

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



DIPLOMOVÁ PRÁCE

HODNOCENÍ INVESTICE PODNIKU DO ELEKTROMOBILITY  
Evaluation of the company's investment in electromobility

AUTOR: Jáchym Jarník  
STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství  
VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. Michal Kavan, CSc.

PRAHA 2021

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Jarník** Jméno: **Jáchym** Osobní číslo: **458421**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**  
Studijní program: **Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení a ekonomika podniku**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Hodnocení investice podniku do elektromobility**

Název diplomové práce anglicky:

**Evaluation of the company's investment in electromobility**

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod a cíle práce.
2. Teoretická část – elektromobily, nabíjení – charakteristika, přínosy a úskalí.
3. Praktická část – vyhodnocení investice do elektromobilů, nalezení a nastavení vhodných standardů pro nabíjení elektromobilů firemní flotily.
4. Závěr a zhodnocení práce.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Frivaldský Michal: Elektromobilita, EDIS 2020, ISBN 9788055415987.  
[2] FOTR, J. a I. SOUČEK. Investiční rozhodování a řízení projektů. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3293-0.  
[3] J. VALACH A KOL. Investiční rozhodování a dlouhodobé financování 2010, Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-71-2.  
[4] HANA SCHOLLEOVÁ. Jak hodnotit investiční záměry a řídit podnikové investice. Grada Publishing 2009. ISBN 978-80-247-2952-7.  
[5] MUNEER, KOHLE & DOYLE. Electric Vehicles: Prospects and Challenges 2017. ISBN 978-0-12-803021-9.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**doc. Ing. Michal Kavan, CSc., ústav řízení a ekonomiky podniku FS**

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

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **23.07.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **28.02.2022**

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Michal Kavan, CSc.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne: 21. 5. 2021

.....  
Podpis

## Anotace

Cílem této diplomové práce na téma „hodnocení investice podniku do elektromobility“ je objasnit pojem elektromobilita. V rámci tohoto tématu se v teoretické části budu zabývat přínosy modernizace automobilové dopravy, ale také jejich úskalími, které jsou nedílnou součástí tohoto pokroku. Součástí teoretické části by mělo být i zaměření se na technickou část nabíjecích stanic elektromobilů a jejich optimalizaci. V praktické části dojde k vyhodnocení investice do elektromobilů pro konkrétní podnik a nalezení optimálních podmínek, za kterých by se tato investice realizovala.

## Klíčová slova

Elektromobilita, nabíjecí stanice, optimalizace, metody hodnocení investice a jejich vyhodnocení.

## Annotation

The aim of this diploma thesis on the topic "evaluation of the company's investment in electromobility" is to clarify the concept of electromobility. Within this topic, in the theoretical part, I will deal with the benefits of this modernization of road transport, but also their pitfalls, which are an integral part of this progress. Part of the theoretical part should be the focus on the technical part of charging stations of electric cars and their optimization. The practical part will evaluate the investment in electric cars for a particular company and find the optimal conditions under which this investment would be realized.

## Keywords

Electromobility. charging stations, optimization, investment evaluation methods and their evaluation.

## Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Michalovi Kavanovi, CSc. za vedení práce a jeho rady, které mi v průběhu zpracovávání poskytl. Další osobou podílející se na této práci je Ing. Stanislav Hes ze společnosti ČEZ distribuce, který mi poskytl podporu a informace ohledně technických parametrů elektromobilů a nabíjecích stanic. Mé díky rovněž patří přátelům a přítelkyni, za jejichž podpory tato práce vznikala.

## Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>ELEKTROMOBILITA</b> .....	<b>9</b>
POJEM ELEKTROMOBILITA .....	9
HISTORIE .....	10
OČEKÁVANÉ SCÉNÁŘE .....	11
TYPY ELEKTROMOBILŮ .....	16
<i>Elektromobil na baterie (BEV)</i> .....	16
<i>Plug-in hybrid (PHEV)</i> .....	17
<i>Elektromobil s palivovými články (FCEV)</i> .....	17
<i>Hybridní elektromobil (HEV)</i> .....	17
<i>Elektromobil s rozšířeným dojezdem (EREV)</i> .....	19
KLADY A ZÁPORY ELEKTROMOBILŮ .....	19
<i>Náklady</i> .....	20
SROVNÁNÍ CEN EV PRO ČESKÝ TRH .....	25
RIZIKA SPOJENÁ S EV .....	26
AKTUÁLNĚ .....	27
<b>DOBÍJECÍ STANICE</b> .....	<b>30</b>
INFRASTRUKTURA .....	31
DOBÍJENÍ STŘÍDAVÝM A STEJNOSMĚRNÝM PROUDEM .....	33
<i>Dobíjení střídavým proudem</i> .....	33
<i>Dobíjení stejnosměrným proudem</i> .....	34
<i>Role battery managementu</i> .....	37
<i>Baterie</i> .....	39
<i>Nabíjecí konektory</i> .....	41
ALTERNATIVY DOBÍJENÍ .....	44
BENEFITY ELEKTROMOBILŮ .....	44
DISTRIBUČNÍ SÍŤ .....	45
<b>OPTIMALIZACE</b> .....	<b>46</b>
DOPADY DOBÍJENÍ NA SUBJEKTY, KTERÉ PODPOŘÍ EV FIREMNÍ FLOTILU .....	48
OPTIMALIZACE NA ODBĚRNÉM MÍSTĚ .....	49
<i>Dodavatel elektřiny</i> .....	49
<i>Pilotní projekt ČEZ Distribuce</i> .....	50
<i>Lokální řídicí systém zákazníka</i> .....	51
<i>Centrální systémové řízení (load management)</i> .....	51
<b>HODNOCENÍ INVESTIC</b> .....	<b>55</b>
STATICKÉ METODY .....	55
DYNAMICKÉ METODY .....	56
<i>Nákladová kritéria</i> .....	56
CAPEX A OPEX .....	56
<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>58</b>

HODINOVÝ MANŽEL S.R.O. ....	59
<i>Sídlo společnosti</i> .....	59
<i>Hierarchie v podniku</i> .....	59
AKTUÁLNÍ SITUACE VOZOVÉHO PARKU .....	60
NOVÝ VOZOVÝ PARK .....	61
IMPLEMENTACE EV .....	64
ŘÍDÍCÍ SYSTÉM .....	65
<i>Řízení výkonu el. sítě</i> .....	67
HODNOCENÍ INVESTIC.....	74
DYNAMICKÉ METODY.....	74
NÁKLADOVÁ KRITÉRIA.....	74
<i>Průměrné roční náklady</i> .....	74
<i>Diskontované roční náklady</i> .....	75
<i>Komparace celkových nákladů jednotlivých variant</i> .....	76
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>81</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>82</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>86</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>89</b>



## ÚVOD

Hodnocení investice je velmi důležitým faktorem pro vytváření konkurenceschopného prostředí. Touto metodou jsme schopni v tržním prostředí držet krok s ostatními podniky případně je předběhnout a získat si tak konkurenční výhodu. Investice jsou totiž pokaždé vložené finanční prostředky a cílem je finanční výnos, efekt, který vede k již zmíněné konkurenceschopnosti. Pokud cílem hodnocení je zisk tak máme zjednodušenou práci v tom, že je jasné co se měří – zisk. V realitě je hodnocení investic těžší a to z důvodu toho, že není vidět přímý finanční výsledek na první pohled. Takovéto investice mohou být například vzdělávání zaměstnanců, zlepšování kvality apod. Hodnocení investic může probíhat řadou metod. U finančních výsledků neboli budoucích příjmů jsou metody založené na plánu. Velký důraz je tedy kladen na plán, který musí být reálný. Důležité jsou hodnoty vstupující do finanční kalkulace, znalosti cílového trhu, konkurence, tržního potenciálu. Tyto kroky vedou ke zhodnocení, zda jsou plánované výnosy reálné či nikoli. Metody hodnocení investic dělíme na statické a dynamické. Metody budou dále rozvedeny v teoretické části této práce.

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit investici do elektromobilu s nastavením standardů nabíjecí stanice. Ke splnění uvedeného cíle práce byly zvoleny tyto postupné kroky:

- *v teoretické části vysvětlit základní informace o elektromobilitě a nastavení standardů při nabíjení elektromobilů, metody hodnocení investice.*
- *zjištění počátečního stavu podniku, velikost investice*

Zaměřit se na druhy elektromobilů a jejich pozitivní přínosy pro společnost, ale také neopomenout ty negativní, které se nedají zanedbat. Zhodnotit různé typy nabíjení, jakým způsobem lze nastavit nabíjení firemní flotily při ideálních podmínkách případně jaké změny musí nastat v elektrické síti podniku, aby se daly podmínky splnit.

- *Aplikace metod hodnocení investice, které jsou uvedeny v teoretické části práce*

V praktické části dojde k aplikování teoretických znalostí z této práce. Jedná se především o aplikaci metod hodnocení investice a nastavení standardů potřebných pro optimální nabíjení firemní flotily elektromobilů

V závěru práce jsou shrnuty zjištěné výsledky. Součástí závěru je zhodnocení naplnění cíle práce.

# TEORETICKÁ ČÁST

## ELEKTROMOBILITA

### Pojem elektromobilita

Elektromobilita je moderní pojem z velmi perspektivní oblasti rozvíjející se mobility, ale také i přenosových soustav, jejich distribučních sítí a dalších souvisejících věcí. Elektromobilita je velmi široký pojem, kterým je myšlen i směr. V rámci tohoto směru se přemýšlí o klimatických změnách, znečišťování ovzduší a také změna využití fosilních paliv. Je důležité také dbát na rozvoj energetických sítí, který je s tímto směrem úzce spjat. [1]

V dřívějších dobách byl elektromobil hlavním prostředkem způsobu dopravy až do té doby, než začaly převažovat automobily se spalovacím motorem. Nyní v době řešení ekologie a dopadu znečištění ovzduší na naši planetu se vracíme zpět k elektromobilům. Technologie tohoto automobilu má i svoje negativa, mezi které patří zejména dojezdová vzdálenost, která může být velmi omezující. Z počátku se zde také vyskytovali problémy s haváriemi a řešením hořících autobaterií, které se jen těžko likvidují. Technologie elektromobilů se vrací zpět a má za cíl nahradit vozidla se spalovacím motorem. [3]

Elektromobilem rozumíme vozidlo, které je poháněno elektrickou energií. Elektrické vozidlo, označujeme „EV“, je poháněno elektrickou energií z baterie, která je nabíjena pomocí dobíjecí stanice elektrickou energií, případně lokálně vyrobenou elektrickou energií. Snahou EV je využívat obnovitelné zdroje energie, což vede ke snížení emisí v ovzduší. [2]

Po technické stránce je vozidlo řešeno velmi podobně jako vozidlo se spalovacím motorem. Pro chod motoru je zde potřeba palivo, které u běžného automobilu je například benzín či nafta, u EV je nutná elektrická energie. Nejčastější variantami dobíjení jsou wallboxy, ze kterých je napájen střídavým proudem nebo pomocí domácí zásuvky, která je spíše nouzová možnost.

## Historie

Počátky EV začínají v 30. letech 19. století. V roce 1828 A. Jedlík přišel s prvním modelem elektromotoru. Prvním využitelný elektromotor byl sestaven roku 1934 v Rusku. Později na konci 30. let bylo postaveno i první EV skotským obchodníkem Robertem Andersonem. Prvním silničním vozidlem se v roce 1899 stal elektromobil Belgičana Camilla Jenatzyho, které překonalo 100 km/h. V roce 1902 se objevuje EV Torpédo KID, které dosáhlo rychlosti 170 km/h. Přestože v té době již existovaly automobily se spalovacím motorem tak žádné z nich nedokázalo vyvinout tuto rychlost. Jako první Čech se touto problematikou zabýval Ing. František Křížík, který se roku 1895 zasloužil o postavení svého prvního elektromobilu poháněným elektromotorem o výkonu 3,6 kW. [1] [2]



obrázek 1 - První elektromobil v roce 1844, zdroj: StuffWorks

V roce 1916 se objevuje hybridní automobil, který je poháněn spalovacím i elektrickým motorem. V dřívějších dobách EV měla výhody - nižší hluk a zápach, které si v dnešní době dokážeme jen těžko představit. Další výhodou byla absence řazení, což vyhovovalo mnoha lidem. [2]

Ve Spojených státech se v roce 1900 objevovalo až o třetinu více elektromobilů než vozidel se spalovacím motorem. S postupem času s rozšiřující se silniční sítí bylo třeba vyšší dojezdové vzdálenosti a tak docházelo k ústupu EV a přicházely spalovací motory. Henry Ford v tomto období přinesl velkou změnu v automobilovém průmyslu, kdy zavedl sériovou výrobu modelu T, které byly cenově dostupnější než EV. Tento milník přinesl útlum elektromobility a vracíme se k ní zpět až v 21. století. Pro porovnání se ve 20. letech 20. století prodávalo EV za 1 750 \$ a vedle něj vozidlo se spalovacím motorem za 650 \$. [4]

Zpět k EV se dostáváme v 90. letech 20. století, kdy automobilka Toyota začala s hromadnou výrobou. Do této doby se EV ukazovala spíše sporadicky, často jako projekty měst hromadné dopravy, např. elektro trolejbusy apod.. [2]

Z této kapitoly můžeme vyčíst, že elektromobilita není úplnou novinkou jak by mohlo vypadat, ale má své počátky již v 19. století. Postupem času ji vytěsnily spalovací motory především díky své ceně. Nyní se elektromobilita stává novým trendem zaměřující se na minimalizaci znečištění životního prostředí. I díky tomu dochází k velkým pokrokům v tomto oboru.

### Očekávané scénáře

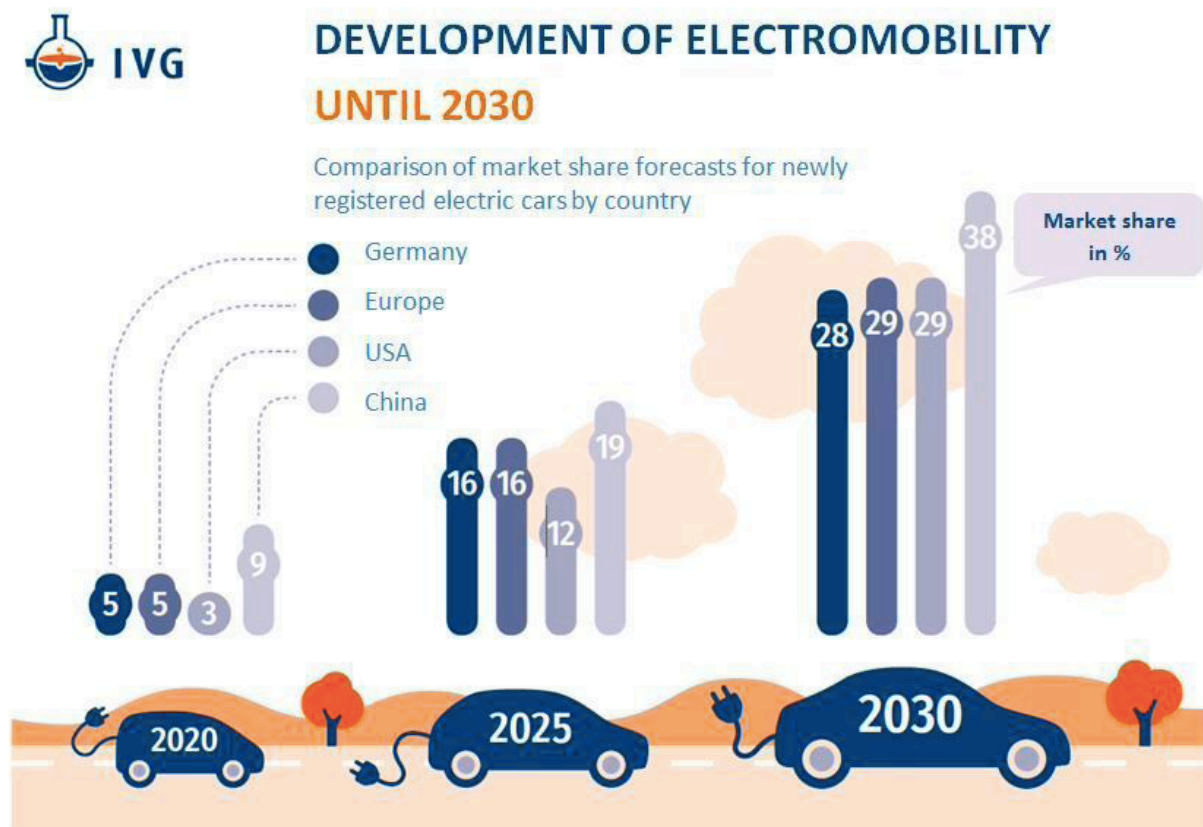
Další kroky v automobilovém průmyslu a rozvoji EV nám dodává nejen technologický pokrok, ale také požadavky Evropské Unie, které jsou čím dál tím náročnější pro výrobu konvenčních automobilů.

Všechny automobilky by měly být v pozoru s dalším vývojem svých automobilů, jelikož snahou Evropské Unie je přijmout urychleně emisní normu EURO 7, která by vstoupila v platnost od roku 2025. Prozatím žádné z vyráběných aut nesplňuje tuto normu. Proto by automobilky měly investovat nejen do elektromobilů, ale také do vývoje spalovacích motorů aby se tato norma nestala pro automobilky tragédií. [50]

Automobilka Volkswagen se zavázala k dosažení neutrality klimatu projektem Way to Zero do roku 2050. Koncern plánuje, že do roku 2030 uvede na trhu 70 modelů s elektrickým pohonem. Již 20 modelů postupně vyrábí a další 50 modelů automobilku ještě čeká. Do roku 2030 by chtěla automobilka také představit 60 hybridních vozidel, kdy první polovina je již představena. Počítá se tedy s plány do roku 2030 – 26 milionů kusů vyrobených elektromobilů. Snahou je také vyvinout nový operační systém, který by měl být uplatněn v roce 2024 a vlastní podíl na výrobě by měl být až 60%. Velká část bude zaměřena na umělou inteligenci, autonomní jízdu a digitalizaci zásadních podnikových procesů. [51]

Automobilový průmysl míří z důvodu environmentálních problémů směrem k EV. Například pro Evropu byla vytvořena studie IVG. Zmiňující se o předpokladu, že do roku 2030 bude zhruba 30% nově registrovaných automobilů v Německu právě EV. Pro Německo to bude znamenat cca 6 milionů EV a pokles konvenčních automobilů bude na 2,4 milionu kusů. Tato problematika se dotkne především společností, které dodávají automobilovému průmyslu součástky pro automobily se spalovacími motory a jejich orientace se bude muset změnit na

EV, pokud chtějí být stálými dodavateli. Ve studii komentuje předseda Industrieverband Giesserei-Chemie, že tato čísla jsou pro ně motivací a je důležité se zaměřit na problematiku odlitků či montáž baterií a vyvinout nehořlavé materiály, které budou jedním z klíčových bezpečnostních prvků. Na obrázku je vidět, že německý trh je velmi ambiciózní a chtěl by být vzhledem s porovnání Evropou jedním z „vůdců“ vývoje EV. [44]



obrázek 2 - vývoj elektromobility do roku 2030, zdroj: Studie des Center of Automotive Management im Auftrag des Industrieverbands Giesserei-Chemie e. V.

Bez určitého typu transformace nebude možné pokračovat a je tedy nutné, aby se dodavatelé na toto připravili. Bude potřebné rozšířit technologické know-how o různých součástech EV, rozšíření portfolia a zajistit tak diverzifikaci zahrnující odvětví i mimo automobilový průmysl, zvýšení a rozšíření přidané hodnoty při výrobě automobilů se spalovacími motory a stát se tak vítězi konsolidačního procesu. Z důvodu vysokých požadavků pro změny strategie je nutné aby společnosti zareagovaly co nejdříve. [44]

Studie pro Německo dospěla k závěru, že dynamika růstu elektrických osobních automobilů je velmi nízká. S porovnáním s ostatními zeměmi v roce 2016 má s 25 000 nově registrovanými EV tržní podíl 0,75%. Prozatím dochází ke snížení prodeje aut s naftovými motory, ale otázkou je, zda snížený podíl přechází k autům s benzínovým motorem nebo EV. Pokud přecházejí k benzínovým motorům bude problém splnit limity CO<sub>2</sub>. Problémem Německa je jeho velikost

a velké přejezdové vzdálenosti. Tento faktor jistě ovlivňuje nákup EV a to z důvodu nízkému počtu dobíjecích stanic a nízké dojezdové vzdálenosti. [44]

V globálním měřítku se celková produkce lehkých užitkových vozidel<sup>1</sup> zvýšila z 56 milionů na 91,6 milionů k roku 2016. Dle výzkumu je předpověď produkce do roku 2030 asi 116 milionů automobilů. Na globálním trhu jsou nejdůležitější Čína, USA a západní Evropa. Na těchto trzích se tvoří rozhodující strategie světových výrobců automobilů. V budoucnosti se očekává zavedení kvót pro elektrické automobily a zastavení tak prodeje konvenčních automobilů. [44]

Období kdy probíhá pandemie COVID-19 je problémem pro automobilový průmysl odbyt. U prodejců dochází k propadu marží a to mezi 0 a 1%. Nyní při zavření prodejců automobilů, autosalonů a dalších je situace ještě horší. Prodejci disponují vysokými zásobami automobilů s dieslovým motorem, které lze jen obtížně prodat a proto dochází ke snižování marže, aby nalákali na nízkou cenu vozidla. V Německu roku 2020 došlo k 20% poklesu nových registrací automobilů na 3,2 milionů oproti roku 2019. Výhledy do budoucna jsou zatím velmi nejisté z důvodu nepříznivé situace a nestability mezd a zaměstnání. Předpoklad na rok 2021 je nárůst nově registrovaných vozidel o 14% oproti roku 2020. Důležitou roli pro automobilový průmysl je zde export, který v roce 2015-2019 je v průměru 65%. V následujících letech se očekává v USA a Evropě vysoká konkurence mezi automobilkami z důvodu nízké úrovně prodeje. Čína má výhledy poněkud příznivější z důvodu dřívější omezení mobility a mnoho potenciálních kupců, kteří přecházejí z veřejné dopravy k vlastnímu EV. Čínský trh zaznamenal v roce 2020 2% pokles prodeje a k roku 2021 čeká naopak nárůst 12% na 28,3 milionů prodaných vozidel. [44]

Od European Aluminium Association dochází k podpoře aby oživila automobilový průmysl v Evropě. Přichází se třemi opatřeními.

- 1) program obnovy vozidla – jedná se o tzv. „šrotovné“, které by mělo pomoci s obnovou starých aut a zároveň by docházelo k recyklaci jednotlivých kovů a motivaci k nákupu nového vozidla.
- 2) rychlé a opětovné otevření orgánů pro schvalování typu – problematikou je zavření jednotlivých orgánů, kteří schvalují jednotlivé typy vozidel, které automobilky chtějí uvést na trh. Zde je potřeba co nejdříve otevřít a rozběhnout zařízení, aby nedocházelo k dalšímu zpoždění a mohl se tak rozběhnout trh.

---

<sup>1</sup> do 6 tun

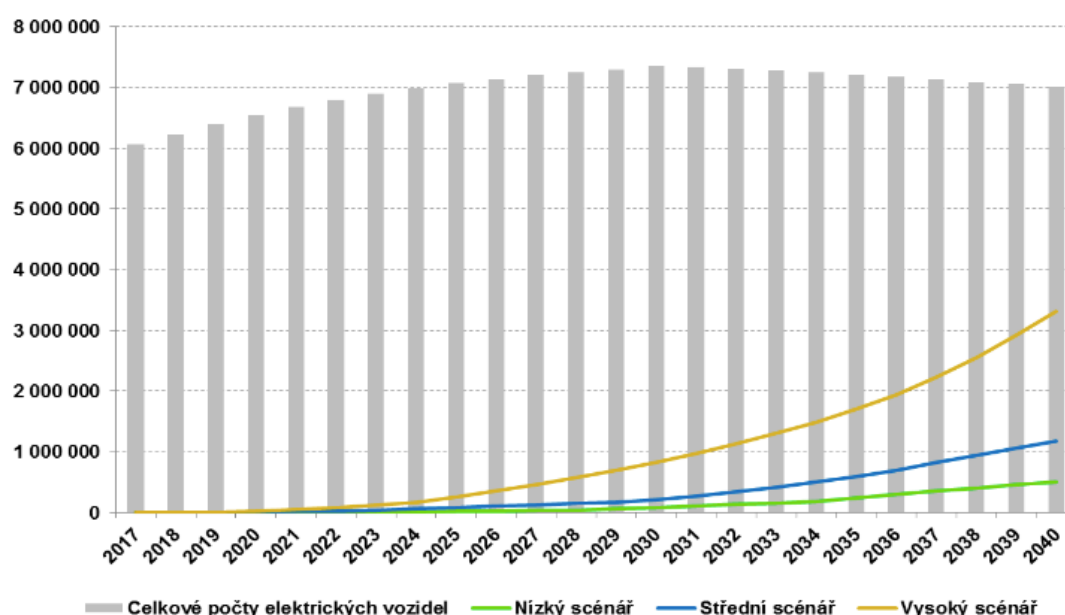
- 3) zahájení investic do infrastruktury pro zpoplatnění a doplnění paliva – pro zvýšení nákupu vozidel s alternativním pohonem je potřeba vystavět po celém území EU síť dobíjecích stanic, která podpoří další nákup vozidel. Jedná se o dobíjecí stanice s vysokým výkonem nebo vodíkové čerpací stanice. [44]

Pro zajímavost můžeme vidět v příloze 2 100 největších dodavatelů automotive na světě a v příštích letech bychom mohli porovnat jak si stojí dodavatelé po krizi roku 2020/2021 a také po zavádění EV po celém světě.

V České republice je rok od roku více nabíjecích stanic a proto ministerstvo průmyslu společně s výzkumnou agenturou zpracovali predikci vývoje elektromobility v ČR pro ČEPS a.s., ČEZ Distribuce a.s., E.ON Distribuce a.s., PREDistribuce a.s.. Obsahem této práce je popis aktuálního stavu EV a elektrodobíjecích stanic, vstupní a výstupní předpoklady a dále predikce pro další období.

Na obrázku 3 *projekce počtu elektromobilů v České republice*, je scénář budoucího vývoje, který zpracoval dodavatel studie pro ministerstvo průmyslu a obchodu v Akčním plánu pro chytré sítě objednané provozovateli distribučních a přenosových soustav. Můžeme si všimnout, že plán předpokládá velmi pomalý nárůst EV v České republice. Až v roce 2039 je plán milion EV pro střední scénář, který se zdá být prozatím nejrealnější. S touto vizí je potřeba počítat v budoucnosti a také při rozvoji distribuční a přenosové sítě. [6]

## PROJEKCE POČTU ELEKTROMOBILŮ V ČR – SCÉNÁŘE DLE NAP SG

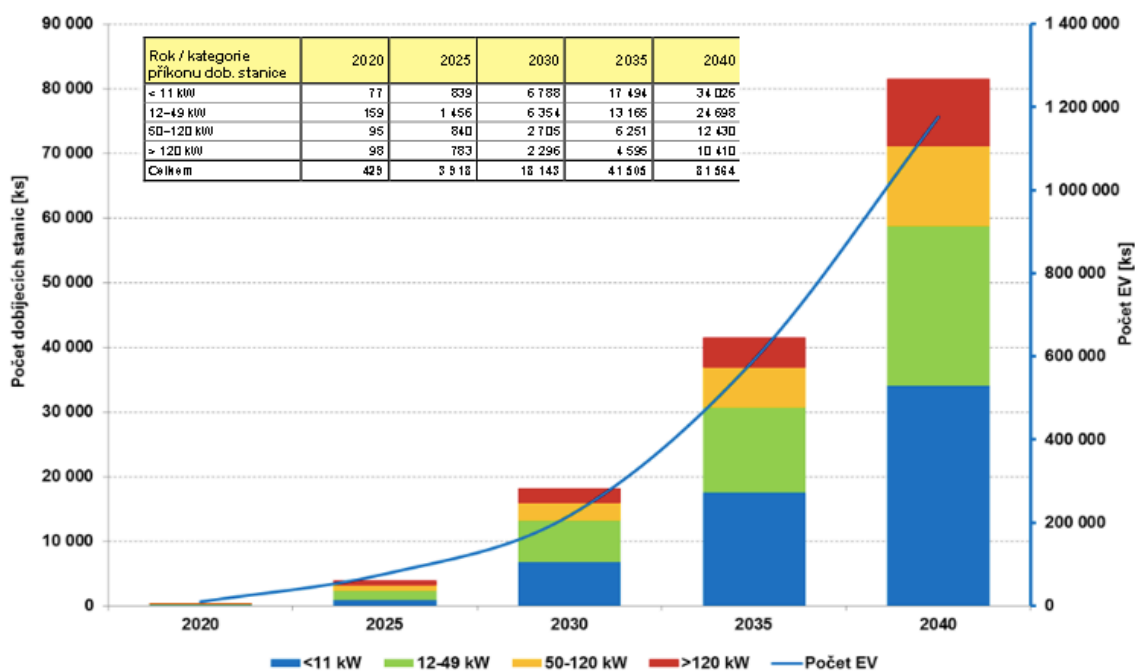


obrázek 3 - projekce počtu elektromobilů v ČR, zdroj: MPO



Z tohoto plynou další očekávané požadavky na dobíjecí stanice z hlediska jejich počtu pro střední scénář, které je potřeba vystavět společně s růstem EV. Dle středního scénáře je v roce 2020 počet veřejných nabíjecích stanic 429 a v roce 2040 by dle středního scénáře měl být 81594. Další predikce společně s detailním přehledem příkonu dobíjecích stanic jsou na obrázku 4.

## PROJEKCE POTŘEBY VEŘEJNÝCH DOBÍJECÍCH STANIC V ČR – STŘEDNÍ SCÉNÁŘ NAP SG

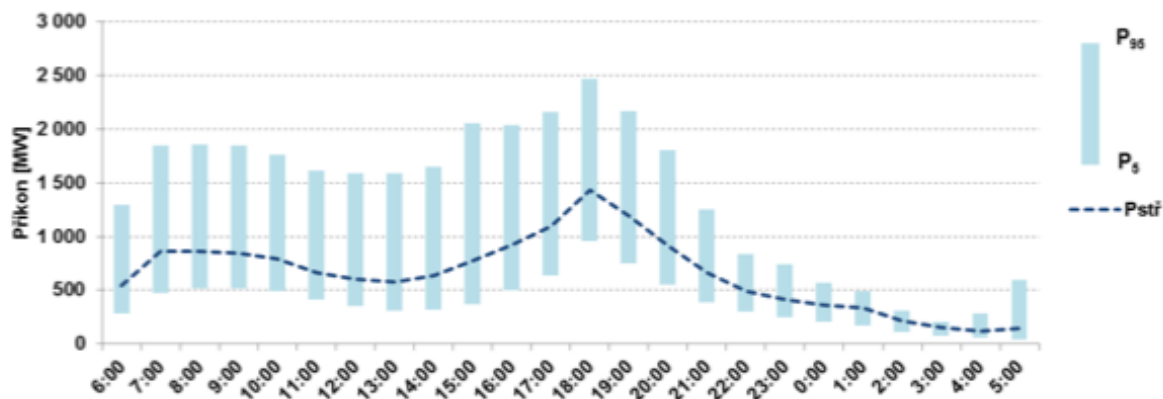


obrázek 4 - projekce potřeby veřejných dobíjecích stanic, zdroj:  
<https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2016/11/Narodni-akcni-plan-pro-chytre-site.pdf>

Vzhledem k obrázku 5 je zřejmé, že výhled středního scénáře pro rok 2040 bude hlavní špička nabíjení kolem 18.00 kdy dochází příjezdům EV do domácností. Tento exponovaný čas bude třeba omezit a motivovat tak zákazníky využívat jiný čas, může tomu být například cenová motivace zákazníka, využití technologie řízení hromadného nabíjení tzv. „chytré“ technologie, která bude mít za úkol optimalizovat průběh nabíjecího cyklu.



**Obrázek 87 Střední scénář – denní diagram nabíjení 2040**



obrázek 5 - střední scénář - denní diagram nabíjení 2040, zdroj: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/10/Studie-NAP-SG-A25\\_Elektromobilita.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/10/Studie-NAP-SG-A25_Elektromobilita.pdf)

Dle studií pro Evropskou unii zpracovaných firmou METIS v červnu 2018 je predikce pro rok 2030 velmi mírná. EV budou mít v poptávce po elektřině jen velmi malou roli a to 2% v poměru celkové poptávky po elektrické energii po EU. V roce 2050 by se tento poměr měl zvýšit a to na 10% z celkové poptávky v EU. Tyto výpočty doprovází úbytek CO<sub>2</sub>, kde by jeho produkce měla klesnout o 7,9% v zemích EU jelikož bude docházet k využívání OZE<sup>2</sup>.

