



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Elektromobilita v České republice

Electromobility in the Czech Republic

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Blanka Kučerková

Kristián Hudec

Praha 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hudec** Jméno: **Kristián** Osobní číslo: **466050**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Elektromobilita v České republice

Název bakalářské práce anglicky:

Electromobility in the Czech Republic

Pokyny pro vypracování:

Analyzujte současný stav elektromobility
Popište a porovnejte technické, ekonomické a ekologické aspekty elektromobilů
Provedte technickoekonomické zhodnocení výběru elektromobilu pro firemní účely

Seznam doporučené literatury:

1. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, odbor 31000: Národní akční plán čisté mobility (NAP CM), říjen 2015
2. EuroEnergy, spol.s.r.o.: Dílčí studie pro pracovní tým A25 - Predikce vývoje elektromobility v ČR, 3.4.2018
3. Brealey, Myers, Allen – Teorie a praxe firemních financí, BizBooks, 2014, ISBN: 978-80-265-0028-5

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Bc. Blanka Kučerková, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **21.01.2020** Termín odevzdání bakalářské práce: **14.08.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**

Ing. Bc. Blanka Kučerková
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

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

V Praze dne

.....

Kristián Hudec

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Blance Kučerkové za perfektní vedení, vstřícnost a hlavně bezbřehou trpělivost.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou současného stavu elektromobility. V první části jsou přiblíženy její technické, ekonomické a ekologické aspekty. Z hlediska ekonomických aspektů se práce zaměřuje především na podporu ze strany České republiky a ostatních evropských zemí. V kapitole pojednávající o ekologických aspektech je kladen důraz především na emise CO₂, jež se vyprodukují při výrobě elektromobilu a při výrobě elektrické energie, kterou elektromobil potřebuje k provozu. Následující část se věnuje analýze současného stavu elektromobility v České republice. V této části je pozornost zaměřena na vývoj počtu prodaných elektromobilů, na stav infrastruktury nabíjecích stanic a na predikci budoucího vývoje elektromobility. Poslední část práce obsahuje případovou studii, která se zabývá nahrazením firemního vozového parku elektromobily typu BEV. Pro porovnání je v práci využito kritéria NPV.

Klíčová slova

Elektromobilita, ekologie, ekonomie, emise, BEV, dotace, elektromobil

Abstract

This bachelor thesis deals with the analysis of the current state of electromobility. The first part describes its technical, economic and ecological aspects. In terms of economic aspects, the work focuses primarily on support from the Czech Republic and other European countries. In the chapter dealing with environmental aspects, emphasis is placed mainly on the CO₂ emissions that are produced in the production of electric cars and in the production of electricity that the electric car needs to operate. The following section deals with the analysis of the current state of electromobility in the Czech Republic. In this part, attention is focused on the development of the number of sold electric cars, on the state of the infrastructure of charging stations and on the prediction of the future development of electromobility. The last part of the work contains a case study, which deals with the replacement of the company's vehicle fleet with electric vehicles of the BEV type. The NPV criteria are used in the work for comparison.

Key words

Electromobility, ecology, economics, emissions, BEV, subsidies, electric car

Obsah

1. Úvod	1
2. Technické, ekonomické a ekologické aspekty elektromobility	2
2.1. Technické aspekty elektromobility	2
2.1.1. BEV	2
2.1.2. HEV	3
2.1.3. PHEV	3
2.1.4. FCEV	3
2.1.5. Akumulátory	3
2.1.6. Motor	4
2.2. Ekonomické aspekty elektromobility	4
2.2.1. Podpora elektromobility v České republice	4
2.2.2. Podpora elektromobility v zemích EU	5
2.3. Ekologické aspekty elektromobility	6
2.3.1. Provoz	7
2.3.2. Výroba elektromobilu	8
2.3.3. Likvidace	9
3. Analýza současného stavu elektromobility	9
3.1. Současný stav elektromobility v České republice	9
3.1.1. Predikce vývoje elektromobility v České republice	10
3.2. Infrastruktura dobíjecích stanic	11
3.3. Největší provozovatelé dobíjecích stanic na území České republiky	13
3.3.1. ČEZ Distribuce, a.s.	14
3.3.2. E.ON Distribuce, a.s.	16
3.3.3. PRE Distribuce, a.s.	17
4. Případová studie	19
4.1. Vstupní informace	19
4.2. Volba vozidel pro porovnání	19

4.3. Použité metody pro výpočet výhodnosti investice	20
4.4. Výdaje spojené s variantou elektromobil	22
4.4.1. Volba způsobu dobíjení.....	23
4.5. Výdaje spojené s variantou LPG	24
4.5.1. Montáž LPG	24
4.5.2. Palivové náklady.....	24
4.6. Výdaje spojené s benzínovou variantou	25
4.6.1. Palivové náklady.....	25
4.7. Nahrazení vozu Škoda Roomster	25
4.7.1. Citlivostní analýza.....	26
4.8. Nahrazení vozu Dacia Sandero.....	29
4.8.1. Citlivostní analýza.....	29
4.9. Zhodnocení.....	32
5. Závěr.....	33
Seznam použité literatury a zdrojů	35
Seznam obrázků	39
Seznam tabulek.....	40

1. Úvod

V posledních letech jsme svědky rostoucího trendu v rozvoji elektromobility. Vysoké uhlíkové emise vozů se spalovacím motorem a tenčící se zásoby fosilních paliv nás nutí dívat se po ekologičtějších a dlouhodobě udržitelnějších variantách pohonu aut. Ve světě je hlavní alternativou auta se spalovacím motorem právě auto na elektrický pohon. V České republice je elektromobil stále záležitostí pouhé hrstky jedinců a úlohu druhého nejpoužívanější paliva hraje LPG. V tomto bakalářském projektu bych se chtěl podívat na současný stav elektromobility v České republice a přiblížit, jak by mohl vypadat vývoj v blízké budoucnosti.

Tento bakalářský projekt je koncipovaný do tří částí – dvě části jsou čistě rešeršního charakteru a třetí část je praktická případová studie.

V první části této práce se zaměřuji na technické, ekonomické a ekologické aspekty elektromobility. Snažím se přiblížit komponenty používané v konstrukci elektromobilů, přesněji komponenty, které jsou součástí pohonu, tedy akumulátor a elektromotor. Kromě technických aspektů elektromobility se v práci také soustředím na ekonomické a ekologické aspekty elektromobility, přesněji na různá dotační zvýhodnění v České republice a různých zemích Evropské unie a produkci emisí CO₂ při výrobě a provozu elektromobilu.

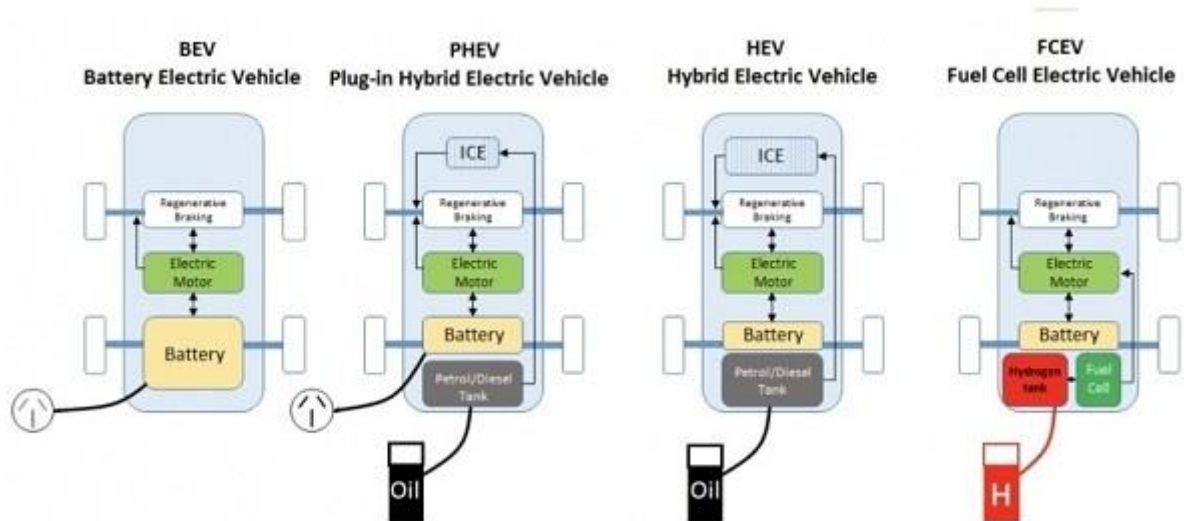
V další části se soustředím na analýzu současného stavu elektromobility. V této části se zaměřuji na zvyšující se zájem o elektromobily a odhadovaný růst v budoucích letech. Důležitou částí elektromobility je její infrastruktura dobíjecích stanic, proto se v této části podívám na vývoj infrastruktury, výhled do budoucnosti a také přiblížím naše 3 největší distributory elektrické energie a jejich síť dobíjecích stanic.

Poslední část projektu je praktická. Jedná se o případovou studii, kterou jsem vypracoval pro firmu Pizza mamma mia s.r.o. V případové studii se zabývám nahrazením současného vozového parku firmy automobily s elektrickým pohonem. Pro ekonomické hodnocení využívám kritérium čisté současné hodnoty (NPV).

2. Technické, ekonomické a ekologické aspekty elektromobility

2.1. Technické aspekty elektromobility

Zatímco v minulosti se používaly pro pohon elektromobilů stejnosměrné motory, které byly složité na údržbu, kvůli součástkám, které se snadno opotřebují, jako byl komutátor a kartáče, v dnešní době už pohání elektromobil motory střídavé. Střídavé motory jsou konstrukčně jednodušší než motory stejnosměrné a nejsou náročné na údržbu. Spolu se střídavými motory se elektrický pohon skládá ze střídače, který mění stejnosměrné napětí z akumulátoru na střídavé, které je potřeba pro pohon motoru, a akumulátoru. V současné době rozlišujeme několik typů elektromobilů, jejichž zjednodušená schémata jsou na Obrázku 1. V této práci se zabývám výhradně vozidly typu BEV.



Obrázek 1 Jednotlivé typy elektromobilů [33]

2.1.1. BEV

BEV (Battery Electric Vehicle) je typ vozu, který nemá spalovací motor. Je poháněn jedním nebo více elektrickými motory, které jsou napájeny z baterie. Ta lze dobít primárně energií ze sítě. Vozy tohoto typu mají nulové výfukové (lokální) emise. [33]

2.1.2 HEV

HEV (Hybrid Electric Vehicle) má hybridní pohon. Tj. pohon, který má jak spalovací, tak elektrický motor. Vůz je poháněn buďto pouze elektrickým motorem, pouze spalovacím motorem nebo jejich kombinací v závislosti na technickém provedení vozu. HEV vůz má palivovou nádrž i baterii, kterou lze dobít pouze spalovacím motorem. [33]

2.1.3. PHEV

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) má stejně jako HEV hybridní pohon. Rozdíl oproti HEV představuje možnost nabíjení baterie ze sítě. Také na rozdíl od HEV vozu je u PHEV spalovací motor určen výhradně k dobíjení baterie a o pohon vozidla se stará čistě elektrický motor. [33]

2.1.4. FCEV

FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) je vůz, který má vodíkovou nádrž a elektrický motor. Vodík je v palivových článkách přeměňován na elektrickou energii, která napájí motor vozu. Oproti BEV disponuje vyšším dojezdem a vodíková nádrž lze rychleji doplnit než lze dobít baterie. [33]

2.1.5 Akumulátory

Jako zdroj elektrické energie slouží v elektromobilech Lithiové akumulátory. Rozdělujeme je na dva typy – Lithium-iontové akumulátory (li-ion) a lithium-polymerové akumulátory (li-pol). Lithium-polymerové akumulátory jsou technicky vyspělejší. Místo klasického tekutého elektrolytu používají jako elektrolyt polymer a mají díky tomu vyšší hustotu energie na kilogram hmotnosti akumulátoru. Právě hustota energie akumulátoru je jedním z limitujících faktorů elektromobilů. Zatímco z kilogramu benzínu získáme až 12 000 Wh energie, z lithiového akumulátoru u elektromobilu získáme přibližně 170 Wh/kg. Akumulátory jsou proto velice těžké a drahé. Dalším problémem akumulátorů je klesající kapacita a dlouhá doba nabíjení. Velkou překážkou v rozvoji elektromobility je právě cena baterií. V roce 2019 byla cena za kWh kapacity baterie 3 584 Kč. Cena akumulátoru se stále snižuje. V roce 2010 byla cena za kWh kapacity baterie zhruba 25 000 Kč, to je za 9 let pokles ceny o 87 %. Odhadovaná hranice ceny za baterie, při které se vyrovnají ceny elektromobilů a automobilů se spalovacím motorem je 2 300 Kč a podle agentury Bloomberg by se mohlo tohoto milníku dosáhnout v roce 2023 [20]

2.1.6 Motor

Motor elektromobilu je ve většině případů střídavý synchronní s permanentním magnetem nebo střídavé asynchronní s klecovým vinutím rotoru. Asynchronní motory jsou konstrukčně jednodušší a jejich výroba je levnější než u synchronních strojů. Jejich nevýhodou jsou vyšší ztráty než u synchronních motorů. Díky nižší váze se používají k dosažení vyššího výkonu a najdeme je tedy u výkonnějších aut. Synchronní motory pracují s vyšší účinností než motory asynchronní. Kvůli použití permanentního magnetu jako rotoru jsou těžší a kvůli tomu jsou synchronní motory vyšších výkonů nepoužitelné pro elektromobily.

