



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická
Katedra elektrotechnologie

Elektromobilita, její současný stav a perspektiva.

Electromobility, its current status and prospects.

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

Vedoucí práce: Ing. Petr Wolf, Ph.D.

Vojtěch Spilka

Praha 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Spilka** Jméno: **Vojtěch** Osobní číslo: **420079**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektrotechnologie**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Elektromobilita, její současný stav a perspektiva

Název bakalářské práce anglicky:

Electromobility, its current status and prospects

Pokyny pro vypracování:

1. Popište historii, stávající stav a perspektivu elektromobility a hybridních vozidel z pohledu použitých technologií a dostupných produktů.
2. Popište základní koncepty pohonných jednotek.
3. Uveďte základní parametry osobních a užitkových elektromobilů nabízených na trhu, uveďte v souladu s potřebami pro soukromé i firemní využití v České republice.
4. Popište standardy nabíjení a nabízené nabíjecí stanice.
5. Uveďte stručný přehled nabízených podpůrných opatření pro rozvoj elektromobility v České republice i zahraničí.
6. Proveďte jednoduchou analýzu možného zatížení přenosové sítě při hromadném rozšíření elektromobility s ohledem na různý způsob provozu vozidel.
7. Seznamte se s nabíjecí stanicí, otestujte možnosti nabíjení vozu BMW i3.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Advanced hybrid and Electric Vehicles. Michael Nikowitz. Springer, 2016.
- [2] Status electromobility 2016 or How tesla will not win. Markus Lienkamp.
- [3] Kovalová L. Komparace koncepcí elektromobility v České republice, Francii a USA. Diplomová práce. VŠE.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Wolf Ph.D., UCEEB

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **09.02.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 26. 5. 2017

.....

Vojtěch Spilka

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Petru Wolfovi, Ph.D. za cenné rady, potřebné odkazy na literaturu a v neposlední řadě za možnost využít laboratoře UCEEB. Také bych chtěl poděkovat rodičům, kteří mě podporují v mém studiu.

Anotace:

Tato bakalářská práce se zabývá pohledem na elektromobilitu od jejích začátků až po současnost. Dále práce obsahuje přehled dobíjecí infrastruktury a státní podpory elektromobility v České republice i ve světě. V závěru práce je vypracována studie tří referenčních rodin analyzující možnosti využívání elektromobilu. Dále práce obsahuje výsledky měření na dobíjecí stanici EVlink Parkoviště při nabíjení elektromobilu BMW i3.

Klíčová slova

Elektromobilita, elektromobil, hybrid, plug-in hybrid, nabíjení, CHAdeMO, Mennekes, BMW, baterie, kapacita

Annotation:

This bachelor thesis deals with electromobility since its beginnings until nowadays. Furthermore, the thesis provides a summary of the rechargeable infrastructure as well as the state support of electromobility both in the Czech Republic and the world. At the end of this thesis, there is a study of three reference families analyzing the options for using an electric car. In addition, there are measurements made at the EVlink Car Parking Station when charging electric car BMW i3.

Key words:

Electromobility, electric car, hybrid, plug-in hybrid, charging, CHAdeMO, Mennekes, BMW, battery, capacity

Obsah

1	Úvod	1
2	Vývoj elektromobilů	3
2.1	Historie	3
2.2	Historie v České republice	4
3	Elektromobily v současné době	4
3.1	Plný elektromobil	4
3.1.1	BMW i3	5
3.1.2	Hyundai Ioniq	5
3.1.3	VW e-Golf	6
3.1.4	Nissan Leaf	6
3.1.5	Tesla model S	7
3.2	Hybridní elektromobil	8
3.2.1	Plný hybrid.....	8
3.2.2	Plug-in hybrid	9
4	Problematika akumulátorových technologií	11
4.1	Druhy akumulátorů používané v elektromobilech	12
4.1.1	Lithium kobalt oxid (LiCoO ₂).....	12
4.1.2	Lithium mangan oxid (LiMn ₂ O ₄)	12
4.1.3	Lithium nikl mangan kobalt oxid (LiNiMnCoO ₂).....	13
4.1.4	Lithium železo fosfát (LiFePO ₄).....	13
4.1.5	Lithium nikl kobalt oxid hlinitý (LiNiCoAlO ₂)	13
4.1.6	Lithium titaničitan (Li ₄ Ti ₅ O ₁₂).....	13
5	Nabíjení	14
5.1	Nabíjecí režimy	15
5.1.1	Režim 1	15
5.1.2	Režim 2	15
5.1.3	Režim 3	15
5.1.4	Režim 4	16
5.2	Druhy konektorů pro nabíjení	16
5.2.1	Konektory pro nabíjení střídavým proudem.....	17
5.2.2	Konektory pro nabíjení stejnosměrným proudem.....	18

5.3	Dobíjecí infrastruktura	19
5.3.1	Dobíjecí infrastruktura v České republice	19
6	Státní podpora elektromobility.....	22
6.1	Podpora v České republice	22
6.1.1	Projekt Ministerstva životního prostředí.....	22
6.1.2	Projekt Ministerstva průmyslu a obchodu	23
6.2	Podpora ve světě	24
6.2.1	Francie	24
6.2.2	Norsko.....	24
6.2.3	Německo.....	25
6.2.4	Čína.....	26
6.2.5	USA.....	26
7	Vliv elektromobilů na distribuční soustavu v České republice	27
7.1	Úvod do praktické části.....	27
7.2	Simulace scénáře.....	28
7.2.1	Domovní jistič.....	29
7.2.2	Specifikace referenční rodiny 1.....	29
7.2.3	Specifikace referenční rodiny 2.....	30
7.2.4	Specifikace referenční rodiny 3.....	31
7.3	Vybrané elektromobily	32
7.4	Specifikace elektromobilu pro jednotlivé referenční rodiny	33
7.4.1	Referenční rodina 1.....	33
7.4.2	Referenční rodina 2.....	34
7.4.3	Referenční rodina 3.....	36
8	Dobíjení na stanici EVlink Parkoviště	37
8.1	Popis nabíjecí stanice EVlink Parkoviště.....	37
8.2	Měření procesu nabíjení BMW i3	38
8.2.1	Měření PWM charakteristiky pro ovládání nabíjení.....	38
8.2.2	Měření procesu nabíjení.....	39
9	Závěr.....	41

Seznam zkratek

VÚES – Výzkumný ústav elektrických strojů točivých
VUT – Vysoké technické učení v Brně
Li-ion – Lithium-iontový článek
LCO – Lithium kobalt oxid
LMO – Lithium mangan oxid
NMC – Lithium nikl mangan kobalt oxid
LFP – Lithium železo fosfát
NCA – Lithium nikl kobalt oxid hlinitý
LTO – Lithium titaničitan
V – Volt (jednotka napětí)
kW – kilowaty (jednotka výkonu)
AC – střídavý proud
DC – stejnosměrný proud
A – Ampér (jednotka proudu)
ChAdeMO – CHArge de MOve (dobití pro pohyb)
VW – automobilka Volkswagen
ČEZ – České Energetické Závody
PRE – Pražská energetika
DPH – Daň z přidané hodnoty
CNG – compressed natural gas (Stlačený zemní plyn pro pohon aut)
OPPIK – Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
ČR – Česká republika
MHD – Městská hromadná doprava
USA – United States of America (Spojené státy Americké)
V2G – Vehicle to Grid
HDO – hromadné dálkové ovládání

1 Úvod

Hrozící nedostatek ropy společně se stále rostoucím zatížením životního prostředí vedly v posledních letech k zásadním změnám ve vývoji automobilového průmyslu. V každodenním životě lze tyto změny pocítit především na zpříšňování emisních předpisů pro vjezd do vybraných měst. Svou roli v krátkodobé historii sehrály i skandály emisí výfukových plynů, jež s sebou mimo jiné přinesly všestranně rostoucí skepsi ke spalovacím motorům.

Jedním z následků vývoje posledních let je stále rostoucí odbyt elektromobilů, které jsou považovány za následníka automobilů se spalovacími motory. Důležitým faktorem pro tento vývoj je i silná politická podpora. V této souvislosti je však nutno neopomenout vliv nárůstu elektromobility na elektrizační soustavu a případně implementovat odpovídající opatření.

Tato bakalářská práce shrnuje vývoj elektromobility od samých začátků až po současně dostupné modely, přičemž se blíže zabývá i technologickými možnostmi baterií a nabíjení. Hlavní část práce se věnuje analýze možností využití elektromobilů v domácnostech, která proběhla na základě využití skutečných dat o spotřebě. Dalším cílem praktické části práce je i detailnější pohled na proces nabíjení za využití měření na dobíjecí stanici EVlink od společnosti Schneider Electric.

Úvodní kapitola nabízí krátké shrnutí historie elektromobilů jak ve světě, tak na území České republiky.

Následující, třetí kapitola představuje jednotlivé modely plných i hybridních elektromobilů, které jsou v současné době dostupné na trhu osobních automobilů včetně jejich technických specifikací.

Čtvrtá kapitola se věnuje akumulátorovým technologiím a nabízí detailnější přehled o jednotlivých variantách akumulátorů dostupných na trhu.

Pátá kapitola se zabývá technickými detaily nabíjení. V rámci první části jsou shrnuty základní technické principy existujících variant nabíjení, tzv. nabíjecích režimů. Druhá část kapitoly poskytuje přehled o druzích konektorů, a to obojí pro nabíjení stejnosměrným i střídavým proudem. V závěru kapitoly je popsána dobíjecí struktura v České republice.

Šestá kapitola nabízí krátké shrnutí aktuálních programů státní podpory elektromobility v České republice i vybraných státech světa.

Sedmá a předposlední kapitola je zaměřena prakticky – na základě skutečných dat o spotřebě třech domácností byly v prvním kroku definovány tři referenční rodiny. Z vybraných elektromobilů jsou rodinám v následujícím kroku na základě analýzy dat a potřeb doporučeny

ty, které za předpokladu zachování stávajícího jističe nejlépe odpovídají definovaným požadavkům.

Závěrečná kapitola představuje nabíjecí stanici EVlink a blíže popisuje proces měření na této stanici.

2 Vývoj elektromobilů

2.1 Historie

Největší rozmach elektromobilů nastal kolem roku 1911, kdy bylo v porovnání se spalovacím motorem registrováno dvojnásobné množství elektromobilů. Tato převaha elektromobilů skončila hned v následujícím roce, kdy vynalezením startéru odpadlo složité startování. Tohoto vývoje využil Henry Ford, jenž zahájil masovou produkcí automobilů.

V následujících letech se na vývoj elektromobilů téměř zapomnělo. Sériovou výrobou se zabývala jen automobilka Citroën, která v roce 1939 prototyp elektrického užitkového vozu postavený na podvozku tehdy známého vozu TUB. Vozů bylo vyrobeno celkem sto a disponovaly výkonem 23 kW. Dojezd tohoto elektromobilu činil 50 km a jeho maximální rychlost byla 60 km/h. V tehdejší době si vůz však díky malému důrazu na emise a celkovému nedostatku pohonných hmot mnoho zájemců nezískal. [1] [2]



Obrázek 1 - Citroën TUB Electric [1]

Lidé jeho vlastnosti ocenili až během druhé světové války, kdy byla v oblastech obývaných německou armádou nouze o pohonné hmoty.

Vývoj elektromobilů začal opět ve větší míře v šedesátých letech dvacátého století. Výrazným výrobcem elektromobilů se stal koncern PSA, který vznikl spojením automobilek Citroën a Peugeot. PSA založil divizi na výrobu elektromobilů a začal spolupracovat

se společností SAFT, která se zabývala výrobou baterií. V této kooperaci bylo vyrobeno několik stovek elektromobilů. K úspěchu této první sériové výroby výrazně přispělo ropné embargo v roce 1973. [1] [2]

Roku 1995 koncern PSA započal asi doposud největší sériovou výrobu v historii elektromobility. Zatímco u ostatních automobilek se výroba pohybovala kolem sta kusů ročně, u PSA se roční produkce pohybovala kolem tisíce elektromobilů. I přes úspěch v tomto odvětví PSA v roce 2000 z nejasných důvodů výrobu ukončila. [3]

2.2 Historie v České republice

Na českém území se elektromobilům věnoval od roku 1895 Ing. František Křižík. Křižík sestrojil tři modely, dva čistě s elektrickým pohonem a jeden v kombinaci elektromotoru a spalovacího motoru. Jednalo se v podstatě o první hybridní pohon.

Po úspěších Františka Křižíka vývoj na českém území utichl a významně ožil až projektem v 60. letech 20. století, který byl reakcí na ropnou krizi. V letech 1968 až 1973 pracoval Výzkumný ústav elektrických strojů točivých v (VÚES) Brně, ve spolupráci s Vysokým technickým učení (VUT) v Brně na vývoji prototypu elektromobilu pro městský provoz. Projekt byl nazván EMA (elektrický městský elektromobil) a zahrnoval dvě verze automobilu. První verze byl malý osobní třídvéřový automobil a druhá byla postavená na podvozku vozu Barkas a měla sloužit jako užitkový automobil. K sériové výrobě nikdy nedošlo a celý projekt byl zastaven roku 1973. [4] [5]

Vývoj elektromobilů na území tehdejšího Československa byl zastaven až do roku 1989. Tento rok odstartoval přestavbu několika osobních sériově vyráběných elektromobilů, mezi které patřily mimo jiné Škoda Favorit, Liaz 01.02 XGJ a Škoda Beta EL K sériově výrobě však vzhledem ke skutečnosti, že žádný z těchto vozů nezaznamenal větší úspěch, nikdy nedošlo. [3]

3 Elektromobily v současné době

Dnešní Elektromobily se rozdělují do dvou skupin podle způsobu získávání energie pro pohon motoru. Prvním z nich je plný elektromobil, který využívá pouze energii uloženou elektrochemicky v akumulátorech. Další skupinou jsou hybridní elektromobily, které většinu času využívající spalovací motor a elektromotor slouží pouze jako podpůrná pohonná jednotka. [3]

3.1 Plný elektromobil

Plný elektromobil je automobil, který je poháněn pouze elektrickým motorem. Jako zdroj energie pro elektromotor slouží akumulátor, který je nutné před jízdou nabít. Dojezdová vzdálenost závisí na počtu a kapacitě akumulátorů uložených v elektromobilu. V následujících pěti tabulkách je uvedeno pět elektromobilů a stručný popis jejich parametrů. [6]

3.1.1 BMW i3



Obrázek 2 - Elektromobil BMW i3-2017 [7]

Tabulka 1 - Technická specifikace elektromobilu BMW i3-2017 [8]

Název:	BMW i3
Výkon elektromotoru [kW]:	125
Spotřeba energie [kWh/100 km]:	12,9
Dojezd [km]:	300
Reálný dojezd [km]:	270
Kapacita baterie [kWh]:	33,4
Typ baterie:	Li-Ion
Maximální rychlost[km/h]	150
Pořizovací cena: [Kč] včetně DPH	936 000,-
Možnost nabíjení vozidla:	1. fáz. 230 V 16 A / 32 A, 3 fáz. 400 V 16 / 32 A, Combo 2
Výkon palubní nabíječky:	jednofázová 7,4 kW/32 A, třífázová 11 kW/16 A

3.1.2 Hyundai Ioniq



Obrázek 3 - Elektromobil Hyundai Ioniq-2016 [9]

Tabulka 2 - Technická specifikace elektromobilu Hyundai Ioniq-2016 [10]

Název:	Hyundai Ioniq
Výkon elektromotoru [kW]:	88
Spotřeba energie [kWh/100 km]:	11,5
Dojezd [km]:	280
Reálný dojezd [km]:	220
Kapacita baterie [kWh]:	28
Typ baterie:	Li-Pol
Maximální rychlost[km/h]	165
Pořizovací cena: [Kč] včetně DPH	859 900,-
Možnost nabíjení vozidla:	1. fáz. 230 V 16 / 32 A, Combo 2
Výkon palubní nabíječky:	6,6 kW/32 A