### Typy elektromobilů

Trh nabízí velké množství vozidel, které se snaží docílit co nejnižší produkci výfukových plynů (emisí). Všechny z nich nabízí technologii, která využívá elektrickou energii. Tyto automobily dělíme na jednotlivé typy:

- elektromobil na baterie
- plug-in hybrid
- elektromobil s palivovými články
- hybridní elektromobil
- elektromobil s rozšířeným dojezdem.

#### Elektromobil na baterie (BEV)

Zkratka BEV znamená „battery electric vehicle“ neboli bateriový elektromobil. Toto vozidlo používá k pohonu pouze elektromotor, který je napájen baterií. Tento typ nemá žádný spalovací motor ani jinou možnost, kterou by si vyrobil elektrickou energii (např. pomocí palivových článků), respektive může vyrábět elektrickou energii rekuperací brzděním či solárními panely na střeše, ale nyní tyto možnosti nejsou příliš efektivní a proto je zanedbáváme. Maximální

<sup>2</sup> obnovitelné zdroje energie

dojezd tohoto vozidla je dán velikostí (kapacitou) baterie, stavu jeho nabití, provozních podmínkách a modelem vozidla. Příkladem takového auto může být Tesla Model 3, Tesla Model S, Renault Zoe, BMW i3... Výhodou těchto automobilů je, že neprodukují žádné výfukové plyny<sup>3</sup>. [7]

#### Plug-in hybrid (PHEV)

Pod touto zkratkou se skrývá „plug-in electric vehicle“. V tomto vozidle se nachází motor poháněn elektrickou energií, ale i spalovací motor. U PHEV je možné nabíjet baterii regenerací, při brždění a také připojením k externímu zdroji elektrické energie. Dojezdová vzdálenost je udávána mezi 20-80 km a díky kombinaci jsou výfukové emise nižší za předpokladu, že je baterie opětovně nabíjena. Mezi výhody plug-in hybridů je vyšší efektivita motorů díky ní jsou nižší již zmíněné emise a spotřeba paliva. Naopak nevýhodou je vyšší pořizovací cena a hmotnost vozidla. [7]

#### Elektromobil s palivovými články (FCEV)

Zkratka FCEV značí „fuel cell electric vehicle“. Vozidlo je tedy poháněno pomocí vodíku. Zde je třeba stejně jako u spalovacích motorů doplňovat palivo, přesněji stlačený vodík. Jedná se o reakci plynů na membráně palivového článku, při které vzniká elektrická energie a odpadní látky – voda. Tento typ vozidla neprodukuje žádné výfukové plyny a metoda pohonu je neustále ve vývoji. Vzhledem ke konstrukční složitosti a cenové nákladnosti je tato metoda spíše budoucnost a uvidíme, jak se dál bude vyvíjet. Automobilka Toyota se snaží proniknout s modelem Mirai a Hyundai má model Nexu. [7] [8]

#### Hybridní elektromobil (HEV)

Zde se nám pod zkratkou HEV skrývá „hybrid electric vehicle“. Jedná se o kombinaci elektrického a spalovacího motoru. Rozdíl mezi PHEV a HEV je v odlišnosti nabíjení vozidla. Typ HEV nelze nabíjet externími zdroji. Svoji energii získává pouze rekuperací brzdového systému vozidla, který probíhá za pomoci právě elektromotoru. [7]

Hybridní elektromobily dále můžeme dělit dle:

- a) uspořádání hnacího ústrojí

---

<sup>3</sup> Při provozu, nikoli při výrobě.

a. Sériový hybrid

Pohon pouze za pomoci elektrického motoru, spalovací motor slouží pouze k dobíjení baterií. Tento typ vozu je určen především pro městský provoz a jízda stlem stop-and-go, při které spalovací motor má nízkou efektivitu. Jedná se například o auto Opel Ampera.

b. Paralelní hybrid

Zde může být vozidlo poháněno elektrickým, spalovacím motorem nebo jejich kombinací. Zde dochází k vyšší efektivnosti za vyšších rychlostí, kdy v případě potřeby dojede ke kombinaci obou motorů. Nejčastěji vyskytující se tato kombinace je u automobilky Toyota, modely Prius, Yaris, SUV RAV4.

b) stupně hybridizace

a. Micro-hybrid

Od běžných spalovacích motorů se liší funkcí start/stop systém a rekuperací brzdné energie. Ke snížení emisí je zde využíván 12V akumulátor. Příkladem tohoto vozidla může být Peugeot 208, Citroen C4 a C3.

b. Mild-hybrid

Tento automobil disponuje elektromotorem, ale k pohonu kol využívá spalovací motor. Elektromotor je zde jako pomocný při rozjezdech či zrychlování. Častým doplňkem bývá akumulátor s vyšší kapacitou elektrické energie z důvodu aby byla vyšší schopnost rekuperace, čímž se sníží spotřeba paliva a i emise. Tuto metodu využívá automobilka Audi či Hyundai v modelu Tucson. [8]

		 KONVENČNÍ	 HYBRID	 PLUG-IN HYBRID	 ELEKTRICKÉ
ZDROJ ENERGIE					
SPOTŘEBA					
EMISE					 ŽÁDNÉ EMISE

obrázek 6 - přehled typu vozidel, zdroj: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita/cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>

Pro představu zde máme obrázek 6, kterým nám zjednodušuje přehled jednotlivých druhů automobilů společně s charakterizujícím zdrojem energie, spotřebou a emisemi<sup>4</sup>.

#### Elektromobil s rozšířeným dojezdem (EREV)

Zde se pod zkratkou EREV skrývá „extended range electric vehicle“. Jedná se o vozidlo poháněno elektrickou energií přestože součástí vozidla je spalovací motor. Důležitým prvkem je elektrický generátor, který nabíjí baterii pokud je již vybitá. Spalovací motor tedy slouží pouze k funkci nabíjení baterie, nikoli k pohonu kol. Spalovací motor tedy pohání elektrický generátor, který svým pohybem mění energii na elektřinu. [9]

#### Klady a zápory elektromobilů

Elektromobil je jistě při pořizování automobilu jedna z variant, kterou zákazník může zvážit. Nutno podotknout, že existuje mnoho výhod, které by mohli podnítit nákup. Těmito výhodami jsou nízké náklady na nabíjení, nižší cena údržby, nízké/žádné výfukové plyny – tato výhoda je spíše pro lidi, kteří jsou environmentálně založeni a nebude je trápit fakt ceny, kterou je výhoda vykoupena. Naopak zápornou stránkou může být nízká dojezdová vzdálenost, doba a možnosti nabíjení, výměna baterií. Zatím v této době bude zámkou pro koupi EV spíše trend, případně časem nařízení Evropské Unie. Z obrázku č. 8 je zřejmé, že ekonomická výhoda EV je prozatím v nedohlednu, neboť při daných údajích vychází 1 km EV na 6 Kč a u automobilu se spalovacím motorem je částka 2 Kč za 1 km<sup>5</sup>.

Zajímavostí je, že automobilky vyrábějí EV přestože jsou každým vyrobeným autem ve ztrátě zhruba o 40%. Je to z toho důvodu, že čekali rychlejší pokles li-ionových baterií, ke kterému nedošlo. Z prvního pohledu tento krok automobilek nedává smysl, ale i přesto tato ztráta je pro automobilky spíše přínosem. Jelikož existují pokuty za emise oxidu uhličitého tak dochází k úlevě 95 g CO<sub>2</sub> u prodáváného vozu Škoda Citigo iV je hodnota CO<sub>2</sub> 0 g/100 km což znamená 232 000 Kč na každém prodaném EV. Neboli na prodeji je ve ztrátě 200 tisíc Kč, ale nepřímou šetří za oxid uhličitý tudíž ušetří 232 tisíc Kč a proto se produkce vyplácí. K tomuto dochází z důvodu regulací ze strany Evropské Unie a automobilky jsou tak nuceny snižovat emise, ale také cenu EV, aby byly dostupné alespoň pro některé zákazníky. [45]

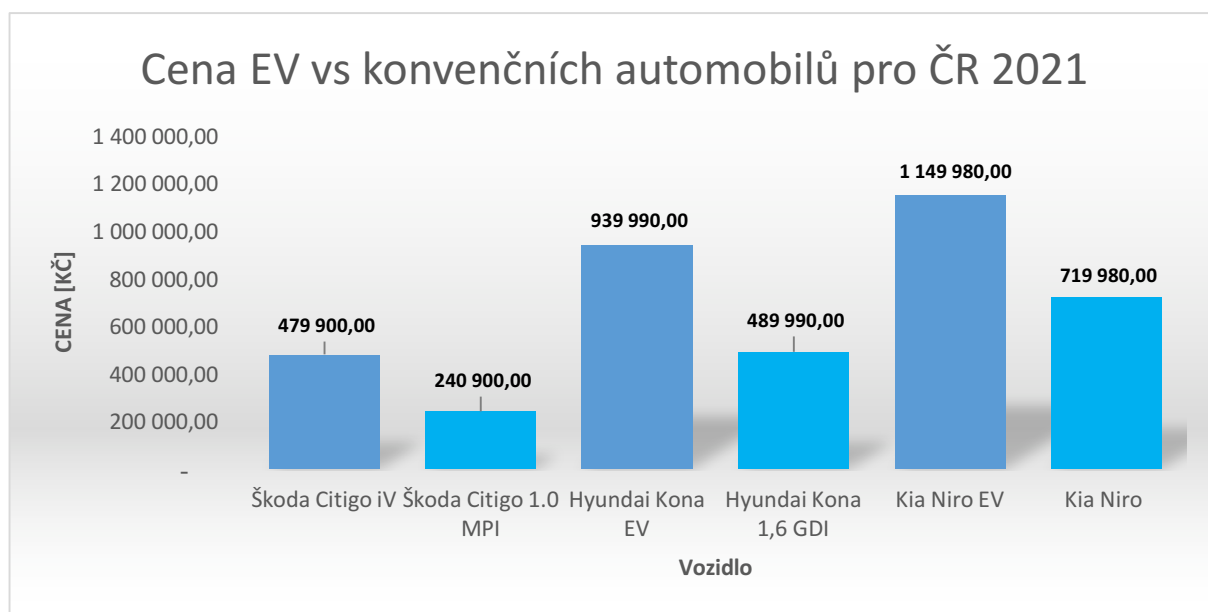
---

<sup>4</sup> emise v tomto případě myšleny výfukové. Celkové emise jsou definované společně se zdrojem (původem) elektrické energie pomocí které se dobíjí.

<sup>5</sup> Platí pouze pro modelový příklad, může se lišit.

## Náklady

Nákup elektromobilu se od běžného automobilu se spalovacím motorem nijak neliší. Jsou však zde náklady spojené s elektromobily, které lze brát jako výhodu či nevýhodu. Nyní se prodávají elektromobily výrazně draž, než běžné automobily. Je to dáno vysokými náklady na výrobu baterií. Naopak po koupi elektromobilu dochází k úspoře za provoz a údržbu elektromobilu<sup>6</sup>. Uplatnění elektromobilů by mohli nalézt firemní flotily, které disponují především automobily s benzínovým motorem<sup>7</sup>. Pořizovací náklady spojené s automobilem/elektromobilem je dobré si pro lepší představu porovnat graficky, jak je na obrázku 8, kde je představen elektrický vůz a poté konvenční automobil ve stejné velikosti. [10]



obrázek 7 - ceny EV a konvenčních automobilů, zdroj: vlastní

Z obrázku 7 vyplývá, že konvenční automobily jsou levnější než EV. Jak je již výše zmíněno je to především z důvodu vysokých nákladů na bateriové články. U všech uvedených EV je cena o cca 50% vyšší než u konvenčních automobilů se stejnou výbavou. Tedy důvod pro koupi EV je především trendem či vizí do budoucnosti, kdy Evropská unie zakáže prodej vozidel se spalovacími motory<sup>8</sup>.

Přestože některé servery mohou lákat na nižší provozní náklady EV po propočítání modelového případu jsem došel o opačném tvrzení. A to i když některé autodíly, které měníme u aut se spalovacím motorem u EV nenajdeme, tudíž je nemusíme měnit a ušetříme na nich. Při

<sup>6</sup> Pokud bychom zanedbali pořizovací cenu automobilu/ztrátu hodnoty automobilu.

<sup>7</sup> Jednalo by se o podniky se zaměstnanci, kteří často jezdí po městě a například v Praze by mohli i ušetřit za parkovací poplatky.

<sup>8</sup> Dle informací EU je požadavek ukončit výrobu konvenčních vozidel k roku 2040.

technickém řešení elektromobilů oproti konvenčním automobilu nenajdeme výfukový systém včetně jeho čištění, které bývá často nákladné, převodová skříň je u EV je jednodušší, nedochází k výměně oleje a jeho filtrů, svíček, ale naopak přibude invertor elektrického proudu či nabíječka, dražší pneumatiky či havarijní pojištění, které je vypočítáno z ceny vozu<sup>9</sup>. [11]

Velká investice u EV může být právě baterie, která je velmi drahá a jedná se o dominantní část výrobních nákladů. Přestože ceny baterií mají tendenci klesat, dle dostupných zdrojů jsou náklady na baterii 35 – 50 % při výrobě v závislosti na kapacitě baterie.

Neopomenutelnou součástí EV je nutné nabíjení. Cena za nabíjení je nižší než za plnění paliva do automobilů se spalovacím motorem. Prozatím je na některých místech nabíjení elektromobilu zdarma, ale např. u ČEZ je nový IT systém, který umožňuje pomocí mobilní aplikace či webového rozhraní spravovat uživatelský účet, kde si zákazník vybere jednu z pěti variant (4 varianty pro registrované zákazníky, jedna pro neregistrované), kde dochází placení za odebrané kW/h<sup>10</sup>. Výhodou je tak vyšší přehlednost plateb a dobíjení a jednoduchost<sup>11</sup>. PRE nabíjecí stanice byly do konce ledna 2021 zdarma, poté přecházeli na paušální poplatek a od 1.4.2021 přecházejí na ceny za kWh/minuty. [12]

Preference spotřebitelů je zaměřená především na cenu, komfort dojezdu a mnoho čerpacích stanic a jejich rychlost. Pokud by došlo ke srovnání cen, případnému snížení oproti cenám konvenčních automobilů mohli by spotřebitelé přejít k EV rychleji. Dle výzkumu a odhadu firmy Deloitte by mělo v roce 2022 dojít ke srovnání cen nákladu vlastnictví EV a konvenčního automobilu. [13]

---

<sup>9</sup> Charakteristik pro výpočet havarijního pojištění je mnoho – stáří vozidla, typ vozidla, způsob využití, druh paliva, výkon, ale také i udaná cena vozidla, pojistník a majitel vozidla.

<sup>10</sup> Po plném dobití nebo po určité době stání i nabíjecí stanice (dle typu) za započítává cena za každou minutu stání u dobíjecí stanice (2 Kč/min).

<sup>11</sup> Již není potřebný čip k využití dobíjecích stanic, ale lze využít mobilní telefon či tablet.

Pro srovnání nákladů na elektrické a konvenční auto jsem si vybral srovnatelné modely a to Škoda Citigoe iV a Škoda Citigo 1.0 MPI, které jsou porovnány níže na obrázku 6.



Porovnání provozních cen EV a konvenčního vozidla za dobu 3 let s nájedem 45 000 km			
		Škoda Citigo iV	Škoda Citigo 1.0 MPI
Pořizovací cena [Kč]		479 900,00	240 900,00
Spotřeba [kWh/l/100km]		13	5,5
Cena kilometru [Kč]		0,58	1,75
Poplatky	Dálniční známka [Kč]	-	4 500,00
	Parkování [Kč]	-	3 000,00
	Nabíjecí stanice	20 000,00	-
Ztráta hodnoty		225 553,00	74 679,00
Pojištění	Povinné	4 817,00	5 901,00
	Havarijní	8 355,00	7 024,00
Servis	Serivs	2 500,00	7 500,00
	Pneumatiky	8 800,00	4 800,00
Celkem/km		6,00	2,39

obrázek 8 - porovnání ceny aut z pohledu zákazníka při snaze minimalizovat emise. zdroj: vlastní

Pořizovací cena automobilu byla stanovena ke dni 1. 1. 2018. Cena je udána s DPH a výbava automobilu se téměř neliší, kromě vybavení lepšího ozvučení auta, které jsem zanedbal. Spotřeba auta je brána z udávaných hodnot automobilky, pro lepší přesnost jsem navštívil web [www.ceskybenzin.cz](http://www.ceskybenzin.cz), kde jsou reálné hodnoty spotřeb u automobilů, prozatím jen u konvenčních nikoli u elektrických. Pro informace ohledně EV jsem navštívil web [www.fdrive.cz](http://www.fdrive.cz), kde proběhl test EV Škoda a spotřeba byla 14,8 kWh/h. Cena za kilometr je spočítaná u EV s průměrnou cenou kWh v České republice u provozovatelů veřejných dobíjecích stanic a pro automobil se spalovacím motorem je průměrná cena benzínu za uplynulé 3 roky 31,80 Kč.<sup>12</sup> Dálniční známku u EV není potřebné platit a tak zde se ušetří celých 1500 Kč ročně. Počítali jsme zde i poplatky za parkování v Praze, kde předpokládáme platbu za parkování na modrých zónách 1000 Kč/rok. Nesmíme zde opomenout, že je potřeba zajistit nabíjení EV na určitém místě. V našem předpokladu tomu byl wallbox zakoupen s vozidlem a montáží zdarma<sup>13</sup>. Ztráta hodnoty se u těchto menších vozidel se spalovacím motorem okolo

<sup>12</sup> Výše zmíněné hodnoty se mohou lišit dle stylu jízdy a možností tankování. Rozdíly mezi cenami mohou ovlivnit jednotlivé výpočty.

<sup>13</sup> Zanedbali jsme zde poplatky za např. navýšení rezervovaného výkonu, úpravu elektroinstalace na odběrném místě.

30% a platí zde úměra čím dražší auto, tím rychlejší ztráta hodnoty<sup>14</sup> dle dostupných informací z AAA Auto. U EV je pokles cen ještě rychlejší a to z důvodu opotřebením autobaterie, která je nutná k provozu vozidla a dle aktuálně.cz (2020) je pokles u těchto EV 47% za dobu tří let<sup>15</sup>. Dále jsem s pojišťovnou kooperativa zkusil uzavřít pojištění jednotlivých vozidel dle pořizovací hodnoty a pojistníkem i majitelem by byla osoba 25 let, bez bonusů. Povinné pojištění vychází na EV levněji o zhruba tisíc Kč oproti havarijnímu pojištění, kde je hlavním parametrem hodnota automobilu<sup>16</sup> a proto vychází dražší u EV. Dalšími parametry byly servis a pneumatiky. Servis vozidel byl stanoven na základě průměrných nákladů na servis dle portálu autosalon.tv. Pneumatiky byly vybrány celoroční od značky Continental ve spolupráci s pneuservisem Slavík<sup>17</sup>. Veškeré náklady spojené s automobilem byly sečteny a vyděleny počtem kilometrů, v našem případě 45 000 km. Jak je vidět z tabulky tak přestože cena za kilometr je téměř třetinová u EV při počítání nákladů pouze na palivo tak finální částka za kilometr při sečtení všech nutných poplatků je naopak téměř trojnásobná u EV. Výsledek je takový právě z důvodu pořizovací ceny. Výsledek byl ovlivněn cenou pohonných hmot, které lze ovlivnit a také spotřebou. Prozatím tedy vychází, že EV není výhodnou variantou pro uspoření prostředků. V budoucnosti by mohlo docházet k nižší ztrátě hodnoty pro EV a naopak vyšší ztrátě hodnoty pro konvenční automobily z důvodu nařízení EU popsány níže, které cílí na nové vozy.

Jak potvrzuje server automix nedochází stále k tomu, že by EV bylo výhodou pro firmu či pro osobní užití. Proběhlo srovnání 3 různých vozidel, u nichž existuje variant full hybrid a spalovací motor. Jednotlivé modely aut byly Škoda Citigo, Hyundai Kona a Kia Niro. Při srovnání není zahrnuta konečná částka za ojetý automobil z důvodu nedostatku informací na trhu. Ve výsledku můžeme najít mírně nižší náklady na servis u EV. Kalkulace je provedena za podmínek osobního vlastnictví na 5 let a nájezdem 100 000 kilometrů. Náklady na servis jsou u Škody iV o cca 20 tisíc Kč nižší, u Hyundai Kona o 13 500 Kč nižší a Kia e-Niro 20 000 Kč nižší. Při výpočtu nákladů na kilometr byl předpoklad tarif elektřiny D27d, kde nižší tarif se pohybuje kolem 2,31 Kč/kWh a občas dojde k využití dobíjecích stanic, které jsou zdarma<sup>18</sup>. U

---

<sup>14</sup> Jedná se o běžná auta, luxusní vozy jako RollsRoyce a další budou vypočítány jinak.

<sup>15</sup> Tyto informace jsou spíše orientační

<sup>16</sup> pořizovací cena

<sup>17</sup> Celoroční pneumatiky byly vybrány na základě sídla firmy – střední Čechy, kde pokrývka sněhu nebývá častá. Pokud by se jednalo o podnik, u kterého bude přes zimní období více sněhu, tuto variantu bych nedoporučil.

<sup>18</sup> Tento cenový tarif není zcela běžný a proto bych jej nedoporučil pro další výpočty. Dále také počítat s nabíjecími stanicemi zdarma není zcela relevantní a proto bych takovýto postup nedoporučil.



benzínových motorů se počítaly náklady na palivo u spalovacího motoru 32 Kč/litr. Pro přehlednost výzkumu je zde vytvořena tabulka shrnující data.

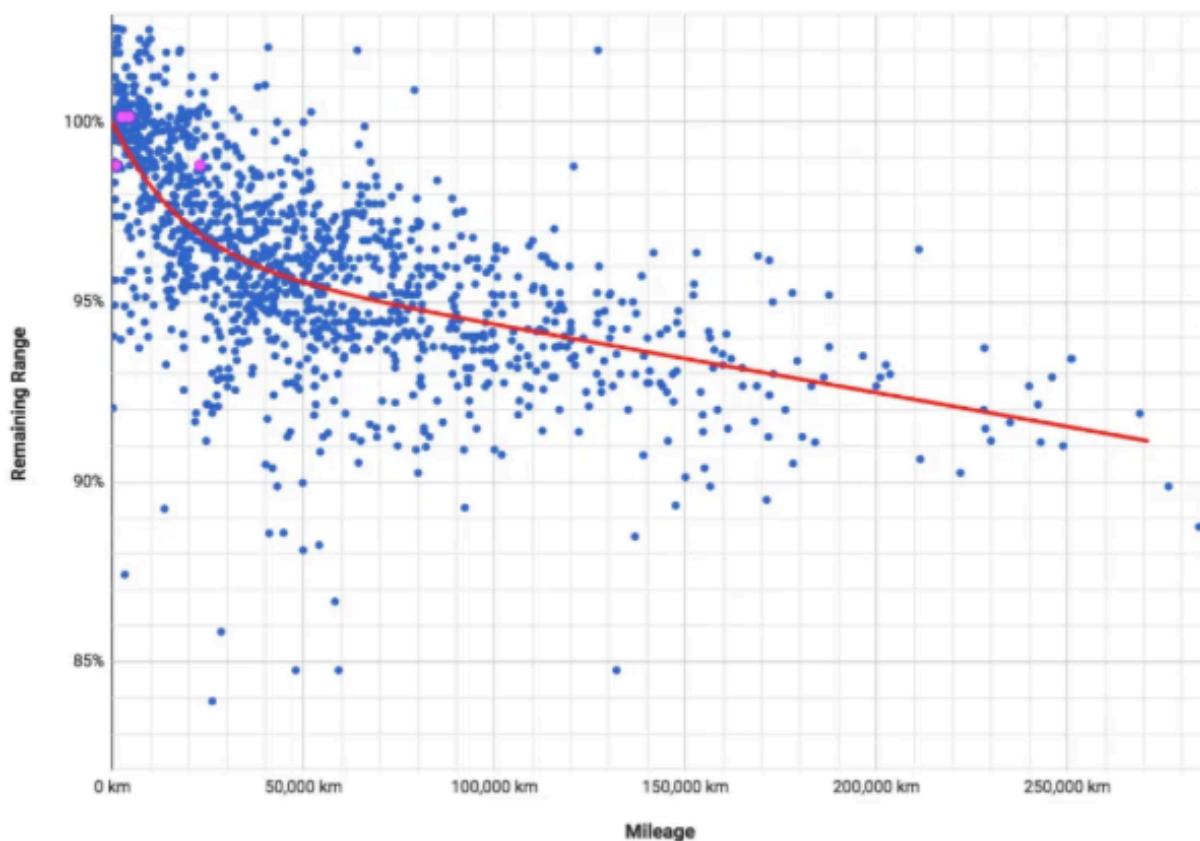
	Škoda Citigo iV	Škoda Citigo 1.0 MPI	Hyundai Kona EV	Hyundai Kona 1,6 GDI	Kia Niro EV	Kia Niro
Cena [Kč]	479 900,00	240 900,00	939 990,00	489 990,00	1 149 980,00	719 980,00
Spotřeba [kWh/l/100km]	14,8	4,3	15	6,1	15,3	3,7
Náklady na km [Kč]	0,114	1,37	0,115	1,95	0,118	1,18

obrázek 9 - srovnání aut se spalovacím motorem a EV, zdroj <https://automix.denik.cz/magazin/elektromobil-vs-vozy-se-spalovacimi-motory-kdy-se-vyplati-auto-do-zasuvky-20191215.html>

Škoda Citigo-e iV se vyplatí po ujetí cca 200 tis. km se stálými cenami, které jsou zmíněny výše. U Hyundai Kona EV je tato hodnota vypočtena na 255 tis. km a u Kia Niro EV je to 416 tis. km. V tomto řešení nedochází k dalším propočtům ohledně zůstatkové ceny vozidla (těžko vyčíslitelná) či náklady na domácí stanici, tzv. wallbox a další náklady.

Dle serveru aktuálně.cz, kde popisuje Martin Frei situaci elektromobilu - výhodou je, že není třeba každoročně měnit olej či v pravidelném intervalu měnit zapalovací svíčky. Zatím se jedná pouze o preventivní návštěvu servisu, kde se kontrolují brzdy a další nutné kapaliny k funkčnosti EV a především stav vysokonapěťového akumulátoru. Pro výpočet došlo k porovnání vozidla Renault ZOE na elektrický pohon a se spalovacím motorem. Při nájedzu 200 000 km u spalovacího motoru dojde k zaplacení 30 000 Kč za výměnu oleje a 15 000 Kč za zapalovací svíčky. Zde je samozřejmě mnoho faktorů, které jednotlivé opravy a výši oprav ovlivňují. Problematikou u servisu EV je najít místo, kde potřebné služby budou nabízet. U EV je důležité kontrolovat akumulátor<sup>19</sup> a například firma Renault doporučuje výměnu každé 4 roky. Důležitým prvkem při návštěvě servisu je kontrola kapacity baterie, jak uvádí článek tak některé automobilky mají tuto informaci skrytou (Opel), ale u Renaultu tomu tak není a po roce užívání byla naměřena 93% kapacita. Člověk by mohl soudit, že ubylo 7% kapacity baterie za rok - diagnostika tvrdí něco jiného a to, že tato kapacita byla daná již od výroby. Tento fakt je velmi zajímavý vzhledem ke znalosti studie od firmy Tesla, která tvrdí, že úbytek kapacity baterie je především na počátku životnosti dle obrázku níže. Za první tři roky u EV Renault ZOE dojde k zaplacení částky 4500 Kč dohromady a čtvrtý rok zaplatí o 2500 Kč více za novou 12 voltovou baterii.

<sup>19</sup> Potřebný pro otevírání zámku apod., aby nedošlo k poruše a uživatel by se tak nebyl chopen dostat ani dovnitř auta.



obrázek 10 - úbytek kapacity baterie pro Model Tesla S/X, zdroj: Tesla

### Srovnání cen EV pro český trh

Pro cenové a technické srovnání jsem vytvořil tabulku, ve které je vidět výkon EV, kapacita baterie, spotřeba, dojezd a základní cena. Nejlevnější EV na českém trhu je Volkswagen e-up! s dojezdem 260 km. Na druhém místě je Škoda Citigo e-iV s podobným dojezdem a cenou. Poté přichází ke skokovému nárůstu ceny o 200 000 Kč pro automobil Renault Zoe ovšem s dojezdem až 395 km což je velmi uspokojivé. Rozdíly jsou poté ve stupních výbavy elektromobilu, které každá automobilka nabízí různé společně s různými výkony motorů. Jediná automobilka Škoda nabízí wallbox k automobilu zdarma<sup>20</sup> společně s montáží což je jedna z úspor (cca 30 000 Kč). [16]

	Volkswagen e-up!	Škoda Citigo e-iV	Renault Zoe	Mini Cooper SE	Volkswagen e-Golf
Výkon [kw/Nm]	61 / 212	61 / 213	80 / 225	135 / 270	100 / 290
Kapacita baterie [kWh]	36,80	36,80	52,00	32,60	35,80
Spotřeba [kWh/100km]	12,70	14,80	17,20	14,00	12,90
Dojezd [km]	260	252	395	232	231
Cena od [Kč]	449 900,00	479 900,00	695 000,00	882 700,00	882 900,00

obrázek 11 - přehled EV pro český trh pod 1 mil. Kč, vlastní zpracování

<sup>20</sup> údaj k 1/2020

	Mazda MX - 30	Hyundai Ioniq Electric	Gyundai Kona Electric	Nissan Leaf
Výkon [kw/Nm]	105 / 265	100 / 295	100 / 395	110 / 320
Kapacita baterie [kWh]	35,50	38,30	39,20	40,00
Spotřeba [kWh/100km]	-	13,80	15,00	20,60
Dojezd [km]	200	311	289	270
Cena od [Kč]	899 900,00	899 900,00	899 900,00	937 000,00

obrázek 12 - přehled EV pro český trh pod 1 mil. Kč, vlastní zpracování

## Rizika spojená s EV

Jedním z faktorů při koupi EV může být také bezpečnost. Mnoho otázek ohledně bouraček či hašení autobaterií nastává v případě havárie. Důležité je být připraven situaci řešit.

Začneme s baterií, jak vlastně funguje. Baterie je nedílnou součástí EV. I z tohoto důvodu je cena EV vyšší než konvenčních automobilů. Li-ion baterie jsou složeny ze dvou elektrod – kladná anoda a záporně nabitá katoda. Mezi nimi se nachází separátor s mikrootvory a organický roztok, který obsahuje rozpuštěné soli lithia. Lithné ionty přenášejí elektrický náboj z jedné elektrody na druhou a zajišťují tak, že se baterie vybíjí a získáváme energii, v opačném případě ji nabíjíme, resp. ukládáme energii. V případě větších baterií, jako jsou v EV jsou složeny z více článků. Např. 94Ah baterie má 96 článků. Pro představu v telefonu máme většinou jeden článek, v notebooku v řádu jednotek. Jednotlivé články jsou spojeny do modulů a tím jsou chráněny proti externím vlivům jakými jsou teplo, vibrace, otřesy. Tyto moduly jsou poskládány tak, aby se do EV vešly a tvoří celý akumulátor. Pozn.: Tesla Model S má 7900 článků. [17]

Důvodem proč baterie může začít hořet je materiál kladně nabitých elektrod, kde se nacházejí látky s vysokým podílem chemicky vázaného kyslíku a podporují tak hoření. Záporné elektrody jsou také z hořlavého materiálu a k tomu je mezi nimi zmíněný roztok lithné soli v hořlavé kapalině. Nejčastější příčinou vzplanutí může být zkrat v akumulátoru, ale i mimo něj. Při nárazu kdy dojde k poškození baterie může dojít k propojení elektrod a dojít ke zkratu. Baterie se může vznítit také při nadměrném nabíjení, vybíjení či při vysokých teplotách. Při vysokých teplotách dochází ke hromadění se plynu, který by měl odcházet ventilem. Pokud tento ventil nebude funkční, může dojít i k výbuchu. [18]

Specifikum hořící baterie spočívá v tom, že při hašení nestačí uhasit plamen, ale chladit dostatečně dlouho, než přestane hořet. U konvenčních aut dochází k uhašení požáru, následném odčerpání paliva aby nedošlo k dalšímu vznícení. U baterie dál probíhají chemické procesy a je třeba ponořit baterii do kontejneru s vodou, aby se zastavily. Z důvodu uvolňujícího se fluorovodíku zasahující hasiči musí požit speciální oblek. Je tu zde i nebezpečí samovolného

rozjetí EV. V České republice není zákonem stanoveno speciální označení EV a tak hasiči musejí EV rozeznat sami. [17]

Automobilky se snaží dělat mnoho opatření, aby k požáru vůbec nedošlo. Snaha detekovat náraz a včas odpojit baterii je jedním z opatření. Další variantou je vysoce pevná konstrukce kolem baterie. Po havárii je nutné aby EV bylo odvezeno do servisu, kde se po určitý čas bude sledovat a kontrolovat, zda se baterie nezahřívá a není riziko vzniku požáru. Proti přehřívání či přebíjení baterie jsou ve vozidle jednotlivá čidla, která by měla zabránit a v případě přehřátí jednotlivý článek baterie odpojit. V případě požáru a po uhašení je velkým problémem s likvidací. Běžné likvidační firmy se zaměřují na nepoškozené akumulátory a s poškozenými nemají zkušenosti. Dalším problémem je tedy likvidace a přemístění poškozené baterie na místo určené k likvidaci. [17]

Aktuálně

### **Bateriová úložiště**

Jednou z nejvýznamnějších otázek je nyní skladování elektřiny, kdo vyřeší tento rébus, dojde svět. Kvůli rozvoji obnovitelných zdrojů elektřiny a jejich nestálé výrobě je tato otázka čím dál tím více zajímavější. Přebytná energie je potřeba uložit na dobu, kdy o ni bude zájem.