2.2 Ekonomické aspekty elektromobility

2.2.1. Podpora elektromobility v České republice

V současné době existuje hned několik dotačních programů, které mají pomoci s financováním ať už nákupu elektromobilů, wallboxů a výstavby dobíjecích stanic. Bohužel žádný z dotačních programů není určen pro pořízení elektromobilu pro osobní využití.

Prvním dotačním programem je program Nízkouhlíkové technologie v rámci Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OPPIK). Program nabízí dotaci na pořízení elektromobilů a souvisejících technologií (například nákup wallboxů). O dotaci si může zažádat jakýkoliv podnik, ze širokého pásu oborů podnikání. Z možnosti čerpání dotace jsou ovšem některé typy podnikání vyřazeny, například restaurace, které by mohly využít elektromobil k rozvozu jídla. Na druhou stranu rozvozev společnosti mají na čerpání dotace nárok. Procentuální výše dotace se pohybuje v rozmezí 20 % až 40 % ze způsobilých nákladů a závisí na velikosti podniku, která se určuje podle počtu zaměstnanců. Celková alokace programu je pro rok 2020 50 miliónů Kč. Částka je menší oproti roku 2019, kdy bylo na program alokováno 100 miliónů Kč. Podmínkou pro získání dotace je, že podnik musí být ze 100 % vlastněn veřejným sektorem a projekt musí být realizován mimo území Prahy.[26][27]

Dalším z dotačních programů je součástí integrovaného regionálního operačního programu (IROP) z dílny Ministerstva pro místní rozvoj. V rámci tohoto programu mohou obce a města získat dotaci na nákup nízkoemisních a bezemisních vozidel pro veřejnou hromadnou dopravu. Celková alokace tohoto programu je 10 000 000 000 Kč. [28][29]

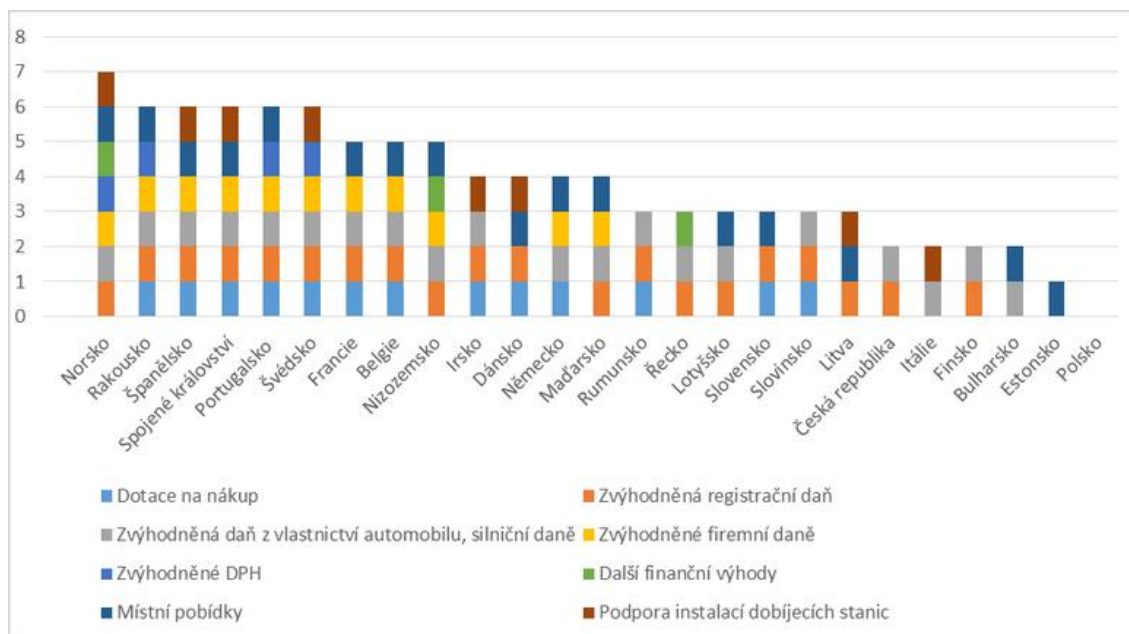
Každý rok vypisuje také výzvu Ministerstvo životního prostředí v rámci Národního programu Životní prostředí. Příjem žádostí probíhá od 17.2.2020 v rámci výzvy NPŽP-výzva 11/2019: Ekomobilita. Celková alokace činí 100 000 000 Kč. Dotace se vztahuje na pořízení vozidel na alternativní pohon a případně na nákup wallboxů. Maximální výše dotace je 40 % z výdajů. Dotace je mířená na státní příspěvkové organizace, veřejné vysoké školy, veřejné výzkumné instituce, obce či svazky obcí a společnosti územních samosprávných celků. [30]

Posledním z dotačních programů, které česká vláda nabízí je z dílny Ministerstva dopravy v rámci operačního programu doprava. Ministerstvo dopravy za pomoci evropské unie alokovalo celkem 245 milionů Kč na rozvoj infrastruktury páteřní a doplňkové sítě nabíjecích stanic. Poskytovaná dotace činí 70 % ze způsobilých výdajů na výstavbu. [31]

2.2.2. Podpora elektromobility v zemích EU

Oproti situaci v České republice je míra podpory v západních státech Evropské unie o poznání lepší. Zatímco dotace na elektromobily jsou v České republice dostupné pouze vybraným typům podniků a veřejným institucím, jsou ve 13 z 28 členských států Evropské unie dotace dostupné fyzickým osobám. Výše dotace na pořízení elektromobilu se v každém státě liší. Například v Německu lze získat dotaci na pořízení elektromobilu ve výši 4 000 EUR. Ve Francii v rámci programu podpory elektromobility „bonus-malus“ je možné získat dotaci na zakoupení elektromobilu ve výši 7 000 EUR, rovněž je v rámci tohoto programu udělována penalizace za nákup automobilu s příliš vysokými emisemi CO₂. Kromě dotací na nákup elektromobilu existuje spousta jiných způsobů podpory elektromobility. Norsko, které je dlouhodobě považováno za průkopníka elektromobility v Evropě, nemá zavedený žádný program vyplácení dotací na pořízení elektromobilu. Místo toho je rozvoj elektromobility podpořen různými finančními úlevami. Především se jedná o osvobození od DPH, díky čemuž jsou některé elektromobily dokonce levnější než auta se spalovacími motory. Mezi další finanční úlevy se řadí osvobození od platby za registraci vozidla, či snížení silniční daně.

Zatímco ve spoustě evropských státech je podpora elektromobility na vysoké úrovni, existují státy, které rozvoj elektromobility podporují málo nebo vůbec. Takovým případem je například Polsko, které k roku 2020 nezavedlo žádný systém podpory elektromobility. Na Obrázku 2 je graf zobrazující míru podpory ve vybraných státech Evropské unie. [32][6]



Obrázek 2 Míra podpory elektromobility v jednotlivých státech [32]

2.3. Ekologické aspekty elektromobility

Elektromobilita se v Evropě těší veliké podpoře ze strany Evropské unie. V současné době je patrná snaha o snížení emisí z osobních automobilů a dodávek. Proto se zavádějí závazné normy emisí CO₂. Stávající norma Euro 7 stanovuje průměr emisí CO₂ u nově prodaných osobních automobilů na 95 g CO₂/km. Norma rovněž zavádí závazný cíl snížit emise v roce 2025 o 15 % z této hodnoty a v roce 2030 mají být emise CO₂ u nově prodaných automobilů o 37,5 % nižší. Automobilky, které nedodrží stanovené emisní normy musí zaplatit pokutu, jejíž výše závisí na počtu prodaných vozidel a na výši překročení limitu.

Protože vozy se spalovacími motory se na požadovanou emisní hodnotu nemohou dostat, jsou automobilky nuceny vyrábět elektromobily, které mají tuto hodnotu nulovou, a plug-in hybridní vozy, které mají emise CO₂ nižší než 50 g CO₂/km.

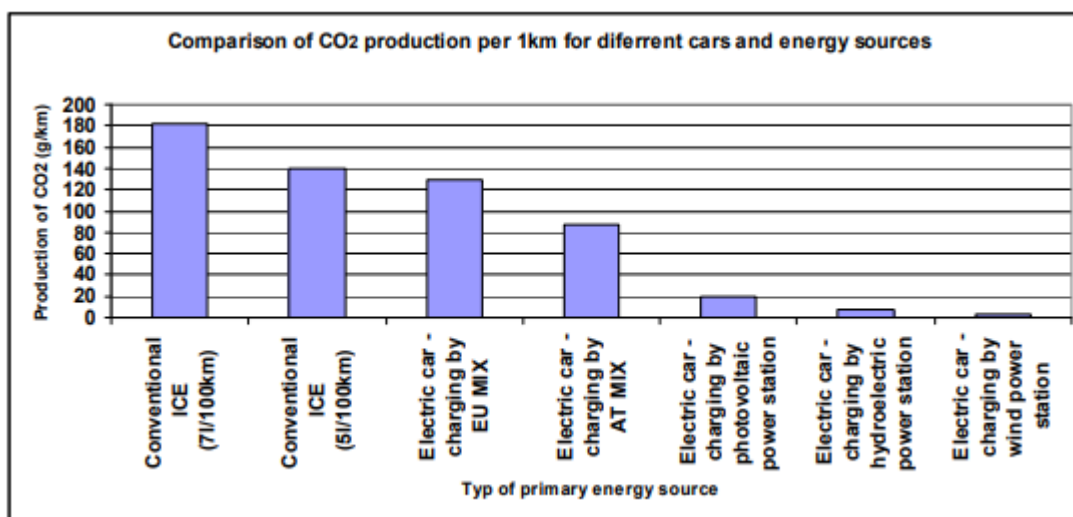
K dosažení limitu automobilkám mají pomoci takzvané superkredity, kdy v roce 2020 se každý prodaný vůz, který dosahuje nižších emisí CO₂ než 50 g/km, započítá do průměru dvakrát. Váha superkreditů se s každým rokem bude snižovat. [14]

Hlavním argumentem pro podporu rozvoje elektromobility ve světě je jejich vyšší “zelenost“, než u vozidel s konvenčními spalovacími motory. Elektromobily nemají výfuk, kterým by vypouštěli do ovzduší jakékoli zplodiny a také nespalují žádné palivo, při čemž by ony zplodiny vznikaly. Lze tedy s jistotou prohlásit, že lokální emise CO₂ jsou, na rozdíl od aut se spalovacími motory, nulové. V této kapitole se zaměřím na emise CO₂ vznikající při výrobě elektřiny potřebné k pohonu elektromobilu, ekologické aspekty výroby a likvidace elektromobilů a přede vším jejich baterií.