3.1.3 VW e-Golf



Obrázek 4 - Elektromobil VW e-Golf-2016 [11]

Tabulka 3 - Technická specifikace elektromobilu VW e-Golf-2016 [11]

Název:	VW e-Golf
Výkon elektromotoru [kW]:	85
Spotřeba energie [kWh/100 km]:	12,7
Dojezd [km]:	190
Reálný dojezd [km]:	150
Kapacita baterie [kWh]:	24,2
Typ baterie:	Li-Ion
Maximální rychlost[km/h]	140
Požizovací cena: [Kč] včetně DPH	930 000,-
Možnost nabíjení vozidla:	1. fáz. 230 V 16, Combo 2
Výkon palubní nabíječky:	jednofázová 3,6 kW/16 A

3.1.4 Nissan Leaf



Obrázek 5 - Elektromobil Nissan Leaf-2017 [12]

Tabulka 4 - Technická specifikace elektromobilu Nissan Leaf -2017 [13]

Název:	Nissan Leaf
Výkon elektromotoru [kW]:	85
Spotřeba energie [kWh/100 km]:	15
Dojezd [km]:	250
Reálný dojezd [km]:	210
Kapacita baterie [kWh]:	30
Typ baterie:	Li-Ion
Maximální rychlost[km/h]	144
Požizovací cena: [Kč] včetně DPH	730 000,-
Možnost nabíjení vozidla:	1. fáz. 230 V 16 / 32 A, CHAdeMO
Výkon palubní nabíječky:	jednofázová 6,6 kW/32 A

3.1.5 Tesla model S



Obrázek 6 - Elektromobil Tesla model S-2016 [14]

Tabulka 5 - Technická specifikace elektromobilu Tesla model S-2016 [15]

Název:	Tesla model S
Výkon elektromotoru [kW]:	402
Spotřeba energie [kWh/100 km]:	24
Dojezd [km]:	530
Reálný dojezd [km]:	400
Kapacita baterie [kWh]:	85
Typ baterie:	Li-Ion
Maximální rychlost[km/h]	250
Požizovací cena: [Kč] včetně DPH	2 100 000,-
Možnost nabíjení vozidla:	1. fáz. 230 V 16 A / 32 A, 3 fáz. 400 V 16 / 32 A, Tesla Supercharger, CHAdeMO (nutná redukce)
Výkon palubní nabíječky:	trífázová 22 kW/32 A

3.2 Hybridní elektromobil

Ve srovnání s plným elektromobilem zajišťují pohon hybridního automobilu alespoň dva zdroje energie. Obecně se za hybrid považuje auto, které má kromě jednoho spalovacího motoru také jeden, dva či tři další elektrické. [6]

3.2.1 Plný hybrid

Hybridní automobil spojuje výhody automobilů se spalovacím motorem a elektromobilů. Na palubě tohoto vozidla jsou tedy alespoň dva motory určeny přímo pro pohon. Hybridní elektromobil se vyrábí s paralelním elektrickým pohonem a je ke hnací hřídeli připojen pomocí spojek. Elektrická energie, která se ukládá do baterií a již používá elektromotor je získávána pouze pomocí rekuperace při zpomalování nebo při brzdění. Hybrid zpravidla používá elektromotor při rozjezdu a při rychlostech do 30 km/h, poté jednotka přepne na spalovací motor.

Díky této kombinaci se snižuje znečištění při běhu elektromotoru a zvyšuje se dojezdová vzdálenost při používání spalovacího motoru. Toto řešení s sebou přináší i mnoho úskalí. Pro potřeby Řízení toku energie ze dvou zdrojů vyžaduje mimo jiné i mnohem složitější konstrukci automobilu. Další nežádoucí faktor je velký nárůst hmotnosti vozidla a menší prostor ve vozidle.

Tento druh elektromobilu je považován jako dočasné řešení a v budoucnu se s nimi už moc nepočítá. Předpokládá se, že v okamžiku, kdy se podaří rozšířit dobíjecí infrastrukturu a vyřešit krátký dojezd plného elektromobilu už plné hybridy nenajdou své uplatnění. Na *obrázku 7* je příklad plného elektromobilu-Toyota Yaris Hybrid, která byla představena začátkem roku 2017. [16]



Obrázek 7 - Plný hybrid-Toyota Yaris-2017 [17]

Tabulka 6 - Technická specifikace Hybridu Toyota Yaris-2017 [17]

Název:	Toyota Yaris Hybrid
Výkon elektromotoru [kW]:	45
Dojezd pouze na elektřinu [km]:	8
Reálný dojezd [km]:	5
Kapacita baterie [kWh]:	6,5
Typ baterie:	Ni-MH
Maximální rychlost na el. pohon [km/h]	50
Požizovací cena: [Kč] včetně DPH	400 000,-
Možnost nabíjení vozidla:	pouze rekuperací

3.2.2 Plug-in hybrid

Vlastnosti plug-in hybridu jsou zřejmé už z názvu. Jeho hlavní výhodou je možnost nabití baterií z domácí zásuvky. Díky této vlastnosti má řidič možnost využít všechny výhody elektrického vozidla a zároveň je zbaven největší nevýhody – není omezen nájezd kilometrů na jedno nabití. Většinu času auto využívá elektrickou energii, ale jakmile začne energie v bateriích docházet, automaticky se zapne benzínový motor a auto může pokračovat v jízdě. Na obrázku 8 je uveden příklad Toyota Prius plug-in Hybrid. V tabulce uvádím pouze parametry pro elektromotor.

Existují dva způsoby jak je získaná energie z benzínového motoru předává na hnací nápravu. Podrobnější analýze těchto rozdílů se věnují následující dva odstavce. [18] [19]



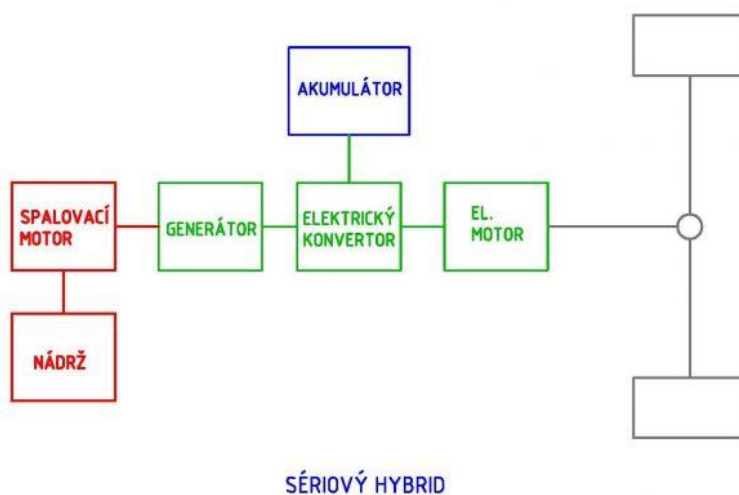
Obrázek 8 - Plug-in hybrid Toyota Prius-2016 [20]

Tabulka 7 - Technická specifikace plug-in Hybridu Toyota Prius-2016 [21] [22]

Název:	Toyota Prius plug-in Hybrid
Výkon elektromotoru [kW]:	53
Spotřeba energie [kWh/100 km]:	16
Dojezd na elektřinu [km]:	50
Reálný dojezd [km]:	45
Kapacita baterie [kWh]:	8,8
Typ baterie:	Li-Ion
Maximální rychlost [km/h]	135
Požizovací cena: [Kč] včetně DPH	970 000,-
Možnost nabíjení vozidla:	1. fáz. 230 V 16 A, CHAdeMO + střešní solární panel

3.2.2.1 Sériový plug-in hybrid

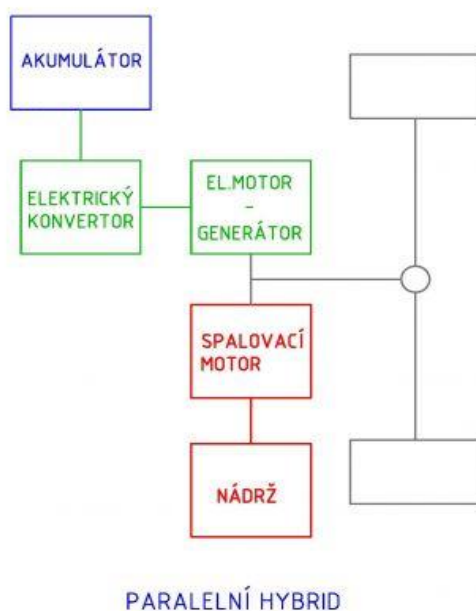
Sériový plug-in hybrid se vyznačuje především tím, že náprava je poháněna pouze elektromotorem, který má lepší rozsah otáček a průběh točivého momentu než spalovací motor. Není tedy potřeba převodovka. Z tohoto důvodu není spalovací motor napojen přímo na nápravu, ale je využit jako generátor, který dobíjí akumulátor. [19]



Obrázek 9 - Možnost předávání energie na hnací nápravu-sériově [19]

3.2.2.2 Paralelní plug-in hybrid

Druhý typ plug-in hybridů – paralelní plug-in hybrid je dnes nejčastější variantou. Spínání jednotlivých motorů je řízeno elektronikou a výkon je dán součtem jejich aktuálních výkonů. Není nutností, aby oba motory běželi zároveň, naopak v určitých fázích jízdy běží každý motor samostatně. V některých případech se využívá připojení každého pohonu na jinou nápravu a to například z důvodu získání pohonu na všechna čtyři kola. [19]



Obrázek 10 - Možnost předávání energie na hnací nápravu-parallelně [19]

4 Problematika akumulátorových technologií

Akumulátor je zařízení, do kterého je možné opakovaně uložit elektrickou energii. Akumulátor je založen na elektrochemickém principu. Při procházení proudem elektrochemickým akumulátorem jsou vyvolány vratné chemické změny, které se projeví rozdílným elektrochemickým potenciálem. Množství energie v akumulátorech se udává v ampérhodinách. [23]

Akumulátor je jednou ze základních součástí elektromobilu. Jeho některé parametry a především cena jsou hlavním důvodem, proč elektromobily nejsou více rozšířené.

V posledních letech se díky využití elektromobilů v mnoha odvětvích investují velké finanční prostředky do vývoje. Jeden z nejdůležitějších parametrů je kapacita akumulátorů, na který přímo navazují další parametry jako je například cena, rozměry, hmotnost, možný počet dobíjecích cyklů, samovybíjení a mnoho dalších.

Při vývoji se je kladen největší důraz na vnitřní odpor baterie.

Ideální elektrický článek představuje nulový vnitřní odpor. Tomuto předpokladu se nejvíce přibližuje Lithium-iontový článek (Li-ion). [24] [25]

4.1 Druhy akumulátorů používané v elektromobilech

Do začátku devadesátých let dvacátého století se ve vozech na elektrický pohon uskládňovala energie převážně v olověných akumulátorech. V dnešní době se tyto baterie používají již jen pro startování běžných automobilů využívající pohonné hmoty. Hlavní nevýhodou těchto akumulátorů je nízká energetická hustota, významný pokles kapacity při teplotách pod $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, vysoká hmotnost a velká citlivost na počet opakování vybíjecího a nabíjecího cyklu. Z těchto důvodů bylo toto složení akumulátorů v devadesátých letech nahrazeno směsí Nikl-Kadmium (NiCd), i tato směs má značnou nevýhodu. Touto nevýhodou je paměťový efekt a vysoká toxicita. [25] Ke konci 90. let 20. století se začali používat Nikl-Metal hydridové akumulátory (NiMH). Tento typ disponuje velkou energetickou hustotou, ale také neuspěl díky velké citlivosti na nabíjecí a vybíjecí režim a výskyt paměťového efektu. Nyní se v elektromobilech nejvíce používají Lithium-iontové (Li-ion) akumulátory, které se vyrábějí ve více variantách. Tyto varianty budou popsány v následujících podkapitolách. [23]

Tabulka 8 -Porovnání základních parametrů akumulátorů využívaných v elektromobilech [25]

Typ článku	Hustota energie [Wh.kg ⁻¹]	Výkonová hustota [W.kg ⁻¹]	Životnost cyklů ; let	Provozní teplota [°C]	Napětí na článku [V]
Li-oin	150-260	300-700	1000-3000 ; 5-10	-20 až +50	3,5-3,7
NiMH	55-80	200-300	500-1000 ; 5-10	-20 až 50	1,3-1,4
NiCd	40-60	80-175	2000-3000 ; 3-10	-50 až +50	1,2
Olověný	30-50	150-400	1000 ; 3-5	-15 až +45	2,1

4.1.1 Lithium kobalt oxid (LiCoO₂)

Pro tento typ baterie se používá také zkratka LCO. Li-kobalt je díky vysoké hustotě energie populární pro mobilní telefony, notebooky a digitální fotoaparáty. Baterie se skládá z katody oxidu kobaltu a grafitového uhlíku anody. Katoda má vrstvenou strukturu a během vybíjení se ionty lithia pohybují od anody ke katodě. Nevýhodou kombinace Li-kobalt je relativně krátká životnost, nízká tepelná stabilita a omezené možnosti zatížení (měrný výkon). [26]

4.1.2 Lithium mangan oxid (LiMn₂O₄)

Pro tento typ baterie se používá také zkratka LMO. Li-mangan se používá pro elektrické nářadí, lékařské nástroje a v neposlední řadě v hybridních a elektrických vozidlech. Postavení minerálů tvoří takovou strukturu, která zlepšuje tok iontů na elektrody, což má za následek nižší vnitřní odpor. Nízký odpor umožňuje rychlé nabíjení a možnost velkého proudu při vybíjení. Další

výhodou této struktury je vysoká tepelná stabilita a větší bezpečnost, jež má za následek menší počet dobíjecích cyklů. [26]

4.1.3 Lithium nikl mangan kobalt oxid (LiNiMnCoO₂)

Pro tento typ baterie se používá také zkratka NMC. Jeden z neúspěšnějších Li-ion systémů. Základ NMC spočívá v kombinování niklu a manganu. Nikl je známý pro svou vysokou hustotu energie ale špatnou stabilitu. Výhodou manganu je vytvoření takové struktury, že se dosáhne nízkého vnitřní odpor, bohužel na úkor nízké hustoty energie. Kombinací obou kovů vede k posílení pozitivních vlastností. NMC se využívají pro pohon elektrického nářadí i dalších elektrických jednotek. Kombinace katody je obvykle jedna třetina niklu, jedna třetina manganu a jedna třetina kobaltu, také známá jako 1-1-1. Kombinace těchto třech látek je jedinečná i vzhledem k tomu, že snižuje náklady na suroviny s ohledem na snížený obsah kobaltu. [26]

4.1.4 Lithium železo fosfát (LiFePO₄)

Pro tento typ baterie se používá také zkratka LFP. Li-fosfát nabízí dobrý elektrochemický výkon s nízkým odporem. Hlavními výhodami je možnost dodat velký proud a dlouhý životní cyklus, navíc nabízí dobrou tepelnou stabilitu a velkou bezpečnost.