- **bateriová úložiště** – nejvýznamnější a nejrozšířenější způsobem je lithium-iontový akumulátor, který je založen na podobné technologii jako spotřební dobíjecí baterie. Existuje ale řada dalších druhů jakými jsou například průtočné baterie, které představují velkoobjemové zásobníky s delší životností
- **mechanické ukládání energie** – mezi tyto typy patří přečerpávací vodní elektrárny, které ukládají energii v podobě vody, která je během dne z přebytečné energie přečerpána do vyšší polohy a v době, kdy je potřebná energie je spuštěna dolu a pomocí turbín vyrábí elektrickou energii. Je zde možnost využít i stlačený vzduch v podobě zásobníků či setrvačnicků
- **termální úložiště** – představitelem tohoto způsobu ukládání energie je sluneční věž, která pomocí zrcadel koncentruje sluneční paprsky na jedno místo a získané teplo ukládá například do tavené soli. Tato energie se později může využít na zahřátí vody do plynného skupenství a pohánět tak turbínu.
- **power-to-gas** – jedná se o přeměnu energie na plynná paliva (vodík, metan), které je následně možné vtlačet do distribuční soustavy zemního plynu a tedy skladovat energii.

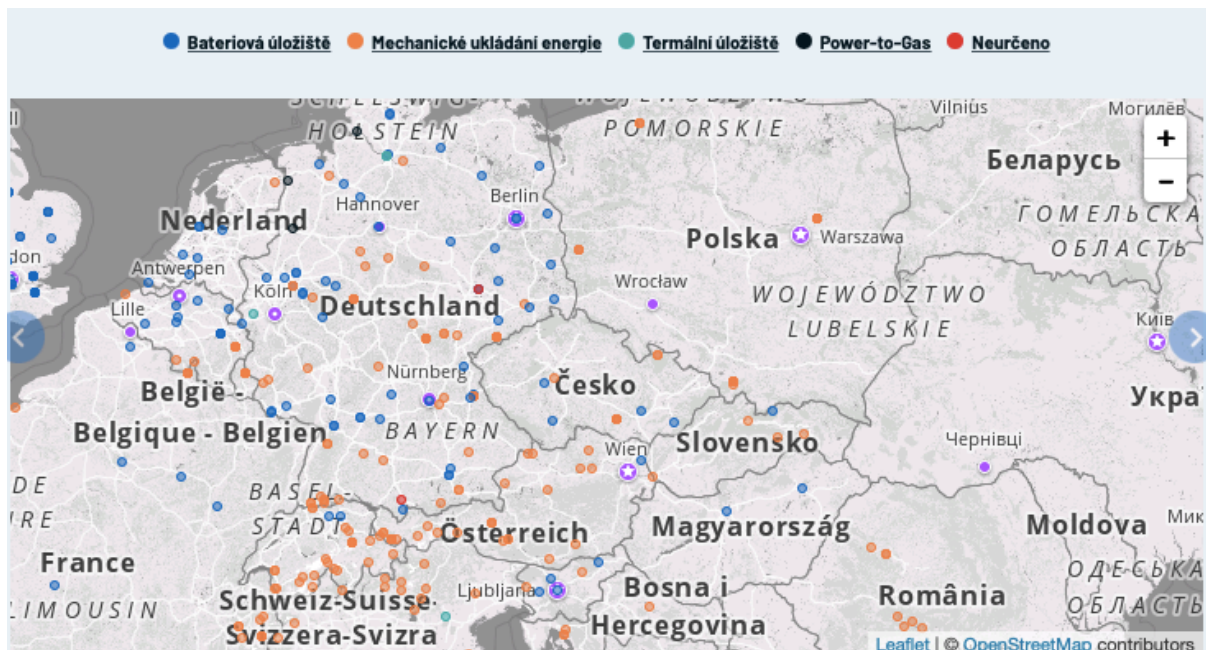
Na obrázku níže můžeme vidět rozmístění jednotlivých úložišť po Evropě. Největší podíl na úložištích (počet) mají bateriová úložiště, kterých je 514, následují mechanická úložiště (396), termální úložiště (35) a power-to-gas (9). Nejvíce bateriových úložišť se nachází ve Velké Británii (286) a následuje Německo s Irskem s počtem 53. [46] [47]

Prozatím je v Evropě situace taková, že největší zásobu na energii tvoří přečerpávací vodní elektrárny, který představují 90% instalovaného výkonu velkých úložišť. V České republice se nacházejí 4 takové s nejvýznamnější na Jesenicku – Dlouhé Stráně. [46]

Výroba elektřiny pomocí solárních panelů má svoje výhody, ale i nevýhody. Výhodou můžou být nulové emise při výrobě elektřiny, naopak zde nastávají problémy z důvodu závislosti na počasí, kdy nemusí vyrábět elektřinu vůbec nebo naopak příliš mnoho. Prozatím se výkyvy spotřeby a výroby elektřiny řeší pomocí plynových a uhelných elektráren, které umí rychle zvyšovat či snižovat výkon. Tyto výroby by se měly postupem času vyřadit a přechází se hlavně k OZE<sup>21</sup> a proto bude potřeba flexibilita čím dál tím více. Nyní je po Evropě v provozu cca 87 gigawatů instalovaného výkonu přečerpávacích elektráren či bateriových úložišť. Do konce dekády je dle studie Evropské komise potřeba 108 GW. Mezi výhody použití bateriových úložišť patří především okamžité dodání energie, umístění úložiště kdekoliv, bezpečnost bateriových systémů. Nevýhody jsou krátkodobost využití při jednom nabíjení, opotřebovávání bateriových článků a v neposlední řadě recyklace a výroba baterií. [46]

---

<sup>21</sup> obnovitelné zdroje energie



obrázek 13 - úložiště elektrické energie v Evropě, zdroj: leaflet, openstreetmap contributors

## Výroba baterií - Volkswagen

Je nutné aby si každá automobilka zajistila dodávku baterií do budoucna sama, jelikož to bude jeden z nejdůležitějších prvků při výrobě EV. Jak tomu je už u Tesly, tak stejným směrem se vydává automobilka Volkswagen. Z důvodu evropské politiky Green Deal je povinnost do roku 2030 prodávat 60% EV z celkových prodejů. Proto dochází k zaměření se k novým bateriovým technologiím a vytvářet vlastní továrny. Představou pro automobilku je šest závodů na bateriové články, které by měly být schopny vyrobit kapacitu baterií až 240 GWh za rok. Část továren bude postavena společně se svými partnery (Northvolt) a některé bude investovat sama. [48]

V plánu je na rok 2025 otevřít vlastní továrnu v Salzgitteru, další v západní Evropě (jedná se o Španělsku, Francii či Portugalsku), východní Evropě (Česko, Polsko nebo Slovensko) a další dvě, které ještě nemají přesné umístění v Evropě. Do nynější doby nakupuje VW baterie od dalších společností jako je například LG Chem. VW chce docílit kombinace vlastních a externích zdrojů a získat tak větší kontrolu nad dodavatelským řetězcem. Stejný postup má automobilka Tesla, kde hlavními dodavateli bateriových článků jsou firmy Panasonic a CATL. [48]

Volkswagen přichází s vizí speciálního unifikovaného článku, který se dle typu auta bude lišit chemickým složením (spíše výjimečně z důvodu jednotné výroby a velikosti objemu). K roku 2030 je představa, že tento článek bude v 80% koncernových EV a ve 20% budou využita



specifická řešení. Tento typ článků by měl být využit v roce 2024 u značky Audi u projektu Artemis. V tomto případě se nebude jednat o konstrukci baterie, kde jsou články seskupeny do modulů, ale budou přímo v krytu baterie (cell-to-pack). V budoucnosti je myšlenka taková, že se články budou montovat přímo na konstrukci vozu (cell-to-car). Tato varianta by měla uspořit cca 5% ceny což v celkové produkci může být velmi vysoká částka. [48]

Další úsporou by mohl být návrh článku a výrobní proces, kde bude snaha využívat recyklované baterie z nichž dokáže opětovně využít až 95%. Nedílnou součástí je i materiálové složení katod a anod. Dosud se používají katody z niklu, manganu a kobaltu. Alternativou by měly být lithiumželezofosfátové články, které mají nižší cenu z důvodu absence niklu a kobaltu. Nevýhodou je nižší energetická hustota respektive kratší dojezd, což by u levnějších aut nemělo být hlavní měřítko (např. Fabie) a tyto typy článků by mohly být na výrobu až o 50% levnější. U dražších EV je budoucnost v chemické složení s vysokým obsahem manganu. Na výrobu je levnější z důvodu absence kobaltu a má vyšší energetickou hustotu než výše zmíněná baterie. U anody by mělo dojít k nahrazení umělého uhlíku křemíkem což má dopad na rychlost nabíjení. Je zde verze baterií tzv. solid state s pevným elektrolytem, což by mělo snížit dobíjecí čas na polovinu. [48]

Nedílnou součástí plánu VW je také infrastruktura dobíjecích stanic, která je jedním z hlavních důvodů proč si zákazníci nekupují EV. V Evropě je snaha rozšířit dobíjecí stanice Ionity a spolupracovat s dalšími partnery. Výhledem je rok 2025 kdy chce společnost VW zpětinásobit počet vysoce nabíjecích stanic v Evropě na 18 000. Platba na těchto stanicích by měla fungovat pomocí technologie plug-and-charge neboli stačí pouze připojit dobíjecí kabel k autu. Snahou je vytvořit z EV powerbanky, které budou ukládat přebytečnou energii z obnovitelných zdrojů a vyvážet ji do rozvodné sítě pomocí obousměrného dobíjení. Dle Německého distributora se ročně „ztratí“ 6,5 GWh elektrické energie. Vyřazené baterie by mohlo být využity jako powerbanka pro rodinný dům či bytový komplex. [48]

## Dobíjecí stanice

Velké téma elektromobility se točí kolem nabíjecích stanic jelikož první otázkou u elektromobilu bývá: „kolik má toto EV dojezd?“. Tato informace je druhým nejdůležitějším faktorem po ceně EV pro spotřebitele a tak často bývá nadhodnocena a reálný dojezd je o 10-

20% menší<sup>22</sup>. Dříve se vycházelo z normy NEDC (new european driving cycle), která byla příliš odchýlena od reality a proto byla vydána nová norma WLTP (worldwide harmonised light-duty vehicle test procedure). WLTP norma platná od roku 2017 se přibližuje více realitě oproti té předchozí v oblasti počítání spotřeby paliva a emisí CO<sub>2</sub>. Norma WLTP bere v potaz dynamiku jízdy a externí teploty, delší testovací vzdálenosti, vyšší průměrné a maximální rychlost, kratší časy zastavení a více rozjezdů a zastavení. Pro přehlednost na obrázku níže je porovnání parametrů obou norem. Existuje řada různých nabíjecích stanic, redukcí. Důležitým faktorem při výběru vozidla je jeho dojezdová vzdálenost (kapacita baterie) a s ní možnost nabíjení EV. Proto je velmi důležité téma infrastruktura nabíjecích stanic. [54]

	WLTP	NEDC
Teplota startu/Startovací teplota	14°C	20-30°C
Čas cyklu	30 minut	20 minut
Procento času stání	13%	25%
Délka cyklu	cca 23 km	cca 11 km
Rychlost	Průměr: 46.6 km/h Maximum: 131 km/h	Průměr: 34 km/h Maximum: 121 km/h
Rychlost	Průměr: 7 kW Maximum: 47 kW	Průměr: 4 kW Maximum: 34 kW
Dopady doplňkové výbavy (klimatizace, valivý odpor).	Doplňková výbava ovlivňuje hmotnost, aerodynamiku a valivý odpor. Bez klimatizace.	Pouze valivý odpor je brán v potaz.

obrázek 14 - parametry norem WLTP a NEDC, zdroj: <https://www.opel.cz/nastroje/wltp-jizdnicycyklu-spotreba-paliva.html>

## Infrastruktura

Pokud budeme předpokládat, že EV nebudou sloužit pouze k dojezdění do práce či za nákupy (v tomto případě bychom si vystačili s domácím wallboxem či dobíjením v práci), tak budování infrastruktury dobíjecích stanic je podstatnou částí rozvoje elektromobility. Bez této infrastruktury bude zájem spotřebitelů jen velmi nízký jelikož by se mohli pohybovat jen v omezené vzdálenosti od dobíjecí stanice. Naopak pokud bude nízký počet elektromobilů tak nebude snaha budovat další dobíjecí stanice. Tato problematika bývá řešena pomocí veřejné podpory budování infrastruktury. [13]

<sup>22</sup> Dojezd automobilů je měřen dle norem, které jsou automobilkám dány. Proto jednotlivé dojezdy jsou nadhodnoceny oproti skutečným hodnotám a to až o 100%.

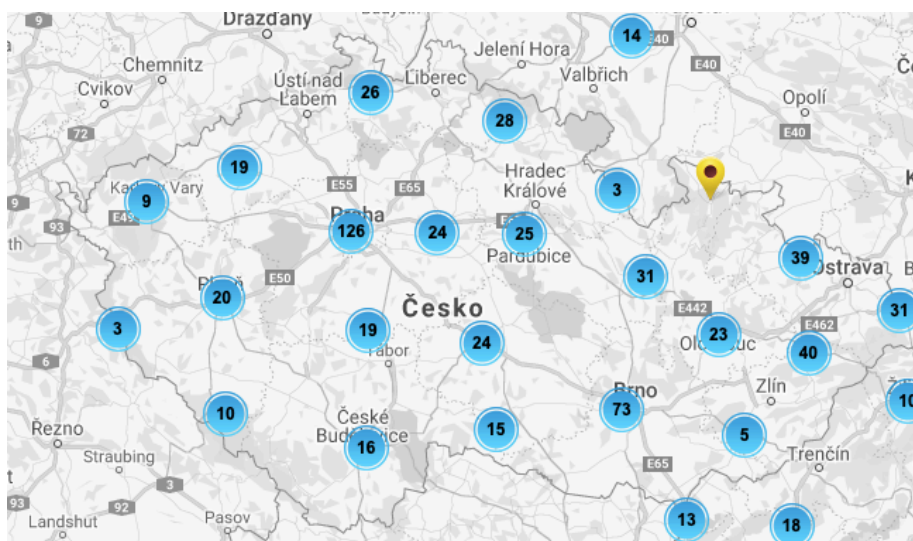


Elektromobil můžeme dobíjet několika způsoby. Nejjednodušší variantou se zdá být dobíjení pomocí domácí zásuvky, kde hlavní nevýhodou je doba nabíjení, ale je velmi dostupná. Přesto se jedná spíše o kritické řešení.

Veřejné dobíjecí stanice můžeme najít na místech jako jsou obchodní či nákupní centra, čerpací stanice či jiná místa, kde distributor dobíjecích stanic nechal vystavět dobíjecí stanici. Některé z těchto zhruba 550 dobíjecích stanic jsou bezplatné. Dobíjecí stanice jsou napájeny střídavým proudem a jejich rychlost nabíjení je spíše pomalejší<sup>23</sup> než u dobíjecích stanic, které mění proud na stejnosměrný. Další variantou nabíjení EV je pomocí wallboxu, který si majitel EV pořídí domu a pomocí tohoto zařízení dobíjí svoje EV. Cena wallboxu je v řádu desítek tisíc korun a záleží zde na modelu, redukcí a výrobci a také zda je tzv. smart – umí komunikovat s nadřazeným řídicím systémem (tato funkce je důležitá pro tuto diplomovou práci). [21]

Existuje mnoho portálů kde je možné si zjistit, kde se nacházejí dobíjecí stanice pro EV. Příkladem může být EVmapa.cz, kde další lidé mohou přidávat místa, kde se nově vystavili nabíjecí stanice. Případně každý provozovatel dobíjecí infrastruktury uvádí na svých stránkách své nabíjecí stanice (ČEZ, PRE, E-on...). Zajímavým portálem je mapotic.com, který funguje na základě veřejných zadání nabíjecích stanic, které jsou zadarmo případně disponují informací s jakým poplatkem se na dané stanici setkáme.

Nyní existuje v České republice více jak 550 veřejných nabíjecích stanic a neustále se toto číslo zvyšuje jelikož se investuje do elektromobility. Z důvodu ochrany životního prostředí lze očekávat nárůst dobíjecích stanic a tím i menší překážku pro vstup do elektromobility z hlediska zákazníků.



obrázek 15 - místa dobíjecích stanic v ČR, zdroj: <https://www.evmapa.cz>

<sup>23</sup> Existují dobíjecí stanice o výkonu až 43 kW, které nejsou prozatím příliš rozšířeny.

## Dobíjení střídavým a stejnosměrným proudem

Elektromobily jsou závislé na elektrické síti, ze které je nutno je nabíjet. Jsou dvě možnosti, pomocí střídavého proudu (AC), které je obvykle pomalejší či pomocí stejnosměrného proudu (DC), které je obvykle rychlejší (v závislosti na specifikacích AC a DC dobíjecích stanic). Nabíjecí stanice se od sebe liší především konektory a rychlostí nabíjení. [15]

### Dobíjení střídavým proudem

V tomto případě jde nabíjecí proud do palubní nabíječky (usměrňovač AC/DC), která je součástí každého EV a má za úkol měnit střídavý proud z AC konektoru na stejnosměrný proud pro baterie, neboli z AC na DC. Rychlost nabíjení tedy závisí na nabíječce a také na palubní nabíječce a její kvalitě. Neboli jak rychle dokáže přijímat proud a kolik fází při tom využívá. Nutná je komunikace s řídicím systémem vozidla a také sledování vytíženosti odběrného místa, například i pomocí lokálního řídicího systému (viz. LMS od Schneider Electric), který má za úkol regulovat nejen odběr dobíjecích stanic tak, aby nedošlo k přetížení sítě. U těchto stanic je výhodou především cena, která je zhruba o 10 násobek nižší než u DC nabíjecích stanic. Jejich instalace je snadnější a levnější, jedná se tak o rozšířenější typ stanic. Nevýhodou těchto stanic je rychlost nabíjení, která odpovídá možnostem palubních nabíječek v elektromobilech (palubní dobíječky jsou limitované prostorem v elektromobilu – čím větší výkon palubní dobíječky, tím je třeba více prostoru).

AC dobíjecí stanice se obvykle vyrábějí do výkonu 22 kW (3x32A) což je velmi dobré, ale většina EV prozatím nedokáže takový výkon využít. Hraje zde důležitou roli palubní dobíječka která převádí střídavý proud na stejnosměrný a poté dobíjí baterie. Pro představu nyní Škoda Citigo-e iV (2019) nebo Volkswagen ID.3 (2019) mají palubní dobíječku o výkonu 7,2 kW, u Nissanu Leaf (2020) je tato hodnota 3,6 nebo i 6,6 kW, Tesla Model 3 (2020) dokáže až 11 kilowattů<sup>24</sup>. Výjimku tvoří minulá generace Renault Zoe (2020) s 22 kW palubní nabíječkou. [15]

Rychlost nabíjení je dána tedy palubní nabíječkou a také velikostí akumulátoru<sup>25</sup>. Pro srovnání dvou modelů Škoda Citigo iV a Tesla Model 3 Long Range je na obrázku níže. Při plném využití nabíjecího výkonu je tedy potřebný čas pro nabití EV Škoda 4,5 hodiny a pro EV Tesla 7 hodin s tím, že se nabije více jak dvojnásobek kapacity. Pro nouzové řešení je u každého

---

<sup>24</sup> Tento výkon se objevuje čím dál více s posunem technologií a časem.

<sup>25</sup> Rychlost nabíjení je dána nejslabším článkem v dobíjecím řetězci.

automobilu kabel, který lze zapojit do běžné domácí zásuvky 230 V s nabíjecím výkonem až 2 kW. Tímto způsobem bychom automobily nabíjeli opravdu dlouho. [15]

Rychlost nabíjení Škoda Citigo a Tesla Model 3		
	Škoda Citigo e-iV	Tesla Model 3 long Range
Kapacita baterie [kWh]	32,3	75
Výkon nabíjení [kW]	7,2	11
Čas [hod]	4,5	7
Dojezd [km]	252	475

obrázek 16 - rychlost nabíjení Škoda Citigo e-iV a Tesla Model 3 Long Range 2019, zpracování: vlastní

### Dobíjení stejnosměrným proudem

Pro vyšší rychlost nabíjení jsou k dispozici rychlodobíjecí stanice se stejnosměrným proudem (DC). Jedná se o zařízení, které usměrňují AC proud na DC a předává jej přímo do baterie elektromobilu s tím, že dobíjecí výkon je ovládaný ze strany systému řízení baterie, který je umístěný ve vozidle a komunikuje s DC dobíjecí stanicí. Tyto stanice jsou s ohledem na jejich výkon i použitou technologii nákladnější a složitější na výstavbu. Vyžadují zejména dostatečnou kapacitu odběrného místa elektrické energie a přípravu betonového podkladu. Citigo iV dokáže z DC dobíjecích stanic dobít výkonem až 40 kW, Nissan Leaf 50 či 100 kW, Tesla Model 3 až 250 kW. Nejrychleji nabíjecím autem je nyní na trhu Porsche Taycan, který umožňuje využít DC dobíjecí stanici, která má 800V na výstupu napětí. Tedy baterii o kapacitě 93,4 kWh zvládne nabít z 80% za 23 minut. Tyto udávané časy jsou pouze orientační, za ideálních podmínek a správné nabíječky. Oproti nabíjecím stanicím se střídavým proudem je zde nutný větší konektor a silnější kabel z důvodu přenosu vyšší energie. Z důvodu ochrany životnosti baterie je u těchto rychlonabíjecích stanic doporučeno nabíjet na 80% kapacity baterie. Jednotlivé nabíjecí cykly hlídá management baterie v EV aby nedošlo k poškození. Při častém užívání rychlodobíjecích stanic se dříve projeví vyšší míra degradace baterie a snižování kapacity než kdyby probíhalo dobíjení pomalejším způsobem přes AC. [15]

V České republice rychlé DC nabíjecí stanice obvykle poskytují výkon 50 kilowattů a je jich kolem 170ti, což u výše zmíněného Porsche je málo a nevyužijeme tak potenciál auta. Jsou zde superchargery od společnosti Tesla, které podporují výkon 120 kilowattů a ty nejnovější dokonce 250 kW<sup>26</sup>. Nyní se na území České republiky nacházejí 4 superchargery a to v Brně, Olomouci, Humpolci a ve Vestci u Prahy. Společnost Tesla plánuje vystavět další 4 v Budějovicích, Plzni, Ústí nad Labem a Praze. Dalšími velmi silné nabíječky s nabíjecím

<sup>26</sup> Lze využít pouze pro automobily Tesla

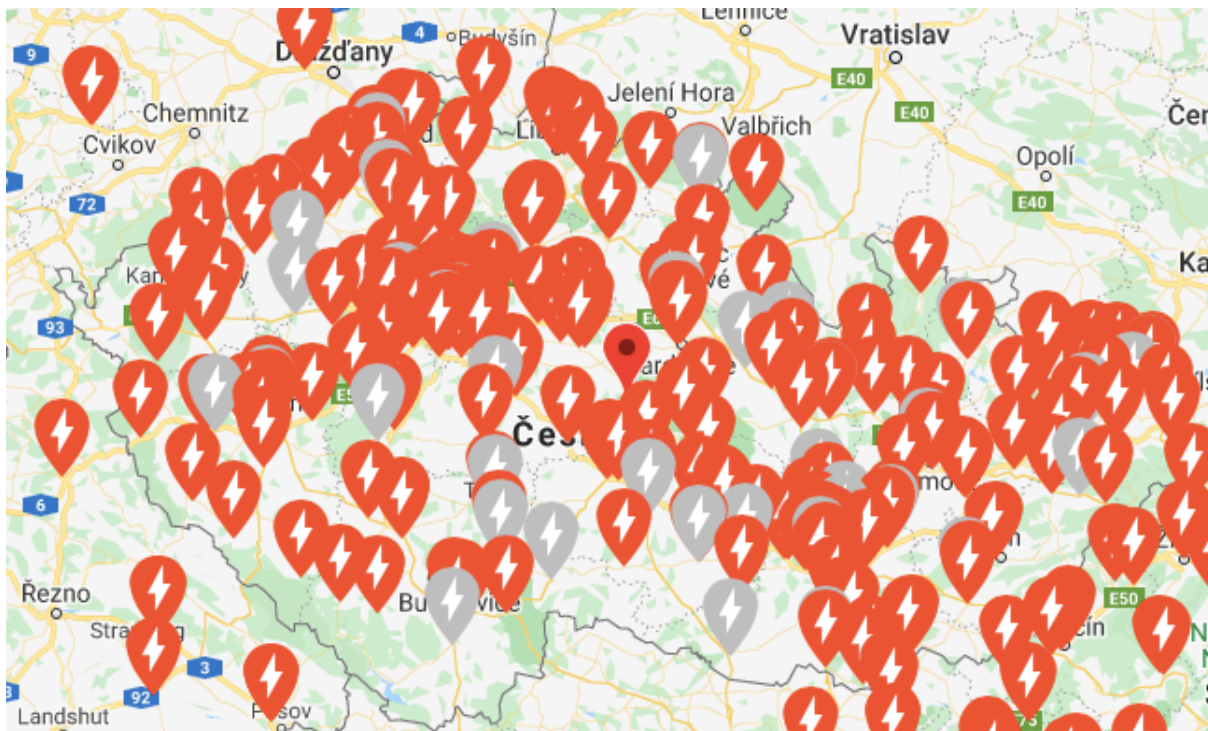
výkonem až 350 kW staví firma Ionomy, která nedávno vystavěla 4 nabíjecí stanice v Berouně<sup>27</sup>, další v Nupakách u Prahy a v Jihlavě. [15]

Na obrázku níže můžeme vidět rozmístění dobíjecích stanic, které poskytují dobíjecí výkon 50 a 120 kW. Pro výkonnější dobíjecí stanice je koncentrace především u větších měst. Šedivě označená místa jsou dobíjecí stanice ve výstavbě.



obrázek 17 - dobíjecí stanice s výkonem nad 120 kW pro ČR, zdroj: <https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/t/rychlonabijeci/w/120>

<sup>27</sup> informace k 21. 2. 2021



obrázek 18 - dobíjecí stanice s výkonem nad 50 kW pro ČR, zdroj: <https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/t/rychlonaabijeci/w/50>

Další neméně důležitou součástí nabíjení jsou také podmínky, za kterých probíhá dobíjení. Elektronika v autě společně s nabíječkou se snaží co nejméně poškodit baterii. Jeden z parametrů je teplota, za které nabíjení probíhá a také úroveň nabití baterie, při které začínáme nabíjet. Zjednodušeně řečeno, čím více je baterie nabitá tím má menší teplotní rozptyl, ve kterém má optimální podmínky. Pro rychlejší nabití by měla mít baterie 30 stupňů celsia. K tomuto slouží řídicí jednotky, které hlídají teplotu baterie a zahřívají ji, respektive chladí aby dosáhla ideálních podmínek. Toto vybavení je často pouze u luxusnějších aut a je zde nutné auto „připravit“ na nabíjení a zadat tak za jak dlouho dojde k nabíjení baterie. Automobilky Tesla a Porsche fungují tak, že do navigace zadáme adresu kam jedeme a počítač vyhodnotí, zda dojedeme danou vzdálenost případně nabídne možné nabíjecí stanice při cestě. U levnějších automobilů se tato technologie nevyskytuje a je dobré se zaměřit alespoň na to, aby baterie byla chlazená větrákem z klimatizace. Moderní technologie by výrazně zvedla cenu těmto automobilům, jako jsou Renault Zoe, Škoda Citigo-e iV, Nissan Leaf. [15]

Rychlonabíjení je v České republice limitováno nejen počtem dobíjecích stanic, ale také faktem, že se baterii zkracuje životnost. Dle Henryho Stoppela vývojáře baterií ve Škoda auto je lepší nabíjet pomaleji střídavým proudem než rychlonabíječkou. Dalším faktorem je cena nabíjení, která roste s počtem elektromobilů. ČEZ Distribuce přichází s novým ceníkem, který



můžeme vidět na obrázku níže<sup>28</sup>. Vize je tedy taková, že EV by se měla primárně nabíjet doma, přes noc i z důvodu vytížení sítě, která v noci není tak velká. Takovéto nabíjení by mělo probíhat pomocí střídavého proudu či wallboxu. [15]

2.1

	Jednotka	TAXI	Obchodní cestující	Víkendový řidič	"Pay as you go"	Neregistrovaný
Měsíční platba	Kč/měsíc	1 750	550	200	0	0
Poplatek za odběr	Kč/kWh	3,5	4,5	5,5	7,5	9,5
Předplacená spotřeba (volné jednotky)	kWh	500	122	36	0	0

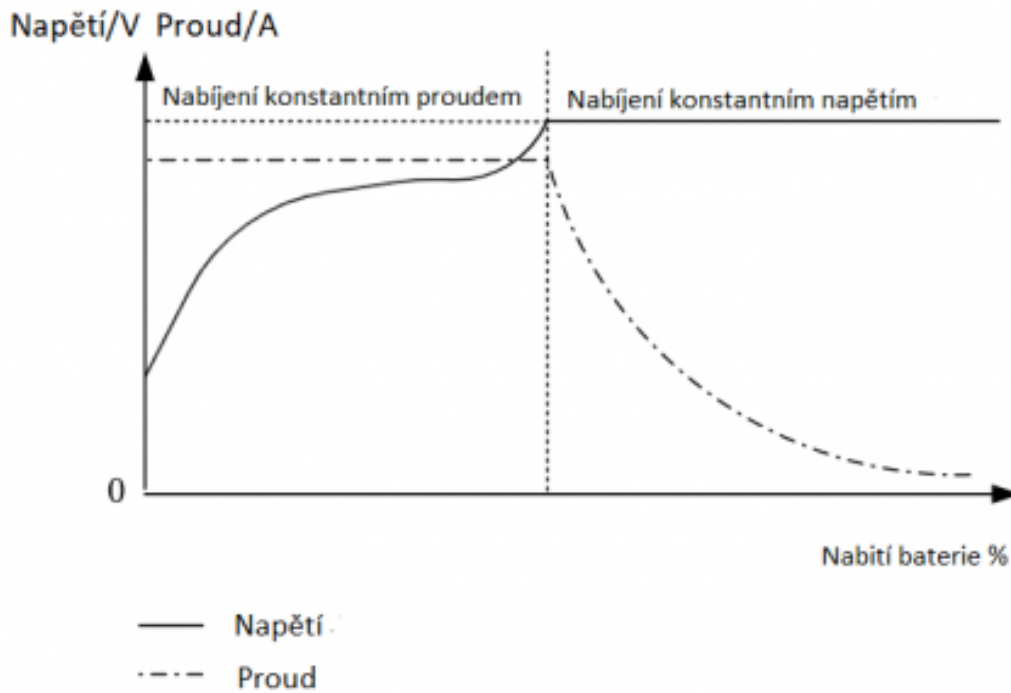
Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

obrázek 19 - ceník platný od 2020 pro nové zákazníky, zdroj: [https://www.elektromobilita.cz/file/edee/elektromobilita/jak-se-stat-zakaznikem/smlouva/2020\\_04\\_22\\_opse\\_a\\_cenik\\_final\\_clean2.pdf](https://www.elektromobilita.cz/file/edee/elektromobilita/jak-se-stat-zakaznikem/smlouva/2020_04_22_opse_a_cenik_final_clean2.pdf)

### Role battery managementu

Hlavní rolí battery managementu je kontrola proudu a napětí, které proudí k baterii a ovlivňuje tak životnost baterie. Battery management může preferovat nabíjení konstantním proudem nebo napětím. Při nabíjení konstantním proudem je rychlost nabíjení velmi efektivní, ale může dojít tzv. přehřátí baterie a tím negativně ovlivní její životnost. Při nabíjením konstantním napětím hrozí přehřátí baterie příliš silným proudem a to také negativně ovlivní její životnost. Neboli nabíječka kombinuje oba způsoby nabíjení a to tak, že z počátku dochází k nabíjení konstantním proudem, kdy je dodržována rychlost a efektivita nabíjení a jakmile dojde k určité hodnotě amplitudy tak se změní na konstantní napětí. Toto je pro ilustraci znázorněno na obrázku níže. [21]

<sup>28</sup> Plné znění smluvních podmínek a ceníku je na stránkách <https://www.elektromobilita.cz/cs/jak-se-stat-zakaznikem>



obrázek 20 - průběh nabíjení, zdroj: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2019/2613893/>

Aby battery management mohl takto fungovat, musí plnit na sebe navazující procesy: usměrnění vstupu, korekci účinníku, konverzi DC-DC, izolaci, usměrnění výstupu a filtrování výstupu. Tyto procesy by se daly rozložit na 2 fáze. V první fázi zvané „power factor correction“ dochází ke změně střídavého proudu na stejnosměrný, zde záleží na nabíječce zda bude schopna využít jednu nebo všechny tři fáze střídavého proudu. Výstupem napětí je 700V, které jde do druhé fáze. V druhé fázi je tzv. „LLC převodník“ kam proudí 700V a výstupem je napětí takové, které EV opravdu potřebuje v daný moment.