2.3.1. Provoz

K určení emisí vyprodukovaných při výrobě elektrické energie spotřebované při provozu elektromobilu je nutné znát složení energetického mixu v České republice, emisní faktory jednotlivých spalovaných paliv a účinnost energetické přeměny při výrobě elektrické energie. Samotný výpočet emisí CO₂, vyprodukovaných při výrobě jednotky energie, je nad rámec této práce, a proto budu uvažovat hodnotu udávanou Mezinárodní energetickou agenturou, která je 0,52 t CO₂/MWh_e.

Máme-li elektromobil se spotřebou elektrické energie 15 kWh/100km, můžeme snadno vypočítat, že emise vyprodukované k výrobě spotřebované elektrické energie budou v České republice rovny 78 g CO₂/km. Přestože tedy provoz elektromobilu není zcela bezemisní, jsou emise CO₂ spojené s provozem elektromobilu daleko nižší než emise vytvořené při provozu běžného vozu se spalovacím motorem. Toto tvrzení lze ověřit pomocí grafu ze studie prof. Čerovského a doc. Mindla z roku 2011, který srovnává produkci emisí CO₂ konvenčního vozu se spalovacími motory se spotřebou 7 l/100km a 5 l/100km s elektromobilem se spotřebou 20 kWh/100km, který je nabíjen z různých zdrojů. Graf je vidět na Obrázku 3.[23][24][18]



Obrázek 3 porovnání produkce emisí CO₂ pro různé vozidla a energetické zdroje [18]

Graf rovněž ukazuje, jak se produkce emisí CO₂ změní, pokud je elektromobil nabíjen elektrickou energií vyrobenou z některého z obnovitelných zdrojů energie. Dá se předpokládat, že do budoucna bude přibývat nízkoemisních zdrojů energie (jaderné elektrárny, obnovitelné zdroje energie) a skutečné emise vyprodukované provozem elektromobilu se sníží.

2.3.2. Výroba elektromobilu

Zatímco provoz elektromobilu je jednoznačně ekologičtější než provoz běžného vozu se spalovacím motorem, u výroby se karta obrací. Při výrobě konvenčního automobilu se spalovacím motorem se do ovzduší uvolní zhruba 5–10 tun emisí CO₂. Hodnota uvolněných emisí závisí na velikosti vozidla a místa výroby. U elektromobilu je toto číslo mnohem větší. Při určení emisí CO₂ vyprodukovaných při výrobě elektromobilu lze počítat se stejnými emisemi při výrobě karoserie a motoru. Ekologicky nejnáročnější složkou výroby elektromobilu je však jeho baterie. Uvádí se, že k výrobě baterie se spotřebuje 586 MJ energie na 1 kWh kapacity baterie. Stejně jako provozní emise CO₂ jsou i výrobní tedy závislé na složení energetického mixu v zemi produkce. Výroba jedné kWh kapacity baterie poté vyprodukuje 112 kg emisí CO₂ v USA, v Číně poté 159 kg emisí CO₂ a v Polsku dokonce 169 kg emisí CO₂. Při výrobě baterie elektromobilu Hyundai kona, která má kapacitu 64 kWh a vyrábí se v Jižní Koreji, kde při výrobě jedné kWh kapacity baterie dojde k vypuštění 123 kg emisí CO₂, se vyprodukuje zhruba 8,4 tun emisí CO₂. K této hodnotě je nutné ještě připočítat emise vzniklé při výrobě karoserie a motoru, které se dají odhadnout na 4-6 tun. Konečný výsledek dává přibližně 13 tun emisí CO₂, což je více než dvojnásobek oproti výrobě benzinové verze tohoto automobilu, při jehož výrobě se vyprodukuje pouze 6 tun emisí CO₂. [19]

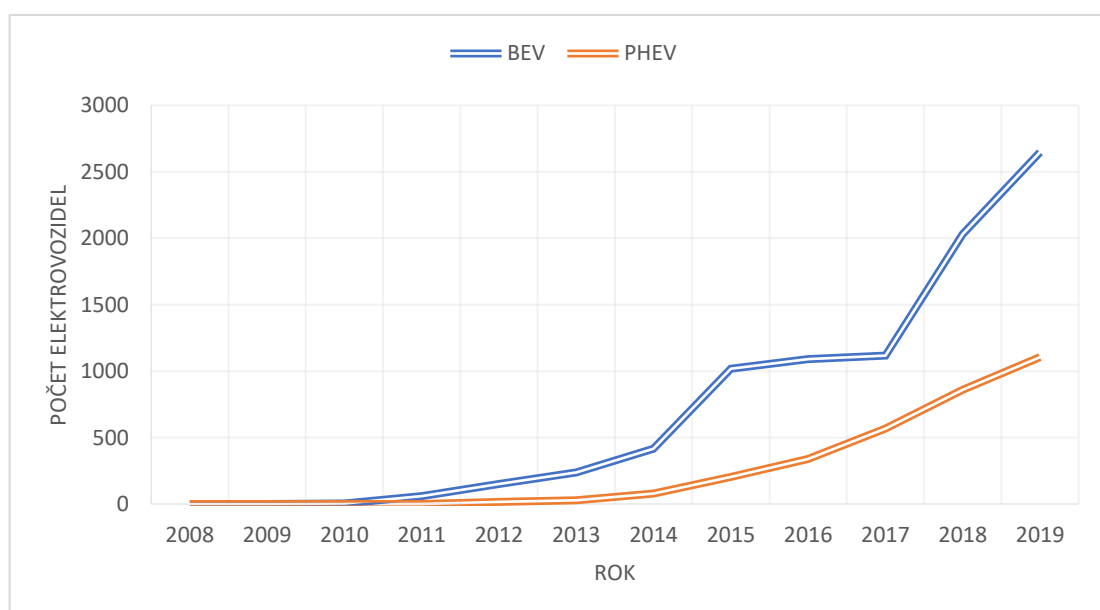
2.3.3. Likvidace

S rozvojem elektromobility a omezenou životností akumulátorů nastává otázka, jak ekologicky likvidovat baterie. Hlavní složkou baterií je lithium, které lze z použitých baterií znovu získat recyklací. Kromě lithia se při recyklaci baterie dají získat i další kovy, například nikl, kobalt a železo. Recyklace použitých baterií se tedy jeví jako logická cesta. Háček je v tom, že získat lithium těžbou je mnohem ekonomicky výhodnější než samotná recyklace. Použité baterie proto často končí na skládkách odpadu. Kromě recyklace baterií se nabízí možnost používat staré akumulátory dál v různých zařízeních pro uchování energie. Tato cesta se nejeví jako řešení, pouze jako oddálení problému. Řešení problému s likvidací akumulátoru tedy tkví v technologickém pokroku a zlevnění jejich recyklace. Na efektivnější recyklaci pracuje například americká společnost vyrábějící elektromobily Tesla, která pracuje na vývoji nového systému recyklace akumulátorů. [7][14]

3. Analýza současného stavu elektromobility

3.1. Současný stav elektromobility v České republice

Vozidla s elektrickým pohonem se v České republice objevují od roku 2010. Od této doby se poptávka po elektromobilech neustále zvyšuje. Přesto jsou elektromobily jen malým zlomkem v rámci celkového vozového parku České republiky. Z celkového počtu 8 500 000 vozů, činí počet elektromobilů v roce 2019 pouze 4000. Na Obrázku 4 je graf, na kterém lze vidět trend, jakým se rozšiřuje český elektromobilový vozový park. [12]

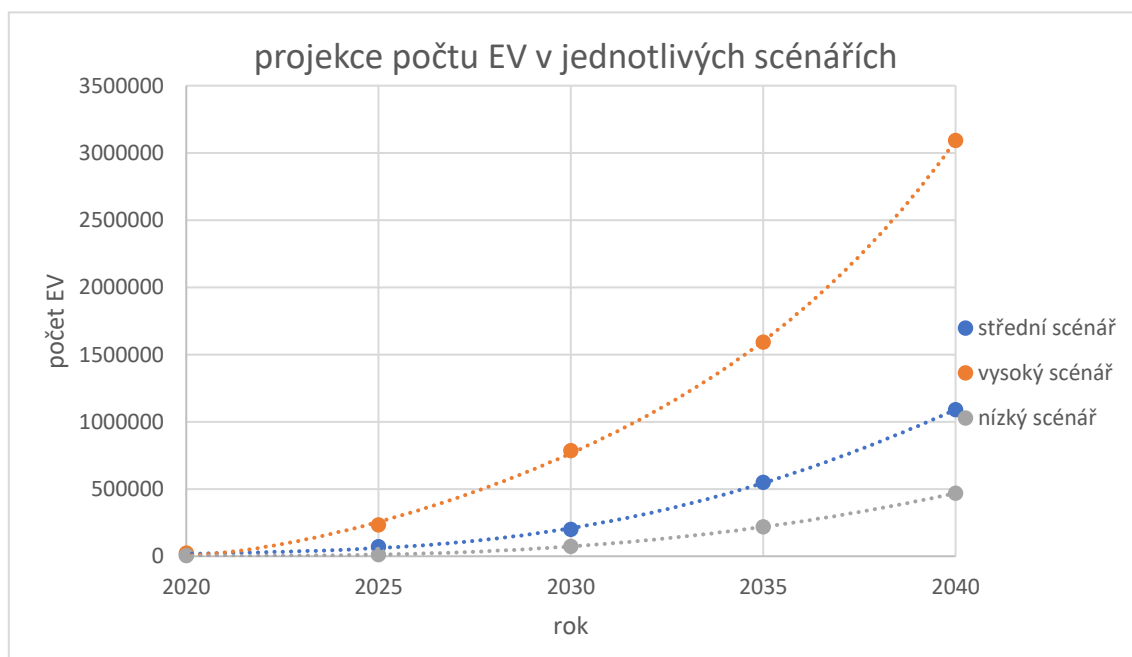


Obrázek 4 Počet prodaných elektromobilů od roku 2008 do roku 2019 [12]

Přes rostoucí zájem o elektromobily a rekordní nárůst prodaných kusů v roce 2019, co se týče vozidel typu BEV, je Česká republika v prodeji hluboko pod evropským průměrem. V roce 2018 bylo zaregistrováno v zemích Evropské unie zhruba přibližně 300 000 elektromobilů (součet BEV a PHEV), což jsou zhruba 2 % z celkových prodaných vozidel. V České republice je procento prodaných elektromobilů pouhých 0,38 % z celkových prodaných vozidel. Nízký podíl prodejů elektromobilů v České republice je pravděpodobně způsobem vyšší cenou elektromobilů a neexistující podporou pro soukromé osoby ze strany státu. [13][16]