Li-fosfát je více přizpůsobený pro práci v podmínkách plného nabití a je méně namáhaný než jiné lithium-iontové systémy, v případě skladování při vysokém napětí po delší dobu. Li-fosfát má rychlejší samovybití ve srovnání s jinými lithium-iontovými bateriemi, které mohou způsobit problémy se stárnutím baterií. Neexistuje žádná tolerance k vlhkosti, v takové případě se snižuje počet nabíjecích cyklů baterie. [26]

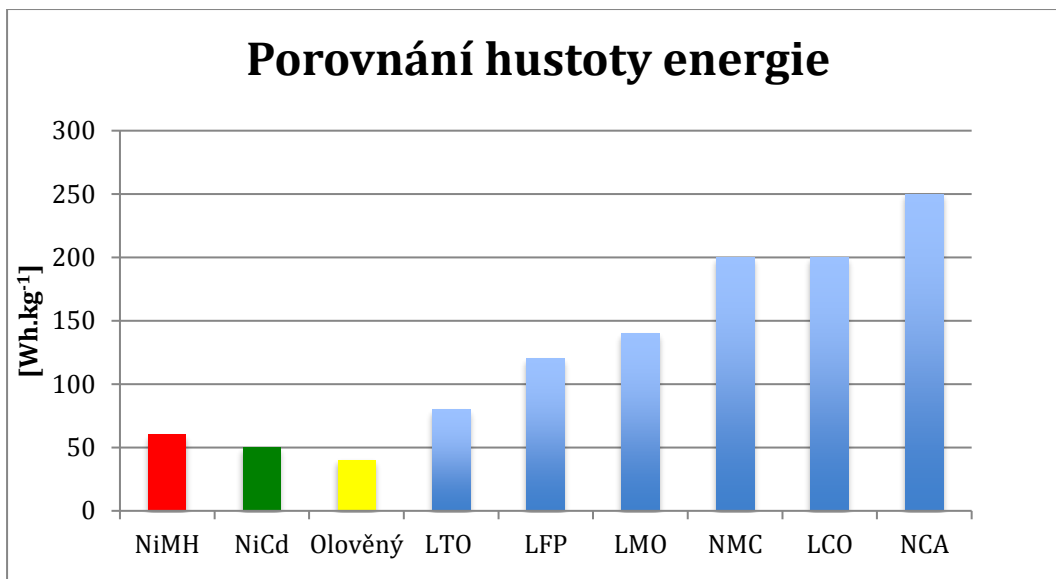
4.1.5 Lithium nikl kobalt oxid hlinitý (LiNiCoAlO₂)

Pro tento typ baterie se používá také zkratka NCA. Lithium nikl sdílí některé vlastnosti s NMC, například nabízí vysokou hustotu energie přiměřeně měrnému výkonu a dlouhou životnost. Horší vlastnosti vykazují v bezpečnosti a další nevýhodou jsou vysoké náklady. [26]

4.1.6 Lithium titaničitan (Li₄Ti₅O₁₂)

Pro tento typ baterie se používá také zkratka LTO. LTO se používají především pro elektrické pohonné jednotky, UPS a solární systémy, které se využívají u pouličního osvětlení.

Li-titanát lze rychle nabít a poskytuje vysoký vybíjecí proud. Další výhodou je bezpečnost tohoto akumulátoru. Nicméně jsou tyto baterie drahé a mají nízkou hustotu energie. [26]



Obrázek 11 - Porovnání hustoty energie v různých typech Lithiových baterií [26]

5 Nabíjení

Nepostradatelnou podmínkou pro rozvoj elektromobility je rozvoj dobíjecích stanic, které jsou stejně nepostradatelné čerpací stanice pro auta se spalovacím motorem. Velká odlišnost mezi nabitím elektromobilu a tankováním paliva je v době trvání tohoto procesu. Nabíjení baterií se pohybuje od desítek minut až po hodiny. Tankování je otázka pár minut. Na druhou stranu málokterý automobil je využíván nepřetržitě 24 hodin denně. Čas, kdy auto stojí u domu, v administrativní budově, nákupním centru nebo veřejném parkovišti může být využit pro dobíjení baterií.

S rostoucím počtem elektromobilů bylo nutné stanovit základní standardy pro výrobce dobíjecích stanic i pro automobilky vyrábějící tento typ vozidel. Mezinárodní elektrotechnická komise stanovila dvě základní normy, které definují čtyři různé režimy nabíjení, provedení přívodního kabelu a provedení konektorů pro připojení.

Pro normální nabíjení (3 kW až 7 kW) je nabíječka baterií zabudována od výrobce přímo v elektromobilu. Kabel je dimenzován pro připojení do elektrické sítě jednofázově 230 V AC nebo třífázově 400 V AC.

Pro rychlé nabíjení (22 kW až 43 kW) se dle normy používají dvě následující řešení. Prvním z nich je palubní nabíječka, navržená pro nabíjení od 3 kW do 43 kW při 230 V nebo 400 V. Druhé řešení je použití externí nabíječky, která převede střídavé napětí na stejnosměrné a nabíjí elektromobil při 50 kW. [27]

Tabulka 9 - Porovnání doby nabíjení při různém výkonu nabíjení [28]

Maximální proud	Napájení	Napětí	Doba nabíjení baterie na 80 % s kapacitou 30 kWh
16 A	1 fáz.-3,3 kW	230 VAC	6-8 hodin
16 A	3 fáz.-10 kW	400 VAC	2-3 hodiny
32 A	1 fáz.-7 kW	230 VAC	3-4 hodiny
32 A	3 fáz.-24 kW	400 VAC	1-2 hodiny
63 A	3 fáz.-43 kW	400 VAC	20-30 minut
100-125 A	Trvale-50 kW	400-500 VDC	20-30 minut

5.1 Nabíjecí režimy

5.1.1 Režim 1

Režim 1 využívá připojení k elektrické síti standardní elektrickou zásuvku umístěnou v domácnosti. Režim 1 musí dle normy splňovat zapojení elektroinstalace dle bezpečnostních předpisů a s uzemňovacím vodičem. Obvod musí být jištěn proti zkratu, přetížení a v obvodu musí být zapojený proudový chránič.

Režim 1 je snadno realizovatelné řešení, lze ho využít v podstatě kdekoliv, kde je přístup k elektřině. Bohužel režim 1 s sebou přináší několik rizik, díky kterým se začínají používat bezpečnější způsoby nabíjení. Jedním z nich je oteplení kabelu po delší době nabíjení na maximálním výkonu (8 A až 16 A). [29]

5.1.2 Režim 2

Režim 2 byl navržen pro země kde není povolen režim 1. Princip je stejný jako u režimu 1. Kabel je připojen do běžné domovní zásuvky, ale na rozdíl od režimu 1 je navíc vybaven o ochranu v kabelu. Toto ochranné zařízení vestavěné do kabelu hlídá správné připojení elektromobilu a správnou funkčnost uzemnění. [29]

5.1.3 Režim 3

Režim 3 probíhá pomocí specializovaného nabíjecího zařízení a využívá střídavý proud ze sítě. Nabíjecí zařízení je vybaveno řídicím vodičem, který je připojen ke kostře elektromobilu pomocí rezistoru. Tímto vodičem protéká malý proud a vrací se zpět do nabíjecí stanice pomocí zemního vodiče. Pokud proud protéká správně, sepne se stykač a uvede zařízení do provozu.

Jestliže není konektor připojen vůbec, tak je zásuvka vypnuta. Tento systém představuje velkou výhodu pro veřejné použití.

Při odpojování by mohl vzniknout elektrický oblouk. Odpojení řídicího vodiče před následným uzemněním zamezí nebezpečí vzniku elektrického oblouku, jenž při odpojování hrozí. Řídicí vodič zajistí přerušení obvodu a vypne stykač. Proud se tedy přeruší v nabíjecí stanici a zamezí elektrickému oblouku mezi konektorem a výstupem z elektromobilu.

Zabezpečení proti elektrickému oblouku může být provedeno i jinými způsoby – přenosem řídicího signálu po elektrické síti nebo bezdrátovým přenosem. Díky těmto systémům může nabíjecí zařízení komunikovat s distribuční sítí, což následně ulehčí účtování a umožní nejen inteligentní nabíjení ale i využití *Vehicle to grid*.

Technologie *Vehicle to grid* umožní provozovateli distribuční sítě lépe řídit denní zatížení elektrické soustavy. Při použití inteligentního nabíjení si uživatel na dobíjecí stanici nebo pomocí aplikace v mobilním telefonu nastaví, na jakou úroveň a za jakou dobu chce mít elektromobil dobit. Tuto informaci dostane distributor a rozloží rovnoměrně nabíjení podle zatížení sítě.

Vehicle to grid jde snadno vysvětlit na menší firmě používající více elektromobilů. Jeden uživatel připojí svůj elektromobil k nabíjení a bude vyžadovat rychlé dobití, které by mohlo zatížit elektrickou soustavu. Proto aplikace *vehicle to grid* zařídí použití energie uložené v bateriích ostatních firemních aut, která jsou připojena k nabíječkám. [30]

Dodavatel energie díky těmto třem aplikacím sníží zákazníkovi cenu elektrické energie nebo umožní jiné výhody. [29]

5.1.4 Režim 4

Elektromobil je prostřednictvím externí nabíječky připojen k distribuční síti. Nabíječka obsahuje ochrany, řízený výkonový AC/DC měnič, komunikační jednotku a nabíjecí kabel. Režim 4 se používá především pro stejnosměrné nabíjení, tedy nabíjení velkými proudy. [28]

5.2 Druhy konektorů pro nabíjení

Pro nabíjení střídavým proudem jsou definovány dva typy konektorů a stejný počet jich je i pro nabíjení stejnosměrným proudem. Výjimkou je výrobce automobilů Tesla, který ani jeden z níže podrobněji popsaných konektorů nepoužívá. Tesla používá vlastní konektory, na které však existují redukce.

5.2.1 Konektory pro nabíjení střídavým proudem

5.2.1.1 Typ 1 SAE J1772 / IEC 62196-2

Tento typ umožňuje jednofázové nabíjení střídavým proudem. Má kruhový tvar a obsahuje pět připojovacích kolíků: nabíjení, dva zemnicí vodiče a dva řídicí vodiče.

Tento typ konektoru se používá zejména v USA a Japonsku. S tímto konektorem lze nabíjet maximálním výkonem 7,4 kW (230 V, 32 A).



Obrázek 12 - Konektor na nabíjení elektromobilu-Typ 1 [31]

5.2.1.2 Typ 2 IEC 62196-2 (Mennekes)

Druhý typ konektoru, který vyvinula německá společnost Mennekes umožňuje nabíjení třífázovým střídavým proudem. Tvar konektoru je nepravidelný kruh. Konektor obsahuje sedm připojovacích kolíků, nabíjení třemi vodiči (3 fáze), dva zemnicí vodiče a dva řídicí vodiče. Konektor Typu 2 je nejpoužívanějším k Evropě. [32]

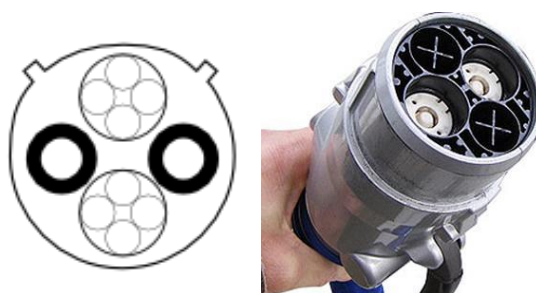


Obrázek 3 - Konektor na nabíjení elektromobilu - Typ 2 [31]

5.2.2 Konektory pro nabíjení stejnosměrným proudem

5.2.2.1 Systém A ChAdeMO

Název těchto konektorů vznikl jako zkratka slov CHARGE de MOve, což by se dalo přeložit jako dobití pro pohyb. Pojem má vystihnout rychlé nabíjení. Je to první standard, který podporoval stejnosměrné napájení a vznikl v Japonsku v roce 2010. Používají ho automobilky Nissan, Mitsubishi, Toyota asijské automobilky. [32]



Obrázek 14 - Konektor na nabíjení elektromobilu-CHAdeMO [33]

5.2.2.2 Systém C

Systém C zahrnuje konektory COMBO1 a COMBO2. Výrobci v USA i v Evropě v roce 2012 uzavřeli dohodu o používání tohoto typu konektoru. Tento poměrně nový systém je kompatibilní se systémy Typu 1 a Typu 2, které jsou popsány v předchozí kapitole: Konektory pro nabíjení střídavým proudem.

Systém C umožňuje dobíjení jednofázovým střídavým proudem, třífázovým střídavým proudem a současně umožňuje i nabíjení stejnosměrným proudem. Vše je možné pomocí jednoho konektoru a jednotného řídicího systému. Combo 1 se příliš nevyužívá, naopak Combo 2 je nejčastějším evropským konektorem na nabíjení. [32] [28]



Obrázek 15 - Konektor na nabíjení elektromobilu - Combo1 [34]



Obrázek 16 - Konektor na nabíjení elektromobilu-Combo2 [31]

5.3 Dobíjecí infrastruktura

Vzhledem k délce dobíjení elektromobilů, které na rozdíl od tankování pohonných hmot trvá několik desítek minut až hodin, se dobíjení provádí primárně v místech parkování. Pojem dobíjecí infrastruktura zahrnuje dobíjecí stanice v soukromém sektoru (domácí dobíjení), veřejném sektoru (dobíjecí stanice na nádražích, letištích, na ulicích) a polo veřejném sektoru (obchodní domy, hotely, banky). O množství a specifikaci domácích nabíječek neexistují žádná podrobnější data. V následujících podkapitolách se proto zaměříme pouze na zmapování veřejné a polo veřejné sítě dobíjecích stanic.

První dobíjecí stanice se objevily v devatenáctém století společně s prvními elektromobily. Výrobci přitom vyvíjeli individuální konektory, což mělo za následek, že konektory byly různých tvarů podle výrobce vozidel.

Tento trend byl v posledních letech zastaven a výrobci se domluvili na standardizaci dobíjecího konektoru. [35]

5.3.1 Dobíjecí infrastruktura v České republice

V České republice existuje několik společností provozujících dobíjecí stanice. V následujících odstavcích budou uvedeny nejvýznamnější energetické firmy podnikající v tomto odvětví.

5.3.1.1 Skupina ČEZ

Skupina ČEZ se elektromobilitou zabývá od roku 2009. V tomto roce byl spuštěn projekt EMOBILITA. Projekt začal jednáním s majiteli obchodních center a následnou instalací dobíjecích stanic. V rámci testování tohoto projektu ČEZ umožnil svým zaměstnancům využívat elektromobily VW e-Golf.

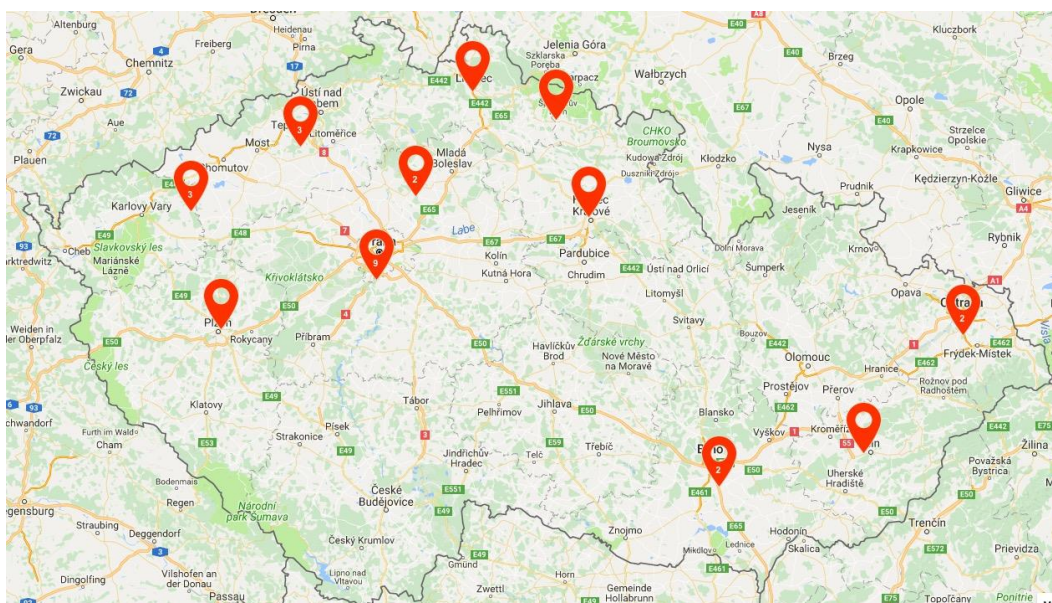
Do dnešního zprovoznil ČEZ 45 veřejných dobíjecích stanic pro běžné nabíjení střídavým proudem (AC). Rozmístění těchto dobíjecích stanic je znázorněno na *obrázku 17*.