Battery management se tedy dělí dle toho, kolik fází umí využít a také jaké má výkonnostní rozpětí. Dle toho se odvíjí také cena. [20]

Na obrázku níže jsou zpracované hodnoty pro nabití baterie o kapacitě přibližně 20 kWh. K porovnání byly vybrány 4 modely aut, kdy každé auto má svou palubní nabíječku, která umožňuje maximální výkon jak je udané na obrázku. Čtvrtý řádek je běžná domácí zásuvka, která je omezena na 13 A z důvodu napětí v síti. Další dva řádky jsou třífázové zásuvky. Na obrázku je vidět především porovnání, že vždy je v systému nějaký „nejslabší“ článek, který omezuje výkon dobíjení. U VW E-UP! je tímto článkem právě palubní nabíječka, která má maximální kapacitu 3,6 kW naopak u automobilu Tesla Model S je palubní nabíječka dostatečně výkonná a proto se snižuje doba nabíjení u všech typů zásuvek.

Čas potřebný pro nabití cca 20 kWh kapacity baterie (vychází z reálných měření)				
Elektromobil	VW E-UP! 18,7 kWh	Nissan Leaf 24 kWh	BMW i3 24 kWh	Tesla Model S 85 kWh
Palubní nabíječka	3,6 kW 1f	6,6 kW 1f	7,4 kW 1f	22 kW 3f
13 A zásuvka 3,7 kW	8 hodin	10 hodin	8 hodin	7,25 hodin
16 A 3f zásuvka 11 kW	6 hodin	6 hodin	6 hodin	2 hodiny
32 A 3f zásuvka 22 kW	6 hodin	3 hodiny	3 hodiny	1 hodina

obrázek 21 - srovnání doby nabíjení jednotlivými nabíječky, zdroj [6], www.hybrid.cz

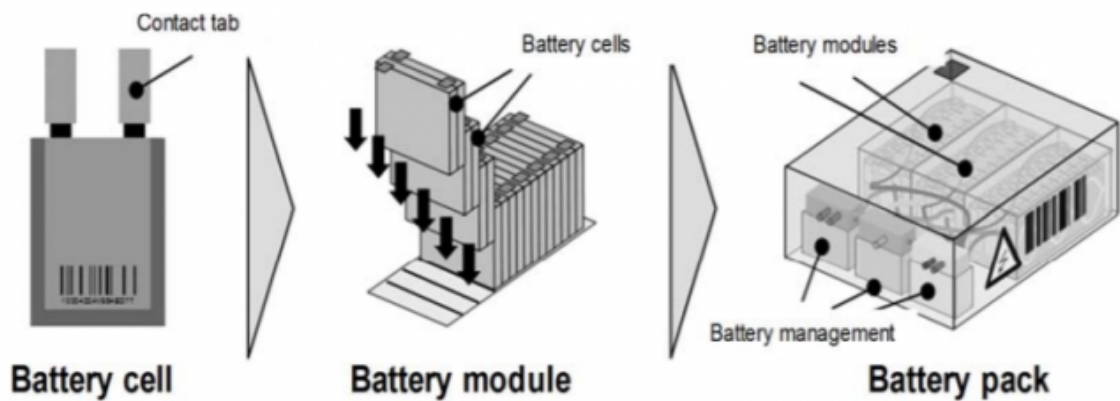
## Baterie

Nejdražší částí automobilu je právě zmiňovaná autobaterie. Často negativní ohlasy jsou právě z důvodu baterií a to už jak z důvodu ceny, krátké životnosti či nízkou dojezdovou vzdáleností tak i znečištění životního prostředí při recyklaci. [22]

Konstrukce baterií se skládá z jednotlivých článků a modulů. Článků (napětí 3-4V) jsou v baterii stovky i tisíce a jsou zapojeny paralelně nebo sériově tak aby získali dostatečný proud a napětí. Známe 3 druhy a jak už to bývá každý má svoje výhody a nevýhody – válcové, hranolové, pouzdrové. [22]

U válcových článků je výhodou vysoká optimalizace při výrobě. Je to nejlevnější varianta s nejvyšší účinností. Automobilky BMW a VW využívají hranolové články, které lze lépe skládat za sebe a mají vyšší možnost chlazení. Oproti válcovitým mají nízkou energetickou hustotu a nízký počet nabíjecích cyklů. Nissan a Renault využívají pouzdrové baterie, které umožňují flexibilitu návrhu jednotlivých modulů a kapacity, ale je nutné kontrolovat teplotu a tlak. Jednotlivé články se skládají do modulů a tvoří tak stavební bloky baterie. Je tomu tak z důvodu údržby a případně snadnější výměny jednotlivých modulů. Každý modul obsahuje chladič jednotku, která monitoruje teplotu a napětí a odesílá tyto informace do systému řízení baterie, který vytváří optimální prostředí. Modul je vybaven také dalšími prostředky, které slouží k rovnoměrnému vybíjení a nabíjení článků. [22]





obrázek 22 - článek, modul, blok, zdroj: <https://www.semanticscholar.org>

Při výběru či hodnocení baterie je zde zásadní váha a velikost baterie. Proto se u baterií uvádí měrná energie neboli hustota energie. Jednotkou je tak wh/kg nebo wh/l. Další důležitý prvek je počet cyklů nabití a vybití. Obvyklá životnost baterie je 1000-1500 cyklů. Cena baterie se pohybuje cca 30% ceny auta. Další faktor je dojezdová vzdálenost, která je velmi ovlivněna stylem jízdy a počasím. Pokud bude třeba zatopit tak si motor neumí vyrobit teplo sám a je potřeba obětovat část kapacity článků ke tvorbě tepla. [22]

Obávaným tématem je životnost baterie. Po určitém čase musíme konstatovat, že obavy byly zbytečné. Díky řízení nabíjení baterií a neustálé komunikaci nabíjecí stanice s palubní nabíječkou je tento strach zbytečný. Nissan udává po nájezdu 200 000 km ztrátu pouze 10% kapacity baterie, Tesla po 160 000 km měla kapacitu baterie na 85%.

Aby baterie vydržela co nejdéle je důležitá péče o ni. Důležité je nevybíjet baterii pod 20% její kapacity. U některých aut dochází k zamknutí baterie a tak posledních 20% nelze vyčerpat a již udávaná kapacita je bez 20% kapacity (Ford). Pokud situace umožní tak je lepší pro baterii využívat „pomalu“ nabíjecí stanice nebo AC stanice než DC, které jsou zavedeny pod názvem superchargery. [22]

Po skončení životnosti baterie pro EV jsou zde dvě možnosti. Možnost číslo jedna je využití baterií pro uschování energie z obnovitelných zdrojů a nezatěžovat tak životní prostředí. Až po této fázi dochází k recyklaci baterie a snaha o maximální separaci kovů z bateriových článků. U kobaltu získáváme až 85%. [22]

Budoucností by mohla být chemická úprava baterií, kde dojde k záměně grafitu za křemík. Díky tomu by mohla narůst měrná energie. Problémem je zde změna objemu při vybití/nabití baterií. Další nápad je zde funkčnost baterie bez elektrolytu, který zvýší bezpečnost baterie a zvýší tak její životnost. [22]

## Nabíjecí konektory

V nabíjecích konektorech je prozatím poměrně jednoduchý výběr. V Evropské unii je prosazován především Mennekes na AC dobíjení a pro DC konektor CCS.

### AC konektory

Nyní se v České republice využívají převážně 2 druhy kabelů pro nabíjení EV. Na jednom konci je konektor Mennekes, který zapojujeme do nabíječky. Na druhém konci se nachází koncovka Yazaki<sup>29</sup> nebo Mennekes dle druhu elektromobilu. Při výběru kabelu je nutné dbát na výkon palubní nabíječky, který musí být dimenzován na stejný nebo raději vyšší výkon než má nabíječka. Životnost těchto kabelů se pohybuje okolo 10 000 zapojovacích cyklů a proto je lze použít i pro budoucí elektromobil. [20]



**Typ1 (Yazaki)**

*obrázek 23 - konektor Yazaki, zdroj [20]*

Tento typ 1 konektoru byl rozšířen po celém světě, nyní je ale na ústupu a využívá se hlavně v Americe a Asii. V České republice mají tento kabel starší EV a hybridní vozy, které mají vlastní kabel či redukci, aby mohli využívat i jiné kabely. Výhodou této koncovky je, že umožňuje využít pouze jednu fázi a nepodporuje automatický systém zamykání. [20]



**Typ2 (Mennekes)**

*obrázek 24 - konektor Mennekes, zdroj [20]*

Koncovka typu 2 se začala využívat od roku 2003, kdy se stala novým evropským standardem. Automobilky tedy vyrábějí vozidla stejným způsobem jen na konci výroby nainstalují

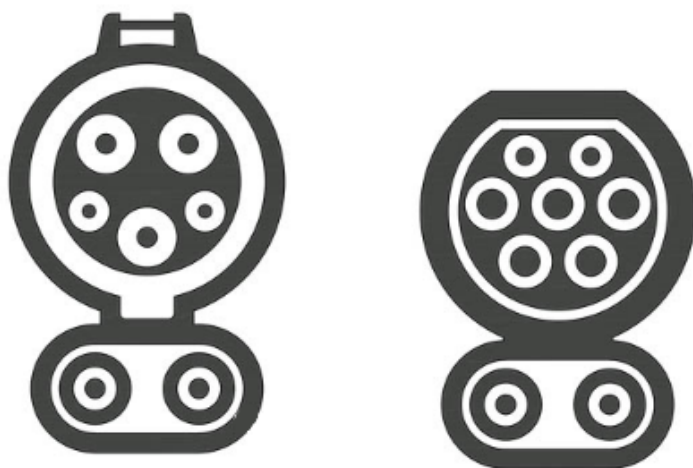
---

<sup>29</sup> V České republice je tento typ konektoru spíše na ústupu a nevyužívá se. Dříve byl využíván především u francouzských nebo japonských EV.

koncovku dle umístění auta na trh. Výhodou koncovky Mennekes je automaticky uzamykatelný systém. [20]

### DC konektory

Z důvodu přenosu vyššího výkonu jsou tyto konektory neustále ve vývoji a mění se tak, aby byly účinnější. CCS neboli combined charging systém je řešením pro rychlé nabíjení stejnosměrným proudem. Pro zajištění vyššího přenosu elektrické energie přibyly na konektoru další dva kolíky, které slouží pro nabíjení a v horní části se objevuje komunikační pin a zemnicí vodič, který slouží jako nulový bod pro ochranné systémy. Tento systém dokáže přenášet výkon až 350 kW. Evropská unie typ 2 (Mennekes) konektoru schválila jako standard v roce 2014. [20]



obrázek 25 - DC konektory typ 1 a 2, zdroj [20]









Dalším konektorem je CHAdeMO, kterou vyvíjelo 5 japonských automobilek a snažili se konektor prosadit v Evropě, kde se jim to nepodařilo. Tento druh konektoru dokáže nabíjet až 400 kW a nyní ve spolupráci s Čínou pracují na vývoji ultra-rychlého konektoru, který bude schopen přenášet až 900 kW. [20]

Společnost Tesla vyvinula vlastní konektor, který využívá ve svých dobíjecích stanicích. Nikdo jiný tento typ konektoru nemůže využívat, ale jelikož v České republice jsou 4 nabíjecí stanice Tesla<sup>30</sup> tak byla nucena vytvořit redukce pro Evropský trh a EV Tesla Model 3 vyrobila s konektorem CCS typu 2. Možností je také zakoupit si příslušenství v podobě redukce, která umožňuje využít dobíjecí stanice s konektorem Chademo. [20]

---

<sup>30</sup> Údaj k 1.3.2021, v průběhu roku 2021 by měly být vystavěny další 4 dobíjecí stanice (superchargery)

Jednotlivých typů je světě mnohem více, pro přehlednost jsou zpracovány na obrázku. Veřejné AC Stanice nemají běžně přidělán kabel pevně, ale každý řidič si vozí vlastní kabel k dobíjení a tak je zde eliminován problém s různorodostí koncovek. Jiné je to u wallboxů u rodinných domů, kde je předem znám konektor a tak z důvodu usnadnění manipulace je kabel připevněn k wallboxu pevně aby při každém nabíjení nebylo nutné z auta vyndávat nabíjecí kabel. U DC stanic je z důvodu bezpečnosti, ceně a váze kabel připevněný napevno. Je nutné si tedy předem vhodnou stanicí vybrat. [20]

Typ proudu a jméno konektoru	Oblast			
	Japonsko	Čína	Amerika	Evropa
AC				
Jméno konektoru	Typ 1 - J1772	GB/T	Typ 1 - J1772	Typ 2
DC				
Jméno konektoru	CHAdeMO	GB/T	CCS - Typ 1	CCS - Typ 2

obrázek 26 - typy konektorů ve světě, zdroj [20]

## Alternativy dobíjení

V roce 2020 se ve Švýcarsku vyskytla myšlenka indukčního nabíjení EV. Jedna z možností byla, že by zmizely nabíjecí kabely a auto by tak přijelo k nabíjecímu místu a auto by se začalo nabíjet. Druhou možností bylo vytvořit silnice pod kterými bude vedena indukce a nabíjení bude probíhat neustále za provozu. Výše popsané možnosti byly testovány jak na univerzitách tak i v jiných zemích (Japonsko), ale prozatím bez úspěchu a to z více důvodů. [6]

Alternativa v podobě nabíjení pomocí elektromagnetické indukce za jízdy nevypadá z hlediska budoucnosti perspektivně. Cena tohoto řešení by byla velmi vysoká a muselo by dojít k přestavbě mnoha kilometrů silnic a dálnic. Problematiku skrývá i účinnost indukce za jízdy, která není tak vysoká jako při kabelovém nabíjení, ale také při různém poškození silnic by docházelo k vysoce nákladným opravám. V neposlední řadě je nutná podpora takové varianty ze strany automobilek, kdy by došlo k navýšení ceny EV, která je už tak kvůli akumulátoru vysoká. Například v Norsku (Oslu) testují taxislužby 25 EV od společnosti Jaguar nabíjení pomocí indukce, kde nabíjecí desky mají výkon 50-75 kilowattů. [19]

## Benefity elektromobilů

V České republice je na vyžádání poznávací značka s počátečními písmeny EL pro jednodušší rozpoznání EV. Jedná se o rychlejší a snadnější metodu jak získat bonusy v České republice bez zdoluhavých dokazování na nárok o bonus. Výhodu má toto označení i pro ISZ a to konkrétně pro hasiče, kteří pokud dojde k nehodě s tímto automobilem mají odlišný postup jak řešit danou situaci. Pro tyto případy jsou jednotlivé složky proškoleny – jedná se například o jiné rozmístění hasičských vozů, kdy může dojít k samovolnému rozjetí EV apod..

První výhodou je osvobození<sup>31</sup> od silniční daně. Každý podnikatel, který využívá automobil je povinný platit silniční daň. U EV je tato daň snížena na minimum a pokud se jedná o služební flotilu může tak dojít k zajímavému zvýhodnění.

Další výhodou je osvobození od silničních poplatků, kdy od roku 2020 EV nejsou povinni platit dálniční známku. Každé město, obec má možnost propůjčovat výhody EV dle svého uvážení. V Praze jsou EV osvobozeny od placení modrých zón což může ušetřit až 12 000 Kč každý rok za EV. V Evropské unii jsou další benefity a to i zajímavější než v České republice. Například v Rumunsku je dotace až 10 000 EUR, oproti Finsku kde je dotace pouhých 2000 EUR. Detailní přehled je v příloze 1. [24]

---

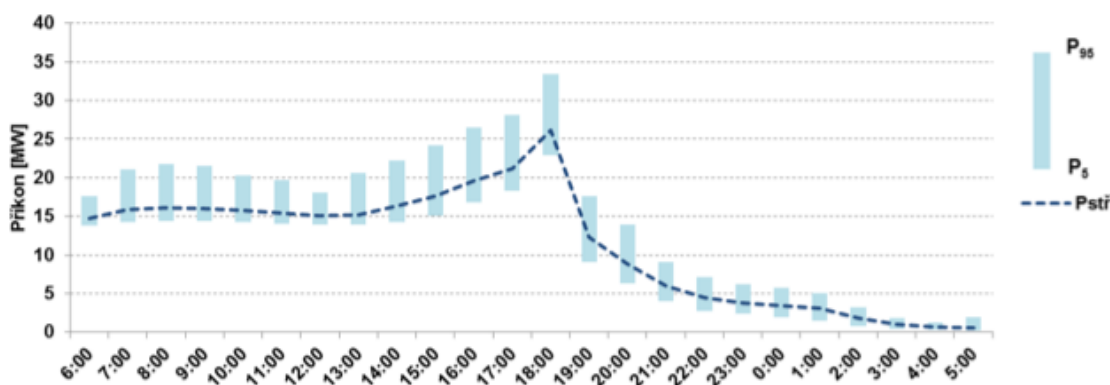
<sup>31</sup> Snížení na minimum.

## Distribuční síť

Distribuční a přenosové sítě v České republice se distributoři snaží posílit a to především z důvodu připojování OZE<sup>32</sup> a také vyšších odběrů jako jsou například dobíjecí stanice. Nutnost posilování sítě pro zapojení dobíjecích stanic je shrnuto v Národním Akčním Plánu pro Smart Grids.

U preferencí nabíjení EV je dle průzkumu Figenbaum a Kolbenstevedt (2016) hlavní způsob domácí nabíjení, druhé místo obsadila práce a v poslední preferenci je veřejné a rychlé dobíjení. Tento výsledek je především z důvodu pohodlí. Nabíjení v práci bude probíhat nejspíše u těch, co nemají možnost domácího nabíjení. Obě varianty patří do neveřejného dobíjení a proto bude potřeba dbát na požadavky právě v těchto místech. Z dotázaných uživatelů 95% z nich uvedlo preferenci neveřejného dobíjení. [32] Informaci je nutné brát s rezervou, jelikož od roku 2016 se situace na trhu mění a snahou je přejít od konvenčních automobilů k EV a tudíž je předpoklad, že veřejné dobíjecí stanice budou využívány čím dál více.

Na obrázku můžeme vidět denní průběh nabíjení veškerých EV v české republice se středním scénářem NAP SG v roce 2020. Jedná se pouze o modelový předpoklad studie, který nelze sledovat vzhledem nízkému počtu EV v globálních číslech z hlediska měření zatížení soustavy. Je vidět, že se promítá trend nabíjení doma kam se lidé dostanou po práci cca 18.00 hod a dále a nad ránem dochází k plnému nabití baterie EV, případně odpojení.



obrázek 27 - střední scénář denního diagramu nabíjení 2020, zdroj [www.mpo.cz](http://www.mpo.cz)

<sup>32</sup> obnovitelné zdroje energie

Dopad elektromobility do DS<sup>33</sup> ČR bude dle analýzy při vysokém scénáři v roce 2040 nejvyšší v okrese Ostrava-město, kde bude nárůst až 135 MW. Úpravy sítě NN<sup>34</sup> budou dle predikce potřebné až v roce 2030 kdy bude potřeba navýšení výkonu DTS<sup>35</sup> při vysokém scénáři o 790 ks. V roce 2040 bude těchto změn mnohem více a pro přehlednost jsou uvedeny na obrázku níže.<sup>36</sup> [33]

2040	Nizký	Střední	Vysoký
Navyšování výkonu DTS	142 ks	1 810 ks	48 083 ks
Nová DTS			15 493 ks
Vedení VN pro novou DTS			6 126 km
Vedení NN pro novou DTS			6 339 km
Vedení NN rekonstrukce		780 km	4 560 km

obrázek 28 - predikce změn v síti NN, zdroj [www.mpo.cz](http://www.mpo.cz)

Náklady na DS pro začlenění elektromobility k roku 2040 se odhaduje na 2,8 mld. Kč při nízkém scénáři, 7,9 mld. Kč při středním scénáři a 92 mld. Kč při vysokém scénáři. [33]

## Optimalizace

Důležitým faktorem při nabíjení je elektrická síť. Jak už jsem výše popsal jedná se o různé typy nabíjecích stanic od domácích zásuvek přes superchargery. Běžná jednofázová zásuvka (230V) je dimenzovaná na max. 16A a dle ČSN 33 2130 musí mít každé elektrické zařízení s příkonem nad 2 kW vlastní okruh. Obvykle přenosná dobíječka s konektorem do domácí zásuvky, která je součástí příslušenství elektromobilu využije však maximálně 13A – dobíjecí výkon je omezen. Varianta nabíjení z běžné zásuvky je opravdu pouze krajním řešením. Častější řešení bude domácí wallbox. Problém by mohl nastat při vysokém odběru spotřebičů/strojů, kdy by měl existovat řídicí systém, který vyhodnotí jaký maximální příkon lze dodat EV tak, aby nedošlo ke shození jističů v distribučním místě, případně zajistit nabíjení EV při nižším tarifu elektrické energie. [23]

V České republice má většina rodinných domů jistič 3x25A, u bytů je tento jistič nejčastěji 1x25A což nám říká, že zmíněným domácnostem neumožní využívat interní nabíječky 1x32A. U rodinných domů je tak vhodnější využít dobíjení výkonem 11 kW (3x16A) a zvolit takový model AC wallboxu a elektromobilu, které tento způsob umožňují. Tento způsob často umožní ve spojení s jednoduchou domácí automatizací (odepnutí dobíjení pokud je odběrné místo příliš

<sup>33</sup> distribuční síť

<sup>34</sup> nízké napětí

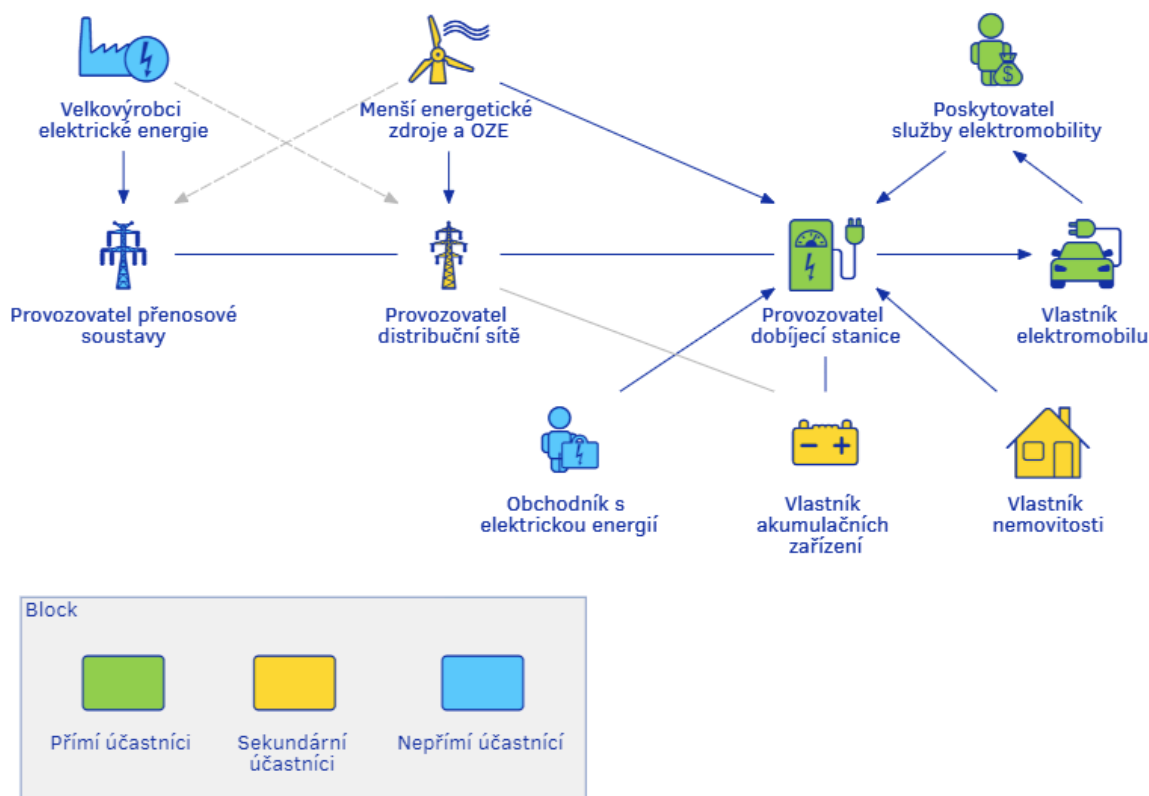
<sup>35</sup> distribuční transformační stanice

<sup>36</sup> nízký scénář (2040) predikuje 1136 MW, střední 2478 KW, vysoký 6897 MW výkonu dobíjení



zatížené jinými odběry) komfortní dobíjení bez nutnosti navyšování hodnoty hlavního jističe. V případě, kdy je potřeba na odběrném místě navýšit hlavní jistič, je nutné podat žádost u příslušného provozovatele distribuční soustavy. Zákazník následně provede úpravu rozvaděče, doložení revize, zaplatí jednorázový poplatek za navýšení příkonu a následně hradí i vyšší měsíční poplatky za jistič.

Pro lepší pochopení následující kapitoly jsem se rozhodl využít obrázek, který shrnuje všechny účastníky, kteří se na dobíjení EV podílejí.



obrázek 29 - zdroj účastníků při nabíjení EV, zdroj: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/21052-nabijeni-elektromobilu-zatizeni-site-a-rizeni-vykonu-cast-ii-rizeni-vykonu>

Mezi přímé účastníky patří

- *provozovatel dobíjecí stanice*, který představuje vlastníka dobíjecí infrastruktury. Má za úkol instalaci stanice, její plynulý chod a garantuje parametry dobíjení. Právě provozovatel platí veškeré náklady spojené s dobíjením. V ČR jsou to ČEZ, E.ON, PRE, IONITY, Tesla.
- *poskytovatel služby elektromobility*, jenž nabízí síť nabíjecích stanic zákazníkům pomocí aplikace a garantuje parametry dobíjení. Zajišťuje smluvní podmínky a účtování využívaných služeb, které stanice poskytuje. Za poskytování si účtuje marži společně s náklady, které kalkuluje provozovatel. V ČR je často poskytovatel služeb i provozovatel, jako tomu jsou firmy ČEZ a E.ON, ale také je zde pouze poskytovatel a to je firma ChargeUp.



- *řidič EV*, který využívá služeb a dobíjí tak na stanicích EV. Platí tedy cenu za dobíjení poskytovateli buď jednotně, či měsíčním paušálem. [27]

Sekundárními účastníky jsou

- *menší energetické zdroje, OZE<sup>37</sup>, vlastníci bateriových úložišť*. Vyrobenou energii mohou poskytovat provozovateli dobíjecí stanice nebo distribuovat energii skrz síť.
- *provozovatel distribuční sítě*, který zajišťuje připojení pro dobíjecí stanice (nové odběrné místo nebo navýšení příkonu pro stávající odběrné místo). Cílem provozovatele DS je udržet stabilitu sítě a tak je předpoklad, že do budoucna budou mít tyto subjekty možnosti řídit dobíjecí výkonu dle možností vyplývajících z legislativy a právních předpisů
- *vlastník nemovitosti*, který vlastní pozemek či budovu, kde se dobíjecí stanice nachází.

Nepřímí účastníci jsou

- *obchodník s elektrickou energií*, který prodává energii provozovateli za určitý poplatek, který je hlavní složkou nákladů při dobíjení.
- *provozovatel přenosové sítě* se zaručuje za rovnováhu v přenosové síti a její bezpečnost.
- *velkovýrobci energie* prodávají a vyrábí energii pro dobíjení. [27]

### Dopady dobíjení na subjekty, které podpoří EV firemní flotilu

Do té doby než podniky začnou řešit EV pro svou firemní flotilu, není zcela běžné řešit energetický management. Jejich hlavním úkolem bude řešení řízení výkonu odběrů tak, aby nedošlo k přetížení odběrného místa z hlediska napájení. Cena elektřiny je pouze jeden ze vstupů pro rozhodování, kdy bude probíhat dobíjení EV.

Jednotlivé varianty se týkají především větších subjektů. U menších subjektů by často cena jednotlivých pracovníků řešící tuto problematiku přesáhla možnou uspořenou částku. Z technického hlediska dojde k navýšení stávající přípojky případně zařízení nového odběrného místa. Bude nutné dbát na výkon nabíjecích stanic, případně jej omezit aby nedošlo k přesáhnutí hodnoty jističe. [27]

Jednotlivé subjekty mají jiné priority. U osobního vlastnictví, kde bude dobíjení probíhat ve **vlastním domě** bude dostačující wallbox případně klasická zásuvka. Snaha bude co nejvíce ušetřit, tedy využít příslušný nízký distribuční tarif do budoucna například svázaný s povinností blokování dobíjení v čase platnosti vysokého tarifu.

---

<sup>37</sup> obnovitelné zdroje energie

**Podnik s žádnými vysoce náročnými energetickými procesy** bude naopak poskytovat dobíjecí stanici jako benefit pro zákazníky a bude prioritou číslo jedna. Zde je v řešení maximální limit přípojky.

**Kancelářské budovy, bytové komplexy** pokud budou disponovat dobíjecími stanicemi tak nebudou určitě prioritou. Základem bude mít lokální řídicí systém, který bude omezovat dobíjecí výkon tak, aby nebylo nutné nově dimenzovat odběrné místo.

**Poskytovatel** se snaží dosáhnout maximálního možného výkonu nabíjecích stanic a zajistit tak službu v parametrech předem daných. Pokud se tedy bude jednat o rychlodobíjecí stanici o výkonu 150 kW je nutné ho opravdu poskytnout. [27]

### Optimalizace na odběrném místě

Optimalizace odběrného místa je velmi důležitou oblastí při volbě elektromobilové flotily. Důležité je řízení výkonu, o který se může starat řídicí systém, ale také nasmlouvaná cena energie a její nasmlouvaný odběr<sup>38</sup>.

#### Dodavatel elektřiny

Při změně běžných konvenčních automobilů na EV je důležité nezapomenout na variantu dobíjení. Jakým způsobem a za jakých podmínek bude prováděna. Každý podnik má nasmlouvaného dodavatele elektřiny s platným ceníkem. Zákazník může měnit dodavatele dle uvážení, ale musí se respektovat náležitosti psané ve smlouvě. Roli zde hraje místo odběru a také nasmlouvaný výkon. [52]

Nasmlouvaný výkon je omezen veličinou „čtvrthodinové maximum“.<sup>39</sup> Jedná se o hodnotu, která ovlivňuje paušální ceny za poskytování el. energie. Aby došlo k rovnoměrnějšímu odběru elektrické energie u odběratelů jsou rozděleny do kategorií (obrázek níže), kde je měření rozděleno do 15 minutových úseků kdy je měřen odebraný výkon. Pokud dojde k přesazení tohoto výkonu tak odběratel je povinen zaplatit udělenou sankci. Zákazník aby využil maximum nasmlouvaného výkonu využívá regulátory, které kontrolují aktuální odběr el. energie a pokud hrozí překročení nasmlouvaného odběru tak dojde k odpojení některých ze spotřebičů. [52] Pokud by zákazník chtěl změnit rezervovaný příkon či zajistit rezervovaný příkon je stanovena výše ceny a to:

- a) pro odběratele kategorie A částkou 20 000 Kč za odběrné místo
- b) pro odběratele kategorie B částkou 10 000 Kč za odběrné místo

<sup>38</sup> Platí pouze pro velké zákazníky s VN/VVN, kteří mají nasmlouvané odběrové diagramy.