3.1.1. Predikce vývoje elektromobility v České republice

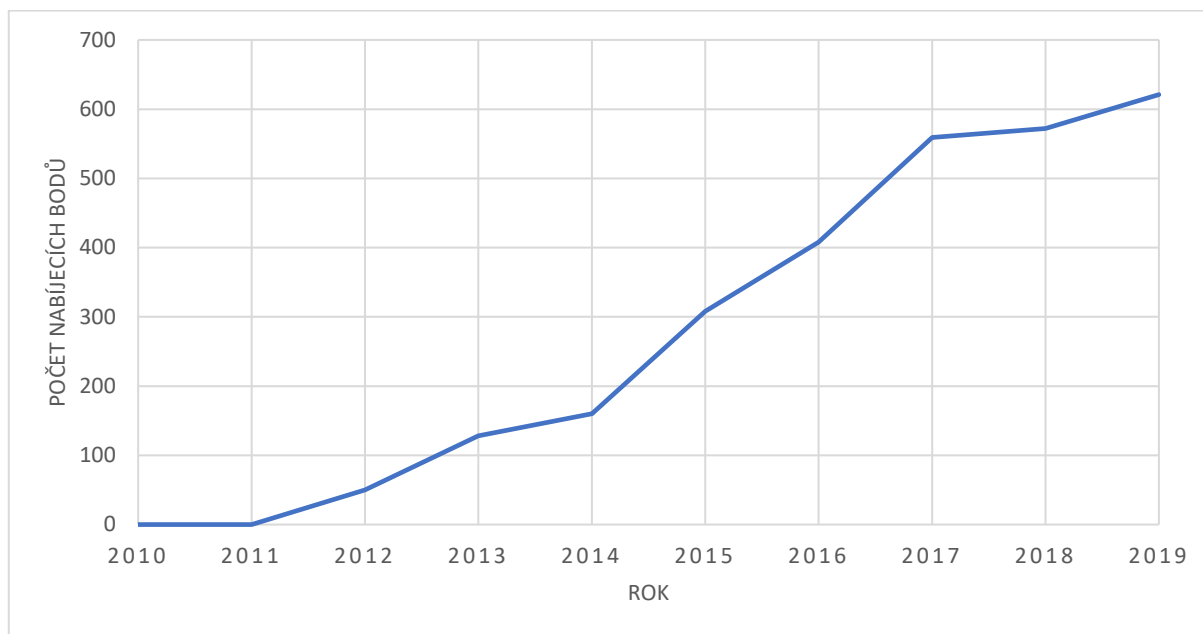
Díky technologickému pokroku a normám evropské unie lze předpokládat, že trend růstu prodeje elektromobilů bude v České republice pokračovat. V roce 2018 nechalo ministerstvo vypracovat studii, která má za cíl predikovat vývoj elektromobility v České republice. Studie představuje tři scénáře růstu. Střední scénář pracuje s údaji z NAP CM (Národní akční plán čisté mobility) a v roce 2030 předpokládá nasycení trhu. NAP CM předpokládá, že uživatelé budou EV (Electric Vehicle, tedy vůz s elektrickým pohonem) kupovat až jako druhé vozidlo do rodiny. Vysoký scénář poté předpokládá naplnění kampaně EV30@30. Tuto kampaň zaštiťuje Clean Energy Ministerial a dává si za cíl dosáhnout 30% tržního podílu EV na prodejích do roku 2030. Kampaně se účastní 10 zemí světa, ale Česká republika mezi nimi není. a tedy předpokládá dosažení 30 % tržního podílu EV na prodejích. Nízký scénář nakonec předpokládá zachování současného trendu až do roku 2023 a poté navazuje na střední scénář, ale růst je o 5 let zpožděný. Vývoj tržního podílu elektromobility podle jednotlivých scénářů je zobrazen na grafu, který se nachází na Obrázku 5 [15][48]



Obrázek 5 graf projekce počtu EV v jednotlivých scénářích [15]

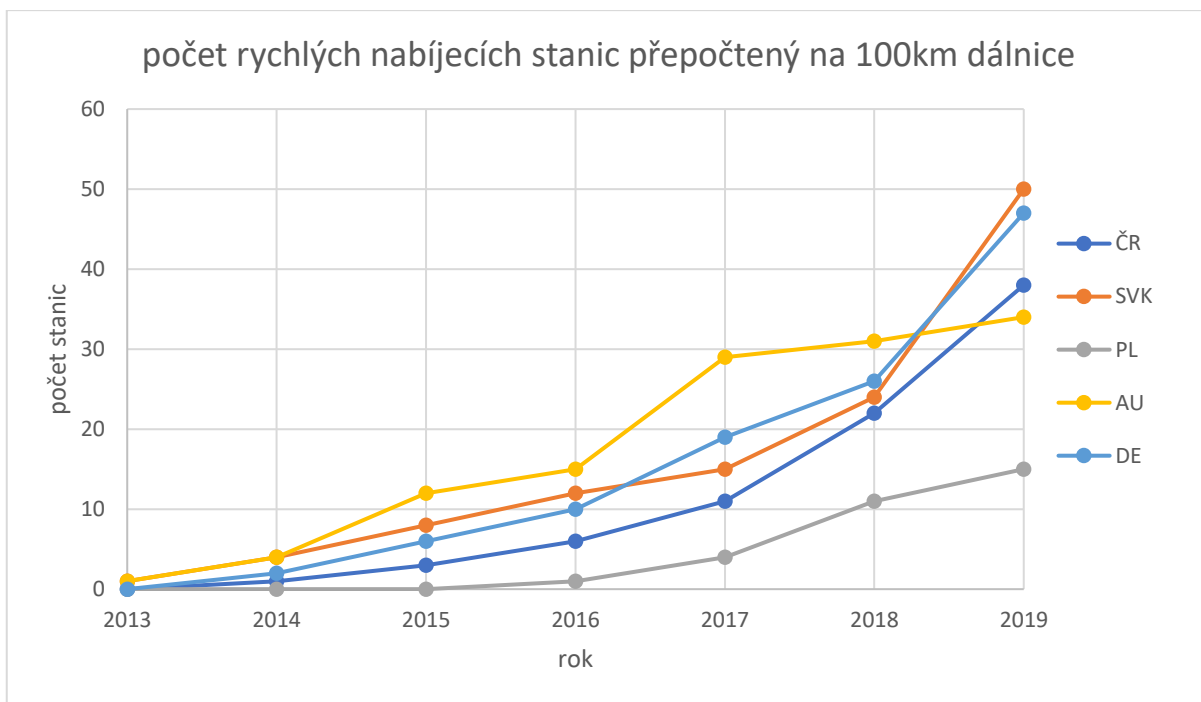
3.2. Infrastruktura dobíjecích stanic

Postupně se zrychlující rozvoj elektromobility a zvyšující se prodeje vozidel na elektrický pohon s sebou nesou požadavky na dostatečně hustou infrastrukturu dobíjecích stanic. Jak vidíme na grafu, který se nachází na Obrázku 6, budování veřejných dobíjecích stanic v České republice začalo v roce 2011 a do roku 2019 se stihlo vybudovat 621 veřejných dobíjecích bodů. [12]



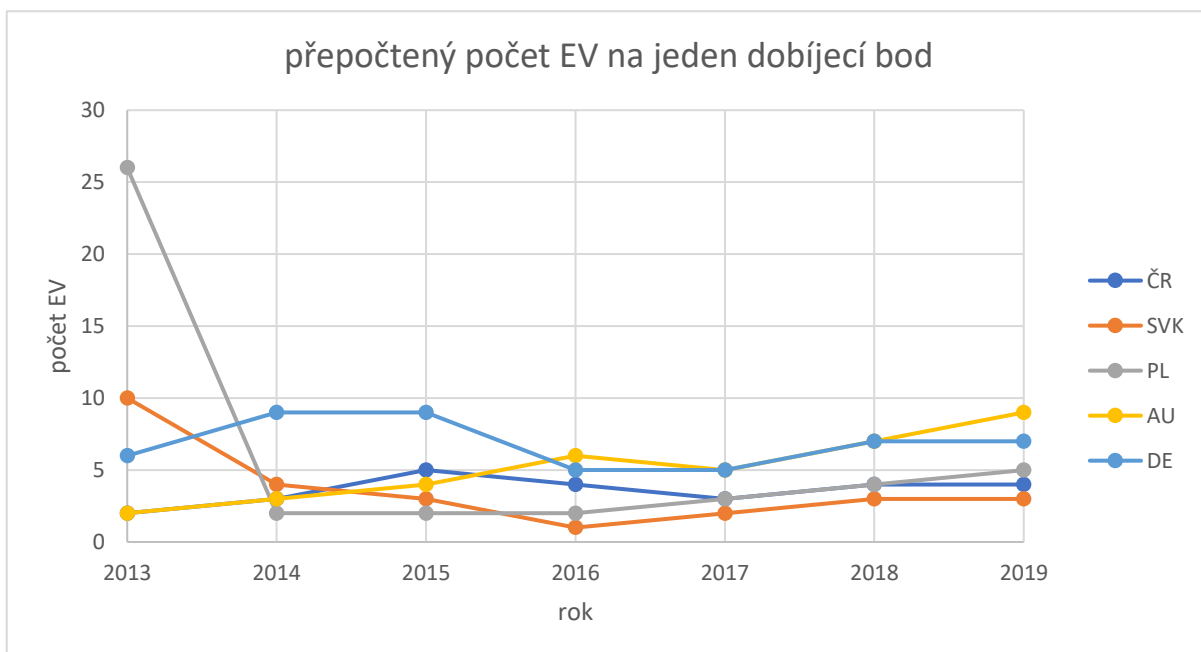
Obrázek 6 Nárůst počtu veřejných dobíjecích bodů [12]

Samotný počet dobíjecích bodů pro charakterizaci dobíjecí infrastruktury nestačí. Cennější ukazatele dostaneme, pokud zohledníme i počet elektromobilů a také samotnou dálniční síť. Na grafu, zobrazeném na Obrázku 7, vidíme porovnání vývoje počtu rychlých dobíjecích stanic přepočtených na 100 km dálnice se sousedními státy v letech 2013 až 2019. Z grafu je patrné, že situace v České republice je srovnatelná s okolními zeměmi. [12]



Obrázek 7 počet rychlých dobíjecích stanic přepočtený na 100km dálnice v ČR a okolních zemích [12]

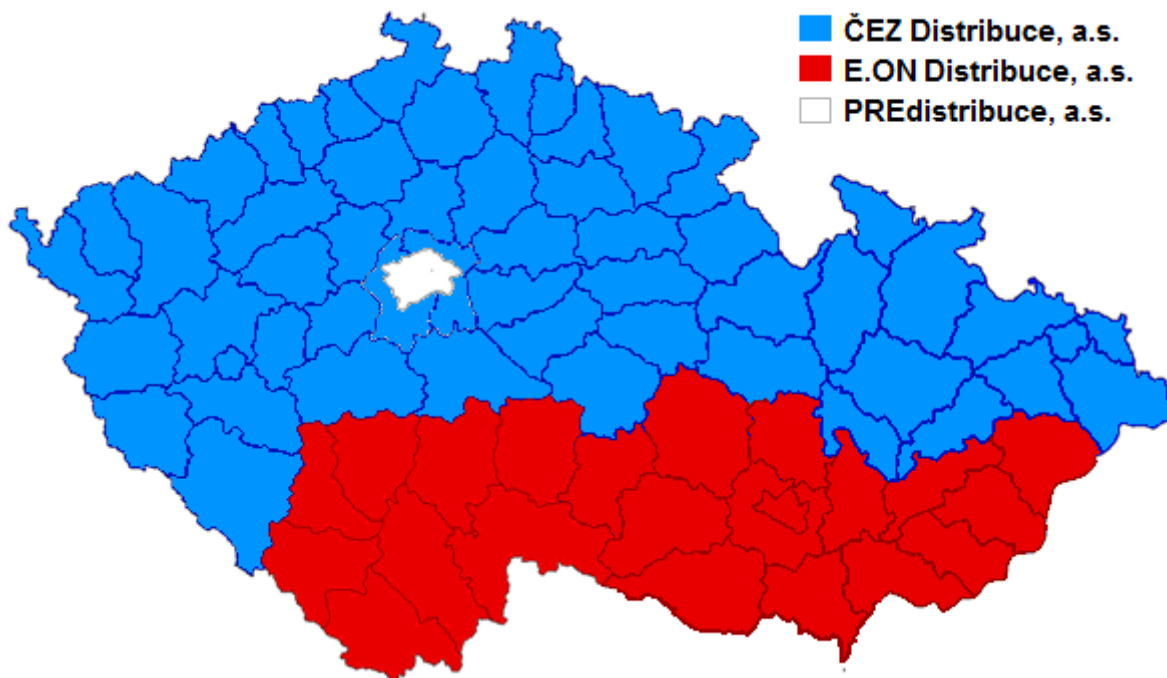
Na Obrázku 8 vidíme graf porovnání České republiky a sousedních zemí ve vývoji počtu EV přepočítaných na jeden dobíjecí bod v letech 2013 až 2019. I z tohoto grafu je zřejmé, že co se týče infrastruktury dobíjecích bodů, tak Česká republika nijak nezaostává a spíše se drží průměru.[12]