Každá tato stanice je vybavena dvěma nezávislými zásuvkami. Jedna zahrnuje standard Mennekes s možností dobíjení 32 A / 400 V, druhá nabízí parametry běžné domácí zásuvky 16 A / 230 V.



Obrázek 17 - Mapa běžných dobíjecích stanic společnosti ČEZ - 2017

Dále společnost ČEZ provozuje 26 rychlodobíjecích stanic, které jsou znázorněny v obrázku 18. Tyto dobíjecí stanice mají celkem tři zásuvky. Dvě zásuvky slouží pro nabíjení stejnosměrným proudem (DC) s výkonem až 50 kW, tyto zásuvky jsou vybaveny konektory standardu ChAdeMO a Systém C. Třetí zásuvka slouží k střídavému (AC) nabíjení pomocí standardu Mennekes, tento standard, jenž umožňuje nabíjet s výkonem až do 22 kW. [36]

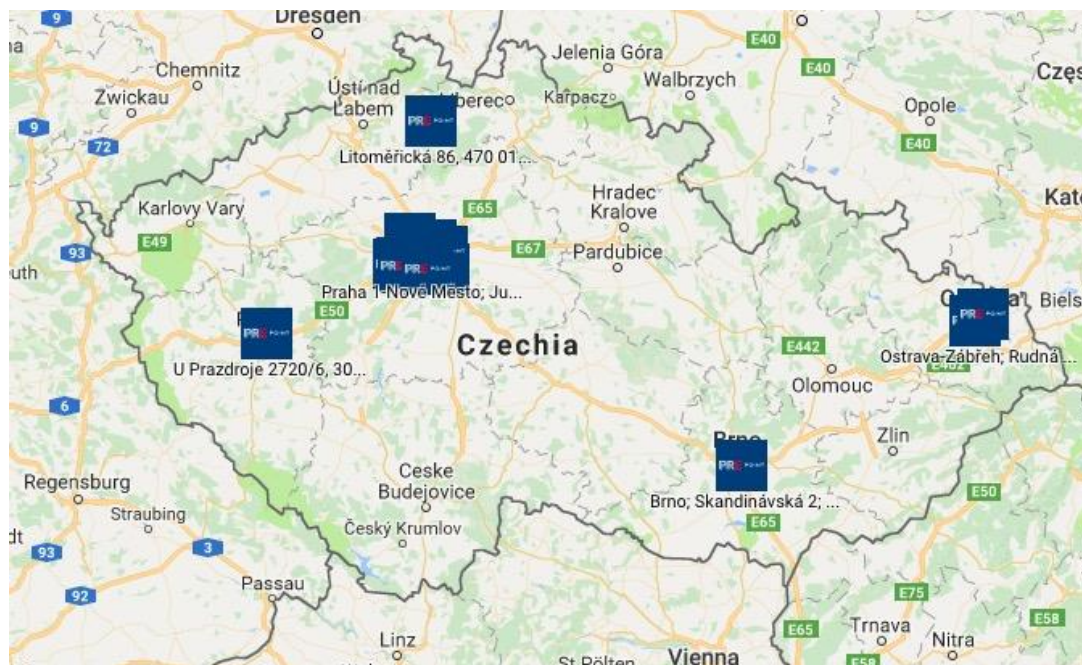


Obrázek 18 - Mapa běžných rychlodobíjecích stanic společnosti ČEZ - 2017 [37]

Zákazník, který chce využívat dobíjecí stanice od ČEZ musí uzavřít společně s provozovatelem smlouvu. Smlouva je na dobu neurčitou a měsíční poplatek za neomezené využívání stanic je 150 Kč bez DPH. Při podpisu smlouvy získá zákazník čipovou kartu, která pomocí RFID kódu autorizuje zákazníka u každé dobíjecí stanice. Neomezené dobíjení u společnosti ČEZ tedy stojí maximálně 1 800 Kč bez DPH za jeden rok. [38]

5.3.1.2 Skupina PRE

Společnost PRE začala s výstavbou dobíjecích stanic v roce 2011. K dnešnímu dni je podle zdrojů PRE v provozu 35 dobíjecích stanic. Tyto čísla však poukazují na počet dobíjecích stanic, kterých se na některých místech nachází více. Dobíjecích míst jako takových nabízí PRE celkem 25, jelikož se na některých místech nachází více dobíjecích stanic. Největší pokrytí zajišťuje PRE v Praze a to s počtem 30 dobíjecích stanic. Další dobíjecí stanice jsou po jedné v Plzni, České Lípě, Brně a dvě v Ostravě. Z celkového počtu 35 stání je 34 s označením STANDARD a jedna s označením FAST. Označení STANDARD (pomalé nabíjení) má následující parametry: AC 1x 16 A / 230 V, AC 3x 32 A / 400 V s konektorem Mennekes. Označení FAST (rychlónabíjení) s vlastnostmi: DC 120 A / 500 V -konektory CHAdeMO i AC 3x 32 A / 400 V -konektor Mennekes



Obrázek 19 - Mapa dobíjecích stanic společnosti PRE - 2017 [39]

Stejně jako u společnosti ČEZ je pro možnost využívání služeb od společnosti PRE nutné uzavřít smlouvu. Smlouva je na dobu neurčitou a její výpovědní lhůta je 30 dní. V následující tabulce je uvedena cena za nabíjení, která obsahuje několik složek.

Tabulka 10 - Ceny dobíjení u společnosti PRE - 2017

Stálý kvartální plat za každou kartu/čip (Kč/čtvrtletí)	Cena za odebranou elektřinu (Kč/kWh)	Cena za nabíjení (Kč/min)
30,00 (36,30)	2,50 (3,03)	0,20 (0,24)

Uvedené ceny jsou bez DPH, v závorce je uvedena cena s DPH. Cena za nabíjení se účtuje až po 120 minutách nabíjení. Hlavní důvod tohoto opatření je snaha omezit blokování dobíjecích stanic. Otázkou je, zda jsou dvě hodiny dostatečná doba. Jelikož PRE nedisponuje velkým množstvím rychlodobíjecích stanic, tak tento čas při nabíjení stejnosměrným proudem není dostatečný. Vyúčtování se provádí čtvrtletně a k přihlášení zákazníka do systému se využívá RFID karta. [40]

6 Státní podpora elektromobility

Postupné zařazování elektrických vozidel do běžného silničního provozu je již několik let součástí politických programů. Tyto kampaně se v posledních letech ještě více rozšířily a dá se očekávat, že tomu bude i nadále.

6.1 Podpora v České republice

Česká republika byla v rozšiřování dlouho pozadu. Teprve v loňském roce na podzim představila vláda se dvěma projekty. První projekt byl vypsán Ministerstvem životního prostředí a druhý Ministerstvem průmyslu a obchodu.

Dále v prosinci roku 2016 vláda odsouhlasila plán snižování emisí, který stanovuje nařízení pro orgány státní správy, podřízené organizace a státní podniky mít nejméně 25 % vozidel využívající alternativní paliva, o dalších deset let později již 50 %. V této souvislosti je důležité zmínit, že k roku 2014 využívala státní správa 0,3 % vozidel na alternativní paliva. [41]

6.1.1 Projekt Ministerstva životního prostředí

Tento projekt byl spuštěn v roce 2016 a vztahoval se pouze na obce a kraje. Obcím a krajům nabízelo Ministerstvo životního prostředí dotaci v celkovém objemu 150 milionů korun na koupi osobního automobilu, který nebude jezdit na benzin nebo naftu. Na jeden automobil

spalující CNG mohly kraje a obce získat 50 000 Kč, na vozidlo s elektromotorem 220 000 Kč a na plug-in hybrid 200 000 Kč. Žádat o tuto dotaci mohou obce, kraje, městské části hl. m. Prahy, svazky obcí, obecně prospěšné společnosti, příspěvkové organizace územních samosprávných celků, spolky a pobočné spolky založené obcí či krajem, akciové společnosti vlastněné z více než 50 % obcemi či krajem a společnosti s ručením omezeným vlastněné z více než 50 % obcemi či krajem. Výše dotací je uvedena přehledně v následující tabulce. [42]

Tabulka 11 - Výše dotace na podporu elektromobility od MZP - 2016 [43]

Typ vozidla:	plug-in hybrid	elektromobil
M1 (osobní)	200 000 Kč	220 000 Kč
N1 (nákladní menší do 2,5T)	200 000 Kč	220 000 Kč
N1 (nákladní menší do 2,5-3,5t)	x	500 000 Kč
L7E (malá užitková)	x	150 000 Kč
L1E, L2E (motorky do 45 km/h)	x	20 000 Kč
L3E, L4E, L5E, L6E (motorky nad 45 km/h)	x	50 000 Kč
M2,M3 do 7,5t (minibus)	x	800 000 Kč
N2 do 12t (nákladní střední)	x	x

6.1.2 Projekt Ministerstva průmyslu a obchodu

České Ministerstvo průmyslu a obchodu vypsalo dotaci firmám všech velikostí na nákup elektromobilů. V rámci Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OPPIK) vyčlenilo ministerstvo dohromady 80 milionů korun. Ministerstvo průmyslu a obchodu vydalo dne 7. března 2016 I. výzvu programu podpory Nízkouhlíkové technologie. Příjem žádostí o podporu byl zahájen na začátku a ukončen na konci července 2016.

V rámci výzvy k programu Nízkouhlíkové technologie budou v prvním kroku všechny došlé přihlášky porovnány a ohodnoceny. Teprve poté dojde k výběru vítěze.

Peníze nejsou určeny pouze na elektromobily, ale i na pořízení neveřejných dobíjecích stanic pro vlastní potřebu elektromobily v rámci podnikatelského areálu (do výše 50.000 Kč).

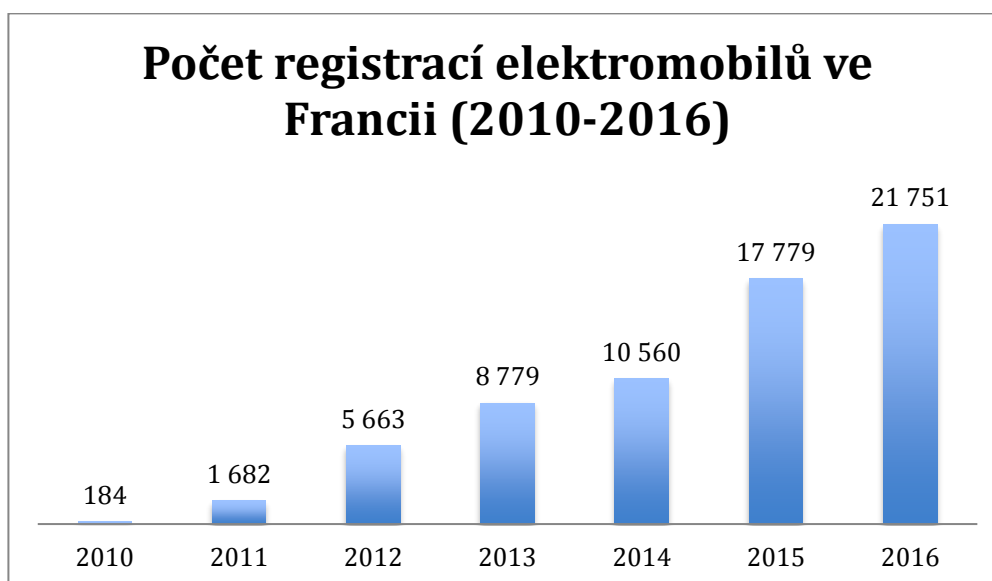
Dotace Ministerstva průmyslu a obchodu jsou určeny pouze pro užitkové a osobní vozy nižší a střední třídy. Výše příspěvků činí 50 % / 60 % / 70 % způsobilých výdajů pro velký/střední/malý podnik. Z podpory jsou vyloučeny sportovní, luxusní a terénní elektromobily.

Minimální dotace je 70 000 Kč, maximum pro jednu firmu činí tři miliony korun. Zúčastnit se mohou zájemci z celé ČR kromě podnikatelů z Prahy. [44]

6.2 Podpora ve světě

6.2.1 Francie

Francouzská vláda přijala začátkem roku 2015 rozhodnutí o významné podpoře elektromobility. Velmi štedrá nabídka spočívá v bonusu 10 000 euro při náhradě deset a více let starého automobilu s diesellovým motorem za elektromobil. Mimo tuto výhodu vláda nabízí bezpodmínečný příspěvek na elektromobil ve výši 6 300 euro. Dále vláda nabízí daňovou úlevu ve výši 13 % na pořízení dobíjecí stanice až do výše 8 000 euro na jednotlivce. [45]

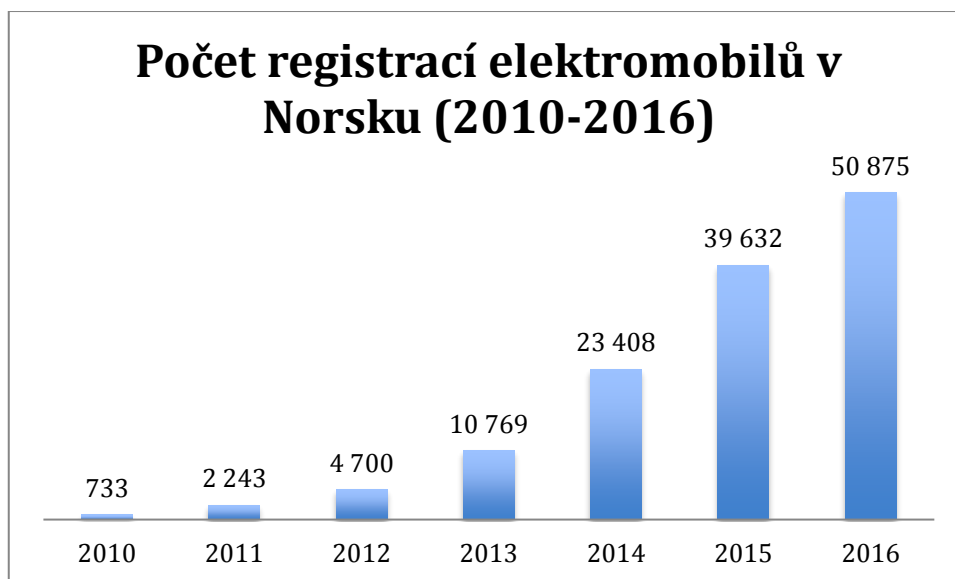


Obrázek 20 - Počet registrací elektromobilů ve Francii (2010-2016) [46]

6.2.2 Norsko

Norská vláda na začátku roku 2016 přijala plán, na jehož konci by měla být v Norsku osobní a lehká užitková vozidla dostupná pouze s elektrickým pohonem. Tento plán by měl být splněn do roku 2025. Již nyní je Norsko zemí s největším podílem registrovaných elektromobilů a hybridů. V březnu roku 2016 překročil počet registrovaných elektromobilů a hybridů hranici 60 %.