<sup>39</sup> Platí pouze pro větší zákazníky s VN/VVN.

- c) pro odběratele kategorie C nebo D částkou 1000 Kč za odběrné místo  
dle předpisu č. 297/2001 Sb., Vyhláška Energetického Regulačního Úřadu §6.

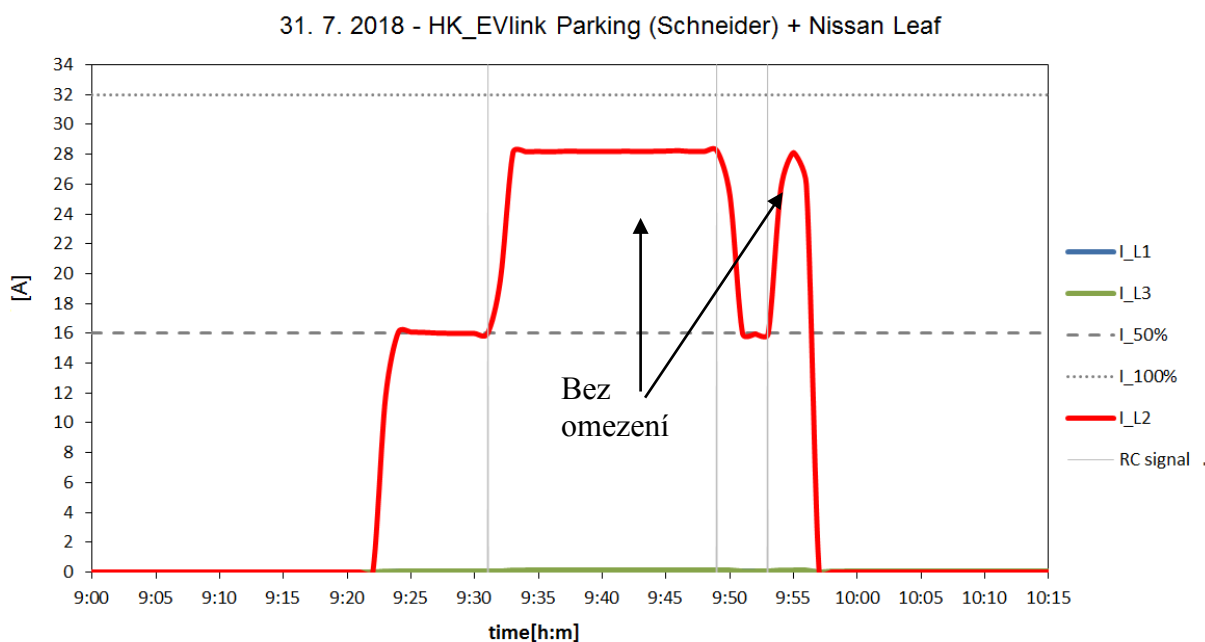
Kategorizace zákazníků dle vyhlášky 541/2005 Sb. (ERÚ)		
Odběratel kategorie	Charakteristika	Napětí mezi fázemi
A	odběratel, kde odběrné místo je připojeno k přenosové soustavě nebo odběratel, jehož odběrné místo je připojeno k distribuční soustavě s napětím mezi fázemi vyšším než 52 kV	> 52 kV
B	odběratel, jehož odběrné místo je připojeno k distribuční soustavě s napětím mezi fázemi od 1 kV do 52 kV	1kV - 52 kV
C	odběratel, který není odběratelem kategorie A, B, D	
D	fyzická osoba, jejíž odběrné místo je připojeno k distribuční soustavě s napětím mezi fázemi do 1 kV a která odebírá elektřinu k uspokojování její osobní potřeby související s bydlením nebo osobních potřeb členů její	<= 1kV

obrázek 30 - kategorie zákazníků dle ERÚ, jednotlivé rozdělení je dle charakteristiky napětí mezi fázemi, Zdroj: ERÚ

### Pilotní projekt ČEZ Distribuce

Existují různé pilotní projekty, které testují způsoby řízení výkonu dobíjení. Zde je uveden jeden z nich – INTERFLEX, který realizovala ČEZ distribuce a.s. společně se společností Schneider Electric. Projekt byl zaměřen na zvyšování flexibility evropských distribučních sítí a byl dokončen v únoru 2020. Prokázal mimo jiné zásadní zlepšení integrace nových decentralních zdrojů, akumulčních zařízení i elektromobilů do distribuční soustavy.

Tento projekt byl uskutečněný z důvodu ověření si možnosti řízení výkonu dobíjení pomocí systému HDO. Při tomto řízení byly testovány odlišné úrovně dobíjecího výkonu při využití kontaktu či relé. Takovéto řešení nabízí zákazníkovi zrušit omezení/blokování pomocí tlačítka na nabíjecí stanici/wallboxu pro daný dobíjecí cyklus jak je vidět na obrázku. Výsledkem je potvrzení faktu, že pomocí HDO lze řídit výkon dobíjení a je jednou z možných variant. [6]



obrázek 31 řízení nabíjecího výkonu pomocí HDO, zdroj: ČEZ distribuce

## Lokální řídicí systém zákazníka

Jedná se o provozování více stanic, které mohou přesahovat maximální příkon bez rizika přetížení sítě. Řídicí systém má za úkol kontrolovat maximální dosažitelný výkon pomocí centrální jednotky. Jednotlivá data jsou shromažďována a vyhodnocována a dle vstupních parametrů mění výstupní parametry – výkon dobíjecích stanic. Moderní technologie využívají tzv. cloudového prostředí a respektují lokální zatížení elektrické sítě, což umožňuje efektivnější využití odběrných míst.

V posledních letech se zde objevuje řešení *master-slave*, které je založeno na jedné stanici s řídicí jednotkou. Ostatní stanice jsou řízeny centrálně a to vede ke snížení nákladů při vystavování nových stanic a zároveň udržování výkonových limitů pro všechny propojené stanice na místě. Tato metoda se využívá především u nižších výkonnostních dobíjecích stanic či vyššího počtu wallboxů.

Na druhé straně u superchargerů (vysoce výkonných dobíjecích stanic) je varianta podpořená úložištěm elektřiny (často pomocí externích baterií), které při vysoké poptávce elektrické energie poskytují energii, při nižší poptávce energii naopak akumulují. Řešením jsou průmyslové baterie a řídicími systémy. Jedná se například o inovativní projekt, na kterém se podílí Škoda Auto a PRE, kde byla vytvořena nabíjecí stanice se setrvačником, který využívá rezerv v síti a jakmile dojde k využití dobíjecí stanice EV, setrvačnik energii generuje. Průmyslové baterie a další podobné projekty jsou využívány především na místech, kde není možnost poskytnout dostatečně vysoký výkon elektrické sítě. [26] Tato varianta je velmi jednoduchá a není třeba analyzovat okolí. Vstupem této varianty je odběrový limit. [30]

## Centrální systémové řízení (load management)

V této variantě se klade důraz na řídicí systém dobíjecích stanic. Komunikaci mezi dobíjecími stanicemi a řídicím systémem zde zaručuje standard OCPP<sup>40</sup>. OCPP zajišťuje služby a operace, které řídí výkon stanice a dobíjení z řídicího systému. Tímto způsobem dokáže propojit jednoduché i komplexní řídicí systémy. [28]

Pokud tedy nechceme v domácnosti či podniku navyšovat nasmlouvaný výkon nabízí se možnost řešení za pomoci řídicího systému, který problém řeší.

---

<sup>40</sup> open charge point protocol – zahrnuje správu nabíjení, asistenci uživatele, integraci systémů

System umožňuje:

- statické řízení výkonu

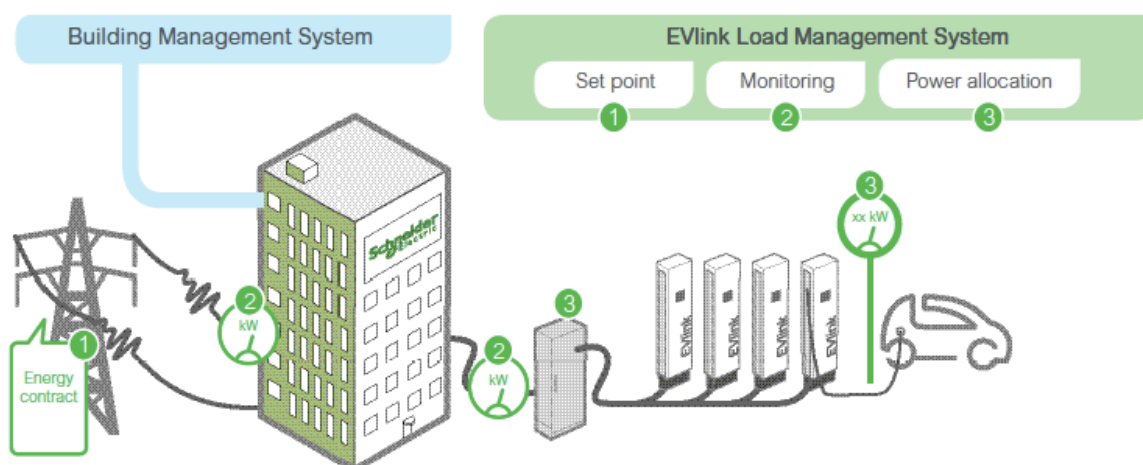
Možností je vzdáleně nastavit omezení výkonu dobíjecích stanic. Může dojít k nastavení časově proměnných výkonových profilů a přiřazovat je k jednotlivým stanicím. Metoda tak umožní snížit výkon dobíjení v hlavních špičkách či při vysoce odběrových procesech společnosti.

- dynamické řízení výkonu

Jak je již z názvu patrné, dochází k reakcím na aktuální situaci. System řídí odběrové maximum na základě aktuálního odběru dle jistění spotřeby. Poskytuje výkon do rezervy, který je přerozdělen dle pravidel, které jsou předem nastaveny a lze tedy udělit prioritu pro určitou dobíjecí stanici. [29]

Statické řízení je přednastaveno, dynamické řízení má především vstupy z blízkého okolí (data o spotřebě nabíjení, statická nastavení, rozhodovací pravidla a algoritmy připojených systémů). Data a pravidla pro rozhodování jsou nastaveny specificky pro konkrétního vlastníka. Nejnovější system OCPP poskytuje možnost komunikace dobíjecí stanice s centrálním řídicím systemem a dalšími, které spolupracují na řízení výkonu. Budoucnost je v kombinaci společně s lokálním řešením, kdy bude docházet k vyhodnocování dat aby došlo k efektivnímu řešení. [31]

Na obrázku můžeme vidět dynamický system řízení. Číslo jedno nám zobrazuje maximální výkon, který máme smluvně zřízený, který proudí do budovy. Číslo 2 je místo, kde probíhá měření spotřeby budovy a dále také nabíjecích stanic. Místo s označením 3 je řídicí system, který pomocí algoritmů vyhodnocuje v reálném čase situaci a přerozděluje energie dobíjecím stanicím pro EV. [31]

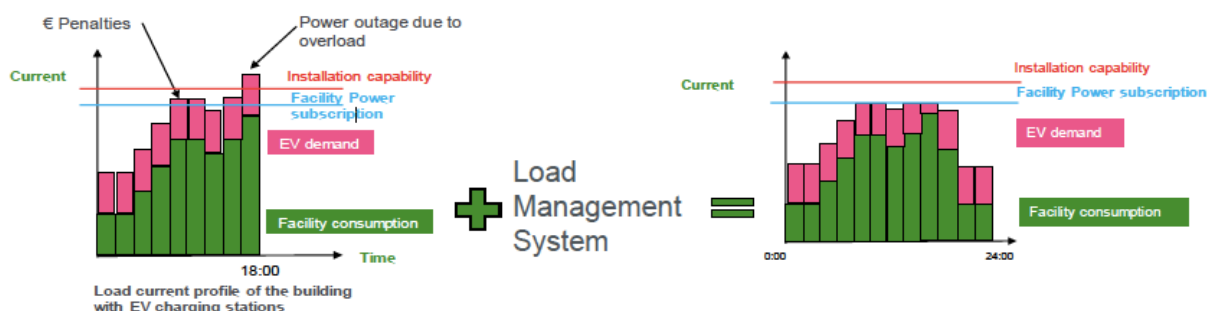


obrázek 32 - dynamický řízení, zdroj [31]

Jsou zde základní informace, které je dobré znát pro ideální chod dynamického řízení:

1. znalost prostředí – aktuální data ohledně maxima výkonu pro danou stanici v daném čase
2. správnost řízení – nastavit pravidla, která dávají informaci o funkci jednotlivých stanic
3. plnění řízení – mít dostatečně dimenzované stanice aby dokázaly plnit funkce, které jim budou zadávány
4. aktuálnost informací – neustále zjišťovat informace potřebné k dobíjení EV (odebíraný výkon, stav baterie EV...) [31]

Z obrázku je patrné, že jistou výhodou je optimalizace příkonu elektrické energie a využití potenciálu v čase. Bez Load managementu dochází k přetěžování systému a hrozí riziko výpadku jističe. Nehledě na to, že při přesažení instalované kapacity dochází k udělování pokut. Load management je schopen řídit nabíjení jednotlivých aut a vytvářet priority. Pokud nějaké auto je nabíjeno již 4 hodiny a přijede vybité auto, tak dojde ke snížení výkonu dobíjení u již zapojeného automobilu a auto s méně nabitou baterií bude upřednostněno<sup>41</sup>. Je zde i varianta, kdy jedna nebo více stanic budou prioritní, například pro zákazníky, kteří přijedou na schůzku a potřebují nabít svůj EV během chvíle co budou napojeny na dobíjecí stanici<sup>42</sup>. [31]



obrázek 33 - využití load managementu, zdroj SchneiderElectric

Aktuální situace na trhu je taková, že většina dobíjecích stanic disponuje řízením výkonu a to z důvodu očekávaného nárůstu počtu EV. Řízení dobíjecího výkonu umožňuje nabíjení více automobilů při zachování stávající kapacity připojené sítě. Dobíjecí výkon je rovnoměrně rozdělen na všechny auta, která jsou dobíjena. Souběžně je kontrolován celkový odběr elektrické energie v místě odběru, aby nedošlo k přetížení. Výhodou systému je možnost připojení další dobíjecí stanici a integrovat ji do systému s minimálními náklady. Existuje tzv. statické vyvažování zátěže, kde je vyhrazen nabíjecí výkon rezervovaný pro všechny dobíjecí stanice. Existuje také dynamické vyvažování zátěže, které se využívá u dobíjecích stanic

<sup>41</sup> Bude autu poskytnut vyšší dobíjecí výkon.

<sup>42</sup> Bude poskytnut maximální dobíjecí výkon a u ostatních dobíjecích stanic může dojít naopak ke snížení dobíjecího výkonu.

zapojených k objektu. Pokud dojde k maximálnímu povolenému odběru v budově, dojde k omezení výkonu dobíjecích stanic. [28]

## Hodnocení investic

Investice v podniku, které převyšují určitou výši finanční hodnoty jsou nutné podložit vypracovaným investičním propočtem. Často u menších a středních firem se s tímto neseťkáváme, zde se postupuje spíše dle vnitřních směrnic. Cílem této analýzy je zjistit budoucí výnos, ocenění v daném podniku pokud se pro realizace investice rozhodne. Pro vyhodnocení investice se využívají 2 způsoby a to statická a dynamická metoda. Jako klíčové můžeme považovat především rozhodnutí dle kritéria vnitřního výnosového procenta a diskontovaného hotovostního toku.

Důležitým prvkem je správný odhad položky cash flow, kde není nijak popsán správný postup, ale je sepsáno pouze to, jak ho sestavit. V tomto případě je dobré využít zkušeného manažera, který má již nějaké zkušenosti a ideálně pokud má znalosti o chodu a vnitřku firmy. Na počátku přichází často sestavení výkazu zisků a ztrát projektu. Zde dochází již k první identifikaci hospodářského výsledku investice, které může podnik očekávat. V dalším kroku dochází ke korekcím zisků, které jsou upraveny na čisté peněžní příjmy a výdaje, ze kterých se poté vychází pro výpočet efektivnosti investice. Manažer by měl vycházet z různých nabídek dodavatelů, plánu tržeb. [34]

Metody hodnocení investičních projektů můžeme dělit i dle efektů, které očekáváme jako jsou úspory nákladů, nákladová kritéria, očekávaný účetní zisk, zisková kritéria, očekávaný peněžní tok, peněžní (výnosová kritéria). [35]

### Statické metody

Tyto metody se považují za opravdu základní a jejím cílem je zamítnout projekty, které jsou zcela nevhodné. Využití nacházejí právě v „hrubém“ výběru, kdy dojde k vyřazení takových projektů, které nejsou vhodné z hlediska cílů podniku. Metody jsou využívány aby nedocházelo k zbytečné detailní analýze projektu za vynaložení dalších prostředků. Výhodou těchto metod je jejich pochopitelnost, který je jednoduchá a slouží právě i pro lidi, kteří nejsou zainteresováni do finanční problematiky. Naopak nevýhodou těchto metod je staticčnost, neboli nerespektování změny hodnoty peněz v čase a také že existují náklady (odpisy), které nejsou ihned splatné a výnosy (prodej na úvěr), které nejsou ihned inkasovány.



Jedná se například o celkový příjem z investice, pod kterým si můžeme představit součet očekávaných peněžních toků za dobu životnosti investice, čistý příjem z investice, průměrný roční příjem, průměrná roční návratnost. [41]

## Dynamické metody

### Nákladová kritéria

Nákladová kritéria lze použít právě tehdy když se jedná o dva navzájem vylučující se projekty, kde nelze odhadnout investiční peněžní toky, případně pokud jsou toky stejné. Využívají se dvě metody – metoda ročních nákladů a metoda diskontovaných nákladů. [36]

Při využití metody průměrných ročních nákladů dochází ke srovnání nákladů, obvykle shrnutých za období jednoho roku u srovnatelných investic (rozsah a cena). Vyhodnocení spočívá pouze v určení investice s nižšími náklady. Výhodou je jednoduchá aplikace na projekt, kde se nemusí řešit doba životnosti z toho důvodu, že se využívá jeden časový horizont (období). [35]

U metody diskontovaných nákladů dochází ke srovnání veškerých nákladů, které jsou spojeny s realizací projektu. Jedná se tedy o porovnání investičních a provozních nákladů, které jsou diskontovány z důvodu vzniku v odlišném čase za dobu jejich životnosti. Varianta s nejnižšími diskontovanými náklady je považována za vhodnější. Problematika může nastat u projektů s odlišnou dobou trvání. Zde je potřeba najít společný násobek a u varianty s kratší dobou životností je nutné nezanedbat současnou hodnotu obnovovaného dlouhodobého kapitálu. [36]

## CAPEX a OPEX

### CAPEX (capital expenditures)

Tato zkratka je využívána pro označování investičních (kapitálových) výdajů. Tyto výdaje jsou použity pro nákup zdrojů (technologií, zařízení), které mají často vysokou hodnotu a proto mají charakter investice. Charakteristickými znaky jsou delší časový, vyšší finanční a organizační rámec a obvykle je řešení formou projektu. Jedná se často o změnu v organizaci, kterou je dobře naplánovat a zrealizovat.

### OPEX (operational expenditures)

Jedná se o neinvestiční, neboli provozní výdaje organizace. Především se uplatňují na zajištění provozu, nákup drobných zdrojů a jejich provoz, opravy a údržbu. Provozní náklady vznikají denně při běžném provozu. Jedná se o opak investičních výdajů (CAPEX). Provozní náklady

tvoří běžně většinu nákladů podniku a proto je snaha je snižovat na minimum při zachování stejné kvality provozu či výroby. Provozními náklady mohou být:

- osobní náklady
- materiálové náklady
- náklady na údržbu a opravy
- náklady na cestování a dopravu
- náklady na provozní služby (IT, účetnictví...)
- náklady na marketing
- náklady na licence
- náklady na provoz budov a vybavení
- náklady na vodu, elektřinu a další
- náklady na telefony
- náklady na finanční a pojišťovací služby
- náklady na daně

## Praktická část

V této části dojde k uplatnění teoretické části v konkrétním podniku. V podniku se pokusím uplatnit jednotlivé technologie dobíjení, variabilitu EV a jejich dopad na finanční stránku podniku, které budou vyhodnoceny a vybrána optimální varianta.

Na začátku představím stručně podnik, uvedu základní informace potřebné ke studii a poté budu postupovat v kapitolách stejně jako u teoretické části této práce. Hlavním cílem je zjistit zda elektromobilita pro tento podnik je výhodná a za jakých podmínek, případně zachytit další potenciální možnosti a vylepšení.

## Hodinový manžel s.r.o.

Podnik Hodinový manžel je veden v okrese Praha – Západ a hlavní náplní jak už je z názvu patrné jsou především pomocné domácí práce, ale i venkovní. Jedná se o zastoupení profesí elektrikář, instalatér, plynář, topenář, malíř, zahradník, kominík a služeb týkajících se úklidu, revizí, klimatizací, praček, stěhování, rekonstruování a dalších. Podnik působí na trhu již 7 let a z jednoho pracovníka je již tým devíti lidí, kteří spolupracují na chodu firmy. Velikost a charakter firmy je spíše rodinný. Jedná se o menší firmu, kde ředitel podniku zastupuje více pozic – ředitel, finanční ředitel, účetní apod. Dále je pozice operátora/ky, která zajišťuje jednotlivé zakázky přes email či telefon. Ze zbylých sedmi pracovníků je každý specialista ve svém oboru/oborech a dle potřeb zakázek jsou vysílány do terénu buď jednotlivě nebo společně. Veškeré plány zajišťuje operátor/ka bez jakéhokoli systému a funguje „papír tužka“. Zde je také možnost vylepšení a založit systém, kde operátor/ka uvidí jednotlivé pohyby a vytíženost pracovníků v terénu.

### Sídlo společnosti

Firma Hodinový manžel s.r.o. sídlí v obci Chrást'any, kde vlastní menší halu na uskladnění potřebného materiálu, k vykonávání své práce a kancelářskou místnost.

### Hierarchie v podniku



obrázek 34 - hierarchie v podniku, zdroj: vlastní

Jak je zmíněno již v úvodu tak se jedná o rodinnou firmu s jednoduchou hierarchií, kde majitel společnosti je také ředitelem, vytváří účetní výkazy a rozhoduje o investicích. Operátor/operátorka zajišťuje chod jednotlivých zakázek, vytváří harmonogram, stará se o reklamu podniku a webové stránky. Při rozhodování o složitostech při zakázkách je povinna

konzultovat situaci s ředitelem společnosti. Jednotlivý terénní pracovníci jsou proškoleny v jednotlivých oborech a jsou zodpovědní za jimi vykonanou práci. Požadavek na tyto pracovníky je tedy nejen manuální zručnost, ale také odbornost v oboru/oborech.

Možností jak vylepšit situaci „tužka a papír“ by mohla být jednoduchá aplikace, kde by operátor/operátorka zaznamenávala druh práce, který je na konkrétním místě nutný provést a terénní pracovník by zvolil předpokládanou délku trvání. Jednoduchý systém by tak ulehčil práci obou stran a ušetřil by čas, který lze využít na další práci.

### Aktuální situace vozového parku

Podnik využívá pět osobních automobilů a dva užitkové vozy, které jsou pořízeny na operativní leasing na dobu 3 let. Pro lepší představu jsem vytvořil tabulku jednotlivých automobilů společně se specifikacemi. Spotřeba u vozidel je stanovena z GPS pozic automobilu a čerpání pohonných hmot, tzv. od plné k plné přes CCS systém. Z těchto informací jsme zjistili i průměrný roční nájezd jednotlivých automobilů a vypočítali jsme jednotlivé řádky. Všechny uvedené automobily jsou na operativní leasing.

Aktuální vozový park							
	Osobní automobil 1	Osobní automobil 2	Osobní automobil 3	Osobní automobil 4	Osobní automobil 5	Užitkové vozidlo 1	Užitkové vozidlo 2
Značka	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen
Typ	UPI	UPI	UPI	Golf	Golf	Crafter	Crafter
Spotřeba [l/100km]	5,8	5,8	5,8	6,3	6,3	10,6	10,6
Palivo	Benzín	Benzín	Benzín	Benzín	Benzín	Diesel	Diesel
Průměrná cena paliva [Kč]	31,80	31,80	31,80	31,80	31,80	30,90	30,90
Průměrný roční nájezd [km]	19 200	19 200	19 200	16 800	16 800	18 000	18 000
Operativní leasing [Kč/měsíc] bez DPH	4 430,00	4 430,00	4 430,00	4 874,00	4 874,00	10 426,00	10 426,00
Operativní leasing [Kč/měsíc] s DPH	5 361,00	5 361,00	5 361,00	5 898,00	5 898,00	12 616,00	12 616,00
Cena pohonných hmot [Kč/rok]	35 412,48	35 412,48	35 412,48	33 657,12	33 657,12	58 957,20	58 957,20
Cena za vůz po dobu užívání vč. pohonných hmot [Kč/3 roky]	299 233,44	299 233,44	299 233,44	313 299,36	313 299,36	631 047,60	631 047,60

obrázek 35 - aktuální vozový park, zdroj: vlastní

Celkové náklady na vozový park po dobu 3 let byly vypočteny na 2 786 394 Kč.

U všech zmíněných vozů je v ceně operativního leasing zahrnuto:

- Nájezd do 20 000 km/rok
- Údržba a servis vozu
- Havarijní pojištění (5% spoluúcast, min. 10 000 Kč)
- Povinné ručení
- Finanční splátka
- Silniční daň
- Zimní/letní pneumatiky
- Poplatky a služby
- Asistenční služba

## Nový vozový park

Volba EV do nového vozového parku byla poměrně jednoduchá a to z důvodu, že všechny konvenční automobily mají svého elektrického zástupce a proto můžeme vynechat analýzy ohledně velikosti či komfortu automobilu. EV Volkswagen UP! byl nahrazen elektrickou verzí e-UP!, stejně tak VW Golf byl nahrazen e-Golf ve variantě 200, která značí kapacitu baterie<sup>43</sup> a užitkový vůz VW Crafter byl nahrazen e-Crafterem. Všechna tyto auta byla vybírána tak, aby nedošlo k omezení efektivity práce jednotlivých pracovníků – kapacity baterií, respektive dojezd EV je dostatečný pro každodenní provoz bez nutnosti nabíjet vozidlo během dne. Nedojde tedy k tomu, že by v průběhu dne bylo nutné dojet do sídla firmy a čekat na dobítí EV. Rozdílem oproti konvenčním automobilům je především leasingová cena a také cena za pohonné hmoty. V tabulce „nový vozový park“ přibyly řádky týkající se dobíjecích stanic(dobíjecí stanice, úprava elektroinstalace, řídicí systém, navýšení hodnoty hlavního jističe...). Cena wallboxů je vyšší z důvodu naddimenzovaného dobíjecího výkonu z toho důvodu, aby za 3 roky při rychlém technologickém vývoji EV nebylo nutné nakupovat výkonnější wallboxy.

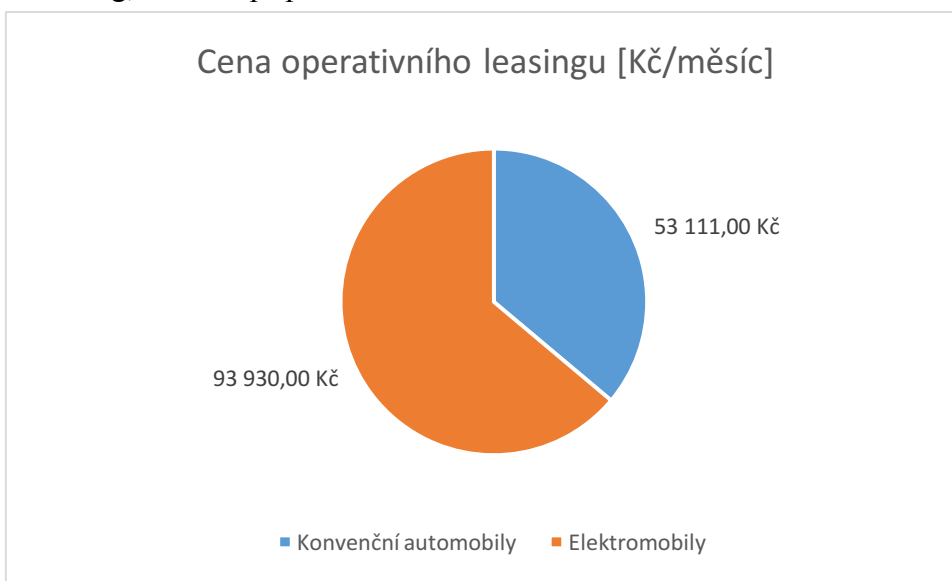
Nový vozový park							
	Osobní automobil 1	Osobní automobil 2	Osobní automobil 3	Osobní automobil 4	Osobní automobil 5	Užitkové vozidlo 1	Užitkové vozidlo 2
Značka	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen
Typ	e-UP!	e-UP!	e-UP!	e-Golf 200	e-Golf 201	e-Crafter	e-Crafter
Spotřeba [kwh/100km]	11,7	11,7	11,7	12,7	12,7	21,5	21,5
Průměrná cena paliva [kWh/Kč]	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01
Průměrný roční nájezd [km]	19 200	19 200	19 200	16 800	16 800	18 000	18 000
Operativní leasing [Kč/měsíc] bez DPH	7 759,90	7 759,90	7 759,90	10 734,94	10 734,94	16 437,10	16 437,10
Operativní leasing [Kč/měsíc] s DPH	9 390,00	9 390,00	9 390,00	12 990,00	12 990,00	19 890,00	19 890,00
Cena pohonných hmot [Kč/rok]	6 762	6 762	6 762	6 422	6 422	11 649	11 649
Cena wallboxu + jistič a chránič	53 000,00	53 000,00	53 000,00	53 000,00	53 000,00	53 000,00	53 000,00
Úprava elektrických rozvodů, doplnění jističů	20 000,00	20 000,00	20 000,00	20 000,00	20 000,00	20 000,00	20 000,00
Řídicí systém	300 000,00						
Cena za vůz po dobu užívání vč. pohonných hmot [Kč/3 roky]	<b>474 182,13</b>	<b>474 182,13</b>	<b>474 182,13</b>	<b>602 763,55</b>	<b>602 763,55</b>	<b>866 843,24</b>	<b>866 843,24</b>

obrázek 36 - nový vozový park, u ceny elektřiny je počítáno s nízkým tarifem cen, zdroj: vlastní

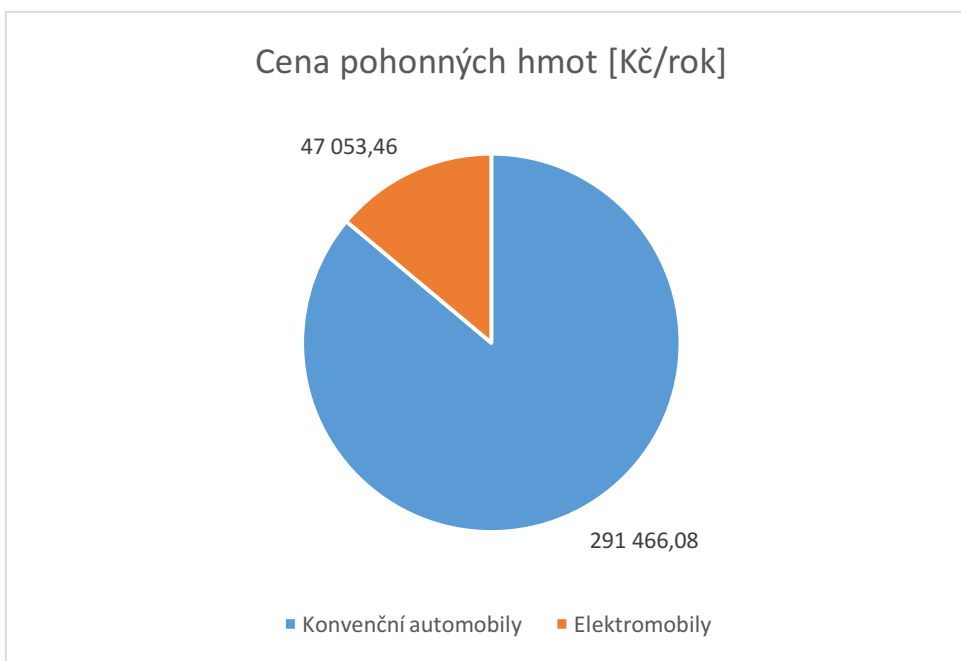
Jak jsem dospěl k jednotlivým hodnotám v řádcích je popsáno v kapitolách níže.

<sup>43</sup> Kapacita baterie je dostatečná pro denní nájezd EV tohoto typu.