Obrázek 8 přepočtený počet EV na jeden dobíjecí bod v České republice a okolních zemích [12]

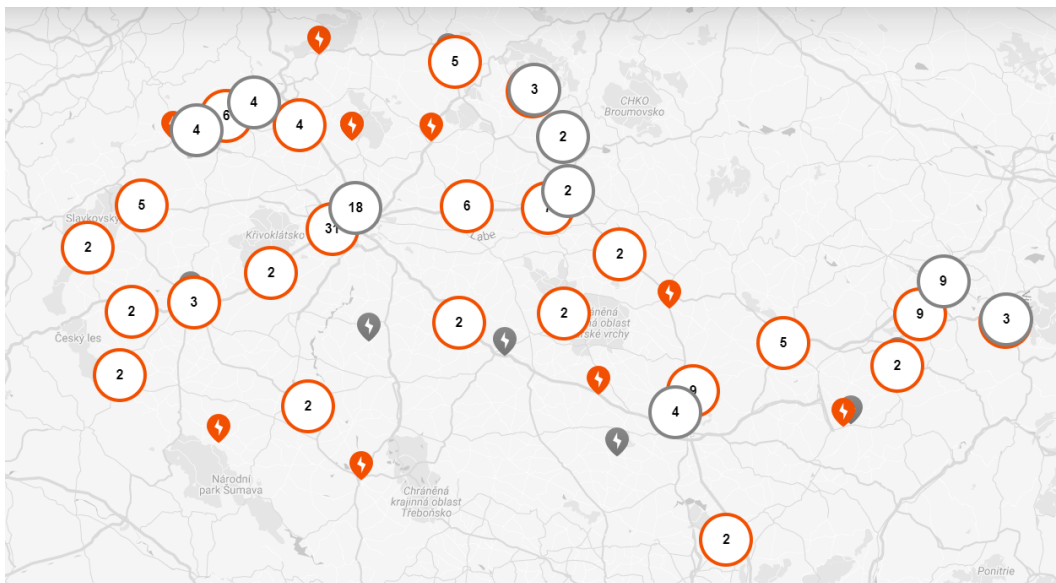
3.3. Největší provozovatelé dobíjecích stanic na území České republiky

Většinu dobíjecích bodů v České republice provozují distributoři elektrické energie a to převážně na jejich distribučních územích. V České republice operují 3 distributoři elektrické energie a to skupina ČEZ Distribuce, a.s., E.ON Distribuce, a.s. a PRE Distribuce, a.s.. Na Obrázku 9 je zobrazená mapa distribučních území jednotlivých dodavatelů. V této kapitole přiblížím stav infrastruktury dobíjecích stanic jednotlivých distributorů a zaměřím se také na plány další výstavby a podpory elektromobility z jejich strany.



Obrázek 9 Rozdělení území České republiky mezi jednotlivé distributory [40]

3.3.1. ČEZ Distribuce,a.s.



Obrázek 10 mapa dobíjecích stanic skupiny ČEZ [8]

ČEZ Distribuce,a.s. je největší distributor elektrické energie v České republice. Distribuční území ČEZu se nachází v severní části republiky a není proto divu, že tam se nachází i většina ČEZem provozovaných dobíjecích stanic. Na Obrázku 10 je aktuální rozmístění dobíjecích stanic k datu 29.11.2019 [8]

První dobíjecí stanice vybuodovala v roce 2012 a od té doby jich postavila více než 170. ČEZ Distribuce,a.s. zprostředkovává rychlonabíjecí dobíjecí stanice, které jsou vybaveny stejnosměrnými konektory a výkonem až 50 kW a standartní dobíjecí stanice se střídavými konektory a výkonem až 22 kW. Do roku 2022 vystaví ČEZ Distribuce,a.s., díky evropským grantům CEF (Connecting Europe Facility), které se zaměřují na budování dobíjecích stanic na hlavních dopravních tazích, a Operačního programu Doprava, který se zaměřuje na vytvoření infrastruktury dopravních stanic po celé České republice, dalších 125 dobíjecích stanic. Očekávaná cena projektu je 129 milionů Kč a 60 % nákladů pokryjí jmenované dotační programy. Pro dobíjení na veřejných dobíjecích stanicích nabízí ČEZ několik tarifů.

Tabulka 1 Nabídka tarifů pro dobíjení elektromobilu na dobíjecích stanicích, provozovaných skupinou ČEZ Distribuce, a.s. [43]

	TAXI	Obchodní cestující	víkendový řidič	Pay as you go	Neregistrovaný
Měsíční platba	1 750 Kč	550 Kč	200 Kč	0	0
Poplatek za odběr	3,5 Kč/kWh	4,5 Kč/kWh	5,5 Kč/kWh	7,5 Kč/kWh	9,5 Kč/kWh
Předplacené kWh	500	122	36	0	0

Kromě dobíjecích stanic nabízí ČEZ Distribuce, a.s. i domácí Wallboxy, které nabízí ve třech možných výkonech 7,4 kW, 22 kW a 44 kW. Cena Wallboxů se pohybuje v rozmezí 14 835 Kč bez DPH až 116 915 Kč bez DPH. Dobíjecí proud se pohybuje v rozmezí 16 A až 32 A. [2][3][4]

Tabulka 2 Nabízené wallboxy v katalogu ČEZ Distribuce, a.s. as. [5]

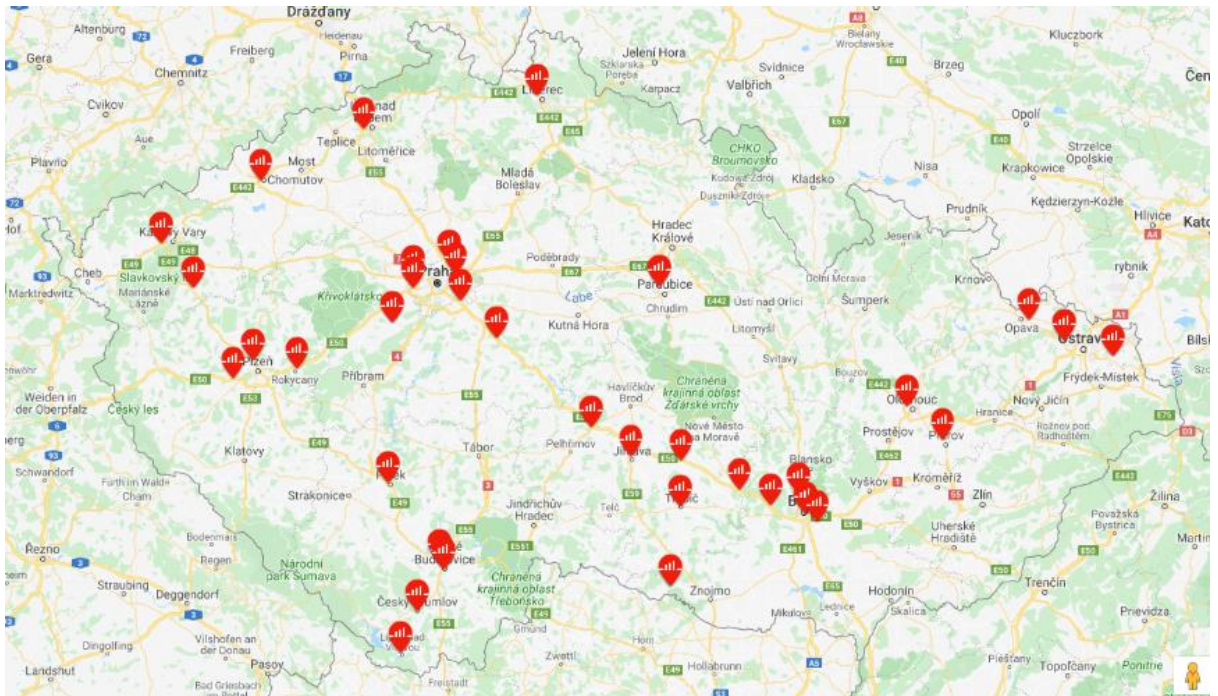
Název	Etrell G6, RCD typ B	Etrell G7 Home	Ratio 35346
			
Výkon	44kW	22kW	7,4kW
dobíjecí napětí	230 V/3x400V	400 V	230 V
max proud	32 A	32 A	16 A/24 A/32 A
Napájení	1, 3fázové	3fázové	1fázové
cena bez DPH	116915kč	29817kč	14835kč

Pro vlastníky elektromobilů nabízí ČEZ Distribuce, a.s. speciální zvýhodněný tarif. K jeho získání je nutné prokázat vlastnictví elektromobilu. Jedná se o dvou tarifní sazbu, ve které lze čerpat po určitou dobu během dne elektrickou energii za nižší cenu. V Tabulce 3 jsou uvedeny ceny za obchodní část ceny elektrické energie pro rok 2019.

Tabulka 3 Ceník tarifu D27d [44]

cena za Vysoký tarif	1,600 Kč/kWh
cena za Nízký tarif	1,450 Kč/kWh
cena za odběr	64,00 Kč/měs.

3.3.2. E.ON Distribuce,a.s.



Obrázek 11 Mapa dobíjecích stanic E.ON distribuce [9]

Druhou společností, která disponuje sítí dobíjecích stanic v České republice je E.ON Distribuce,a.s. . Na Obrázku 11 lze vidět rozmístění jednotlivých stanic

E.ON Distribuce,a.s. má v současné době rozmístěno 44 dobíjecích stanic, které jsou umístěny hlavně na Moravě a v jižních Čechách, ale také v Praze. Do konce roku 2022 plánuje vystavět 50 AC dobíjecích stanic, které vyjdou na 15,5 milionu korun, z čehož dotace z operačního programu Doprava od Ministerstva dopravy pokrývá 7,9 milionu korun. Pomalé AC dobíjecí stanice se budou nacházet převážně na distribučním území E.ON Distribuce,a.s., tedy hlavně v jižních Čechách, na jižní Moravě a Vysočině. Z operačního programu Doprava získal E.ON Distribuce,a.s. dalších 96,6 milionu korun na výstavbu rychlonabíjecích stanic, které by měly být rozmístěny po celém území České republiky. Kromě peněz z Ministerstva dopravy čerpá E.ON Distribuce,a.s. i peníze z evropských dotačních programů FAST-E, NEXT-E a EAST-E. V součtu plánuje E.ON Distribuce,a.s. navýšit svou síť dobíjecích stanic na 300 kusů do konce roku 2022. Kromě výstavby obyčejných a rychlých dobíjecích stanic, disponuje E.ON i nejvýkonnější dobíjecí stanicí s výkonem 175 kW, která je umístěna ve Vystrkově u Humpolce. Cena pro registrované zákazníky E.ON Distribuce,a.s. je 3 Kč/kWh u obyčejných AC dobíjecích stanic a DC rychlých dobíjecích stanic. Při dobíjení z ultrarychlých dobíjecí stanice zaplatí registrovaný zákazník 6 Kč/kWh.