Tomuto úspěchu vděčí štedrá státní podpora. Uživatelé ekologických vozidel jsou osvobozeni od silniční daně, mýtných poplatků, platby na veřejných městských parkovištích, ve městech mohou využívat pruhy pro MHD a za přepravu trajektem platí minimální poplatek. [45]

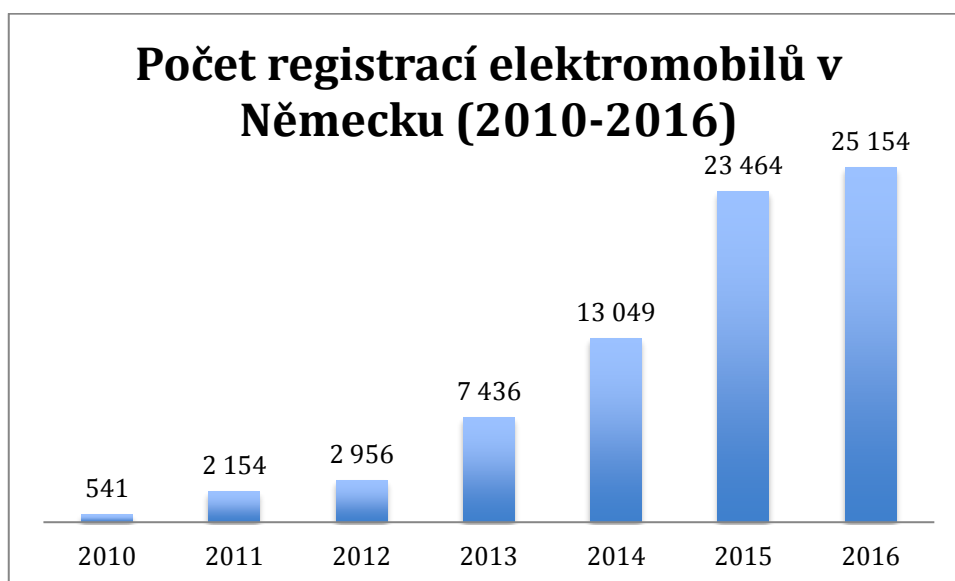


Obrázek 21 - Počet registrací elektromobilů v Norsku (2010-2016) [47]

6.2.3 Německo

Stejně jako Francie a Norsko nabízí i Německo velmi výhodné podmínky pro potenciální majitele ekologických aut. Vláda přispěje 4 000 eur na elektromobil a 3 000 eur na hybridní automobil. Majitel elektromobilu je deset let osvobozen od daně z vlastnictví motorového vozidla.

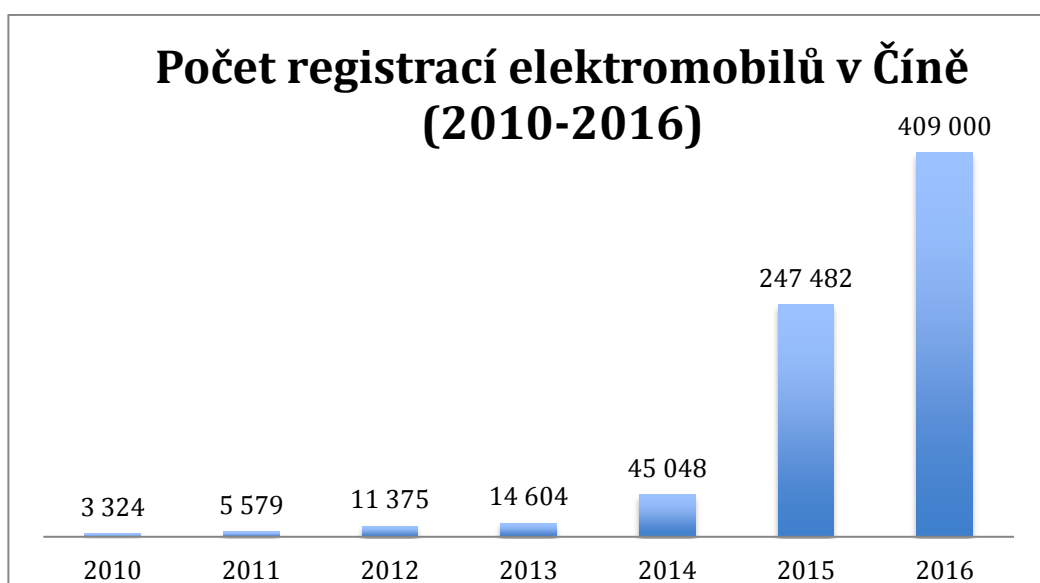
Německá vláda do tohoto programu přispívá 600 milionů eur a stejnou částku přispějí i automobilky. Nárok na tuto podporu budou mít pouze kupci vozidel, jejichž výrobci budou přispívat na dotace a jejichž cena automobilu nepřekročí v základní výbavě 60 000 eur. [45]



Obrázek 22 - Počet registrací elektromobilů ve Německu (2010-2016) [48]

6.2.4 Čína

V Číně se díky velkému nárůstu znečištění ovzduší stala podpora elektromobility skoro nutností. Čínská vláda motivuje k nákupu elektromobilů opačným způsobem než je tomu v evropských státech. Nastavila kvóty pro velká města a jednotlivé provincie. V roce 2021 musí v každém z následujících třech měst, Peking, Tchien-ťin a Šanghaj být uvedeno do provozu 230 tisíc elektromobilů a hybridů. Dalších sedm provincií má podobná kritéria a zbývajících čtrnáct provincií musí splnit kvótu 90 tisíc vozidel. Po splnění těchto limitů si města a provincie zajistí dotaci v hodnotě 7,5 až 200 milionů Juanů (až 766 milionů Kč). [45]

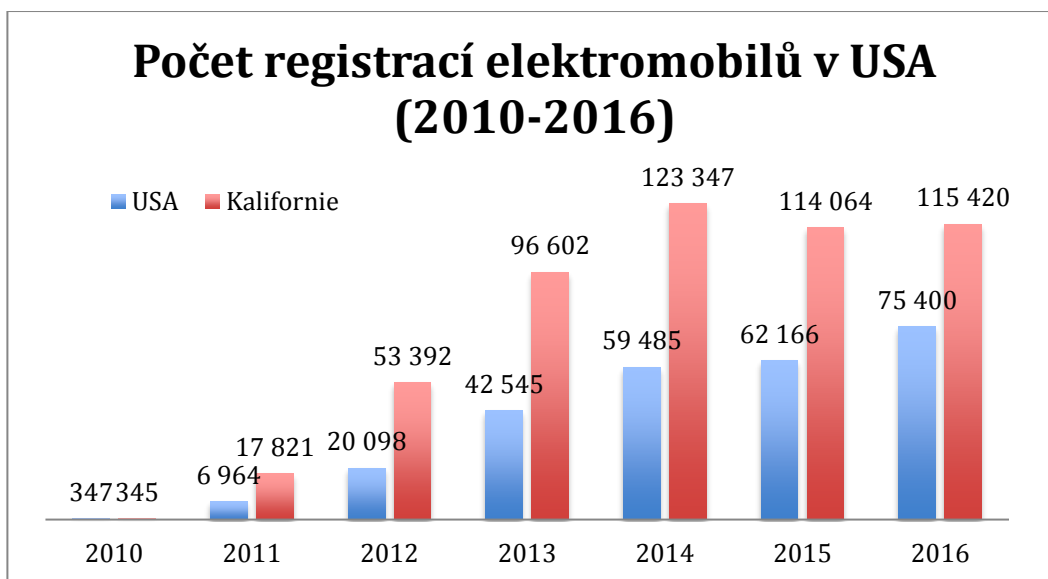


Obrázek 23 - Počet registrací elektromobilů v Číně (2010-2016) [49]

6.2.5 USA

Ve Spojených státech amerických si mohou kupci elektromobilů uplatnit slevu na dani z příjmu až do výše 7 500 dolarů. Jednotlivé státy mají ještě další své vlastní programy na podporu elektromobility. Podpora elektromobility se v USA nezaměřuje pouze přímo na nákup elektromobilů, ale v posledních letech putuje většina státních peněz na granty zaměřující se na vývoj a výrobu baterií.

Kalifornie poskytuje ze všech amerických států nejvyšší dotace na elektromobily, příspěvek činí 2 500 dolarů na jeden elektromobil. To se také nejvíce promítlo v amerických prodejkách. V Kalifornii se v období od roku 2010 do roku 2015 prodalo téměř 200 000 elektromobilů. [45]



Obrázek 24 - Počet registrací elektromobilů v USA (2010-2016) [49]

7 Vliv elektromobilů na distribuční soustavu v České republice

7.1 Úvod do praktické části

Každoroční nárůst počtu elektromobilů provozovaných na našich silnicích s sebou bezesporu přináší vliv na elektrizační soustavu. Nepředpokládá se, že by elektromobily měly v krátkém horizontu vliv na zatížení přenosové soustavy, nicméně na zatížení distribuční soustavy se určité změny projeví. Tyto změny mohou být jak negativní, tak pozitivní.

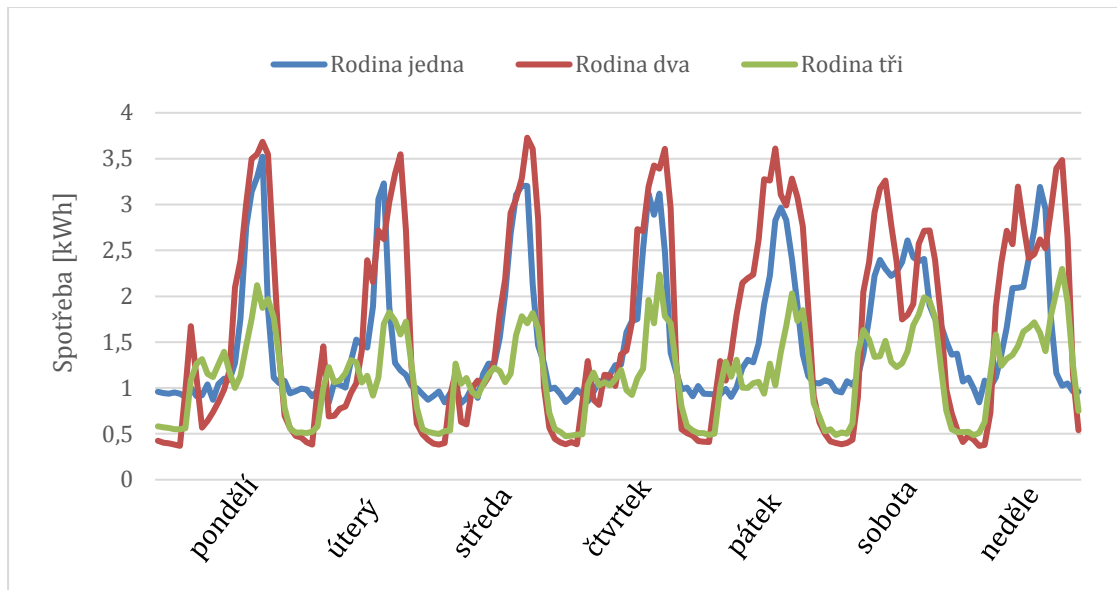
Jedním z očekávaných přínosů je optimální pokrytí diagramu zatížení pomocí nabíjecího režimu 3, který je popsán v kapitole 4.1.3. K tomu by měla pomoci technologie *Vehicle to Grid* (V2G). Tato technologie umožní spotřebitelům elektřiny provozovat individuální energetické uzly, které umožní využití akumulace a případně i navrácení přebytečné elektřiny do sítě. Zařazení technologie V2G tedy umožňuje využívat elektromobily jako velké mobilní zásobárny energie. V malém měřítku lze tento systém popsat tak, že si majitel elektromobilu nabije baterie v levném tarifu a následně ji využije v domácnosti v čase, kdy je tarif vyšší. Ve větším měřítku lze tímto způsobem snížit rozdíl mezi maximálním a minimálním zatížením přenosové soustavy, například ve velkém městě. V současné době již probíhají v Dánsku projekty využívající tuto technologii a v blízké době má následovat Německo a severské země. [30]

Zatímco nabíjecí režim 3 počítá s řízeným efektivním dobíjením, nabíjecí režimy 1 a 2, které jsou v dnešní době velmi využívány, přináší pro distribuční síť negativa. Tato negativa se nejvíce projevují v malém měřítku, jako jsou například obce o několika odběrech. Režimy 1 a 2 umožňují po připojení pouze nabíjení plným výkonem. Po připojení několika elektromobilů ve zmíněné obci může tedy při současném připojení více elektromobilů nastat výrazný nárůst odběru. Jednou z možností, jak tomuto výraznému nárůstu předejít, je využít spínání nabíječky pomocí hromadného dálkového ovládní (HDO). Spínání řídí distributor podle aktuálního zatížení přenosové soustavy a navíc je po sepnutí účtována elektřina v nízkém tarifu.

7.2 Simulace scénáře

Následující scénáře představují simulaci spotřeby pro tři referenční rodiny v případě, že vymění své automobily se spalovacím motorem za elektromobil nebo plug-in hybrid. Dle potřeb rodiny a možností stávajícího domovního jističe budou informace následně vyhodnoceny a doporučen vhodný typ elektromobilu. Scénáře rodin je nutné brát s rezervou vzhledem k tomu, že byly sestaveny hrubým odhadem na základě hodnoty spotřeby a křivky denního zatížení. Dále není z důvodu názornějšího pohledu na zatížení sítě v malém měřítku zohledněna možnost využití veřejných dobíjecích stanic.

Spotřeba všech tří referenčních rodin byla měřena v období od 1. ledna 2016 do 31. prosince 2016 a získána z průběhového měření poskytnutého společností ČEZ. Původní data obsahují čtvrt hodinovou spotřebu domácností. Pro potřeby této práce bude součet čtvrt hodinových spotřeb agregován do hodinových intervalů. Všechny rodiny dle informací od ČEZu elektřinou vaří, ale žádná z nich elektřinu nevyužívá na topení. Pouze jedna rodina elektřinou ohřívá vodu. Z toho důvodu mohla být data zprůměrována z celého roku na jeden týden. Z diagramu průměrné týdenní spotřeby byl vybrán pro simulaci zatížení v případě pořízení elektromobilu den s největší spotřebou všech tří domácností tj. pondělí.



Obrázek 25 - Zprůměrovaná roční spotřeba do jednoho týdne

Dále byly vybrány čtyři automobily, tři elektromobily a jeden plug-in hybrid. Každý z těchto automobilů má jinou kapacitu akumulátoru a jiný příkon při nabíjení. Tyto dva parametry jsou pro simulaci nabíjení nejdůležitější.

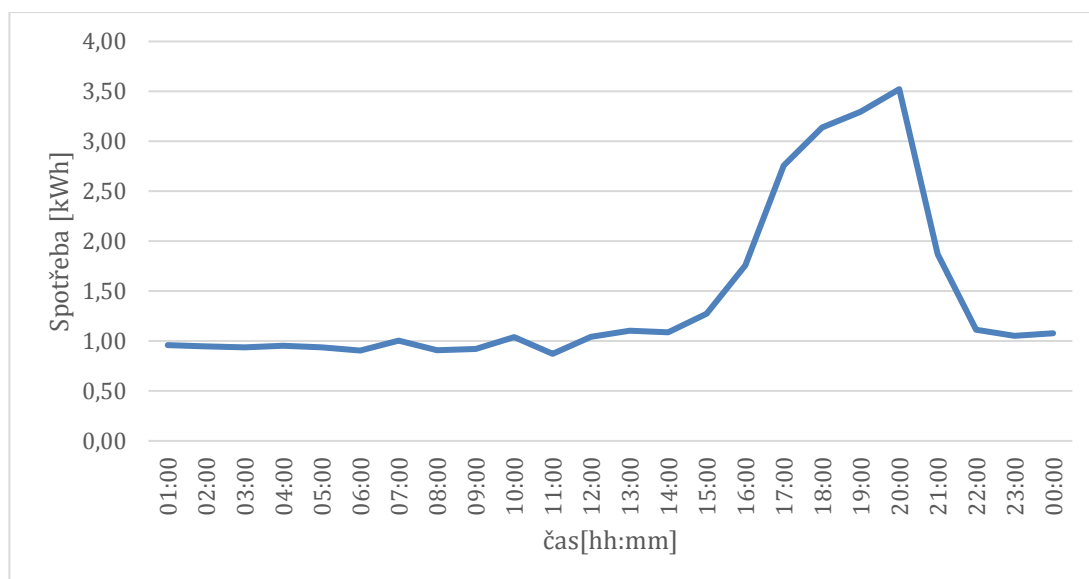
7.2.1 Domovní jistič

Simulace spotřeby počítá s využitím stávajícího jištění. K tomuto kroku bylo přistoupeno z více důvodů. První důvod jsou finanční náklady spojené se změnou jističe. Změna jističe obnáší poplatek ve výši 200 Kč za jednu Ampéru při navýšení jednofázového jističe a 500 Kč za Ampéru při navýšení třífázového jističe. Další výdaje se týkají samotné instalace jističe, kterou musí provádět kvalifikovaná osoba a poté vystavit novou revizi elektroinstalace. Neméně podstatný je i fakt, že s rostoucími nároky na elektrickou síť nastává v mnoha oblastech problém s kapacitou na transformátoru. Žadatel o navýšení jističe v takovém případě nemusí být bezpodmínečně vyhověno. Nastane-li taková situace, má žadatel dvě možnosti. Ponechat si stávající hodnotu domovního jističe nebo zaplatit náklady spojené s navýšením kapacity. Tyto náklady mohou dosáhnout stovek tisíc v případě posílení přívodního kabelu a až milion korun v případě výměny trafo stanice.