Z následujícího obrázku plyne, že výše ceny operativního leasingu je u konvenčních automobilů 53 111 Kč/měsíc a u elektromobilů je to 93 930 Kč/měsíc za všechna auto ve vozovém parku. Vyšší částka je u EV dána především kvůli pořizovací ceně automobilu a ztrátě kapacity baterie po dobu leasing, v tomto případě 36 měsíců.



obrázek 37 - cena operativního leasingu [Kč/měsíc] pro celý vozový park, zdroj: vlastní



obrázek 38 - cena pohonných hmot [Kč/rok] pro konvenční automobily a EV, zdroj: vlastní

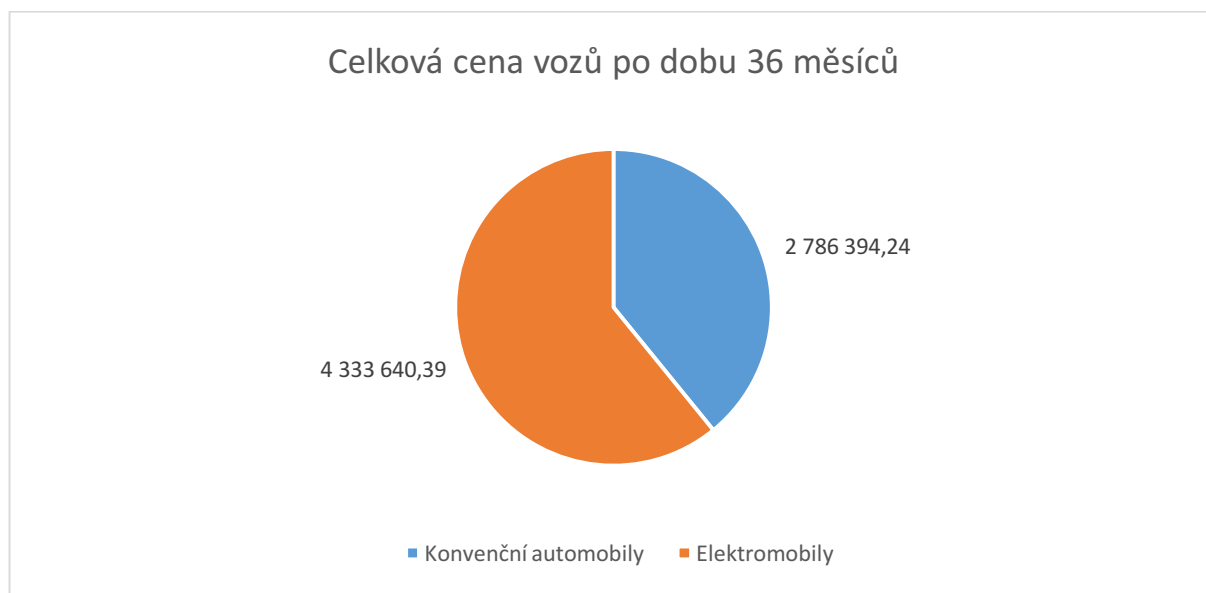
U cen pohonných hmot vycházíme u konvenčních automobilů z průměrných spotřeb, cen paliv a najetých kilometrů za poslední 3 roky užívání. U EV využíváme stejný nájezd kilometrů, spotřeba je udána výrobcem automobilu a cena za 1 kWh je vypočtena z ceníku obchodníka s elektřinou E.ON pro střední Čechy s parametry pro danou firmu. Cena za pohonné hmoty pro elektromobily je téměř čtvrtinový oproti konvenčním automobilům.

Cena za kWh je daná platným ceníkem od 1.1.2021. Provozovatelem distribuční soustavy je ČEZ Distribuce a dodavatelem elektřiny je firma E.ON. Podnik využívá distribuční sazbu D57d. Platí se měsíční sazba za jistič (3x63A) ve výši 1 372,- Kč, daň z elektřiny, cena za systémové služby, cena za činnost operátora na trhu (OTE) a cena na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie (POZE). Celková jednotková cena elektřiny je dána v tabulce.

<b>Celková jednotková cena elektřiny tarif D 57d</b>	
Cena ve vysokém tarifu [Kč/MWh] vč. DPH	3 161,21
Cena v nízkém tarifu [Kč/MWh] vč. DPH	2 404,35
Měsíční platby [Kč]	94,73
Cena na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie (POZE) [Kč/MWh]	876,00

obrázek 39 - jednotková cena elektřiny pro Střední Čechy ČEZ Distribuce a.s., dodavatel E.ON, zdroj: E.ON – pro potřeby DP jsem počítal pouze s dobíjením v čase nízkého tarifu.

Celková cena vozů, které jsou placeny pomocí operativního leasingu je u konvenčních automobilů 2 786 394 Kč společně se započítáním pohonných hmot. EV by stály podnik 4 333 640 Kč. V ceně nebyly započítány poplatky za stání na placených zónách, které EV mají zdarma. Nepředpokládám, že tato položka by nějak zásadně změnila celkové náklady na firemní flotilu. Pokud by tedy podnik volil flotilu EV tak by se prozatím nevyplatila finančně. Je pravděpodobné, že ceny EV budou klesat a tak za pár let by se náklady na provozování mohly srovnat nebo by dokonce mohlo dojít i k zvýhodnění varianty s EV.



obrázek 40 - celkové náklady na firemní flotilu po dobu 36 měsíců, zdroj: vlastní



## Implementace EV

Pro implementaci nové flotily bude třeba ovládat dobíjecí výkon stanic, aby nedošlo k překročení maximálního nasmlouvaného příkonu (daného velikostí hlavního jističe) po zapojení všech vozidel k dobíjecí stanici. Bude třeba využít některý ze systémů, který nám umožní omezovat aktuální příkon odběrného místa, případně navýšit jistič společně s nasmlouvaným příkonem, které bude ale zpoplatněno jednak jednorázově při zajištění vyššího výkonu tak i paušálně. Jednotlivé varianty jsou zpracovány dále.

Jak již bylo zmíněno je potřebná investice do dobíjecích stanic a také do systému, který bude kontrolovat odebíraný výkon el. sítě. Částku investice ovlivní nejen nákup wallboxů, které musejí podporovat OCPP protokol, ale také jejich instalace, úprava elektrických rozvodů a nutné revize. Dobíjení elektromobilů bude probíhat během noci, kdy budou automobily v sídle firmy. Podnik by mohl ušetřit zhruba 75% nákladů na wallbox, pokud by zvolil méně výkonný přístroj bez možnosti komunikace s řídicím systémem, který by mohl být dostačující<sup>44</sup>, ale za pár let by stejně muselo dojít k výměně z důvodu rychlého vývoje technologií v tomto oboru. Takovým by mohl být například Pulsar Type 2 7,4 kW, který vyjde na 12 258 Kč/kus<sup>45</sup>. Zvolili jsme proto dražší EVlink Smart Wallbox podporující LMS<sup>46</sup> s typem zásuvky T2 a 4m integrovaným kabelem. Výkon wallboxu je 22kW 32A 3f. Toto zařízení je dostupné za 53 000,- Kč. Částka je vysoká především z toho důvodu, že wallbox podporuje řízení výkonu prostřednictvím komunikace s řídicím systémem. Součástí příslušenství je i kabel o délce 4 metry a identifikační klíč/RFID karty.

---

<sup>44</sup> Ne ale pro naše účely -> chceme smart wallbox, podporující protokol OCPP.

<sup>45</sup> Wallbox nepodporuje protokol OCPP a nelze tak využít pro účely řízení výkonu na odběrném místě. I proto je cena takového wallboxu podstatně nižší.

<sup>46</sup> Load Management System

Wallboxy budou mít přípojku Mennekes, kterou podporují všechny firemní EV. Námí vybraný wallbox umožňuje maximální výkon 22 kW a proud 32 A. U všech EV je výsledný maximální výkon dobíjení omezen palubní nabíječkou. Hodnoty dobíjení pro zvolené modely elektromobilů jsou uvedeny v tabulce níže. Tučně zvýrazněné hodnoty platí za výše stanovených podmínek. V budoucnu lze očekávat, že se budou vyrábět výkonnější palubní nabíječky a proto je investice do výkonnějších wallboxů důležitá. Je podstatné si uvědomit, že dobíjecí výkon je dán vždy nejméně výkonným prvkem v řetězci – wallbox, dobíjecí kabel, palubní nabíječka...

VW E-UP! (baterie 18,7 kWh)		
Nabíječka	Výkon	Nabíjení
zásuvka 230 V	2,3 kW	8h 15 min
<b>1 fáze, 16 A</b>	<b>3,6 kW</b>	<b>5h 15 min</b>
VW e-Crafter (baterie 35,8 kWh)		
Nabíječka	Výkon	Nabíjení
zásuvka 230 V	2,3 kW	15h 30 min
<b>2 fáze, 16 A</b>	<b>7,4 kW</b>	<b>5h</b>
VW e-Golf (baterie 26,5 kWh)		
Nabíječka	Výkon	Nabíjení
zásuvka 230 V	2,3 kW	11h 30 min
<b>1 fáze, 32 A</b>	<b>7,3 kW</b>	<b>4h</b>

obrázek 41 - potenciální doba nabíjení při využití maximálních výkonů palubních nabíječek a také domácího wallboxu, zdroj: vlastní

## Řídící systém

V teoretické části došlo k popsání funkčnosti řídicího systému. Nyní si ukážeme, jak by vypadalo statické či dynamické řízení výkonu.

### Vstupní parametry

Pro měření vytížení sítě jsme si vybrali časové rozmezí 18.30 – 7.30 hod. z důvodu nejméně vytížené sítě v podniku a přítomnosti všech EV. Důležité pro nás bylo aby ráno, kdy dorazí pracovníci byly plně nabitě EV a bylo je možné ihned využít po celý den. Přes den přestože je vyšší zatížení elektrické sítě v podniku by neměl být problém dobít auto v případě, že přijede zaměstnanec s EV v průběhu dne a potřebuje se rychle dobít pro další cestu. Tato varianta bude velmi výjimečná, ale přesto je s ní třeba počítat. U všech variant, které jsem simuloval je počítáno s 15-20% odebíranou kapacitou z celkového elektrického výkonu v průběhu 18.30 – 7.30 hod. na běžné spotřebiče, které jsou neustále v provozu – zabezpečovací systém, osvětlení, standby režimy u zařízení. Zvlášť jsem oddělil tepelné čerpadlo

s kompresorem, které má příkon 6 kW, kde se jedná o 3 fázové provedení. Nesmíme opomenout na vestavěný elektrokotel, který je součástí TČ a slouží k odtávání výparníku a také jako doplňkový zdroj v případě nízké venkovní teploty, kdy TČ nefunguje efektivně a tudíž tepelný výkon není dostačující. Z toho plyne, že u každé fáze je potřeba počítat se zatížením 22 A pro tato zařízení.

Aby nedocházelo k zatížení pouze jedné fáze a došlo k rozložení, které je znázorněno na obrázku níže je nutné wallboxy zapojit dle schématu na obrázku. Každý wallbox je přiřazený danému automobilu a to nejen z důvodu zatížení fází, ale také z důvodu optimalizace prostoru při parkování. Neboli wallboxy č. 1-3 jsou pro automobily VW E-UP!, wallboxy č. 4 a 5 jsou přiřazené VW e-Golf a wallboxy č. 6 a 7 jsou pro VW e-Crafter.

<b>Zapojení wallboxů</b>			
<b>Wallbox</b>	<b>Fáze</b>		
1	L1	L2	L3
2	L2	L1	L3
3	L3	L2	L1
4	L1	L3	L2
5	L2	L3	L1
6	L3	L1	L2
7	L2	L3	L1

obrázek 42 - zapojení wallboxů, rozložení fází, zdroj: vlastní

V tabulce níže je znázorněno k jakému zatížení elektrické sítě by došlo při zapojení všech dobíjecích stanic EV. Jelikož jističe v podniku jsou schopny unést zatížení maximálně 63A/fáze tak by došlo ke shození jističe<sup>47</sup>. Důležité je proto využít systém ať už statického či dynamického řízení, aby nedošlo ke shození jističů. Pokud by k tomuto došlo, bylo by nutné aby jeden z pracovníků dojel do podniku a nahodil jistič, případně by ráno zjistili, že podnik byl v noci bez proudu a EV nelze využít. Aby došlo k takovému zatížení jednotlivých fází je taktéž důležité zapojení dobíjecích stanic na jednotlivé fáze. Aby nebyla zatížena pouze jedna fáze tak je potřebné proházet pořadí jednotlivých fází při připojování wallboxů tak, aby elektromobily zatěžovali jednotlivé fáze rovnoměrně, tak jak je znázorněno na dalším obrázku.

<sup>47</sup> A to pouze při dobíjení všech EV, nepočítáme běžný provoz podniku.

Pokud se jedná o 1 fázovou dobíjecí stanici tak je zatížena vždy první v pořadí zapojená fáze, pokud se jedná o 2 fázovou dobíjecí stanici, jsou využity první dvě fáze, třetí zůstává volná.

Zatížení fází			
Automobil	L1	L2	L3
VW E-UP!	16		
VW E-UP!		16	
VW E-UP!			16
VW e-Golf	32		
VW e-Golf		32	
VW e-Crafter	16		16
VW e-Crafter		16	16
<b>SUMA</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>48</b>

obrázek 43 - zatížení fází pro jednotlivé automobily, zdroj: vlastní

### Řízení výkonu el. sítě

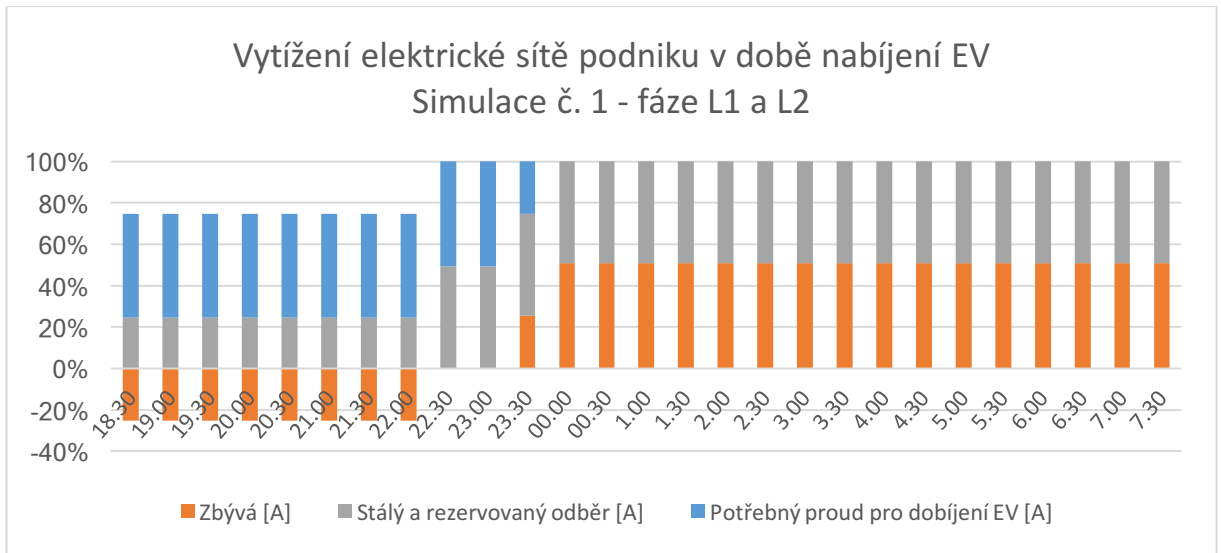
Za předpokladu, že budeme mít zapojeny wallboxy jak je popsáno výše a při určitém rezervovaném příkonu pro spotřebiče a el. vytápění jsem sestavil jednotlivé simulace.

V Simulaci č. 1 dochází k zapojení všech EV do dobíjecí stanice v jeden čas – není zde žádný řídicí systém. Jak je vidět na grafu *Simulace č. 1*, tak pro tuto variantu je proudový jistič nedostatečný. To platí jak pro fáze L1, L2, které jsou více zatížené tak i pro fázi L3, která je zatížená méně. Toto řešení by bylo možné jedině po navýšení hlavního jističe.

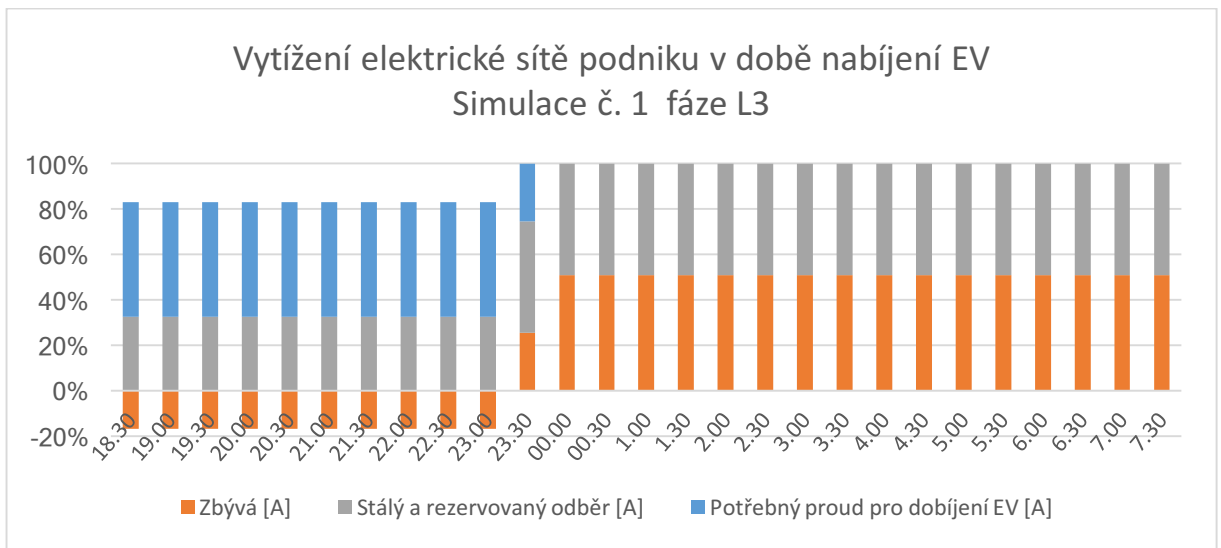
V tabulce vidíme odběr TČ včetně elektrokotle a stálý rezervovaný odběr, který reprezentuje nejméně příznivý stav z hlediska velikosti zatížení odběrného místa, se kterým je počítáno ve všech simulacích.

Vstupní parametry	
Jistič	3x63A
TČ + elektrokotel	22A/fáze
Stálý rezervovaný odběr	9A/fáze

obrázek 44 - vstupní parametry el. sítě pro simulaci č. 1



obrázek 45 – simulace č.1 pro fáze L1, L2 - zapojení všech EV do el. sítě najednou. Výpadek jističe



obrázek 46 - simulace č. 1 pro fázi L3 - zapojení všech EV do el. sítě v jeden čas. Výpadek jističe

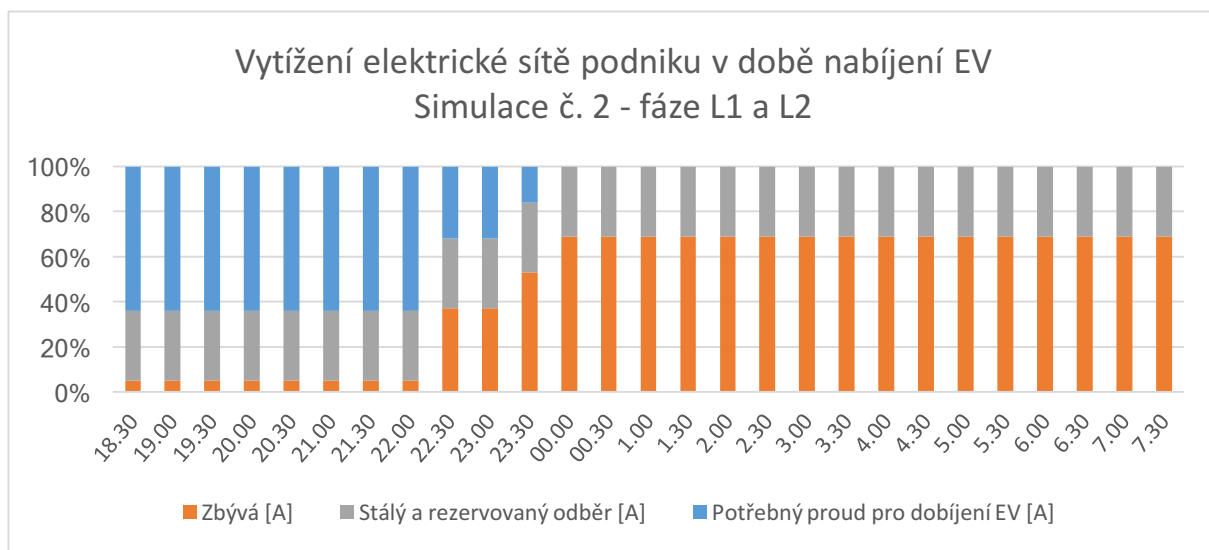
Zatížení odběrného místa zákazníka by bylo pro fázi L1 a L2 vyšší o více než 20% oproti maximální kapacitě dané hlavním jističem, u fáze L3 by to bylo mírně pod 20% nad rámec maximální kapacity dané hlavním jističem<sup>48</sup>. Tento stav není akceptovatelný a proto jsme v další simulaci uvažovali s navýšením hodnoty hlavního jističe.

<sup>48</sup> U fází L1 a L2 by došlo k překročení jističe o 32A u L3 by hodnota byla překročena o 16A.

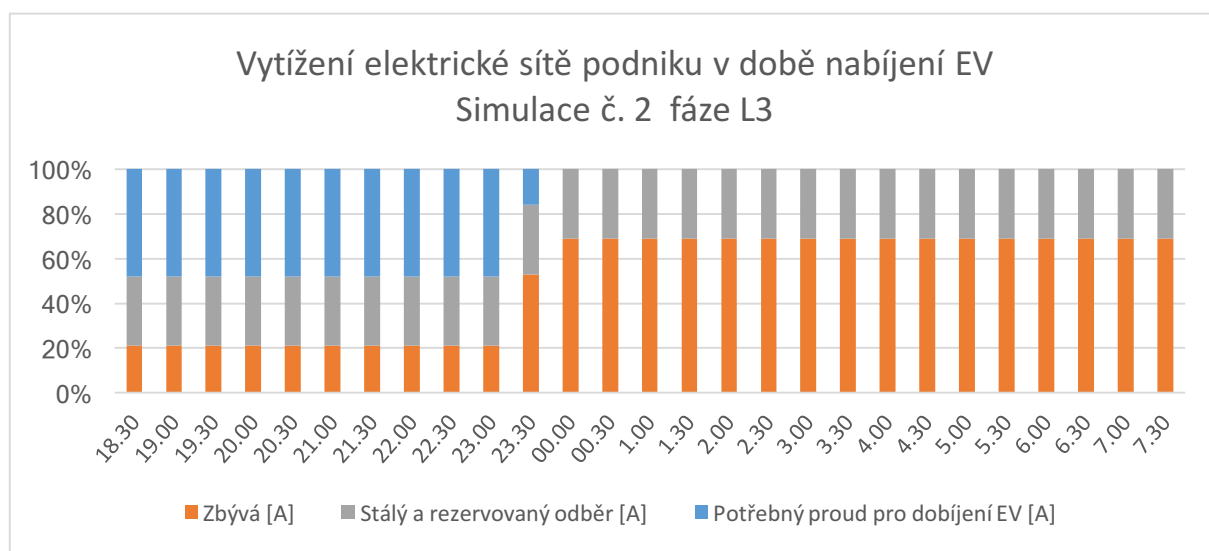
V simulaci č. 2 by tedy došlo k navýšení jističe na 3x 100A a vyřešila by se tak situace nedostatečného jističe poměrně jednoduchým krokem.

Vstupní parametry	
Jistič	3x100A
TČ + elektrokotel	22A/fáze
Stálý rezervovaný odběr	9A/fáze

obrázek 47 – simulace č. 2 pro fáze L1 a L2, navýšení jističe 3x 100A, TČ + elektrokotel a Stálý rezervovaný příkon reprezentuje nejméně příznivý stav pro odběrné místo.



obrázek 48 - simulace č. 2. pro fázi L1 a L2, navýšení jističe 3x 100 A



obrázek 49 – simulace č. 2. pro fázi L3, navýšení jističe 3x 100A

U fází L1 a L2 je vytíženost vyšší než u fáze L3. Mohli bychom tedy považovat toto řešení za vhodné, jelikož by na fázích L1 a L2 zbývalo ještě 5A a na fázi L3 21A. Tato varianta je vhodná

do té doby, než by se změnil odebíraný proud a to jen pouze na chvíli na fázích L1 a L2 a došlo by k výpadku jističe a nebyl by tak zajištěn plynulý chod/nabíjení podniku/EV.

### **Dynamické řízení výkonu**

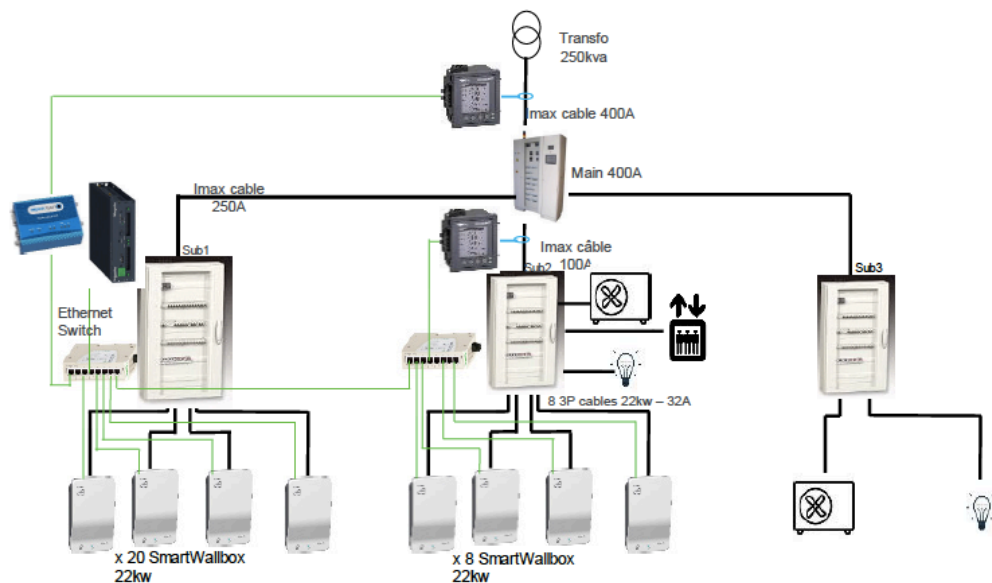
V poslední simulaci č. 3 si ukážeme, jak by nejspíše vypadalo dobíjení EV při dynamickém řízení výkonu. Předtím si tento systém představíme. Jedná se o systém, který by měl zajistit maximální vytiženost odběru daného místa za konkrétních podmínek, které jsou v podniku dané. Zapojení fází wallboxů a jejich zatížení je stejné jako u statického řízení výkonu a vstupní parametry jsou stejné.

#### **Výstup:**

Výstupem by měl být fungující systém, který umožní dynamické řízení výkonu například od firmy Schneider Electric. Tato firma nabízí systém EVlink LMS, který provádí sběr dat a spouští algoritmy pro řízení celkového odběru a dostupného výkonu pro nabíjení elektromobilů. Tento systém je nabízen v několika variantách, dle počtu nabíjecích stanic, pro konkrétní podnik bude potřeba EVlink LMS s kapacitou max. 15 nabíjecích stanic. Nutné je zvolit wallboxy, které komunikují s tímto systémem. Dále bude potřebný elektroměr, který umožňuje komunikaci s LMS systémem a předává informace ohledně celkové spotřeby objektu a dostupné energii v reálném čase. Modem 3G/4G je potřebný k propojení ke vzdálenému monitoringu přes protokol OCPP. Tento systém se vším potřebným příslušenstvím (elektroměr, Modem, Switch...) vyjde na zhruba 300 000,- Kč bez DPH.

Na obrázku níže je schéma jak by mohlo vypadat takové zapojení v podniku. Před rozvaděčem je umístěn elektroměr, který monitoruje spotřebu a zbylý volný výkon v daném čase. Přes modem, ethernetový přepínač komunikuje s EVlink LMS, který má za úkol na základě dat

z měření průběžně sledovat spotřebu pro běžný provoz podniku a zbylý výkon použít jako vstup pro řízení odběru dobíjecích stanic.



obrázek 50 - Příklad zapojení systému od Schneider Electric, zdroj: Schneider electric

Tento systém napomáhá řízení výkonu dynamicky, tedy dle aktuálního zatížení elektrické sítě. Systém je jistě výhodný, pokud nechceme řešit zda jednotlivé automobily se budou dobíjet hned po příjezdu, nebo až od daného času. Tento systém zařídí, aby nedošlo k přetížení jednotlivých fází a to kdykoli během dne. Může dojít k nastavení priorit elektrické sítě a to umožní zachovat hladký chod firmy společně s nabíjením EV. Pokud by podnik měl například elektrické vytápění, které má vysokou zátěž elektrické sítě a do toho by docházelo ke spuštění vzduchotechniky a například garážových vrat, kde motor při náběhu může mít až 3x vyšší zatížení tak by mohlo dojít k přetížení elektrické sítě.

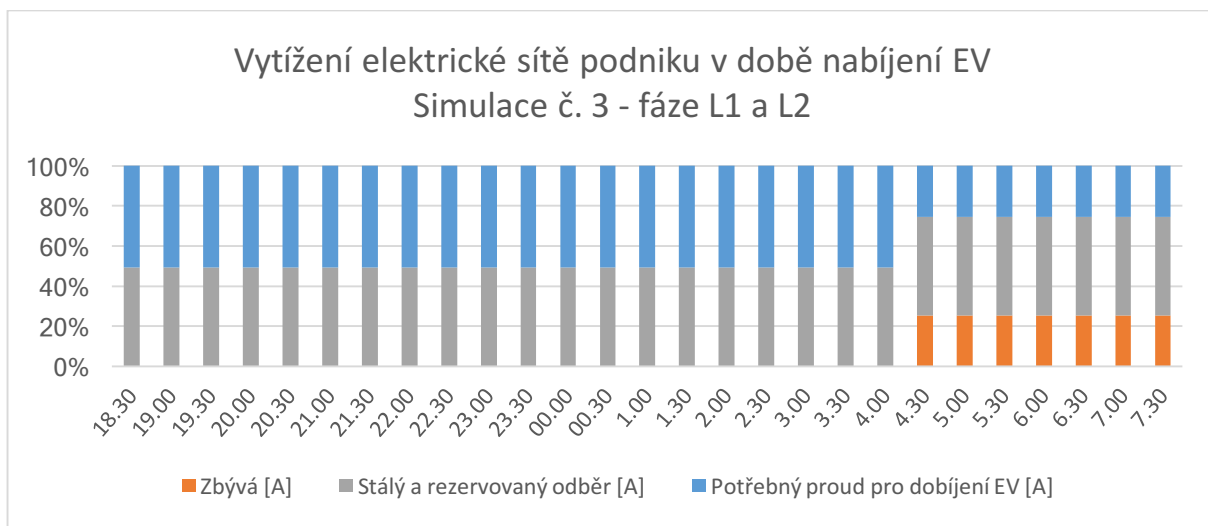
Životnost takového systému je cca 10-15 let. Technologie okolo EV je neustále ve vývoji a nyní při nátlaku na snížení emisí u automobilů bude vývoj pravděpodobně ještě rychlejší.

V simulaci č. 3 je uplatněn lokální řídicí systém, u kterého je dostačující jistič 3 x 63A. Jednotlivé dobíjení EV bude rozloženo v čase a i kdyby došlo k vyššímu zatížení el. sítě než se kterou počítám, tak by došlo ke snížení dobíjecího výkonu pro některé z EV tak, aby nedošlo k výpadku jističe vlivem přetížení. Přes toto omezení dobíjecího výkonu je doba mezi jednotlivými směnami (18.30 - 7.30 hod.) dostatečná pro plné nabití elektromobilů.