Obrázek 12 ultrarychlá dobíjecí stanice ve Vystrkově u Humpolce [11]

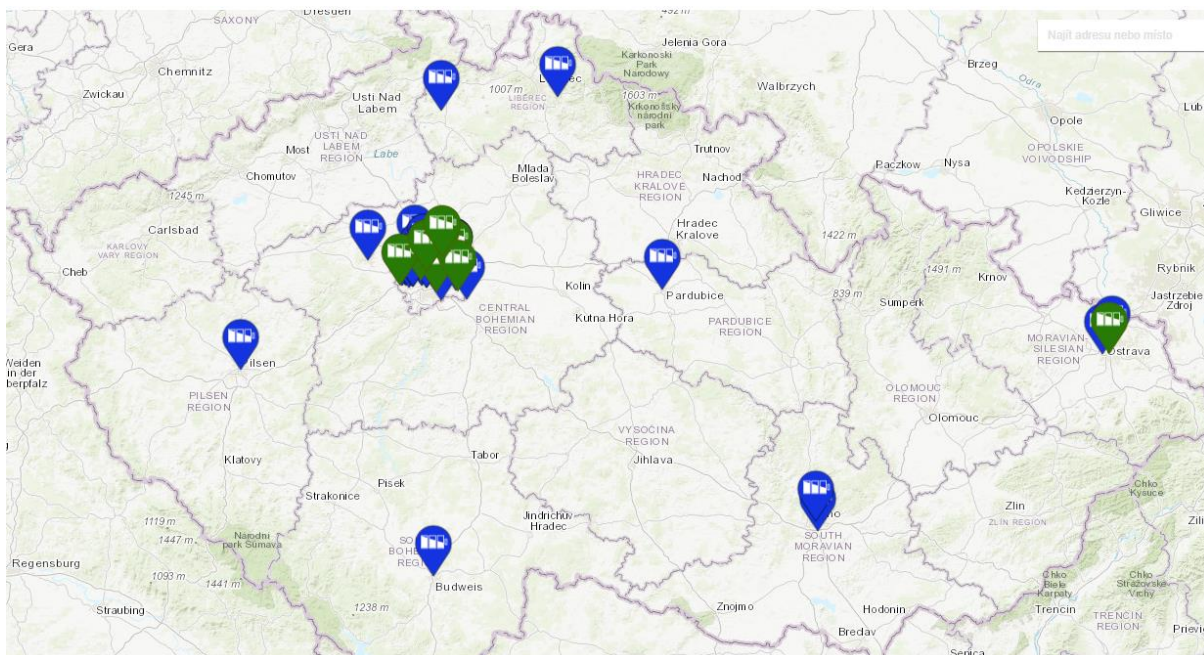
Stejně jako ČEZ Distribuce,a.s. i E.ON Distribuce,a.s. nabízí pro své zákazníky vlastní elektromobil tarif D27d. Tarif shodně jako u ČEZu obsahuje vysoký a nízký tarif. V Tabulce 4 je ceník obchodní části ceny elektrické energie aktuální pro rok 2019

Tabulka 4 ceník tarifu D27d [45]

cena za Vysoký tarif	1,658 Kč/kWh
cena za Nízký tarif	1,475 Kč/kWh
cena za odběr	74,00 Kč/měs.

3.3.3. PRE Distribuce,a.s.

Posledním velkým dodavatelem elektrické energie, který disponuje sítí dobíjecích stanic, na který se v této práci zaměřuji, je PRE Distribuce,a.s.. PRE Distribuce,a.s. se soustředí na distribuci elektrické energie v Praze, kde je také většina dobíjecích stanic společnosti. Na Obrázku 13 se nachází mapa rozmístění dobíjecích stanic společnosti PRE Distribuce,a.s.



Obrázek 13 Mapa dobíjecích stanic PRE distribuce [21]

PRE Distribuce, a.s. v současné době provozuje v České republice 54 dobíjecích stanic. Většina z nich se nachází přímo v Praze, jak je vidět na obrázku 13. Stejně jako ČEZ a E.ON i PRE Distribuce, a.s. využívá programu OPD k vystavění sítě dobíjecích stanic. Konkrétně se jedná o 125 rychlobíjecích stanic rozmístěných napříč Českou republikou a 112 klasických dobíjecích stanic, které mají být rozmístěny převážně na území hlavního města Prahy.[22]

Kromě veřejných dobíjecích stanic nabízí PRE Distribuce, a.s. k zakoupení i wallboxy na domácí, či firemní využití. Wallboxy se pohybují v ceně od 10 978 Kč bez DPH do 38 481 Kč bez DPH. Rozsah výkonu je poté od 3,6 kW do 22 kW. Spolu s wallboxy je připraven i tarif PREekoproud, s kterým dodávají elektrickou energii získanou pouze z obnovitelných zdrojů energie. [22][25][47]

Stejně jako předchozí dva distributoři i PRE Distribuce, a.s. nabízí speciálně pro vlastníky elektromobilů tarif D27d. V Tabulce 5 jsou uvedeny ceny za obchodní část ceny elektrické energie pro rok 2019.

Tabulka 5 ceník tarifu D27d PRE [46]

cena za Vysoký tarif	1,803 Kč/kWh
cena za Nízký tarif	1,072 Kč/kWh
cena za odběr	81,34 Kč/měs.

4. Případová studie

4.1 Vstupní informace

Pro svoji případovou studii jsem si vybral firmu Pizza mamma mia s.r.o., provozující svou činnost v Karlových Varech a Ostrově. V této studii se zaměřuji na výměnu vozového parku firmy za elektromobily typu BEV. Kromě hostinské činnosti se firma zabývá rozvozem jídla do blízkého okolí provozoven. Ke své činnosti firma využívá 4 auta. Jejich seznam a nájezd je uveden v Tabulce 6. Všechna vozidla jezdí na LPG. V této studii porovnám pořizovací a provozní náklady vozu poháněného elektrickým motorem s vozem, poháněným spalovacím motorem.

Tabulka 6 Současný vozový park firmy

vozidlo	objem motoru	denní nájezd	roční nájezd
Dacia Sandero	1,2 l	100 km	36100 km
Dacia Sandero	1,2 l	70 km	10920 km
Dacia Sandero	1,2 l	150 km	54150 km
škoda Roomster	1,4 l	150 km	54150 km

4.2. Volba vozidel pro porovnání

Firma pro svou činnost využívá dvou typů vozů. Levnější a menší vůz Dacia Sandero a dražší vůz Škoda Roomster. Dražší vůz budu nahrazovat jedním z možných provedení vozu Volkswagen Golf, resp. Volkswagen e-Golf a levnější vůz nahradím jednou z možných variant vozu Volkswagen Up!, resp. Volkswagen e-UP!.

Typově jsou tyto vozy srovnatelné se současným vozovým parkem firmy. Zároveň jedinou omezující podmínkou při výběru byl dojezd, který musí být větší než maximální denní nájezd, který činí 150 km. Tuto podmínku Volkswagen e-golf splňuje se svojí dojezdovou vzdáleností 231 km, stejně tak jako Volkswagen e-UP!, který má dojezdovou vzdálenost 260km. Vozidla se spalovacími motory nejsou tímto atributem omezené z důvodu možnosti rychle doplnit palivovou nádrž.

Tabulka 7 Porovnání vozů Volkswagen Golf a Volkswagen e-Golf

	Volkswagen Golf	Volkswagen e-Golf
výkon [kW]	81	100
Kombinované emise CO2 [g/km]	106	0
Spotřeba [l/100km] / [kWh/100km]	4,6	12,9
Dojezdová vzdálenost[km]		231
Cena[Kč]	479 900	882 900

Tabulka 8 Porovnání vozů Volkswagen Up a Volkswagen e-Up

	Volkswagen UP!	Volkswagen e-UP!
výkon [kW]	44	61
Kombinované emise CO2 [g/km]	123	0
Spotřeba [l/100km] / [kWh/100km]	4,4	12,7
Dojezdová vzdálenost[km]		260
Cena[Kč]	282 340	449 900

4.3. Použité metody pro výpočet výhodnosti investice

Hlavním porovnávacím kritériem, které ve studii využiji je kritérium NPV (Net Present Value = čistá současná hodnota), která porovnává hotovostní toky v jednotlivých letech, zatímco zohledňuje časovou změnu hodnoty peněz.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

NPV... čistá současná hodnota

CF_t... hotovostní toky v jednotlivých letech

n... doba životnosti projektu

r... diskontní míra

Pro použití kritéria je nejdříve nutné určit dobu životnosti projektu a diskontní míru. Dobu životnosti projektu jsem se rozhodl stanovit na 7 let. Což je průměrná doba, po které firma obměňuje svůj vozový park.

Při určení diskontní míry budeme předpokládat, že si firma na nákup vozů sjedná půjčku. Firma je dlouhodobě zavedená na trhu a po celou délku své existence se nachází v dobré finanční situaci. Lze tedy předpokládat, že firma je schopna vyjednat nízký úrok z úvěru, který se v současnosti pohybuje ve výši zhruba 5 %. Diskont tedy budu předpokládat roven 5 %.

Pro sestavení hotovostního toku budu potřebovat určit roční náklady na provoz. Ty vypočítáme ze spotřeby vozidla a ceny paliva. Pro výpočet použijeme rovnici (2).

$$V = \frac{S}{100} * p * N \quad (2)$$

V... roční výdaje na provoz

S... spotřeba paliva

p... cena paliva

N... roční nájezd

Z rovnice (2) nám vyplývá rovnice pro výpočet palivových nákladů na ujetí jednoho kilometru. (3)

$$V_{km} = \frac{S}{100} * p \quad (3)$$

V_{km} ... palivové náklady na ujetí jednoho kilometru

S... spotřeba paliva

p... cena paliva

K sestavení hotovostního toku bude potřeba určit velikost odpisů, které nám vytvoří daňový štít. Ve studii budeme předpokládat rovnoměrné odpisy s dobou odepisování 5 let.

$$\text{roční odpis} = \left(\text{pořizovací} \frac{\text{cena}}{100} \right) * \text{sazba} \quad (4)$$

Sazba bude první rok rovna 11 a v dalších 4 letech bude rovna 22,25.

Součástí hotovostního toku jsou servisní náklady. Ty jsou závislé na roční ujeté vzdálenosti a periodicky se opakují. Ke správnému rozložení nákladů na servis v čase lze použít vzorec (5).

$$V_{st} = ((N * t) \setminus N_s) * p_s - \sum_1^{t-1} V_{st} \quad (5)$$

V_{st} ... servisní náklady v roce t

N ... roční nájezd

N_s ... nájezd k potřebě dalšího servisu vozu

p_s ... cena servisu

V posledním zkoumaném roce případové studie předpokládám prodej vozu. Při porovnávání bazarových cen, jsem se rozhodl počítat s prodejní cenou, která je rovna 30 % až 50 % z ceny nákupní v závislosti ročním nájezdu. Pro snazší výpočet lze předpokládat lineární závislost mezi ročním nájezdem a prodejní cenou. Prodejní cena se vypočítá podle rovnice (6).

$$p_p = p_n(0,530769 - (3,07692 * (10^{-6}) * N)) \quad (6)$$

p_p ... prodejní cena vozu

p_n ... nákupní cena vozu

N ... roční nájezd

Způsob výpočtu prodejní ceny ojetého vozu podle rovnice (6) lze uplatit pouze u benzínové a LPG varianty. Určení prodejní ceny elektromobilu je složitější, jelikož s nimi není tak dlouhodobá zkušenost. Pro určení ceny budu proto předpokládat, že cena elektromobilu bude klesat stejnou rychlostí jako cena konvenčních automobilů. Rovněž lze předpokládat, že po 7letém provozu bude potřeba vyměnit baterii elektromobilu, a proto budu od vypočtené ceny podle rovnice (6) predikovanou cenu baterie v roce 2027, která činní 100 \$ za kWh kapacity baterie. [38]

4.4.Výdaje spojené s variantou elektromobil

Výdaje spojené s elektromobilem se skládají z nákupu elektromobilu a provozních nákladů. Ty můžeme rozdělit na náklady na energii a servisní náklady. Pro výpočet nákladů na energii musím zvolit nejvýhodnější způsob dobíjení. Servisní náklady očekávám nižší než u vozidel se spalovacími motory, protože veškerý servis je spojen právě s údržbou spalovacího pohonu. Elektrický pohon není tak citlivý na údržbu, a proto budu počítat pouze s pravidelnými servisními prohlídkami.

4.4.1. Volba způsobu dobíjení

Pro dobítí baterie elektromobilu existují 3 různé způsoby – dobíjení ze zásuvky, dobíjení z wallboxu a dobíjení na veřejné dobíjecí stanici. Výrobce uvádí dobíjecí dobu při dobíjení ze zásuvky přibližně 17 hodin, což je doba, která je neslučitelná s provozem vozidla v rámci podnikání. Proto tuto variantu ani nepoužiji při porovnání. Zbývající dvě možnosti porovnam za pomoci kritéria NPV.