7.2.2 Specifikace referenční rodiny 1

První z referenčních rodin má před elektroměrem osazen 16 A jednofázový jistič. Jedná se o dvoučlennou rodinu. Oba členové rodiny vstávají v 7 ráno a ráno nejspíše nesnídají. Z práce se vrací manželka kolem třetí hodiny odpoledne a manžel domů přichází ve čtyři hodiny

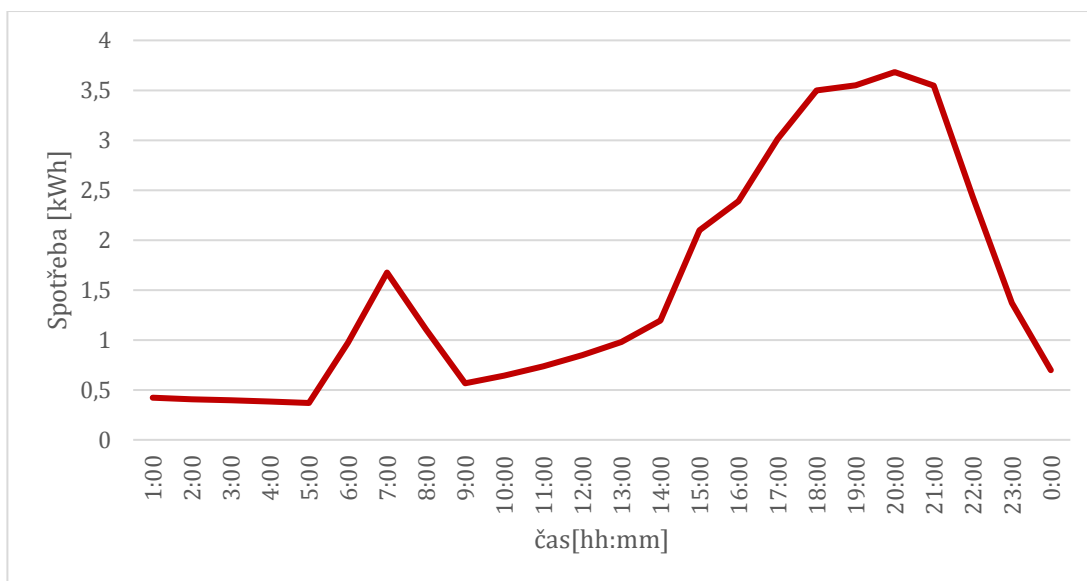
odpoledne. Nárůst odběru je nejvíce zřejmý kolem osmé hodiny večerní. Tato rodina vypíná většinu spotřebičů kolem desáté hodiny večer a poté se odběr ustálí na hodnotě 1 kWh. Pro potřeby dalšího měření vycházíme nadále z předpokladu, že manželka do práce dojíždí autobusem a manžel má sídlo firmy vzdálené 80 km od domova, kam se dopravuje každý den automobilem. Rodina tedy používá pouze jeden automobil.



Obrázek 26 - Pondělní spotřeba referenční rodiny 1

7.2.3 Specifikace referenční rodiny 2

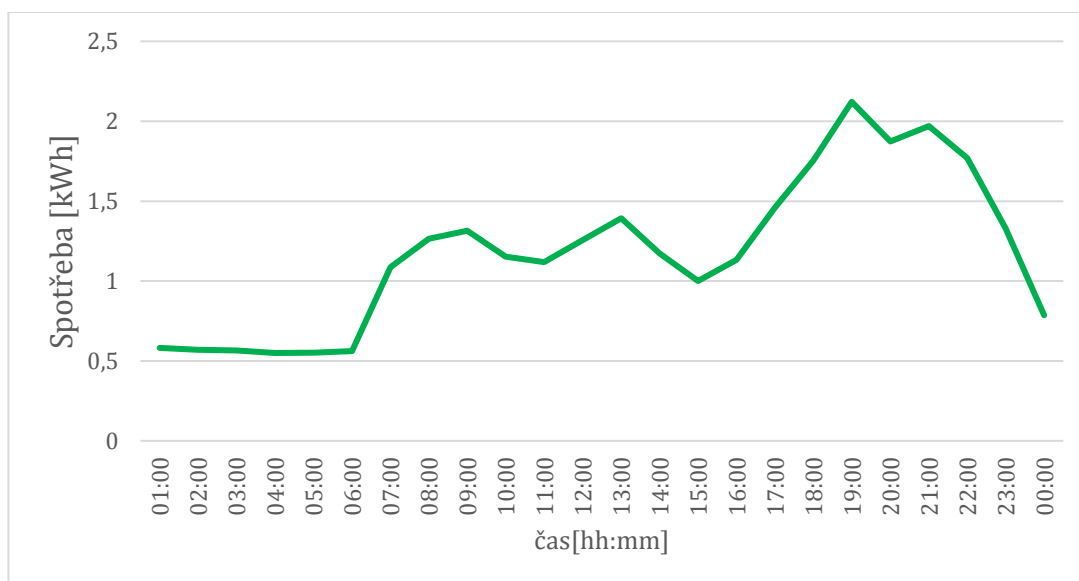
Druhá referenční rodina je čtyřčlenná a jejich hlavní jistič má hodnotu 25 A třífázový. Tato rodina čítá dva dospělé rodiče a dvě děti dospívajícím věku. Rodina využívá elektřinu pro ohřev teplé vody, což se projevuje nárůstem spotřeby mezi pátou a devátou hodinou ranní. Tento nárůst je také způsoben používáním kuchyňských spotřebičů v rozmezí těchto hodin. Členové rodiny se domů postupně vrací mezi třináctou a osmnáctou hodinou. Pro potřeby dalšího měření vycházíme nadále z předpokladu, že oba rodiče potřebují automobil, manželka na příležitostné vyřizování a nákupy v dojezdové vzdálenosti 60 km. Manžel dojíždí každý den do 90 km vzdálené práce a jeho auto se využívá na časté rodinné dovolené.



Obrázek 27 - Pondělní spotřeba referenční rodiny 2

7.2.4 Specifikace referenční rodiny 3

Referenční rodina 3 má hlavní jistič osazený hodnotou 25 A jednofázový. Tato rodina zahrnuje tři členy: manželku, manžela a dítě v předškolním věku. Rodina vstává v šest hodin ráno, což se promítne strmým nárůstem spotřeby. Manžel odjíždí v sedm hodin do práce, manželka odveze dítě do nedaleké školky a poté dělá domácí práce. Kolem sedmnácté hodiny se vrací manžel z práce a spotřeba vzroste na 2,2 kWh. Manžel dojíždí do práce 40 km, ale příležitostně musí do 110 km vzdálené centrály firmy.



Obrázek 28 - Pondělní spotřeba referenční rodiny 3

7.3 Vybrané elektromobily

V následující tabulce jsou uvedeny čtyři vybrané elektromobily včetně důležitých parametrů pro dobíjení. Dále jsou uvedeny možnosti dobíjení a časy jednotlivého dobíjení. Ve všech případech jde o dobíjení na 80 %. K tomu bylo přistoupeno z důvodu, že se baterie na tuto hodnotu mohou nabíjet plným výkonem. Posledních 20 % nabíjení probíhá při sníženém výkonu.

Tabulka 12 - Specifikace pro nabíjení vozu BMW i3

BMW i3	možnosti domácího dobíjení [kW]		80 % kapacity akumulátoru [kWh]	dojezd [km]
	jednofázově 3,6 kW / 7,4 kW	třífázově 11 kW		
dobíjecí proud [A]	16 / 32	16	26,6	300
čas dobíjení [hh:mm]	7:15 / 3:35	2:20		
minimální hodnota domácího jističe [A]	1x20 / 1x40	3x20		

Tabulka 13 - Specifikace pro nabíjení vozu VW e-Golf

Volkswagen e-Golf	možnosti domácího dobíjení [kW]		80 % kapacity akumulátoru [kWh]	dojezd [km]
	jednofázově 3,6 kW	třífázově		
dobíjecí proud [A]	16	x	19,5	190
čas dobíjení [hh:mm]	5:20	x		
minimální hodnota domácího jističe [A]	1x16	x		

Tabulka 14 - Specifikace pro nabíjení vozu Tesla model S

Tesla model S	možnosti domácího dobíjení [kW]		80 % kapacity akumulátoru [kWh]	dojezd [km]
	jednofázově 3,6 kW / 7,4 kW	třífázově 11 kW / 22 kW		
dobíjecí proud [A]	16 / 32	16 / 32	68	430
čas dobíjení [hh:mm]	18:50 / 9:15	6:15 / 3:10		
minimální hodnota domácího jističe [A]	1x16 / 1x40	3x20 / 3x40		

Tabulka 15 - Specifikace pro nabíjení vozu Toyota Prius

Toyota Prius plug-in hybrid	možnosti domácího dobíjení [kW]		80 % kapacity akumulátoru [kWh]	dojezd [km]
	jednofázově 3,3 kW	třífázově		
dobíjecí proud [A]	16 / 32	x	8,8	50
čas dobíjení [hh:mm]	2:20	x		
minimální hodnota domácího jističe [A]	1x16	x		

7.4 Specifikace elektromobilu pro jednotlivé referenční rodiny

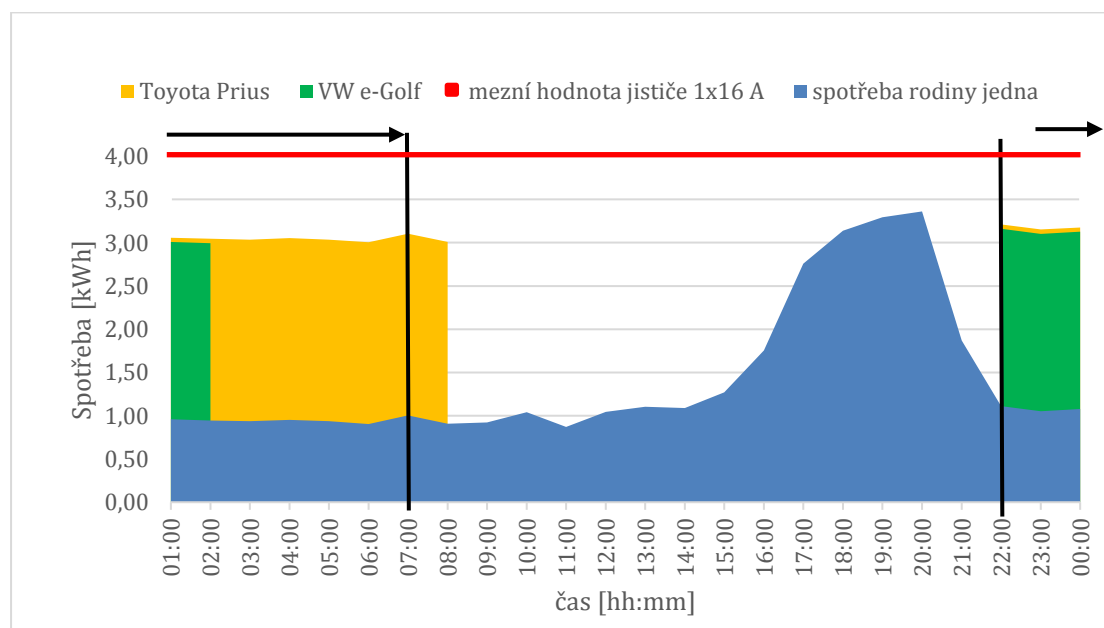
7.4.1 Referenční rodina 1

Na základě dat o spotřebě a definici životního režimu referenční rodiny 1 v kapitole 6.2.2 bude v následujícím odstavci pro rodinu 1 navrženo optimální zatížení. Následně bude rodině 1 doporučen elektromobil odpovídající jejím potřebám. Grafické zobrazení návrhu zatížení pro referenční rodinu 1 je znázorněno na *obrázku 29*.

Jako vhodná doba pro nabíjení byl na základě životního režimu rodiny 1 zvolen čas mezi devátou hodinou večerní a sedmou hodinou ranní, jenž je v grafu zobrazen černě.

Při detailnějším vyhodnocení grafu však vidíme, že si rodina při stávajícím jednofázovém jištění 16 A nemůže dovolit ani nabíjení při výkonu 3,6 kW (jako příklad je v grafu zeleně uvedeno nabíjení VW e-Golf). Tento automobil byl zvolen, protože se nejvíce blíží kapacitou baterie požadovanému dojezdu 160 km stanovenému v kapitole 6.2.2. Při návratu domů by v baterii zůstalo 7 % kapacity. Nabíjení by se díky zbytkové kapacitě baterie zkrátilo o půl hodiny v porovnání s nabíjením z 0 % , při plném výkonu 3,6 kW by byla baterie plně nabitá za necelých 5 hodin.

Problém s nedostatečně velkým jištěním se dá vyřešit několika způsoby. Jedním z možných řešení je pořídit domácí nabíječku, která omezí nabíjecí proud. Jedná se o nabíjení v režimu 3, který je detailněji popsán v kapitole 4.1.3. Nabíječka v režimu 3 dostává informaci o aktuálním zatížení hlavního jističe a podle toho snižuje nebo zvyšuje nabíjecí proud. V případě referenční rodiny 1 by se nabíjecí proud musel snížit minimálně na hodnotu 8 A, což by odpovídalo nabíjecímu výkonu 2 kW. Doba nabíjení VW e-Golf by se prodloužila na necelých deset hodin. Automobil by se na požadovanou kapacitu nabil chvíli po sedmé hodině, což již neodpovídá požadavkům rodiny. V tu dobu manžel odjíždí do práce. Z těchto důvodů byl pro rodinu zvolen jiný elektromobil-Toyota Prius plug-in hybrid. Tento automobil se při nabíjecím výkonu 2 kW nabije za čtyři a půl hodiny a odpovídá tedy lépe požadavkům referenční rodiny 1.