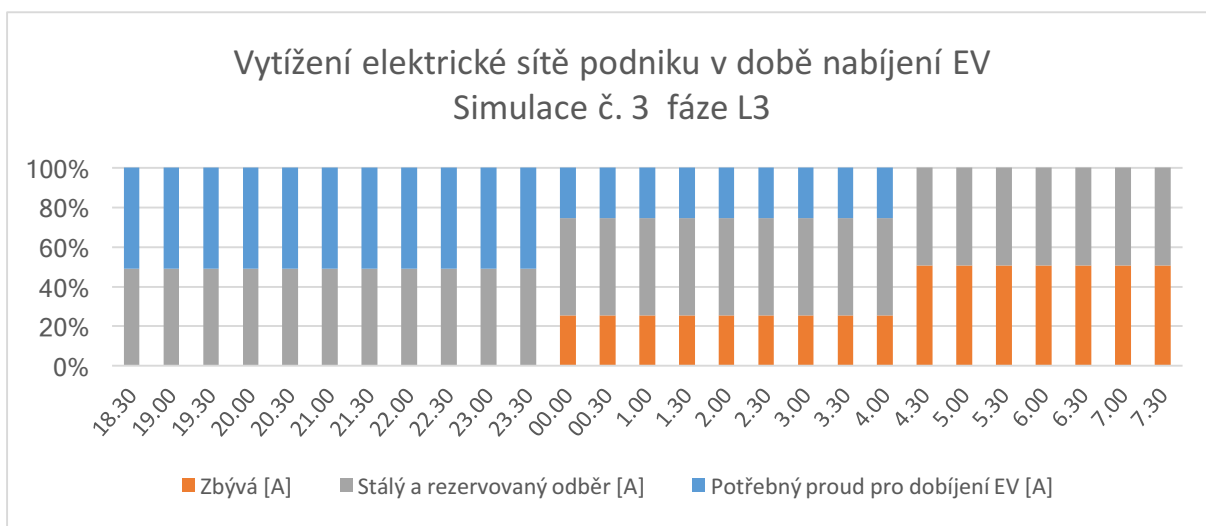


Vstupní parametry	
Jistič	3x63A
TČ + elektrokotel	22A/fáze
Stálý rezervovaný odběr	9A/fáze

obrázek 51 - vstupní parametry el. sítě pro simulaci č. 3, TČ + elektrokotel a Stálý rezervovaný odběr reprezentují nejméně příznivý scénář (nejvyšší odběr)



obrázek 52 - simulace č. 3 pro fázi L1 a L2, lokální řízení výkonu, maximální zatížení



obrázek 53 - simulace č. 3 pro fázi L3, lokální řízení výkonu, maximální vytížení

Na předchozích grafech můžeme vidět, jak by mohl vypadat proces dobíjení EV s řídicím systémem, který hlídá aby nedošlo k přetížení el. sítě. Řídicí systém využije maximální dostupnou kapacitu pro nabíjení EV (nabíjí EV i nižším proudem), jedná se tedy o simulaci s maximální vytížeností el. sítě (musely by všechny spotřebiče běžet na 100%) a se 100% vybitými EV, což předpokládáme, že také nenastane u všech EV najednou. Lze tedy

předpokládat, že všechna EV by byla nabita ještě dříve, než je uvedeno na grafech a to i přestože by některé z vozidel přijelo na místo dobíjení později. Systém hlídá veškeré výkyvy v elektrické síti podniku a pokud by došlo k vyššímu zatížení než předpokládáme, došlo by k omezení výkonu dobíjení jednoho nebo i více EV a nenastala by tak situace, kdy by musel být shozen jistič. Využití řídicího systému umožňuje zapojení dalších spotřebičů, případně dobíjecích stanic bez toho, aniž by došlo k omezení fungování podniku, myšleno shození jističe.

## Hodnocení investic

Při hodnocení investic bude důležité porovnat zda se vůbec vyplatí investovat do EV a řídicího systému. Porovnáám tyto investice<sup>49</sup>, zkusím zjistit, kolik by stála varianta bez řídicího systému a jaká investice je nutná do varianty s řídicím systémem.

## Dynamické metody

### Nákladová kritéria

#### Průměrné roční náklady

Průměrné roční náklady zahrnují náklady na investici. Jedná se o varianty, kde je vozový park s konvenčními automobily nebo v druhém případě, kde je vozový park pouze s EV a řídicím systémem<sup>50</sup>.

U konvenčních automobilů je velmi jednoduché spočítat náklady na investici, kterými jsou pouze cena operativního leasingu. U EV<sup>51</sup> je kalkulace složitější. Cena operativního leasingu je jasně dána, ale u dalších dvou položek (wallbox, úpravy elektroinstalace, řídicí systém) je kalkulace zkreslující. Wallbox společně s řídicím systémem není zapůjčen, ale investoval by do vybavení podnik, kterému poté zůstávají a mají životnost 10-15 let. Proto jsem vytvořil tabulku „průměrné roční náklady 2“, kde cena wallboxů a řídicího systému je rozpočtena do 15 let.

Z tabulky *průměrné roční náklady* lze jednoznačně vidět, že varianta EV je 2x dražší než investice do konvenčních automobilů. Je to způsobeno nejen navýšením ceny o wallbox a jeho příslušenství s řídicím systémem, ale také dražší cenou za operativní leasing, která je dána především opotřebením baterií u EV, které tvoří podstatnou část EV.

Průměrné roční náklady		
	Konvenční automobily	EV
Operativní leasing [Kč/rok]	637 332,00	1 127 160,00
Cena wallboxu + jistič a chráníč, kabely [Kč]	-	170 333,33
Řídicí systém [Kč]	-	100 000,00
<b>Suma [Kč]</b>	<b>637 332,00</b>	<b>1 397 493,33</b>

obrázek 54 - průměrné roční náklady na automobilovou flotilu, konvenční automobil/EV. Cena wallboxu a řídicí systém je rozpočten do 3 let. Zdroj: vlastní

<sup>49</sup> Porovnání investic konvenčních automobilů, varianty EV s navýšením jističe, varianty s řídicím systémem.

<sup>50</sup> Stejné nastavení jako je v simulaci č. 3.

<sup>51</sup> EV – EV + lokální řídicí systém (nastavení je stejné jako pro simulaci č. 3)

Průměrné roční náklady 2		
	Konvenční automobily	EV
Operativní leasing [Kč/rok]	637 332,00	1 127 160,00
Cena wallboxu + jistič a chránič, kabely [Kč]	-	34 066,67
Řídicí systém [Kč]	-	20 000,00
<b>Suma [Kč]</b>	<b>637 332,00</b>	<b>1 181 226,67</b>

obrázek 55 - průměrné roční náklady na automobilovou flotilu, konvenční automobily/EV. Wallbox a řídicí systém je rozpočten do celé své životnosti. Zdroj: vlastní

Přestože je u *Průměrných ročních nákladů 2* cena wallboxu a řídicí systém rozpočten do celkové životnosti investice, tak je stále varianta EV téměř 2x tak drahá než konvenční automobily. Dle průměrných ročních nákladů by tedy volil podnik flotilu s konvenčními automobily.

#### Diskontované roční náklady

Diskontované roční náklady		
	Konvenční automobily	EV
Operativní leasing [Kč]	637 332,00	1 127 160,00
Cena pohonných hmot [Kč]	291 466,08	47 053,46
Cena wallboxu + jistič a chránič, kabely [Kč]	-	170 333,33
Řídicí systém [Kč]	-	100 000,00
<b>Suma [Kč]</b>	<b>928 798,08</b>	<b>1 444 546,80</b>

obrázek 56 - diskontované roční náklady, cena wallboxu a řídicího systému přepočtena na 3 roky. Zdroj: vlastní

V diskontovaných ročních nákladech se projeví již provozní náklady, které jsou u konvenčních automobilů pohonné hmoty (nafta, benzín) a u EV cena elektřiny, pomocí které jsou dobíjeny. Průměrná cena paliva u benzínových motorů byla vypočtena na 31,80 Kč a u dieselových motorů na 30,90 Kč. Průměrné nájezdy vozidel se liší dle typu vozidla. U VW UP! je roční nájezd 19 200 km, u VW Golf 16 800 km a u VW Crafter 18 000 km. V tabulce *diskontované roční náklady* je opět cena wallboxu a řídicí systém přepočten na 3 roky. Přestože cena pohonných hmot u konvenčních automobilů je 6x vyšší než u EV tak celkové roční náklady jsou stále nižší než u EV.

Diskontované roční náklady 2		
	Konvenční automobily	EV
Operativní leasing [Kč]	637 332,00	1 127 160,00
Cena pohonných hmot [Kč]	291 466,08	56 426,66
Cena wallboxu + jistič a chránič, kabely [Kč]	-	34 066,67
Řídicí systém [Kč]	-	20 000,00
<b>Suma [Kč]</b>	<b>928 798,08</b>	<b>1 237 653,33</b>

obrázek 57 - diskontované roční náklady 2. Cena wallboxu a řídicího systému přepočítána na 15 let. Zdroj: vlastní

I přes rozdělení nákladů na wallbox a řídicí systém do 15 let v tabulce *diskontované roční náklady 2* je suma disk. ročních nákladů na konvenční automobily nižší než na EV. Dle metody diskontovaných ročních nákladů by podnik nejspíše volil flotilu s konvenčními automobily,

přestože cenový rozdíl není tak velký. V následujících letech by mohlo dojít ke snížení cen EV a poté by tato varianta mohla být cenově dostupnější v daném modelovém případě.

Nabízí se zde další varianta a to vynechat řídicí systém, který hlídá maximální zátěž elektrické sítě v podniku. Z tabulky *diskontované roční náklady* je jasně vidět, že přestože bychom vynechali řídicí systém, tak stále budou vyšší náklady na flotilu s EV než na flotilu s konvenčními automobily. Muselo by dojít k navýšení jističe na 3x100A což by znamenalo vyšší poplatky za měsíční služby a jednorázový poplatek za navýšení jističe distributorovi el. sítě. Po spočítání všech těchto položek by nedošlo k takovému snížení nákladů na EV aby byla celková suma částek nižší než u konvenčních automobilů. Řídicí systém nám optimalizuje provoz v podniku a nemusíme se tak bát přetížení elektrické sítě. Například po 3 letech, kdyby došlo k obnově flotily EV, které by měly výkonnější palubní nabíječky tak by ani navýšení jističe na 3x100A nebylo dostačující a celý proces by se musel opakovat. Řídicí systém by dokázal hlídat odběr z elektrické sítě i při vyšších dobíjecích odběrech.

#### Komparace celkových nákladů jednotlivých variant

##### Varianta 1

Jedná se o variantu s konvenčními automobily. Zahrnuje veškeré náklady potřebné pro flotilu automobilů se spalovacími motory. Jednotlivé položky jsou v tabulce *Varianta 1 – spalovací motory*. Suma celkových nákladů je vyčíslena na 928 798,- Kč.

Varianta 1 - spalovací motory			
Automobil	Volkswagen UP!	Volkswagen Golf	Volkswagen Crafter
Počet	3	2	2
Spotřeba	5,8	6,3	10,6
Palivo	Benzín	Benzín	Nafta
Průměrná cena paliva [Kč]	31,80	31,80	30,90
Průměrný roční nájezd [km/automobil]	19 200	16 800	18 000
Operativní leasing [Kč/rok/automobil]	64 332,00	70 776,00	151 392,00
Cena pohonných hmot [Kč/rok/auto]	35 412,48	33 657,12	58 957,20
<b>Suma celkových nákladů [Kč/rok]</b>		<b>928 798,08</b>	

obrázek 58 - Varianta 1 - náklady spojené s flotilou se spalovacími motory

##### Varianta 2

V této variantě dochází ke kalkulaci nákladů na EV, které nebudou ovládané lokálním řídicím systémem. Maximální zatížení elektrické sítě nastane při zapojení všech EV, při kterém poběží i další spotřebiče v podniku, především tepelné čerpadlo s kompresorem. Celková zátěž bude taková, že bude přetížení 32A na fází L1 a L2 a 16A na fázi L3 při stejném jističi (3x63A). Předpokládáme, že všechny fáze L1 a L2 budou zatížené stejně, L3 o trochu méně. Muselo by tedy dojít k navýšení jističe na 3x100 A. Navýšení jističe podnik bude stát jednorázově 500

Kč/1 Ampér<sup>52</sup> + navýšení měsíčního paušálu o 2822 Kč/měsíc + odborné navýšení jističe. Důležitá poznámka je u položek *Cena wallboxu, úprava elektrických rozvodů a navýšení jističe*, kde jsou částky rozpočítané do předpokládané životnosti investice a to 15 let. Cena wallboxů je nižší jelikož nemusí být smart a společně s jističi a chrániči je celková částka 18 000,- Kč/15 let.

Celková suma vychází 1 221 480,- Kč.

Varianta 2 - navýšení jističe bez lokálního řídicího systému			
Elektromobil	Volkswagen e-UP!	Volkswagen e-Golf 200	Volkswagen e-Crafter
Počet	3	2	2
Spotřeba [kwh/100km]	11,7	12,7	21,5
Průměrná cena paliva [kWh/Kč]	3,01	3,01	3,01
Průměrný roční nájezd [km/EV]	19 200	16 800	18 000
Operativní leasing [Kč/rok/EV]	112 680,00	155 880,00	238 680,00
Cena pohonných hmot [Kč/rok/EV]	6 761,66	6 422,14	11 648,70
Cena wallboxu + jistič + chránič [Kč]	1 200,00	1 200,00	1 200,00
Úprava elektrických rozvodů, doplnění jističů [Kč/EV]	1 333,33	1 333,33	1 333,33
Navýšení jističe, změna tarifu elektřiny [Kč/rok]		29 300,00	
<b>Suma celkových nákladů [Kč/rok]</b>		<b>1 221 480,13</b>	

obrázek 59 - varianta 2 - náklady na dobíjení EV bez lokálního řídicího systému (nastavení viz. simulace č. 2)

### Varianta 3

V poslední navržené variantě je zaveden lokální řídicí systém, kde pořizovací cena je 300 000,- Kč a stejně jako v předchozí variantě jsou nutné investice rozpočítány do 15 let předpokládané životnosti investice. Jedná se o položky *Cena wallboxu, úprava elektrických rozvodů, řídicí systém*. Navýšení jističe zde není nutné jelikož podnik měl již před plánovanou investicí dostatečně vysoký jistič (3x63A). Celková suma nákladů je 1 228 280,- Kč.

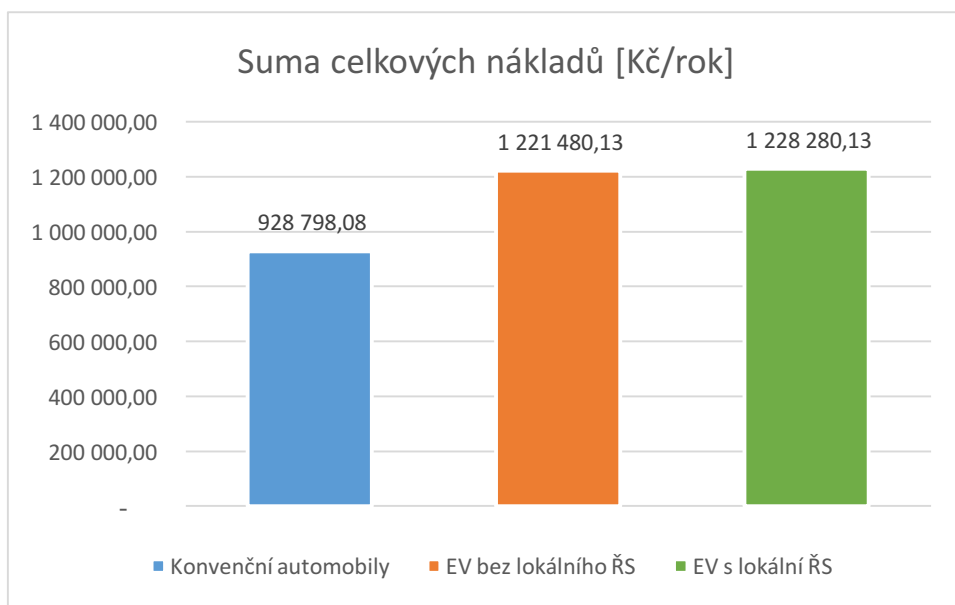
Varianta 3 - dynamické řízení výkonu s lokálním řídicím systémem			
Elektromobil	Volkswagen e-UP!	Volkswagen e-Golf 200	Volkswagen e-Crafter
Počet	3	2	2
Spotřeba [kwh/100km]	11,7	12,7	21,5
Průměrná cena paliva [kWh/Kč]	3,01	3,01	3,01
Průměrný roční nájezd [km/EV]	19 200	16 800	18 000
Operativní leasing [Kč/rok/EV]	112 680,00	155 880,00	238 680,00
Cena pohonných hmot [Kč/rok/EV]	6 761,66	6 422,14	11 648,70
Cena wallboxu + jistič + chránič [Kč]	<b>3 533,33</b>	<b>3 533,33</b>	<b>3 533,33</b>
Úprava elektrických rozvodů, doplnění jističů [Kč/EV]	1 333,33	1 333,33	1 333,33
Řídicí systém		20 000,00	
<b>Suma celkových nákladů [Kč/rok]</b>		<b>1 228 280,13</b>	

obrázek 60 - Varianta 3 - náklady spojené s EV a dynamickým řízením výkonu (viz. simulace 3)

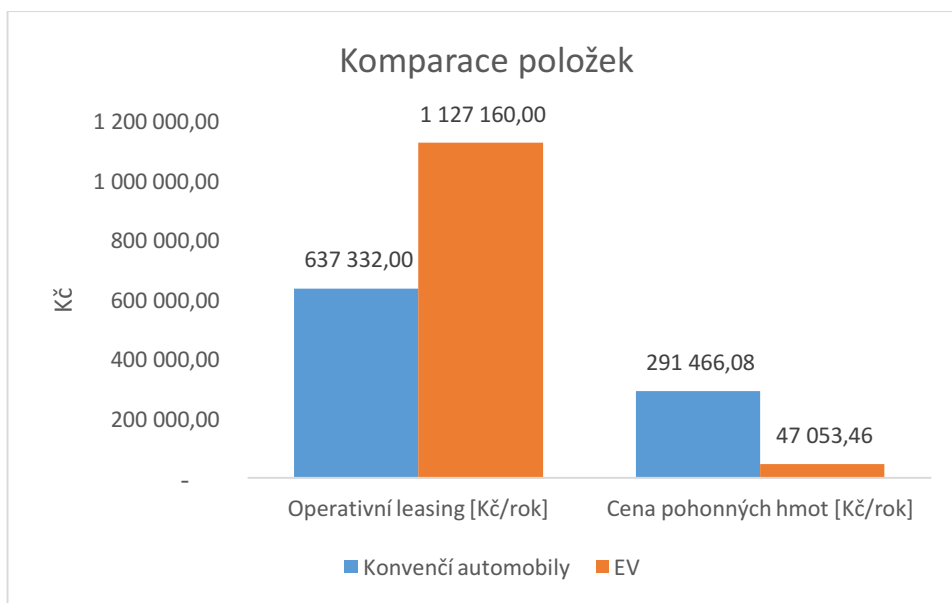
<sup>52</sup> dle Vyhlášky o podmínkách připojení.

## Shrnutí

Ve sloupcovém grafu můžeme vidět poměr jednotlivých variant. Varianta 1 je nejlevnější variantou a tedy je nejpravděpodobnější, že podnik zůstane u flotily se spalovacími motory. Není to jen varianta s nejnižšími náklady, ale také cesta nejmenšího odporu. Není třeba časová náročnost při zařizování jiných operativních leasingů, měnit el. rozvody v podniku a dalších prací s tímto spojené. Pokud bychom srovnali variantu 2 a variantu 3, tak přestože je levnější varianta 2 bez řídicího systému, tak bych ji podniku nedoporučil. Jakmile by došlo k jakémukoli jinému rozložení přístrojů na jednotlivé fáze, nákupu dalších spotřebičů či EV mohlo by dojít k výpadku jističe. Musel by tedy některý z pracovníků dojít jistič nahodit a vyřešit příčinu shození jističe – nejpravděpodobněji odpojením některého ze zařízení, které nejvíce zatěžují jistič a tím by bylo nejspíše topení případně dobíjecí stanice některého z EV, což by negativně ovlivnilo další pracovní den, kdy by byl nedostatek EV. Řešením by tedy bylo další navýšení hodnoty hlavního jističe, což by stálo další peníze a varianta 2 by se stala dražší. Další variantou (označeno č. 3) by mohla být vyšší investice do wallboxů a řídicího systému, které dokáží omezovat dobíjecí výkon a tím by se vyřešil problém nedostatečné kapacity jističe.



obrázek 61 - suma celkových nákladů u jednotlivých variant



obrázek 62 - komparace položek operativní leasing a cena pohonných hmot u konvenčních automobilů a EV

Položka operativní leasing je pro EV téměř 1x vyšší než pro konvenční automobily. Přestože cena pohonných hmot je naopak vyšší a to 6x oproti EV.

## Dotace

Další možnost, kterou by podnik mohl posoudit a následně využít je investice s dotací.

Ministerstvo průmyslu a obchodu vypsallo OP PIK<sup>53</sup> V. výzvu – nízkouhlíkové technologie – elektromobilita. Tento dotační program byl zastaven k 31. 7. 2020 a měl být spuštěn znovu v roce 2021. Z důvodu pandemie jsou peníze využívány jinak a tak dotace vypsána nebyla.

V 2. polovině roku 2021 by měl být vypsán Nový Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost (OP TAK), který nahrazuje již zmíněný program OP PIK. V tomto programu by mělo být alokováno 79,3 Mld. Kč pro období let 2021-2027. Míra dotace by měla být pro námi vybraný podnik 45%<sup>54</sup> (Malý podnik charakterizovaný dle Nařízení komise (EU) č. 651/2014 – zaměstnaných méně jak 50 osob, roční obrat do 10 mil. EUR).

Důležité je si uvědomit, že se nejedná pouze o úsporu nákladů, které nám proplatí dotace, ale jsou zde i náklady na osobu, která bude o dotaci žádat, také starosti pro vedení podniku a další zaměstnance, které budou dotčeny touto změnou. Dotace ještě nemá jasnou finální podobu a tak se můžeme pouze domnívat, zda by podnik dotaci využil a pomohla by snížit náklady na investici. Pokud bychom vycházeli z podobných podmínek jako je OP PIK tak by podnik

<sup>53</sup> Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost

<sup>54</sup> Jedná se o dotaci 45% z ceny rozdílu běžného a konvenčního automobilu. Nevztahuje se na operativní leasing.



nedostal dotaci na operativní leasing, jelikož se na něj dotace nevztahuje<sup>55</sup>. Řekněme, že by se vztahovala dotace ve výši 45% na cenu wallboxů, úpravu elektrické sítě a řídicí systém, který nás ročně<sup>56</sup> stojí cca 56 000 Kč, tak by došlo k úspoře 24 330 Kč. Je tedy otázkou, zda by podnik dotaci využil s úsporou 24 330 Kč a vynaloženým úsilím.

---

<sup>55</sup> Vztahuje se pouze na nákup EV a to v rozmezí částek 500 000 Kč – 1 250 000 Kč.

<sup>56</sup> Při přepočtu investice na 15 let.

## Závěr

Během psaní diplomové práce jsem se seznamoval s tématem „optimalizace dobíjecích stanic elektromobilu“ a během celého procesu jsem se dostal k závěru, že téma je velmi složité a úzce spjaté s další problematikou. Tento fakt je dán především komplexností řešení problémů a technickou složitostí dílčích částí. Snaha byla vytvořit materiál, ve kterém se seznámíme s elektromobilitou a vyjasníme si důležité pojmy. Aby se nejednalo pouze o souhrn informací, ale také o inovaci podniku, tak jsem si definoval podnik, na kterém jsem provedl modelové případy (simulace), které by mohly nastat a jakým způsobem budou řešeny. Snaha byla řešit celou problematiku komplexně a neopomenout žádný z důležitých prvků, který by mohl celou simulaci ovlivnit. Během práce nastala různá rozhodnutí, jakým směrem se bude práce ubírat.

Výsledkem práce je koncept podniku, který uvažuje o investici do elektromobility a příslušenství s tím spjaté. Řešením je inovativní přístup v řízení zatížení elektrické sítě s nastavením optimálních standardů v podniku společně s dobíjením EV. Nejdůležitějšími prvky, které bych rád uvedl jsou: technické parametry elektromobilů, které bude podnik využívat, maximální výkon dobíjení EV, způsob řízení el. výkonu, nastavení časů dobíjení tak, aby nedošlo k negativnímu ovlivnění chodu podniku (výpadku jističe), vhodný el. tarif. Neméně důležitou částí byla komparace nákladů na investici, kde došlo k porovnání 2 možností – konvenční automobily a EV s nutnou investicí. Uvedené podklady budou podnikem vyhodnoceny.

## Literatura

- [1] VEGR, Jaromír, *Elektromobily – historie a současnost*. PRO-ENERGY magazín. 2008. Dostupný také z www: <http://www.pro-energy.cz/clanky7/3.pdf>
- [2] MARUŠINEC, Jaromír. *Elektromobily.org* [online]. 2009. *Elektromobily minulosti a budoucnosti*.
- [3] Muneer, T., Kolhe, M., & Doyle, A. 2017. *Electric vehicle: Prospects and Challenges* ISBN 978-0-12-803021-9 2017
- [4] ROBERT, S., MCA Ingenierie. History and evolution of Electromobility told by Robert, Consultant at MCA Engineering GmbH. Dostupné 1. 3. 2021 z <https://www.mca-ingenierie.fr/en/blog/305>
- [5] THOUGHTCO. (2019). *The History of Electric Vehicles Began in 1830*. Dostupné 4. 3. 2021 z <https://www.thoughtco.com/history-of-electric-vehicles-1991603>
- [6] HES, Stanislav. Citace emailu [elektronická pošta]. Message to: [jachym.jarnik@seznam.cz](mailto:jachym.jarnik@seznam.cz). 20. března 2021 12:23 [cit. 2021-03-22] Osobní komunikace.
- [7] ŠKODA storyboard [online]. 2021 [cit. 2021-3-3]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>
- [8] ŠPAČEK, Jakub. Vyznáte se ve značení elektrifikovaných vozů? Tyto pojmy jsou nejpoužívanější. *FDriveCZ* [online]. 2021, 2021 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/vyznate-se-ve-znaceni-elektrifikovanych-vozu-tyto-pojmy-jsou-nejpouzivanejsi-3679>
- [9] HORČÍK, Jan. *E-REV* [online]. 17.9.2019 [cit. 2021-3-23]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/e-rev>
- [10] How much do electric cars cost? *EnergySage* [online]. 2019, 2021 [cit. 2021-3-3]. Dostupné z: <https://www.energysage.com/electric-vehicles/costs-and-benefits-evs/electric-car-cost/>
- [11] Jaké jsou výhody a nevýhody elektromobilů? *E.ON* [online]. 2020, 2020 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/alternativni-doprava/elektromobily-a-jejich-vyhody/jake-jsou-vyhody-a-nevychody-elektromobilu>
- [12] Elektromobilita. *ČEZ Distribuce a.s.* [online]. 2021 [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita.cz>
- [13] MAREK, David a spol. Automobilový průmysl: Znovuobjevení automobilu. *Deloitte* [online]. 2019, 2019 [cit. 2021-4-14]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/deloitte-analytics/Automobilovy-prumysl-znovuobjeveni-automobilu.pdf>
- [14] EVANS, John. *Cost of running an electric car* [online]. 2021, 2021 [cit. 2021-3-24]. Dostupné z: <https://www.buyacar.co.uk/cars/economical-cars/electric-cars/650/cost-of-running-an-electric-car>
- [15] PŘIBYL, Martin. Průvodce elektromobilitou: Rychlodobíjení nemusí být vždy rychlé a nejlepší řešení. *Aktuálně.cz* [online]. 2019, 2019 [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/stridave-nebo-stejnospmerne-pruvodce-dobijenim-elektrickych-a/r~ed7e36ca14f111ea84260cc47ab5f122/v~sl:217d0a2d6145762facfe14d5dd87bd53/>

- [16] MATOUŠEK, Jan. Škoda už nemá nejlevnější elektromobil na českém trhu. Podívejte se do přehledu. *Aktuálně.cz* [online]. 2019 [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/stridave-nebo-stejnospmerne-pruvodce-dobijenim-elektrickyh-a/r~ed7e36ca14f111ea84260cc47ab5f122/v~sl:217d0a2d6145762facfe14d5dd87bd53/>
- [17] PŘIBYL, Martin. Hoří, má Teslo. Devět otázek a odpovědí o elektromobilech v plamenech. *Aktuálně.cz* [online]. 2019 [cit. 2021-3-27]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/hori-ma-teslo-devet-otazek-a-odpovedi-o-elektroautech-v-plam/r~f03fa1340b6c11ea926e0cc47ab5f122/v~sl:8817ceb0d3a8d370c5c56c6c34f445a4/>
- [18] LAMBERT, Fred. Tesla vehicle caught on fire while plugged in at Supercharger station. *Electrek*[online]. 2019 [cit. 2021-3-2]. Dostupné z: <https://electrek.co/2019/06/01/tesla-fire-supercharger/>
- [19] Redakce. Elektromobil Jaguar I-PACE jako elektrické taxi v Oslu se bude nabíjet bezdrátově. *Hybrid.cz* [online]. 2020 [cit. 2021-3-2]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/elektromobil-jaguar-i-pace-jako-elektricke-taxi-v-oslu-se-bude-nabijet-bezdratove>
- [20] Nabíjecí kabely. *EVexpert* [online]. 2020 [cit. 2021-3-2]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/c/e-shop/nabijeci-kabely-pro-elektromobily>
- [21] Wallbox nebo zásuvka? Co se vyplatí a proč? *EnergyGlobe* [online]. 2021 [cit. 2021-4-8]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/wallbox-nebo-zasuvka-co-se-vyplati-a-proc>
- [22] Elektromobily a jejich baterie. *EVexpert* [online]. 2021 [cit. 2021-4-6]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum11/elektromobily-a-jejich-baterie>
- [23] Redakce. Vnitřní elektrické rozvody dle ČSN 33 2130 ed. 2 – silové rozvody. *Elektroprumysl*[online]. 2012 [cit. 2021-3-5]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/elektroinstalace/vnitri-elektricke-rozvody-dle-csn-33-2130-ed-2-silove-rozvody>
- [24] Benefits pro elektromobily v ČR a v Evropě. *EVexpert* [online]. 2021 [cit. 2021-3-5]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum11/vyhody-pro-elektromobily-v-cr-a-v-evrope>
- [25] Co je to HDO a jak díky němu ušetřit na elektřině? *Srovnejto* [online]. 2019 [cit. 2021-3-5]. Dostupné z: <https://www.srovnejto.cz/blog/co-je-to-hdo-a-jak-diky-nemu-usetrit-na-elektrine/>
- [26] Role agregátora v české energetice. *Deloitte* [online]. 2018 [cit. 2021-3-5]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2020/1/Role-agregatora-v-ceske-energetice.pdf>
- [27] CAISL, Petr. Nabíjení elektromobilů, zatížení sítě a řízení výkonu – část II., řízení výkonu. *TzbInfo*[online]. 2020 [cit. 2021-4-15]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/21052-nabijeni-elektromobilu-zatizeni-site-a-rizeni-vykonu-cast-ii-rizeni-vykonu>
- [28] ChargeUP. *ChargeUp* [online]. 2021 [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www.chargeup.cz/cs/>

- [29] How to network distributed energy resources. *Next* [online]. 2021 [cit. 2021-3-3]. Dostupné z: <https://www.next-kraftwerke.com/vpp/virtual-power-plant>
- [30] STATIC LOAD BALANCING. *E-station* [online]. 2021 [cit. 2021-4-7]. Dostupné z: <https://e-station.com.au/pages/master-slave-system>
- [31] Schneider Electric Česká republika. *Schneider Electric* [online]. 2021 [cit. 2021-3-3]. Dostupné z: <https://www.se.com/cz/cs/>
- [32] EUROENERGY, SPOL. S R. O. Dílčí studie pro pracovní tým A25 - Predikce vývoje elektromobility v ČR. *Ministerstvo Průmyslu a obchodu* [online]. 2018 [cit. 2021-4-3]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/10/Studie-NAP-SG-A25\\_Elektromobilita.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/10/Studie-NAP-SG-A25_Elektromobilita.pdf)
- [33] EGÚ BRNO A.S. Dopad elektromobility do DS ČR. *Ministerstvo Průmyslu a obchodu* [online]. 2019 [cit. 2021-4-3]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2020/9/Dopad-elektromobility-do-DS-CR\\_1.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2020/9/Dopad-elektromobility-do-DS-CR_1.pdf)
- [34] ZATLOUKAL, Aleš. METODY HODNOCENÍ PODNIKOVÝCH INVESTIC. *Diplomová práce* [online]. 2010 [cit. 2021-3-3]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/dlbu4/Diplomova\\_prace\\_Ales\\_Zatloukal.pdf](https://is.muni.cz/th/dlbu4/Diplomova_prace_Ales_Zatloukal.pdf)
- [35] VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-71-2.
- [36] MAREK, Petr. *Studijní průvodce financemi podniku*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Ekopress, 2009. ISBN 978-80-86929-49-1.
- [37] BLOCK, S.B., & HIRT, G. A. (1992). *Foundations of financial management (6th ed.)*. Homewood: Richaard D. IrwinBlock & Hirt, 1992; Sedláček, 2010
- [38] KISLINGEROVÁ, Eva. *Manažerské finance*. 3. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2010. Beckova edice ekonomie. ISBN 9788074001949.
- [39] A. BREALEY, Richard, Stewart C. MYERS a Franklin ALLEN. *Real Options*. 16 December 2008.
- [40] *Ekonomická revue*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita. ISSN 1212-3951.
- [41] SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 5., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3494-1.
- [42] SCHOLLEOVÁ, Hana. *Investiční controlling: jak hodnotit investiční záměry a řídit podnikové investice : investiční proces jako základ budoucí prosperity, nástroje a metody investičního controllingu, volba financování a technologie, monitoring průběhu investice a postaudit*. Praha: Grada, 2009. Prosperita firmy. ISBN 978-80-247-2952-7.
- [43] MIKESKA, Lukáš. *Projekt hodnocení ekonomické efektivity investice ve vybrané společnosti*[online]. 2016 [cit. 2021-3-1]. Dostupné z: [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38009/mikeska\\_2016\\_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38009/mikeska_2016_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [44] Development of Electric Mobility Until 2030: Electromobility. *Spotlightmetal* [online]. Spotlightmetal, 2020 [cit. 2021-3-1]. Dostupné z: <https://www.spotlightmetal.com/development-of-electric-mobility-until-2030-a-694090/>