Ve variantě dobíjení z wallboxu uvažuji nákup Ratio 35351 od skupiny ČEZ. Cena wallboxu je 19 033 Kč. K ceně wallboxu je nutné připočítat i cenu instalace wallboxu, která činí 4 900 Kč. Posledním nákladem je navýšení rezervovaného příkonu, kdy budeme měnit jistič 3x25 A za jističe 3x32 A. Výhodou pořízení wallboxu je možnost použití levnějšího tarifu C27d k nabíjení a jiné spotřebě elektrické energie. V tomto tarifu bude cena za kWh elektrické energie 2,5954 Kč. Jedná se o cenu při dobíjení při nízkém tarifu. Nízký tarif je dostupný 8 hodin denně, což je dostatečná doba pro dobítí elektromobilu

Díky novému tarifu firma výrazně ušetří na stávající spotřebě elektrické energie. V současné době využívá tarif C02d s cenou 4,339 Kč/kWh a průměrná roční spotřeba jedné provozovny činí přibližně 11 MWh. Firma díky volbě wallboxu ušetří 19 179 Kč.

Pro dobíjení na veřejné dobíjecí stanici jsem zvolil tarif taxi. Tarif zahrnuje měsíční platbu 1750 Kč a poté 3.5 Kč/kWh. V rámci tarifu je už předplaceno 500 kWh každý měsíc. Měsíční platbu nebudu při výpočtu uvažovat, protože lze předpokládat, že každý měsíc bude spotřeba vyšší než 500 kWh. [42]

Z cen elektrické energie můžeme při dosazení do rovnice pro výpočet palivových nákladů na ujetí 1 km (3) porovnat ceny za ujetý kilometr při spotřebě vozu 12,9 kWh/100km.

Tabulka 9 porovnání jednotlivých způsobů dobíjení pro vozidlo Volkswagen e-golf

způsob dobíjení	wallbox	dobíjecí stanice
cena za kWh[kč]	2,5954	3,5
cena za km[kč]	0,334807	0,4515
fixní náklady[kč]	23 933	0

Tabulka 10 porovnání jednotlivých způsobů dobíjení pro vozidlo Volkswagen eUp

způsob dobíjení	wallbox	dobíjecí stanice
cena za kWh[kč]	2,5954	3,5
cena za km[kč]	0,329616	0,4445
fixní náklady[kč]	23933	0

4.5. Výdaje spojené s variantou LPG

Ve variantě provozování vozidla poháněného LPG, uvažuji pořízení vozu a jeho následnou přestavbu na LPG. Provozní náklady se poté budou skládat z palivových nákladů a nákladů na servis. Náklady na servis LPG motoru jsou sepsány v Tabulce 11

Tabulka 11 Servisní náklady LPG motoru[34]

Servisní náklady LPG motoru		
Položka	po ujetých km	Cena [kč]
výměna oleje a filtru	15000	1350
výměna vzduchového filtru	30000	1000
servisní prohlídka	30000	5000
výměna rozvodů	120000	3500
výměna svíček	40000	1000
výměna LPG filtru	15000	300
výměna membrán	120000	800

4.5.1. Montáž LPG

Pro montáž LPG jsem zvolil firmu Gasinsight s.r.o. Zvolený vůz má motor s označením TSI, který má přímé vstřikování a je potřeba zvolit systém ALEX Idea Direct Injection. Cena přestavby bude 30 000 Kč. [41]

4.5.2. Palivové náklady

Pro určení palivových nákladů je potřeba určit spotřebu LPG. Ta je v průměru o 15% vyšší než spotřeba benzínu. Volkswagen Golf má spotřebu benzínu 4,6 l/100km a Volkswagen Up má spotřebu 4,4 l/100km. Budu proto předpokládat, že spotřeba LPG bude zhruba 5,3 l/100km u Volkswagenu Golf a u vozu Volkswagen Up bude 5,06 l/100km. Ve studii budu počítat s cenou LPG aktuální k datu 19.4.2020, která činí 12,50 Kč/l. Po dosazení do vzorce (3) cena za ujetý km odpovídá 0,6625kč/km u Volkswagenu Golf a 0,6325 Kč/km u Volkswagenu Up. Palivové náklady jsou tedy vyšší než u elektromobilu.[40] [39]

4.6. Výdaje spojené s benzínovou variantou

U varianty vozu poháněného benzínovým motorem do nákladů je započítáno pořízení vozu Volkswagen Golf za 479 900 Kč, palivové náklady a na rozdíl od předchozích dvou variant je potřeba počítat se silniční daní, která bude činit každý rok přibližně 1000 Kč. U benzínové varianty lze předpokládat nejnižší pořizovací náklady a nejvyšší náklady na pohonné hmoty ve srovnání s ostatními variantami. Stejně jako u předchozích variant i u benzínové varianty je potřeba počítat se servisními náklady. Ty jsou spojené především s údržbou spalovacího pohonu a jsou vypsány v Tabulce 12

Tabulka 12 Servisní náklady vozu benzínové varianty[34]

Servisní náklady		
Položka	po ujetých km	Cena [Kč]
výměna oleje a filtru	15000	1350
výměna vzduchového filtru	30000	1000
servisní prohlídka	30000	5000
výměna rozvodů	120000	3500
výměna svíček	40000	1000

4.6.1. Palivové náklady

Palivové náklady jsou u benzínové varianty nejvyšší ze všech tří variant. Spotřeba vozu Volkswagen Golf odpovídá 4,6 l/100km a spotřeba vozu Volkswagen Up odpovídá 4,4 l/100km. V případové studii budu počítat s cenou benzínu aktuální k datu 19.4.2020, která je rovna 26,66 Kč/l. Po dosazení do rovnice (3) je cena za ujetý km 1,22 Kč/km pro Volkswagen Golf a 1,17 Kč/km pro Volkswagen Up. Palivové náklady na ujetý kilometr jsou u benzínové verze tedy skutečně nejvyšší ze všech variant.[35]

4.7. Nahrazení vozu Škoda Roomster

Pro volbu nejvíce rentabilní varianty bylo potřeba sestavit hotovostní toky za celou dobu životnosti projektu pro všechny varianty. K sestavení hotovostních toků byly použity metody, které jsou uvedeny v kapitole 4.3. Firma není plátcem DPH. Firma má kladný základ daně, proto je součástí hotovostního toku daňový štít, který nám poskytnou odpisy. Způsob počítání hotovostního toku pro všechny varianty je v přiloženém excelovém souboru. Dle kritéria NPV je nejvíce rentabilní vůz Volkswagen Golf s přestavbou na LPG, protože má nejvyšší hodnotu NPV. V tabulce 13 je znázorněno porovnání NPV jednotlivých variant pro nájezd 54150 km, což je průměrný roční nájezd vozu Škoda Roomster ze současného vozového parku firmy, při diskontu 5 %.

Tabulka 13 porovnání NPV jednotlivých variant

Varianta	NPV [kč]
Volkswagen Golf	-699 572
Volkswagen eGolf	-664 689
Volkswagen Golf LPG	-578 278

4.7.1. Citlivostní analýza

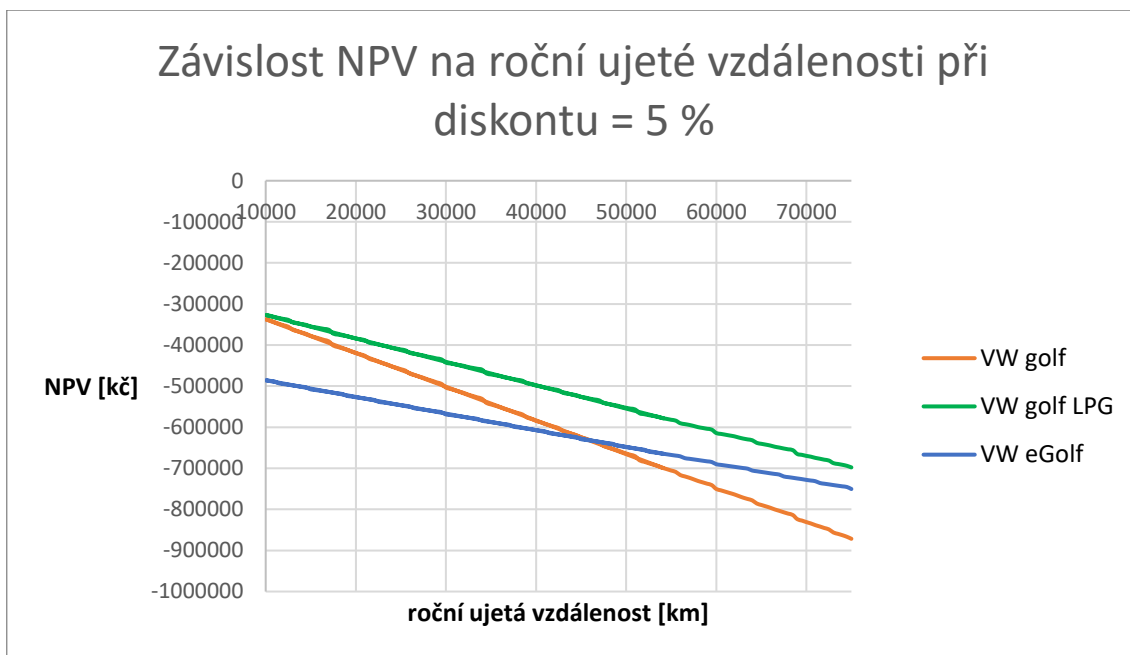
Pro větší relevanci výsledků případové studie je potřeba zjistit, jak ovlivní výsledek rozhodnutí změna některých proměnných. Proto je potřeba udělat citlivostní analýzu.

Faktorem, který má nejvyšší vliv na volbě investice je roční nájezd. Na ročním nájezdu je závislá velikost palivových a servisních nákladů. Rovněž s ročním nájezdem klesá prodejní cena vozu. Palivové i servisní náklady jsou nejnižší u elektromobilu, lze tedy očekávat, že s větším počtem najetých kilometrů se bude NPV elektromobilu blížit k ostatním variantám.

Z grafu na Obrázku 14 vidíme, že při malém ročním nájezdu do 33 000 km, je nejvýhodnější podle kritéria NPV koupě vozu Volkswagen Golf s přestavbou na LPG, druhou nejvýhodnější variantou poté je koupě vozu Volkswagen Golf a nejméně výhodnou variantou podle kritéria NPV je pořízení elektromobilu Volkswagen e-Golf.

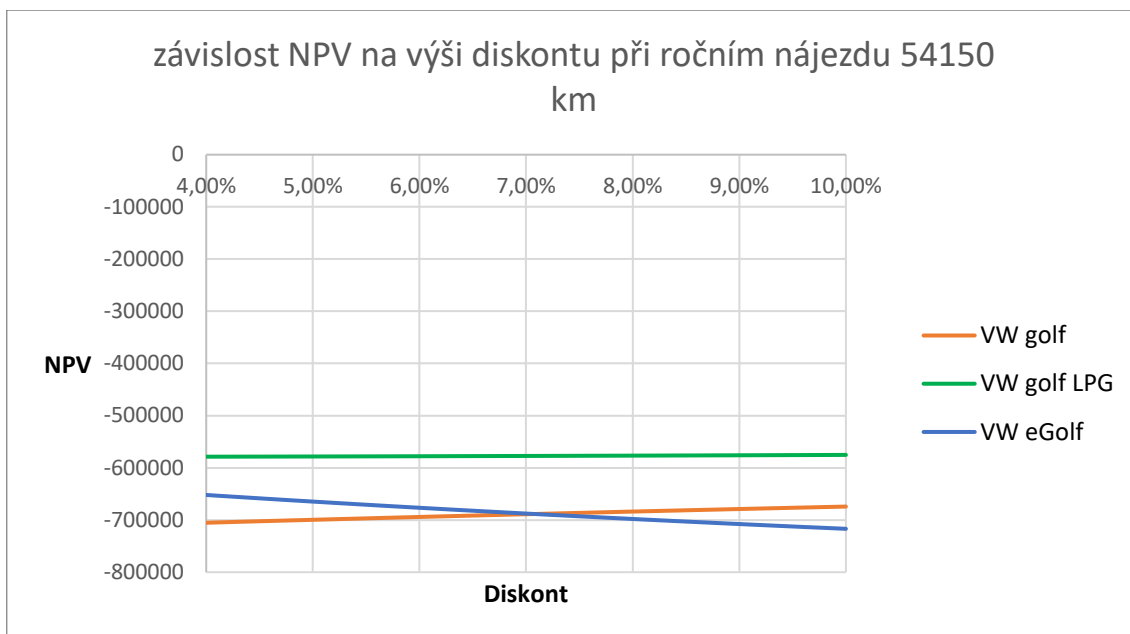
Při ročním nájezdu vyšším než 45 000 km, je stále nejvýhodnější pořízení vozu Volkswagen Golf ve variantě LPG, druhou nejvýhodnější variantou je ale již elektromobil Volkswagen e-Golf a Volkswagen Golf je nejméně výhodnou variantou.