Obrázek 29 - Návrh zatížení referenční rodiny 1

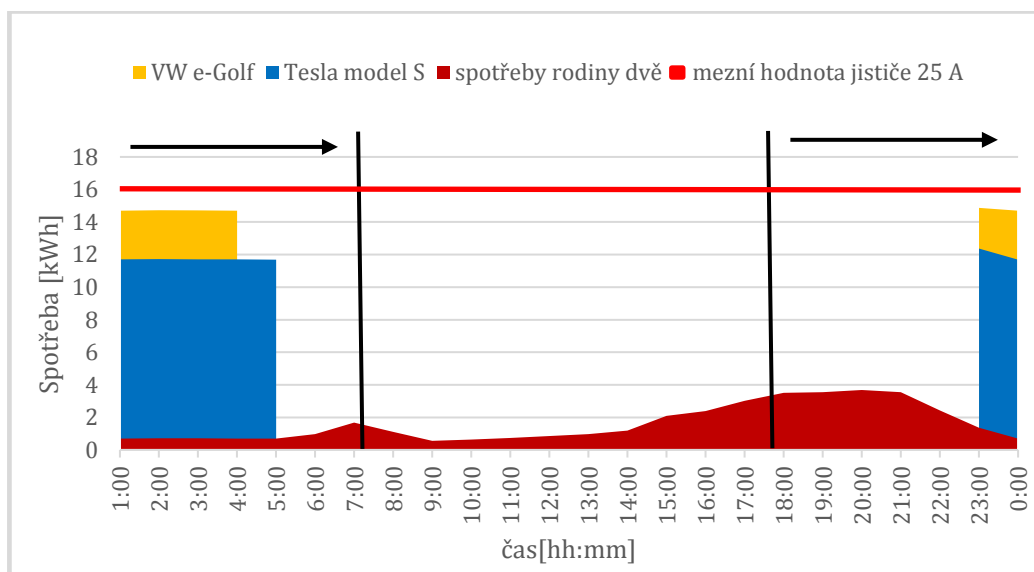
7.4.2 Referenční rodina 2

Druhá referenční rodina má hodnotu hlavního třífázového jističe 25 A, což odpovídá maximálnímu proudovému zatížení jističe 17 kW. Nabíjení proto nebude natolik omezené jako u rodiny 1. Na druhou stranu je nutno vzít v úvahu, že rodina 2 potřebuje za noc nabít

elektromobily dva. Prvním požadavkem na auto manžela je denní nájezd 180 km. Vzhledem k dojezdové vzdálenosti lze z výběru ihned vyřadit elektromobil VW e-Golf. Dalším požadavkem referenční rodiny 2 je, aby automobil bylo možno použít pro účely rodinné dovolené. Tento požadavek nespĺňuje díky malému zavazadlovému prostoru BMW i3. Pro manžela připadá v úvahu jeden z automobilů Tesla model S nebo Toyota Prius plug-in hybrid. Manželka má požadavek na menší automobil s dojezdem do 60 km. Z nabídky čtyř vybraných aut tomuto požadavku nejvíce vyhovuje VW e-Golf.

Na *obrázku 30* je graficky znázorněn návrh zatížení v případě využití automobilů Tesla model S a VW e-Golf. Automobil Tesla je možno nabíjet třífázovým 25 A jističným maximálně výkonem 11 kW. Nabíjení automobilu Tesla je znázorněno modrou barvou a zahájeno kvůli odběru jiných domácích spotřebičů ve 23 hodin. Stejně jako v předchozím případě je při nabíjení vhodné využít režim 3, ve kterém nabíječka spíná v danou hodinu nabíjení sama. V případě Tesly byl předpokládán krajní případ nabití z 0 % na 80 % jelikož se automobil využívá na rodinné dovolené, kde se předpokládá větší nájezd kilometrů. V případě nabíjení plným výkonem 11 kW se automobil nabije za šest hodin a patnáct minut.

U automobilu VW e-Golf je požadován denní dojezd 120 km. Při návratu domů v baterii zbývá 17 % z původních 80 % kapacity. Díky zbytkové kapacitě baterie se nabíjení zkrátí o hodinu a dvacet minut oproti nabíjení z nulové kapacity baterie, tzn. na čtyři hodiny při nabíjení plným výkonem. Vzhledem k omezení hlavního jističe však není možné VW e-Golf plným výkonem nabíjet, což proces prodlouží na pět hodin. Přitom je nutno první hodinu omezit výkon na 2,5 kW a následující čtyři hodiny na 3 kW. Stejně jako při omezení nabíjecího proudu během celé doby nabíjení, je i při nabíjení s proměnlivým proudem nutno využít režim 3.



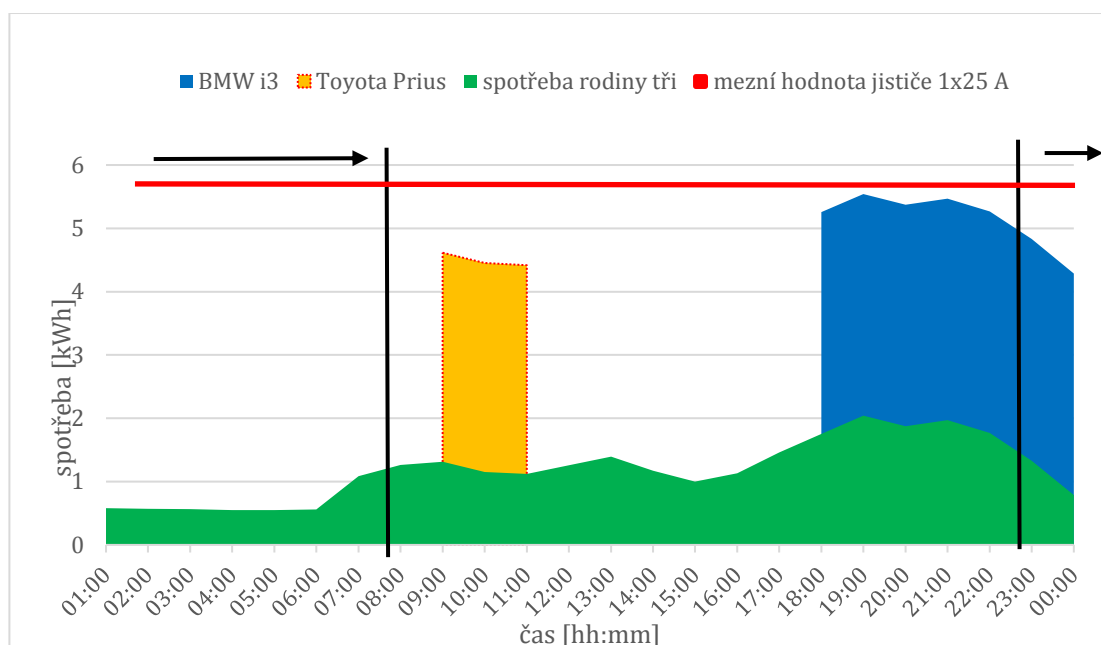
Obrázek 30- Návrh zatížení referenční rodiny 2

7.4.3 Referenční rodina 3

Třetí rodina potřebuje stejně jako druhá rodina dva automobily, hlavní jistič má však pouze 25 A jednofázový. Manžel jezdí kratší vzdálenosti a příležitostně potřebuje ujet 220 km. Z výběru proto nejvíce vyhovuje BMW i3. Při ujetí vzdálenosti 220 km v baterii zůstane 7 % z výchozích 80 %. U jednofázového nabíjení s výkonem 3,6 kW se díky tomu proces nabíjení zkrátí o půl hodiny na celkových šest hodin a čtyřicet minut.

Manželka používá automobil pro cestu do školky a na nákup. VW e-Golf s dojezdem 190 km nabízí pro tyto účely více než dostačující kapacitu. Rodina však využívá automobil často pro cesty do zahraničí a nechce být závislá na veřejných dobíjecích stanicích. Z těchto důvodů byla vybrána Toyota Prius plug-in hybrid.

Dále se rodina rozhodla neinvestovat do nabíjení v režimu 3. Vozidla budou proto nabíjena v režimu 2, tzn. nabíjení začne ihned po připojení automobilu. Jak je znázorněno na *obrázku 31*, manžel připojí BMW i3 po návratu z práce. Díky možnosti využití plného výkonu bude elektromobil nabít za šest hodin a čtyřicet minut. Nabíjení druhého automobilu, vozu Toyota Prius plug-in hybrid, současně s BMW i3 by vedlo k přetížení hlavního jističe. Jelikož je manželka v průběhu dne doma, může automobil připojit v dopoledních hodinách. Automobil nabízí dojezd 50 km, a proto je vzhledem k vyčerpání baterie během většiny cest vhodné počítat s dobíjením baterie z 0 % na 80 %.



Obrázek 31 - Návrh zatížení referenční rodiny 3

8 Dobíjení na stanici EVlink Parkoviště

V rámci bakalářské práce bylo otestováno nabíjení na stanici EVlink Parkoviště od francouzské společnosti Schneider Electric. Seznámení s touto stanicí a změření pulzní šířkové modulace (PWM) proběhlo v prosinci roku 2016 v Univerzitním centru energeticky efektivních budov (UCEEB) v Buštěhradě ve spolupráci s vedoucím práce panem Ing. Petrem Wolfem Ph.D. Změřená data ze závěru cyklu nabíjení BMW i3 byla poskytnuta panem Ing. Leošem Kabátem ze společnosti Schneider Electric.

8.1 Popis nabíjecí stanice EVlink Parkoviště

Nabíječka EVlink je dostupná ve dvou provedeních. První variantou je samostatně stojící box, druhou je nástěnná montáž. Všechny parametry nabíječky se dají nastavit ve webovém prostředí a nabíječku je možno takto i vzdáleně ovládat. Přístup k této dobíjecí stanici se může nastavit jako neomezený nebo regulovaný pomocí čtečky RFID přístupových karet. Nabíječka je schopna nabíjet při dvou výkonech, 7 kW na jednu fázi nebo 22 kW na tři fáze, a umožňuje nabíjení ze dvou zásuvek najednou. Nabíjení z obou zásuvek je možné pouze konektorem Typ 2 (Menneks). [50]

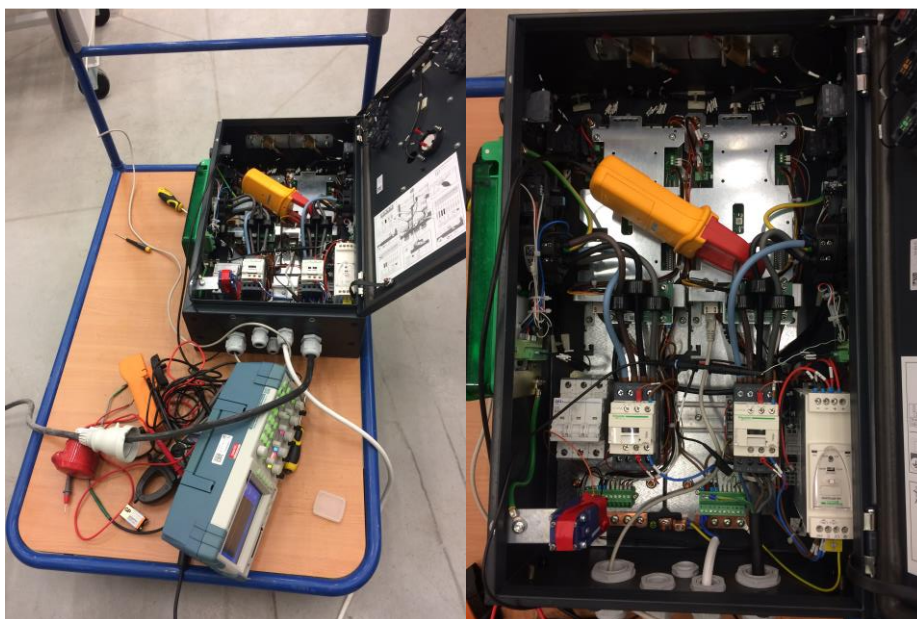


Obrázek 32 - Nástěnná nabíječka EVlink Parkoviště od společnosti Schneider Electric [50]

8.2 Měření procesu nabíjení BMW i3

8.2.1 Měření PWM charakteristiky pro ovládání nabíjení

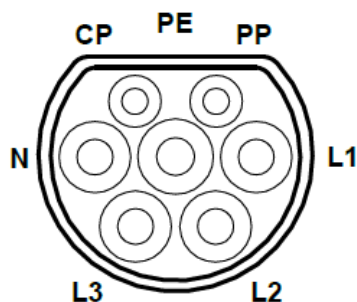
Zde jsou uvedeny dva snímky ze samotného měření v prostorách UCEEB.



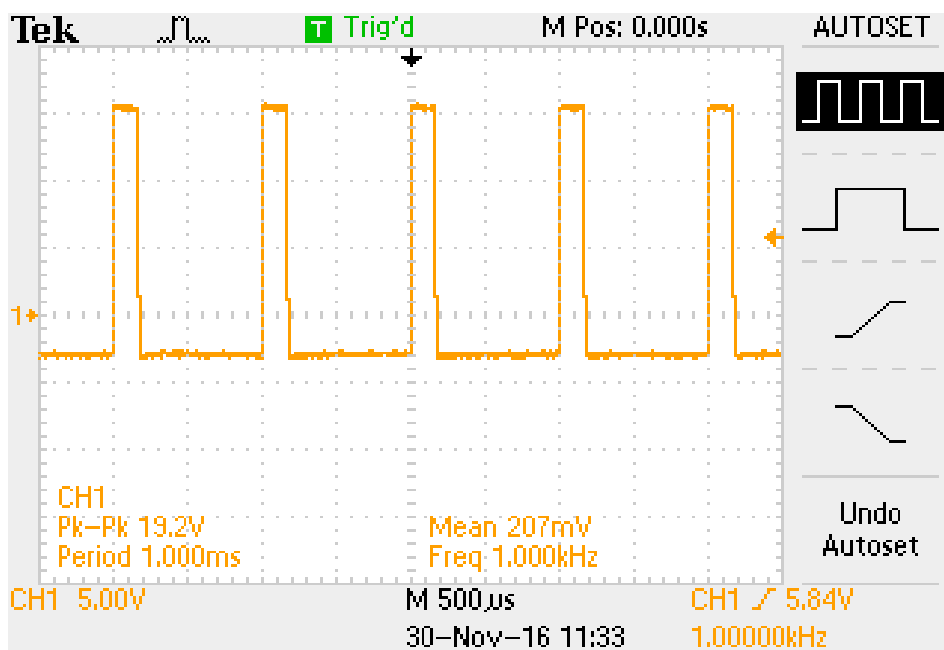
Obrázek 33 - Foto z měření procesu nabíjení BMW i3

Automobil BMW i3 byl ve chvíli připojení nabit na 70 % své kapacity. Měření probíhalo u vozu BMW i3 z roku 2014 s kapacitou baterie 22 kWh. PWM je užita pro řízení výkonu nabíjení vozidla. Jedná se o řídicí signál, který udává palubnímu počítači informaci na jaký relativní výkon může aktuálně zatížit střídavý přívod pro nabíjení. Šířka pulzu udává nabíjecí proud. Čím větší perioda, tím je menší nabíjecí proud. K nabíjení jsou využity celkem dva signály, jejich zapojení je znázorněno na *obrázku 34*.

Signály PP a CP (dle normy IEC 61851-1) slouží jednak k informaci elektromobilu, že je připojeno nabíjecí zařízení (signál PP) a jednak umožňuje řídit nabíjecí proud (signál CP). Můžeme tedy dle okamžitého dostupného výkonu, daného aktuálním zatížením sítě, řídit nabíjecí proud vozidla tak, abychom dosáhli co nejrychlejšího nabití a zároveň nepřekročili maximální odebíraný proud dle hodnoty hlavního jističe. [51]



Obrázek 34 - Zapojení jednotlivých vodičů v nabíjecím konektoru Typ 2 (Mennekes) [51]



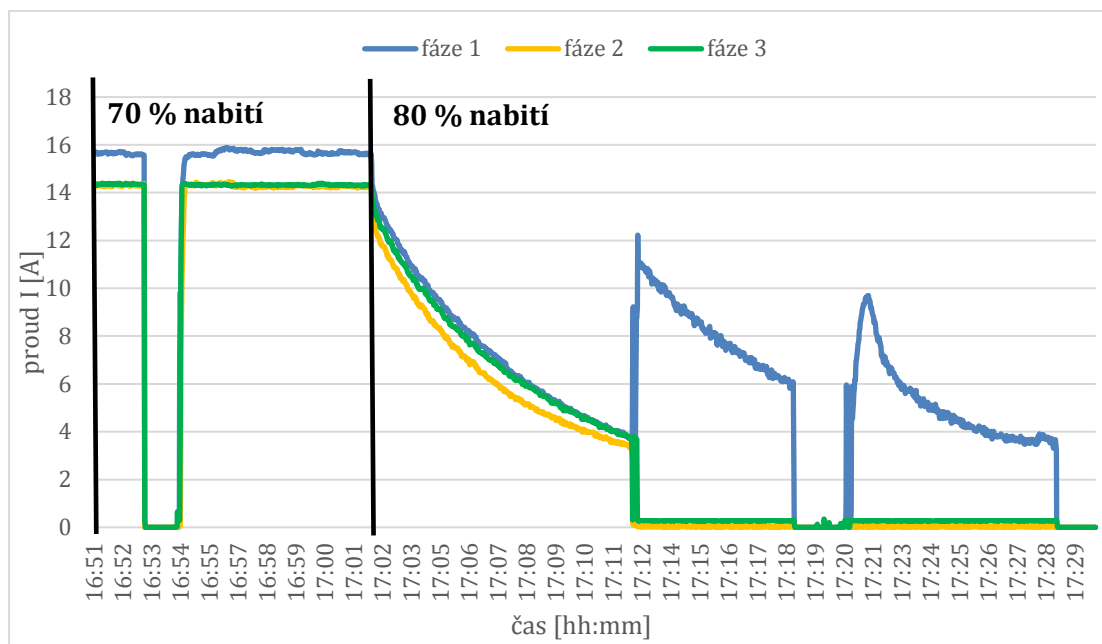
Obrázek 35 - ukázka řídicího signálu z měření osciloskopem během fáze nabíjení BMW i3

8.2.2 Měření procesu nabíjení

Měření probíhalo také na elektromobilu BMW i3, ale na modelu z konce roku 2016, který má již třífázové nabíjení a kapacitu baterie 32 kWh. Změřená data ze závěru cyklu nabíjení BMW i3 byla poskytnuta panem Ing. Leošem Kabátem ze společnosti Schneider Electric.