- [45] SVOBODA, Tomáš. Elektromobilita: I ztrátová výroba se může vyplatit. *Aimtecglobal* [online]. Spotlightmetal, 2020, 2020 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.aimtecglobal.com/aimagazine/elektromobilita-i-zratova-vyroba-se-muze-vyplatit/>
- [46] OČENÁŠKOVÁ, Adéla a Daniel CHRIPÁK. Evropu potichu plní bzučící zařízení. Rébus, jak skladovat elektřinu, se blíží řešení. *Aktualne.cz* [online]. aktuálně, 20.3.2021 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/uloziste-elektřiny/r~480ac1dc7ffc11eb8335ac1f6b220ee8/>
- [47] ANDREI A SPOL., Christopher. Study on energy storage: Contribution to the security of the electricity supply in Europe. *Op.europa* [online]. aktuálně, 8.5.2020 [cit. 2021-3-1]. Dostupné z: [https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6eba083-932e-11ea-aac4-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc\\_id=Searchresult&WT.ria\\_c=37085&WT.ria\\_f=3608&WT.ria\\_ev=search](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6eba083-932e-11ea-aac4-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=37085&WT.ria_f=3608&WT.ria_ev=search)
- [48] PŘIBYL, Martin. Volkswagen ve stopách Tesly. Baterie si bude vyrábět sám, možná i v Česku. *Aktualne.cz* [online]. aktuálně, 16.3.2021 [cit. 2021-3-19]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/volkswagen-ve-stopach-tesly-baterie-si-bude-vyrabet-sam-mozn/r~ed465d9085a211ebb2f60cc47ab5f122/>
- [49] WLTP VS. NEDC. *Opel* [online]. 2021 [cit. 2021-3-7]. Dostupné z: <https://www.opel.cz/nastroje/wltp-jizdnhocyklu-spotrebapaliva.html>
- [50] HAVLÍN, Roman. Evropská komise chce urychlit přijetí nové emisní normy. Výrobci aut jsou v šoku. *Fdrive* [online]. 16.11.2020 [cit. 2021-4-21]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/evropska-komise-chce-urychlit-prijeti-nove-emisni-normy-vyrobci-aut-jsou-v-soku-6112>
- [51] Volkswagen se znovu ohání miliardami eur pro budoucnost. *Hybrid.cz* [online]. 16.11.2020 [cit. 2021-3-4]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/volkswagen-se-znovu-ohani-miliardami-eur-pro-budoucnost>
- [52] VIDÍM, Jan. Řízení čtvrt hodinového maxima. *Tzb-info* [online]. 30.11.2015 [cit. 2021-4-20]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/13513-rizeni-ctvrthodinoveho-maxima>

## Seznam použitých zkratk

EV – elektrické vozidlo
BEV - elektromobil na baterie
PHEV - plug in hybrid
FCEV - elektromobil s palivovými články
HEV - hybridní elektromobil
EREV - elektromobil s rozšířeným dojezdem
NEDC - new europeandriving cycle
WLTP - worldwide harmonised light-duty vehicle test procedure
AC - střídavý proud
DC - stejnosměrný proud
LMS - lokální řídicí systém
DTS - distribuční transformační stanice
OZE - obnovitelné zdroje energie
VN - vysoké napětí
VVN - velmi vysoké napětí
HDO - hromadné dálkové ovládání
DS - distribuční síť
OCPP - open charge point protocol
CAPEX - capital expenditures
OPEX (operational expenditures)
TČ - tepelné čerpadlo

## Seznam obrázků

obrázek 1 - První elektromobil v roce 1844, zdroj: StuffWorks.....	10
obrázek 2 - vývoj elektromobility do roku 2030, zdroj: Studie des Center of Automotive Management im Auftrag des Industrieverbands Giesserei-Chemie e. V.....	12
obrázek 3 - projekce počtu elektromobilů v ČR, zdroj: MPO .....	14
obrázek 4 - projekce potřeby veřejných dobíjecích stanic, zdroj: <a href="https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2016/11/Narodni-akcni-plan-pro-chytre-site.pdf">https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2016/11/Narodni-akcni-plan-pro-chytre-site.pdf</a> .....	15

obrázek 5 - střední scénář - denní diagram nabíjení 2040, zdroj: <a href="https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategie-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/10/Studie-NAP-SG-A25_Elektromobilita.pdf">https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategie-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/10/Studie-NAP-SG-A25_Elektromobilita.pdf</a> .....	16
obrázek 6 - přehled typu vozidel, zdroj: <a href="https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny">https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny</a> .....	18
obrázek 7 - ceny EV a konvenčních automobilů, zdroj: vlastní .....	20
obrázek 8 - porovnání ceny aut z pohledu zákazníka při snaze minimalizovat emise. zdroj: vlastní .....	22
obrázek 9 - srovnání aut se spalovacím motorem a EV, zdroj <a href="https://automix.denik.cz/magazin/elektromobil-vs-vozy-se-spalovacimi-motory-kdy-se-vyplati-auto-do-zasuvky-20191215.html">https://automix.denik.cz/magazin/elektromobil-vs-vozy-se-spalovacimi-motory-kdy-se-vyplati-auto-do-zasuvky-20191215.html</a> .....	24
obrázek 10 - úbytek kapacity baterie pro Model Tesla S/X, zdroj: Tesla.....	25
obrázek 11 - přehled EV pro český trh pod 1 mil. Kč, vlastní zpracování .....	25
obrázek 12 - přehled EV pro český trh pod 1 mil. Kč, vlastní zpracování .....	26
obrázek 13 - úložiště elektrické energie v Evropě, zdroj: leaflet, openstreetmap contributors	29
obrázek 14 - parametry norem WLTP a NEDC, zdroj: <a href="https://www.opel.cz/nastroje/wltp-jizdni-hocyklu-spotrebapaliva.html">https://www.opel.cz/nastroje/wltp-jizdni-hocyklu-spotrebapaliva.html</a> .....	31
obrázek 15 - místa dobíjecích stanic v ČR, zdroj: <a href="https://www.evmapa.cz">https://www.evmapa.cz</a> .....	32
obrázek 16 - rychlost nabíjení Škoda Citigo e-iV a Tesla Model 3 Long Range 2019, zpracování: vlastní .....	34
obrázek 17 - dobíjecí stanice s výkonem nad 120 kW pro ČR, zdroj: <a href="https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/t/rychlonabijeci/w/120">https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/t/rychlonabijeci/w/120</a> .....	35
obrázek 18 - dobíjecí stanice s výkonem nad 50 kW pro ČR, zdroj: <a href="https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/t/rychlonabijeci/w/50">https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/t/rychlonabijeci/w/50</a> .....	36
obrázek 19 - ceník platný od 2020 pro nové zákazníky, zdroj: <a href="https://www.elektromobilita.cz/file/edee/elektromobilita/jak-se-stat-zakaznikem/smlouva/2020_04_22_opse_a_cenik_final_clean2.pdf">https://www.elektromobilita.cz/file/edee/elektromobilita/jak-se-stat-zakaznikem/smlouva/2020_04_22_opse_a_cenik_final_clean2.pdf</a> .....	37
obrázek 20 - průběh nabíjení, zdroj: <a href="https://www.hindawi.com/journals/jat/2019/2613893/">https://www.hindawi.com/journals/jat/2019/2613893/</a> : 38	38
obrázek 21 - srovnání doby nabíjení jednotlivými nabíječky, zdroj [6], <a href="http://www.hybrid.cz">www.hybrid.cz</a> .....	39
obrázek 22 - článek, modul, blok, zdroj: <a href="https://www.semanticscholar.org">https://www.semanticscholar.org</a> .....	40
obrázek 23 - konektor Yazaki, zdroj [20] .....	41
obrázek 24 - konektor Mennekes, zdroj [20] .....	41
obrázek 25 - DC konektory typ 1 a 2, zdroj [20] .....	42
obrázek 26 - typy konektorů ve světě, zdroj [20] .....	43
obrázek 27 - střední scénář denního diagramu nabíjení 2020, zdroj <a href="http://www.mpo.cz">www.mpo.cz</a> .....	45
obrázek 28 - predikce změn v síti NN, zdroj <a href="http://www.mpo.cz">www.mpo.cz</a> .....	46



obrázek 29 - zdroj účastníků při nabíjení EV, zdroj: <a href="https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/21052-nabijeni-elektromobilu-zatizeni-site-a-rizeni-vykonu-cast-ii-rizeni-vykonu">https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/21052-nabijeni-elektromobilu-zatizeni-site-a-rizeni-vykonu-cast-ii-rizeni-vykonu</a> .....	47
obrázek 30 - kategorie zákazníků dle ERÚ, jednotlivé rozdělení je dle charakteristiky napětí mezi fázemi, Zdroj: ERÚ .....	50
obrázek 31 řízení nabíjecího výkonu pomocí HDO, zdroj: ČEZ distribuce .....	50
obrázek 32 - dynamický řízení, zdroj [31] .....	52
obrázek 33 - využití load managementu, zdroj SchneiderElectric .....	53
obrázek 35 - hierarchie v podniku, zdroj: vlastní .....	59
obrázek 35 - aktuální vozový park, zdroj: vlastní .....	60
obrázek 36 - nový vozový park, zdroj: vlastní .....	61
obrázek 37 - cena operativního leasingu [Kč/měsíc] pro celý vozový park, zdroj: vlastní .....	62
obrázek 38 - cena pohonných hmot [Kč/rok] pro konvenční automobily a EV, zdroj: vlastní .....	62
obrázek 39 - jednotková cena elektřiny pro Střední Čechy ČEZ Distribuce a.s., dodavatel E.ON, zdroj: E.ON – pro potřeby DP jsem počítal pouze s dobíjením v čase nízkého tarifu .....	63
obrázek 40 - celkové náklady na firemní flotilu po dobu 36 měsíců, zdroj: vlastní .....	63
obrázek 41 - potenciální doba nabíjení při využití maximálních výkonů palubních nabíječek a také domácího wallboxu, zdroj: vlastní .....	65
obrázek 42 - zapojení wallboxů, rozložení fází, zdroj: vlastní .....	66
obrázek 43 - zatížení fází pro jednotlivé automobily, zdroj: vlastní .....	67
obrázek 44 - vstupní parametry el. sítě pro simulaci č. 1 .....	67
obrázek 45 – simulace č.1 pro fáze L1, L2 - zapojení všech EV do el. sítě najednou. Výpadek jističe .....	68
obrázek 46 - simulace č. 1 pro fázi L3 - zapojení všech EV do el. sítě v jeden čas. Výpadek jističe .....	68
obrázek 47 – simulace č. 2 pro fáze L1 a L2, navýšení jističe 3x 100A, TČ + elektrokotel a Stálý rezervovaný příkon reprezentuje nejméně příznivý stav pro odběrné místo. ....	69
obrázek 48 - simulace č. 2. pro fázi L1 a L2, navýšení jističe 3x 100 A .....	69
obrázek 49 – simulace č. 2. pro fázi L3, navýšení jističe 3x 100A .....	69
obrázek 50 - Příklad zapojení systému od Schneider Electric, zdroj: Schneider electric .....	71
obrázek 50 - vstupní parametry el. sítě pro simulaci č. 3, TČ + elektrokotel a Stálý rezervovaný odběr reprezentují nejméně příznivý scénář (nejvyšší odběr) .....	72
obrázek 51 - simulace č. 3 pro fázi L1 a L2, lokální řízení výkonu, maximální zatížení .....	72
obrázek 53 - simulace č. 3 pro fázi L3, lokální řízení výkonu, maximální vytížení .....	72

obrázek 54 - průměrné roční náklady na automobilovou flotilu, konvenční automobil/EV. Cena wallboxu a řídicí systém je rozpočten do 3 let. Zdroj: vlastní.....	74
obrázek 55 - průměrné roční náklady na automobilovou flotilu, konvenční automobily/EV. Wallbox a řídicí systém je rozpočten do celé své životnosti. Zdroj: vlastní.....	75
obrázek 56 - diskontované roční náklady, cena wallboxu a řídicího systému přepočtena na 3 roky. Zdroj: vlastní.....	75
obrázek 57 - diskontované roční náklady 2. Cena wallboxu a řídicího systému přepočítána na 15 let. Zdroj: vlastní.....	75
obrázek 58 - Varianta 1 - náklady spojené s flotilou se spalovacími motory .....	76
obrázek 59 - varianta 2 - náklady na dobíjení EV bez lokálního řídicího systému (nastavení viz. simulace č. 2) .....	77
obrázek 60 - Varianta 3 - náklady spojené s EV a dynamickým řízením výkonu (viz. simulace 3) .....	77
obrázek 61 - suma celkových nákladů u jednotlivých variant.....	78
obrázek 62 - komparace položek operativní leasing a cena pohonných hmot u konvenčních automobilů a EV .....	79

## Přílohy

### **Příloha 1:** Přehled bonusů v jednotlivých zemích

Zdroj: MANUFACTURERS ASSOCIATION, European Automobile. ELECTRIC VEHICLES: TAX BENEFITS & PURCHASE INCENTIVES: The 27 member states of the European Union and the United Kingdom (2020). *Acea.be* [online]. July 2020 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: [https://acea.be/uploads/publications/Electric\\_vehicles-Tax\\_benefits\\_purchase\\_incentives\\_European\\_Union\\_2020.pdf](https://acea.be/uploads/publications/Electric_vehicles-Tax_benefits_purchase_incentives_European_Union_2020.pdf)

	<b>Bonusy k nákupu</b>	<b>Daňová zvýhodnění pro soukromá vozidla</b>	<b>Daňová zvýhodnění pro firemní vozidla</b>
<b>Belgie</b>	-	Minimální daňová sazba, resp. odpuštění daně pro vozy s nulovými emisemi.	Je možné odepsat 100% částky jako náklady.
<b>Bulharsko</b>	-	Odpuštění daně pro elektromobily	-
<b>Dánsko</b>	-	Daň z vlastnictví je počítána na základě spotřeby paliva. Pro elektromobily je jejich spotřeba počítána jako ekvivalent spotřeby benzínu.	Dočasné odepsání zdanitelného osobního příjmu pro soukromé uživatele firemních vozů.
<b>Estonsko</b>	Bonus ve výši 5 000 EUR pro plně elektrické vozy s cenou nižší než 50 000 EUR	-	-
<b>Finsko</b>	Bonus až 2 000 EUR pro domácnost na koupi elektromobilu s cenou nižší než 50 000 EUR	Minimální sazba pro vozy s nulovými emisemi	-
<b>Francie</b>	Bonus až 7 000 EUR na domácnosti pro vůz s cenou maximálně 45 000 EUR. Šrotovné až 5 000 EUR na domácnost (v závislosti na příjmu)	-	Výjimka z daně na základě emisí CO2 pro vozy, jejichž emise jsou nižší než 20 g CO2/km
<b>Chorvatsko</b>	Při koupi elektromobilu bonus až 9 200 EUR	Odpuštění daně pro ochranu životního prostředí	
<b>Irsko</b>	Bonusy až 5 000 EUR pro elektromobily anebo hybridní vozy s dojezdem na elektřinu alespoň 50 kilometrů	Minimální sazba pro elektromobily, snížená pro hybridní vozy	Benefit-in-kind concession
<b>Itálie</b>	Bonus 6 000 EUR pro vozy s emisemi nižšími než 70 g CO2/km s cenou maximálně 50 000 EUR. Pokuta 2 500 EUR pro vozy s emisemi vyššími než 250 g CO2/km	Pětiletá výjimka od data registrace, poté 75% snížení daňové sazby oproti ekvivalentní vozu se spalovacím motorem	-
<b>Kypr</b>	-	Minimální daňová sazba pro vozy s emisemi do 120 g CO2/km	-
<b>Litva</b>	-	-	-
<b>Lotyšsko</b>	-	Výjimka pro vozy s emisemi maximálně 50 g CO2/km	Minimální sazba

<b>Lucembursko</b>	Vrácení daně ve výši 5 000 EUR pro elektromobily a vozy na vodíkový pohon a 2 500 EUR pro hybridní vozy	Minimální sazba pro vozy s emisemi 90 g CO2/km	Minimální sazba pro elektromobily a vozy na vodíkový pohon
<b>Maďarsko</b>	Bonus 7 350 EUR při koupi elektromobilu s cenou do 32 000 EUR	Výjimka pro všechny elektromobily a hybridní vozy	Výjimka pro všechny elektromobily a hybridní vozy
<b>Malta</b>	-	Minimální sazba pro vozy s emisemi 100 g CO2/km	-
<b>Německo</b>	Inovační bonus až do výše 9 000 EUR pro vozy s cenou maximálně 40 000 EUR	10-letá výjimka pro všechny elektromobily	Snížení zdanitelné částky za každý elektromobil (při pořizovací ceně do 60 000 je snížení větší)
<b>Nizozemí</b>	Dotační systém pro jednotlivce, kteří si chtějí koupit nový či starý elektromobil. Snížení investice do životního prostředí (MIA)	Výjimka pro vozy s nulovými emisemi	Minimální sazba pro vozy s nulovými emisemi a cenou do 45 000 EUR
<b>Polsko</b>	Bonus 37 500 PLN pro koupi elektromobilu s cenou do 125 000 PLN a bonus 90 000 PLN při koupi vozu na vodíkový pohon s cenou do 300 000 PLN.	-	-
<b>Portugalsko</b>	Bonus 3000 EU pro fyzické osoby a 2000 EUR pro firmy (maximálně pro 4 vozy)	Výjimka pro elektromobily	Výjimka pro elektromobily a snížení pro hybridní vozy
<b>Rakousko</b>	Bonus při nákupu nového elektromobilu až 3 000 EUR	Odpuštění daně pro vozy s nulovými emisemi	Odpuštění daně pro vozy s nulovými emisemi
<b>Rumunsko</b>	Až 10 000 EUR při koupi nového elektromobilu a 4 250 EUR při koupi hybridního vozu. Navíc 1 250 EUR při sešrotování starého vozu.	Odpuštění pro elektromobily	-
<b>Řecko</b>	15% cashback (max do výše 5 500 EUR) plus 1 000 EUR při sešrotování starého vozu. 25% cashback (max 8000 EUR) pokud se jedná o taxi.	Výjimka pro vozy s emisemi nižšími než 90 g CO2/km	Výjimka pro vozy s emisemi do 50g CO2/km při ceně do 40 000 EUR
<b>Slovensko</b>	Bonus 8 000 EUR při koupi elektromobilu a 5 000 EUR při koupi hybridního vozu	Výjimka pro elektromobily	-
<b>Slovinsko</b>	Bonus 7 500 EUR při koupi elektromobilu a 4 500 při koupi hybridního vozu	-	-
<b>Španělsko</b>	Bonus 4000 - 5 000 EUR při koupi elektromobilu a 1 900 - 2 600 EUR při koupi hybridního vozu, v závislosti na tom, zda předchozí vůz byl sešrotován	75% snížení pro elektromobily v hlavních městech	-
<b>Švédsko</b>	Bonus 60 000 SEK pro nové vozy s nulovými emisemi a 10 000 SEK pro hybridní vozy s emisemi do 70 g CO2/km	Snížení roční daně pro vozy s nulovými emisemi	Snížení pro elektromobily a hybridní vozy až do výše 40 %
<b>Velká Británie</b>	Bonus do výše 3 000 GBP pro vozy s cenou do 50 000 GBP	Výjimka pro vozy s nulovými emisemi	Minimální sazba pro vozy s nulovými emisemi

Příloha 2: 100 největších dodavatelů automotive na světě, zdroj: Berylls Strategy Advisors

## THE 100 LARGEST AUTOMOTIVE SUPPLIERS WORLDWIDE

Venture	Country	Position		Sales			Margin*		Note**
		2019	Δ 2018	2019 (in Mio. €)	Δ to 2018	2018 (in Mio. €)	Typ	% of Sales 2019	
Bosch	DE	1	→	47.000	-600	47.600	k. A.	-/-	A, 1, AU
Continental	DE	2	→	44.478	74	44.404	EBIT	-0,6%	B, 1, GU
Denso	JP	3	→	43.307	735	42.572	OI	4,5%	B, 2, GU
Magna	CA	4	→	35.169	-437	35.605	EBIT	6,5%	A, 1, GU
ZF Friedrichshafen	DE	5	→	33.597	-378	33.975	k. A.	-/-	B, 1, AU
Aisin	JP	6	→	32.012	67	31.945	OI	3,1%	B, 2, GU
Hyundai Mobis	KR	7	→	29.378	4.774	24.604	OI	6,2%	A, 1, GU
Bridgestone - Firestone	JP	8	→	24.230	124	24.106	OI	11,0%	B, 1, AU
Michelin	FR	9	→	24.135	2.107	22.028	OI	11,1%	B, 1, GU
Valeo	FR	10	→	19.477	353	19.124	OI	5,3%	B, 1, GU
Faurecia	FR	11	↑	17.768	243	17.525	OI	7,2%	B, 1, GU
Lear	US	12	↓	17.669	-775	18.444	EBIT	6,6%	A, 1, GU
Cummins	US	13	→	17.174	99	17.074	EBIT	13,3%	B, 1, AU
Tenneco	US	14	↑	15.564	5.305	10.259	EBIT	4,5%	B, 1, GU
Marelli	IT	15	↑	15.140	10.142	4.998	k. A.	-/-	D, 1, GU
Adient	IE	16	↓	14.542	-625	15.167	EBIT	1,1%	B, 2, GU
Sumitomo Electric	JP	17	↓	14.174	148	14.026	OI	4,2%	B, 2, AU
Yazaki	JP	18	↓	13.823	642	13.181	k. A.	-/-	A, 4, AU
Weichai Power	CN	19	↑	13.752	1.225	12.527	OI	9,1%	B, 1, AU
Goodyear	US	20	↓	13.151	-345	13.496	OI	6,4%	B, 1, GU
Aptiv	GB	21	↓	12.805	216	12.589	OI	8,9%	B, 1, GU
Panasonic	JP	22	↓	12.083	846	11.238	OI	-2,0%	B, 2, AU
Mahle	DE	23	↓	12.049	-532	12.581	k. A.	-/-	D, 1, GU
Toyota Boshoku	JP	24	↓	11.687	489	11.198	OI	3,9%	B, 2, GU
Schaeffler	DE	25	↓	10.886	30	10.856	EBIT	7,2%	B, 1, AU
Hitachi	JP	26	↑	10.202	2.385	7.817	EBIT	12,9%	B, 2, AU
Borg Warner	US	27	↓	9.069	-114	9.183	OI	12,8%	B, 1, GU
Gestamp	ES	28	↓	9.065	518	8.548	OI	5,6%	B, 1, GU
Yanfeng Automotive Interiors	CN	29	↓	8.509	660	7.849	k. A.	-/-	C, 1, GU
Plastic Omnium	FR	30	↑	8.494	1.249	7.245	OI	6,0%	A, 1, GU
JTEKT	JP	31	↓	8.396	767	7.630	OI	3,2%	D, 4, AU
BHAP	CN	32	↑	8.286	830	7.456	k. A.	-/-	A, 1, GU
Flex-N-Gate	US	33	↑	8.034	760	7.273	k. A.	-/-	D, 1, GU
Joyson	CN	34	↑	7.824	700	7.124	OI	1,5%	D, 1, GU
Dana	US	35	↑	7.688	587	7.102	EBIT	3,4%	B, 1, GU
Autoliv	SE	36	↓	7.624	56	7.568	OI	8,5%	B, 1, GU
GKN	GB	37	↓	7.553	1	7.552	OI	5,7%	D, 1, AU
Thyssen Krupp Automotive	DE	38	↓	7.007	-535	7.542	k. A.	-/-	B, 2, AU
TE Connectivity	CH	39	↓	6.870	-319	7.190	OI	15,7%	B, 2, AU
Claros	US	40	↓	6.778	-457	7.236	k. A.	-/-	B, 2, AU
Toyoda Gosei	JP	41	→	6.758	282	6.476	k. A.	-/-	D, 2, AU
Koito Manufacturing	JP	42	→	6.751	305	6.446	OI	11,0%	B, 2, GU
Benteler	AT	43	↑	6.717	413	6.304	k. A.	-/-	B, 1, AU
Motherson Group	IN	44	↑	6.523	326	6.197	OI	6,3%	B, 1, AU
Hella KG Hueck	DE	45	↓	6.325	-512	6.837	EBIT	8,0%	B, 4, AU
Sumitomo Rubber Industries	JP	46	↑	6.298	231	6.067	OI	6,0%	B, 1, AU
Brose	DE	47	↓	6.200	-63	6.263	k. A.	-/-	E, 1, GU
CATL	CN	48	↑	5.829	2.074	3.755	k. A.	-/-	A, 1, GU
American Axle	US	49	↓	5.825	-516	6.341	OI	-4,6%	B, 1, GU
Hanon Systems	KR	50	↑	5.524	1.367	4.157	OI	6,8%	B, 1, GU

Note: excluding OEM-owned suppliers (e.g. Jatco) and raw material and precursor suppliers (e.g. BASF, ArcelorMittal); growth partly inorganic through M&A activities at Marelli, Tenneco, LG Electronics, Hanon Systems, Hitachi and CIE-Automotive

## Currency Rate

1 Euro 0,8919 US-Dollar	1 Euro 0,1281 Chinese Renminbi Yuan	1 Euro 0,0125 Indian Rupee
1 Euro 1,1827 British Pound	1 Euro 0,0954 Swedish Krona	1 Euro 0,0471 Mexican Peso
1 Euro 0,0082 Japanese Yen	1 Euro 0,9171 Swiss Francs	1 Euro 0,6869 Canadian Dollar
1 Euro 0,0008 South Korean Won	1 Euro 0,2219 Brazilian Real	

Ventura	Country	Position		Sales			Margin*		Note**
		2019	Δ 2018	2019 (In Mio. €)	Δ to 2018	2018 (In Mio. €)	Typ	% of Sales 2019	
Hankook Tires	KR	51	↑	5.325	568	4.757	OI	7,9%	B, 1, GU
Pirelli	IT	52	↓	5.323	128	5.195	EBIT	17,2%	A, 1, GU
Harman (Samsung)	US	53	↓	5.225	69	5.156	OI	4,6%	B, 1, AU
Grupo Antolin	ES	54	↓	5.214	-210	5.424	EBIT	2,7%	B, 1, GU
Mitsubishi Electric	JP	55	↑	5.041	404	4.637	OI	5,8%	B, 2, AU
Hyundai WIA	KR	56	↓	4.984	188	4.795	OI	2,6%	B, 1, AU
NSK Group	JP	57	↓	4.983	-648	5.631	OI	2,9%	B, 2, AU
Eberspächer	DE	58	↓	4.966	356	4.610	k. A.	-/-	C, 1, GU
Drägermaier	DE	59	↑	4.900	700	4.200	k. A.	-/-	D, 1, GU
Mando Corp.	KR	60	↑	4.619	654	3.965	OI	3,6%	A, 1, GU
NTN	JP	61	↓	4.605	-320	4.926	OI	1,4%	B, 2, AU
Alps Alpine	JP	62	↓	4.580	-6	4.586	OI	3,3%	B, 2, AU
LG Electronics	KR	63	↑	4.227	1.225	3.001	OI	-3,5%	B, 1, AU
Tokai Rika	JP	64	↑	4.203	231	3.972	OI	5,6%	B, 2, GU
Nemak	MX	65	↓	4.193	90	4.102	OI	5,5%	B, 1, GU
Freudenberg	DE	66	↓	4.166	6	4.160	k. A.	-/-	B, 1, AU
Leonl	DE	67	↓	3.984	-250	4.234	EBIT	-1,4%	C, 1, AU
Delphi Technologies	US	68	↓	3.890	-347	4.237	OI	3,2%	B, 1, GU
LInamar	CA	69	→	3.871	206	3.665	EBIT	6,9%	C, 1, AU
IAC	LU	70	↑	3.803	227	3.576	k. A.	-/-	D, 1, GU
Meritor	US	71	↓	3.791	30	3.761	OI	7,2%	B, 2, GU
Webasto	DE	72	↑	3.748	315	3.433	k. A.	-/-	E, 1, GU
NXP Semiconductors	NL	73	↑	3.732	285	3.447	k. A.	-/-	B, 1, AU
Yokohama Rubber	JP	74	↓	3.706	113	3.593	OI	6,8%	D, 1, AU
Furukawa Industrial	JP	75	↑	3.621	412	3.209	OI	2,5%	B, 2, AU
Mann + Hummel	DE	76	↑	3.510	69	3.441	k. A.	-/-	D, 1, AU
Inflinon	DE	77	↑	3.486	126	3.360	OI	10,2%	B, 2, AU
CIE-Automotive	ES	78	↑	3.461	432	3.029	EBIT	12,3%	B, 1, GU
NHK Spring	JP	79	↓	3.456	-37	3.493	OI	1,4%	B, 2, AU
TI Automotive	GB	80	↓	3.411	-62	3.473	EBIT	10,0%	B, 1, GU
Citic Dicastal	CN	81	↓	3.404	-210	3.614	k. A.	-/-	A, 1, AU
Knorr-Bremse	DE	82	↑	3.280	120	3.160	EBIT	11,4%	B, 1, AU
Sumitomo Riko	JP	83	↑	3.204	33	3.170	OI	2,4%	D, 2, AU
Nexxter Automotive	US	84	↓	3.189	-222	3.412	OI	6,5%	B, 1, GU
Asahi Glass	JP	85	↑	3.186	47	3.139	k. A.	-/-	B, 1, AU
TS-Tech	JP	86	↓	3.177	-270	3.447	OI	9,0%	B, 1, GU
Aunde	DE	87	↑	3.100	300	2.800	k. A.	-/-	C, 1, GU
Toyo Tire & Rubber	JP	88	↑	3.097	-9	3.106	OI	10,2%	B, 1, GU
Wabco	US	89	↓	3.051	-290	3.341	OI	9,9%	B, 1, GU
Renesas	JP	90	↓	3.045	-103	3.148	OI	8,4%	B, 1, AU
Stanley Electric	JP	91	↓	3.026	-192	3.217	OI	8,4%	B, 1, AU
Eaton	US	92	↓	2.996	-326	3.322	OI	14,2%	B, 1, AU
Saint-Gobain	FR	93	↓	2.980	-362	3.342	k. A.	-/-	B, 1, AU
Hutchinson	FR	94	↑	2.934	-57	2.991	k. A.	-/-	D, 1, AU
NGK Spark Plug	JP	95	↑	2.908	74	2.833	OI	16,7%	B, 1, AU
Garnett Motion Inc.	US	96	→	2.897	-46	2.943	OI	9,6%	B, 1, GU
Piston Group	US	97	↑	2.880	540	2.340	k. A.	-/-	A, 1, GU
Cooper Standard	US	98	↓	2.772	-388	3.160	OI	5,0%	B, 1, GU
Rheinmetall Automotive	DE	99	↓	2.736	-194	2.930	EBIT	6,7%	A, 1, GU
Illinois Tool Works	US	100	↓	2.732	-179	2.911	OI	21,5%	A, 1, AU

\*) EBIT or operating income. Result only from companies that had data available at the time of going to press.

\*\*\*) A) Press release B) Annual or financial report C) Company forecast D) Own forecast E) Webstoa

†) Calendar year 2) Conversion FY to CY 3) Fiscal year 4) Approximation FY to CY AU) Automotive only GU) Overall company

Source: Berylls Strategy Advisors