigo-e iV* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/otestovali-jsme-dojezd-a-rychlost-nabijeni-elektricke-skody-citigo-e-iv-4932>
- [42] *Škoda Auto představuje elektromobil Citigo-e iV, dojezd 265 km WLTP* [online]. 23. 5. 2019 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/skoda-auto-predstavuje-elektromobil-citigo-iv-dojezd-265-km-wltp>
- [43] *Škoda Citigo e iV* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.com/news/news-detail/citigo-e-iv>
- [44] *Hyundai IONIQ Electric (2020)* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://podpoint.com/guides/vehicles/hyundai/2020/ioniq-electric>
- [45] *IONIQ Electric* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.hyundai.cz/modely/ioniq-electric>
- [46] *2020 IONIQ Electric* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.hyundaiusa.com/us/en/vehicles/ioniq-electric/compare-specs>
- [47] *ALL-NEW KIA SOUL EV SPECIFICATION* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.kia.com/uk/new-cars/all-new-soul-ev/specification/>
- [48] *Tesla Model S (2019)* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://podpoint.com/guides/vehicles/tesla/2019/model-s>
- [49] *Mapa nabíjecích stanic* [online]. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-panic>

- [50] FALVO, V., D. SBORDONE, I. BAYRAM a M. DEVETSIKIOTIS. EV charging stations and modes: International standards [online]. 2014, , 6 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.1109/SPEEDAM.2014.6872107. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6872107&isnumber=6871901>
- [51] KARAJICA, Mirza. 2014. Elektromobilita z pohledu ČEZ Distribuce. Energetika: Odborný měsíčník pro elektrárny, teplárny a použití energie. Praha: Český svaz zaměstnavatelů v energetice, 11/2014. ISSN 0375-8842
- [52] *EV connector types* [online]. 17. 1. 2020 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.zap-map.com/charge-points/connectors-speeds/>
- [53] „Baterii v elektromobilu vyměníme za 30 vteřin.“ [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanky/baterii-v-elektromobilu-vymenime-za-30-vterin-rika-radek-janku-zakladatel-startupu-battswap-2>
- [54] *Dojezd elektromobilů má zachránit blesková výměna baterie. Už zase?* [online]. 29. 6. 2013 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/technika/vymena-baterii-u-elektromobilu.A130621_153520_tec_technika_mla
- [55] *V Číně už fungují stanice na výměnu baterií v elektromobilech* [online]. 22. 1. 2019 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/v-cine-uz-funguji-stanice-na-vymenu-baterii-v-elektromobilech>
- [56] *Ve Václavících vzniká nová větrná elektrárna. Odstartovat má na podzim* [online]. 16. 6. 2017 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/2152989-ve-vaclavicich-vznika-nova-vetrna-elektrarna-odstartovat-ma-na-podzim> K MAPĚ VĚTRNÝCH EL.
- [57] *Fotovoltaika v podmínkách České republiky* [online]. [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx> K MAPĚ SLUNEČNÍCH PODMÍNEK
- [58] Energetický regulační ústav. *ERU* [online]. 31. 12. 2007 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: http://www.eru.cz/legacyerustaticdata/user_data/files/statistika_elektro/rocni_zprava/2007/mapy/2.htm K MAPĚ VODNÍCH ELEKTRÁREN
- [59] Čínu zavalily použité baterie z elektromobilů. V recyklaci leží miliardy. *Idnes.cz* [online]. [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/cina-baterie-elektromobil-recyklace.A171023_104408_zahranicni_ert
- [60] *Kobalt může nabourat velkolepé plány na elektrickou budoucnost aut* [online]. 23. 10. 2017 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/kobalt-elektromobil.A171022_084211_automoto_fdv
- [61] *Svět zaplaví miliony lithium-iontových baterií. Z recyklace akumulátorů se stává nástroj zahraniční politiky* [online]. 18. 4. 2019 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://ekonom.ihned.cz/c1-66556390-z-recyklace-akumulatoru-se-stava-nastroj-zahranicni-politiky>
- [62] Recyklace li-ion baterií – úvod. *Oenergetice.cz* [online]. 23. 2. 2018 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/recyklace-lithium-ion-baterii-uvod>

- [63] Ropa, jádro, plyn, slunce. Mapy energetiky ukazují zdroje síly i mezinárodního napětí. *ČT24* [online]. 23. 10. 2019 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/svet/2955347-mapy-energetiky-ukazou-moznosti-dobudoucna-i-zdroje-mezinarodniho-napeti>
- [64] Rámec v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/klimaticko_energeticky_ramec_2030
- [65] Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. srpen 2012 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/2012/11/NAP.pdf>
- [66] Batteries & Accumulators. *European Commission* [online]. 18. 3. 2020 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/>
- [67] Antičínský detox za 340 miliard. USA rozjíždějí obří projekt recyklace baterií. *Euro* [online]. 20. 2. 2019 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/recyklace-baterii-v-usa-ma-odvratit-bezpecnostni-riziko-zavislosti-na-cine-1440197>
- [68] The power of 350 kWh. *IONITY* [online]. [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://ionity.eu/en/design-and-tech.html>
- [69] Ceník služby E.ON Drive. *E.ON* [online]. [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/drive#1>
- [70] Dobíjení. *PREmobilita* [online]. [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/>
- [71] Vše o elektřině: Cena elektřiny za kWh opět zdražila. V roce 2020 stojí 4,76 Kč. *Elektrina.cz* [online]. 9. 3. 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/cena-elekriny-za-kwh-2020-cez-eon-pre-bohemia-centropol-a-dalsi>
- [72] Nabíjení Supercharging. *Tesla* [online]. [cit. 2020-05-30]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_CZ/support/supercharging
- [73] Supercharger Idle Fee. *Tesla* [online]. [cit. 2020-05-30]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_CZ/support/supercharger-idle-fee#all-pricing
- [74] OBCHODNÍ PODMÍNKY SLUŽBY ELEKTROMOBILITA. *Elektromobilita.cz* [online]. Skupina ČEZ, 2020, 22. 4. 2020 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: https://www.elektromobilita.cz/file/edee/elektromobilita/jak-se-stat-zakaznikem/smlouva/2020_04_22_opse_a_cenik_final_clean2.pdf



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

EV	electric vehicle, elektrovozidlo
BU	bateriové uložení
NiMH	níkel-metal hydrid
Li-Ion	lithium-iontový
LiCoO ₂	oxid kobalt-lithný
LiMn ₂ O ₄	oxid manganatý-lithný
Ni(OH) ₂	hydroxid nikelnatý
EVSE	electric vehicle supply equipment
PE	protective earth, uzemnění