Kapacita baterie při začátku měření byla na hodnotě 70 %. Nabíjení probíhalo třífázově. Na první fázi byl odběr 16 A a na dalších dvou byl odběr 14 A. Přibližně na 72 % baterie klesl výkon nabíječky na nulu. To může mít dva důvody. Jedním z nich je překročení jednoho z kritických parametrů, kterým je teplota baterie. Automobil dá pomocí PWM signál k zastavení nabíjení a klesne-li teplota na požadovanou hodnotu, nabíjení se znovu sepne.

Druhý, pravděpodobnější důvod, bude odpojení nabíjení ke změření napětí na bateriích. Po dosažení 80 % začne proud na všech třech fázích klesat. Závěr nabíjení probíhá jen na jedné fázi, jak je znázorněné v následujícím grafu.



Obrázek 36 - Proces nabíjení BMW i3-2016

9 Závěr

Přestože počet registrovaných elektromobilů začátkem dvacátého století překračoval počet registrovaných vozidel se spalovacím motorem, upadla elektromobilita díky vynálezu startéru krátce nato téměř v zapomnění. Nový impuls dostal vývoj elektromobilů až v posledních letech díky silícím snahám o ochranu životního prostředí, které s sebou přináší neustále více omezení pro automobily se spalovacími motory.

V případě výměny auta se spalovacím motorem za elektromobil je však nutno zvážit několik klíčových faktorů. Jak ukázala praktická část práce na příkladu referenčních rodin, hlavní roli hraje kapacita domovního jističe. Analýza dat referenčních rodin ukázala, že stávající hlavní jističe nejsou ve většině případů dimenzované pro nabíjení elektromobilů za využití plného výkonu. Jedním z možných řešení je nabíjení při nižším výkonu. Takové nabíjení však vyžaduje instalaci stanice regulující nabíjení, jež umožňuje individuální nastavení výkonu dle aktuálního zatížení domovního jističe. Druhou alternativou je navýšení kapacity hlavního jističe. Ať už se tedy spotřebitel rozhodne pro kterékoliv řešení, je nutno si uvědomit, že koupě elektromobilu přinese i dalšími počáteční investice.

Citovaná literatura

- [1] „První elektromotory a elektromobily na světě se datují od roku 1834,“ 4 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.inuru.com/index.php/planeta/mezniky-vedy/468-historie-elektromobil->.
- [2] „The history of the Group,“ duben 2017. [Online]. Dostupné z: <https://www.groupe-psa.com/en/automotive-group/history/>.
- [3] M. J. Vegr, „Elektromobily-historie a současnost,“ duben 2015. [Online]. Dostupné z: <http://www.pro-energy.cz/clanky7/3.pdf>.
- [4] „Zašlapané projekty,“ duben 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10209988352-zaslapane-projekty/409235100061017-prvni-byla-ema/>.
- [5] „AUTOECO.CZ EMA jezdila na elektrickou energii,“ 11 2013. [Online]. Dostupné z: <http://www.autoeco.cz/ema>.
- [6] „PROČ ELEKTROMOBIL,“ 2015. [Online]. Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz/pro%C4%8D-elektromobil-4>.
- [7] „BMW,“ 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.autoblog.com/buy/2017-BMW-i3/photos/>.
- [8] „BMW,“ 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.bmw.cz/cs/all-models/bmw-i/i3/2016/dojezd-nabijeni.html>.
- [9] „Hybrid,“ 2016 leden. [Online]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/hyundai-ioniq-prvni-podrobnosti-fotky>.
- [10] redakce, „Hybrid,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/hyundai-ioniq-prvni-podrobnosti-fotky>.
- [11] „vw-model golf 7,“ 2016. [Online]. Dostupné z: http://www.vw.com/hk/en/models/golf_7/trimlevel_overview.s9_trimlevel_detail.suffix.html/golf~2Fe-golf.html.

- [12] „Nissan,“ 2016. [Online]. Dostupné z: <http://www.nissan.ca/en/electric-cars/leaf/colours-photos/#!>.
- [13] Nissan, „Verze a technické údaje,“ 2017. [Online]. Dostupné z: <https://www.nissan.cz/vozidla/nova-vozidla/leaf/cenove-specifikace.html>.
- [14] „Consumerreports,“ 2016. [Online]. Dostupné z: <http://www.consumerreports.org/cro/tesla-model-s.htm>.
- [15] P. Miler, „Tesla Model S má teď až 773 k a „směšný“ mód. Stovka? Za 2,8 s,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/predstaveni/tesla-model-s-ma-ted-az-773-k-a-smesny-mod-stovka-za-2-8-s/>.
- [16] J. Horčík, „plný hybrid,“ listopad 2009. [Online]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/plny-hybrid>.
- [17] Toyota, „Toyota europe,“ 2017. [Online]. Dostupné z: <https://www.toyota-europe.com/new-cars/yaris/yaris-2017>.
- [18] „TYPES OF PLUG-IN ELECTRIC VEHICLES,“ [Online]. Dostupné z: <https://www.nap.edu/read/21725/chapter/4>.
- [19] T. Jirka, „Hybridní systémy pro pohon automobilů,“ září 2015. [Online]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/elektromobilita/hybridni-systemy-pro-pohon-automobilu/>.
- [20] 2016. [Online]. Dostupné z: <http://www.motortrend.com/cars/toyota/prius-plug-in/2015/>.
- [21] „toyota prius-plug-in Model Overview,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-prius-prime-plug-in-hybrid-udavanou-spotrebou-1-4-1-100-km-93936>.
- [22] „Let's imagine the new possible,“ 2017. [Online]. Dostupné z: <https://www.toyota.com/priusprime/>.
- [23] „Energy Density and Battery Chemistry,“ 2015. [Online]. Dostupné z: <https://www.nap.edu/read/21725/chapter/4#23>.
- [24] „Li-ion vs. LiFePO4 aneb proč vyrábíme Li-ion baterie,“ duben 2017. [Online]. Dostupné z: <https://www.e-pohon.cz/e-pohon/13-Proc-vyrabime-Li-ion-baterie>.
- [25] J. KAMEŠ, Alternativní pohon automobilů, 2005.

- [26] „Types of Lithium-ion,“ 30 listopad 2016. [Online]. Dostupné z: http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion.
- [27] „AC Level 1 Charging,“ 2015. [Online]. Dostupné z: <https://www.nap.edu/read/21725/chapter/4#30>.
- [28] S. electric, „Připojení systému k nabíjecí stanici,“ 2016. [Online]. Dostupné z: http://www.smartev.cz/wp-content/uploads/2017/02/Schneider_teorie.pdf.
- [29] M. Nikowitz., Advanced Hybrid and Electric Vehicles, Springer, 2016.
- [30] „Vehicle-To-Grid: V Dánsku budou elektromobily poskytovat regulační energii pro provozování distribuční sítě,“ zaří 2016. [Online]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2016092301/vehicle-to-grid-v-dansku-budou-elektromobily-poskytovat-regulacni-energii-pro-provozovani-distribucni-site>.
- [31] 2016. [Online]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/p/227/phoenix-contact-nabijeci-kabel-druhe-generace-typ2-typ1-32a>.
- [32] „DC Fast Charging,“ 2015. [Online]. Dostupné z: <https://www.nap.edu/read/21725/chapter/4#32>.
- [33] „Have an Electric Car? Here’s Some Charging Basics,“ 2015. [Online]. Dostupné z: <http://www.bodykraft.co.uk/have-an-electric-car-heres-some-charging-basics/>.
- [34] [Online]. Dostupné z: <http://gas2.wpengine.com/wp-content/uploads/2012/10/combo-plug.jpg>.
- [35] O. Kolková, „ČR má 248 dobíjecích stanic pro elektromobily, chystají se další,“ 2016. [Online]. Dostupné z: <http://cdr.cz/clanek/cr-ma-248-dobijecich-panic-pro-elektromobily-chystaji-se-dalsi>.
- [36] „Dobíjení na cestách,“ 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.elektromobilita.cz/cs/dobijeni-na-cestach.html>.
- [37] „Mapa dobíjecích stanic,“ 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.elektromobilita.cz/cs/mapa-dobijecich-panic.html>.
- [38] „Jak se stát zákazníkem,“ 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.elektromobilita.cz/cs/jak-se-stat-zakaznikem.html>.

- [39] „Mapa dobíjecích stanic PRE,“ 2017. [Online]. Dostupné z:
<https://www.premobilita.cz/cs/nabijeni/#prettyPhoto/0/>.
- [40] „Podmínky nabíjení vozidel,“ 2017. [Online]. Dostupné z:
<https://www.premobilita.cz/cs/nabijeni/podminky-nabijeni-vozidel/>.
- [41] L. Kreč, „Hospodářské noviny: Na podporu elektromobilů půjde letos přes 200 milionů korun,“ 2017. [Online]. Dostupné z:
http://www.mzp.cz/cz/articles_160506_Hospodarske_noviny_elektromobily_.
- [42] „100 milionů pro obce a kraje na ekologická auta. Ministr Brabec zahájil příjem žádostí a podepsal memorandum s výrobcí aut, plynaři a energetiky,“ 2016. [Online]. Dostupné z:
http://www.mzp.cz/cz/news_161110_vyzva_auta.
- [43] 2016. [Online]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar.
- [44] „Výzva I programu podpory NÍZKOUHLÍKOVÉ TECHNOLOGIE,“ 2016. [Online].
Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument170517.html>.
- [45] „Electric car use by country,“ 6 duben 2017. [Online]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country.
- [46] [Online]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country#/media/File:EV_Registrations_France_2010_2013.png.
- [47] [Online]. Dostupné z:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/Registrations_EVs_Norway_2004_2013.png.
- [48] [Online]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country#/media/File:PEV_Registrations_Germany_2010_2014.png.
- [49] [Online]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country#/media/File:PEV_Registrations_China_from_2011.png.
- [50] E. parkoviště, 2017. [Online]. Dostupné z: <http://www.schneider-electric.cz/cs/product-range/60850-evlink-parkoviste/?parent-category-id=1800>.

[51] T. a.s., „Ovládej svůj dům!“, Havlíčkova 260, 280 58 Kolín, 2016.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Citroën TUB Electrique [1].....	3
Obrázek 2 - Elektromobil BMW i3-2017 [7].....	5
Obrázek 3 - Elektromobil Hyundai Ioniq-2016 [9].....	5
Obrázek 4 - Elektromobil VW e-Golf-2016 [11].....	6
Obrázek 5 - Elektromobil Nissan Leaf-2017 [12].....	6
Obrázek 6 - Elektromobil Tesla model S-2016 [14].....	7
Obrázek 7 - Plný hybrid-Toyota Yaris-2017 [17].....	8
Obrázek 8 - Plug-in hybrid Toyota Prius-2016 [20].....	9
Obrázek 9 - Možnost předávání energie na hnací nápravu-sériově [19].....	10
Obrázek 10 - Možnost předávání energie na hnací nápravu-paralelně [19].....	11
Obrázek 11 - Porovnání hustoty energie v různých typech Lithiových baterií [26].....	14
Obrázek 12 - Konektor na nabíjení elektromobilu - Typ 1 [31].....	17
Obrázek 13 - Konektor na nabíjení elektromobilu - Typ 2 [31].....	17
Obrázek 14 - Konektor na nabíjení elektromobilu-CHAdeMO [33].....	18
Obrázek 15 - Konektor na nabíjení elektromobilu - Combo1 [34].....	18
Obrázek 16 - Konektor na nabíjení elektromobilu-Combo2 [31].....	19
Obrázek 17 - Mapa běžných dobíjecích stanic společnosti ČEZ - 2017.....	20
Obrázek 18 - Mapa běžných rychlodobíjecích stanic společnosti ČEZ - 2017 [37].....	20
Obrázek 19 - Mapa dobíjecích stanic společnosti PRE - 2017 [39].....	21
Obrázek 20 - Počet registrací elektromobilů ve Francii (2010-2016) [46].....	24
Obrázek 21 - Počet registrací elektromobilů v Norsku (2010-2016) [47].....	25
Obrázek 22 - Počet registrací elektromobilů ve Německu (2010-2016) [48].....	25
Obrázek 23 - Počet registrací elektromobilů v Číně (2010-2016) [49].....	26
Obrázek 24 - Počet registrací elektromobilů v USA (2010-2016) [49].....	27
Obrázek 25 - Zprůměrovaná roční spotřeba do jednoho týdne.....	29
Obrázek 26 - Pondělní spotřeba referenční rodiny 1.....	30
Obrázek 27 - Pondělní spotřeba referenční rodiny 2.....	31
Obrázek 28 - Pondělní spotřeba referenční rodiny 3.....	31
Obrázek 29 - Návrh zatížení referenční rodiny 1.....	34
Obrázek 30 - Návrh zatížení referenční rodiny 2.....	35

Obrázek 31 - Návrh zatížení referenční rodiny 3	36
Obrázek 32 - Nástěnná nabíječka EVlink Parkoviště od společnosti Schneider Electric [50] ...	37
Obrázek 33 - Foto z měření procesu nabíjení BMW i3	38
Obrázek 34 - Zapojení jednotlivých vodičů v nabíjecím konektoru Typ 2 (Mennekes) [51]	39
Obrázek 35 - ukázka řídicího signálu z měření osciloskopem během fáze nabíjení BMW i3....	39
Obrázek 36 - Proces nabíjení BMW i3-2016.....	40

Seznam tabulek

Tabulka 1-Technická specifikace elektromobilu BMW i3-2017 [8]	5
Tabulka 2-Technická specifikace elektromobilu Hyundai Ioniq-2016 [10]	5
Tabulka 3-Technická specifikace elektromobilu VW e-Golf-2016	6
Tabulka 4-Technická specifikace elektromobilu Nissan Leaf -2017 [13]	7
Tabulka 5-Technická specifikace elektromobilu Tesla model S-2016 [15].....	7
Tabulka 6-Technická specifikace Hybridu Toyota Yaris-2017	9
Tabulka 7-Technické specifikace plug-in hybridu Toyota Prius-2016 [21] [22].....	9
Tabulka 8-Porovnání základních parametrů akumulátorů využívaných v elektromobilu [25]	12
Tabulka 9-Porovnání doby nabíjení při různém výkonu nabíjení [28]	15
Tabulka 10-Ceny dobíjení u společnosti PRE-2017	22
Tabulka 11-Výše dotace na podporu elektromobility od MZP-2016 [43].....	23
Tabulka 12-Specifikace pro nabíjení vozu BMW i3.....	32
Tabulka 13-Specifikace pro nabíjení vozu VW e-Golf.....	32
Tabulka 14-Specifikace pro nabíjení vozu Tesla model S	33
Tabulka 15-Specifikace pro nabíjení vozu Toyota Prius	33