Při vyšších nájezdech než je 75 000 km za rok se stává nejvýhodnější variantou podle kritéria NPV elektromobil Volkswagen eGolf.



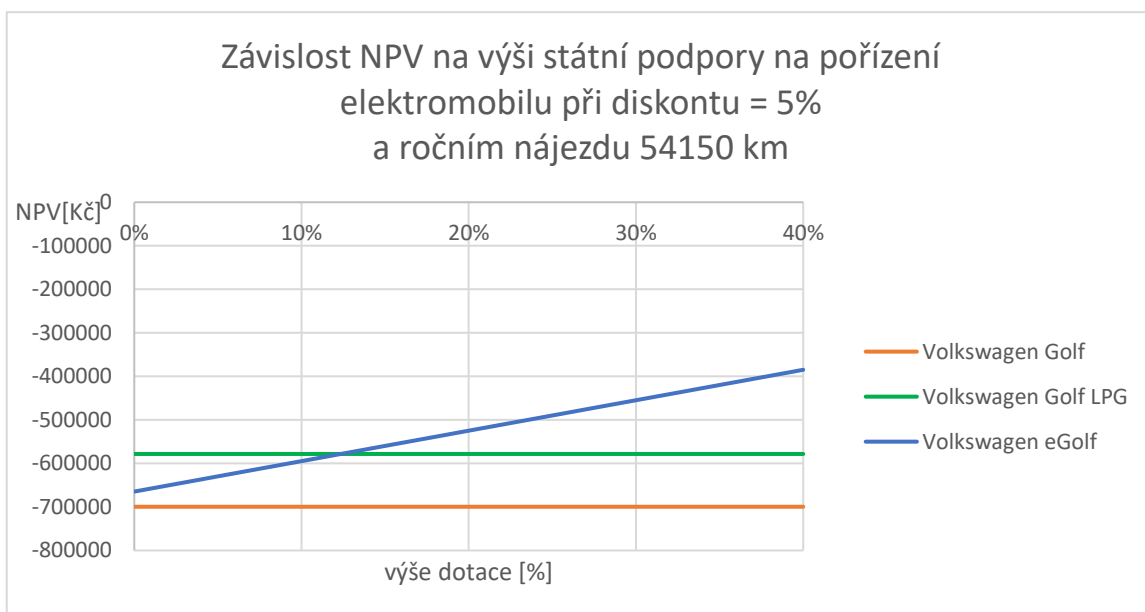
Obrázek 14 závislost NPV na roční ujeté vzdálenosti

Dalším důležitým faktorem, který může ovlivnit výsledek studie je výše diskontu. Při vyšším diskontu se snižuje NPV budoucích investic. NPV s narůstajícím diskontem u benzínové varianty stoupá, jelikož se snižuje čistá současná hodnota budoucích nákladů na servis a palivo. U elektrické varianty naopak NPV mírně klesá, protože náklady na palivo a servis nejsou vysoké, zatímco jsou vysoké odpisové částky a prodejní cena ojetého vozu. Proto lze z grafu na Obrázku 15 určit, že při nájezdu 54 150 km je nejvýhodnější variantou pořízení vozu Volkswagen Golf ve variantě LPG, a to platí na celém zkoumaném intervalu. Při diskontu nižším než 7,2 % je Volkswagen e-Golf rentabilnější variantou než pořízení vozu Volkswagen Golf. Při diskontu vyšším než 7,2 % je již Volkswagen Golf rentabilnější než pořízení elektromobilu. Graf závislosti NPV na výši diskontu je na Obrázku 15.



Obrázek 15 závislost NPV na výši diskontu

Restaurační podniky jsou vyřazeny z dotačního programu OPPIK, a proto v případové studii nepočítám s dotační podporou ze strany státu. V rámci citlivostní analýzy je ovšem zajímavé, jak dotace ovlivní výsledek porovnání. Dotace se udělují jako určitý podíl z nákladů na pořízení elektromobilu a příslušenství. V tomto případě se jedná o pořízení vozu, pořízení wallboxu a montáž wallboxu. Citlivostní analýzu NPV na procentuální výši státní podpory provádím na intervalu 0 % až 40 % z pořizovacích nákladů. Graf závislosti hodnoty NPV na výši státní podpory je na Obrázku 16. Z grafu lze vidět, že elektromobil se podle kritéria NPV stává nejvýhodnější variantou již při dotaci ve výši 12 % z výše nákladů.



Obrázek 16 Citlivostní analýza závislosti NPV na výši státní podpory

4.8. Nahrazení vozu Dacia Sandero

Stejně jako u případu nahrazení vozu Škoda Roomster i zde je zapotřebí sestavit hotovostní tok po celou délku životnosti investice. Do hotovostního toku jsou zahrnuty náklady na zakoupení vozidla, odpisy, palivové a servisní náklady. Po sedmi letech se předpokládá prodej ojetého vozu. U LPG varianty jsou připočteny náklady na montáž LPG a u elektrické varianty jsou započteny náklady na montáž a zakoupení wallboxu. Vůz Dacia Sandero jsem nahrazoval jednou z variant provedení vozu Volkswagen Up. Jako nejvíce rentabilní se jeví elektrická varianta Volkswagen eUp, z důvodu nejvyšší hodnoty NPV. V Tabulce 14 je porovnání hodnot NPV pro jednotlivé varianty při ročním nájezdu 36 100 km a výši diskontu 5 %.

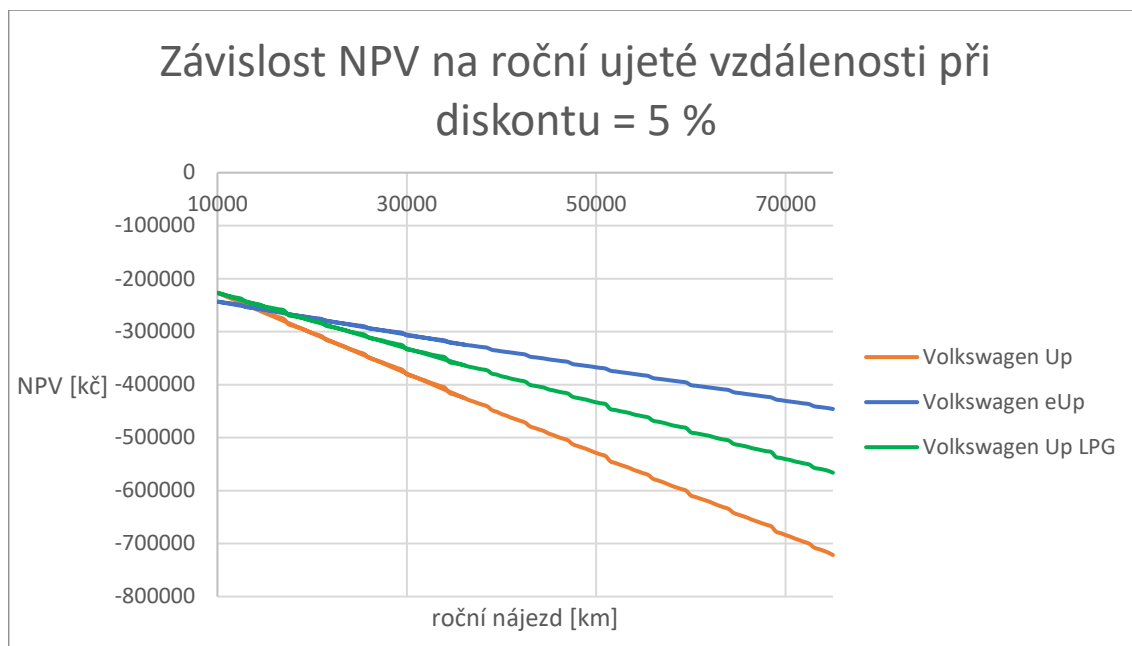
Tabulka 14 porovnání NPV u všech variant vozu Volkswagen Up

Varianta	NPV [kč]
Volkswagen Up	-425 476
Volkswagen eUp	-324 625
Volkswagen Up LPG	-363 536

4.8.1. Citlivostní analýza

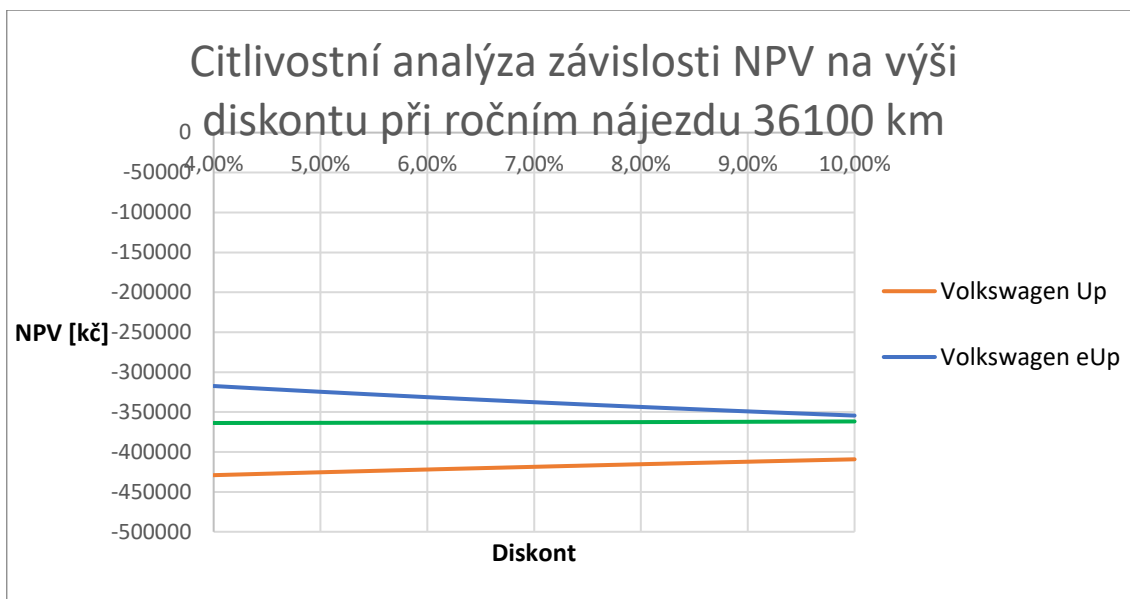
Stejně jako u předchozího případu i v tomto je potřeba ověřit relevantnost výsledků zhotovením citlivostní analýzy. V citlivostní analýze budou zkoumány stejné faktory jako u předchozího případu.

Prvním zkoumaným faktorem je tedy roční nájezd. Podle předpokladů s rostoucí roční ujetou vzdáleností se NPV snižuje. Při nízkém ročním nájezdu (Do 16 000 km) je nejvýhodnější variantou, podle kritéria NPV, pořízení vozu Volkswagen Up ve variantě LPG. Při vyšším ročním nájezdu, než je 16 000 km, je poté nejvýhodnější elektromobil Volkswagen eUp. Graf závislosti NPV na roční ujeté vzdálenosti je na Obrázku 17



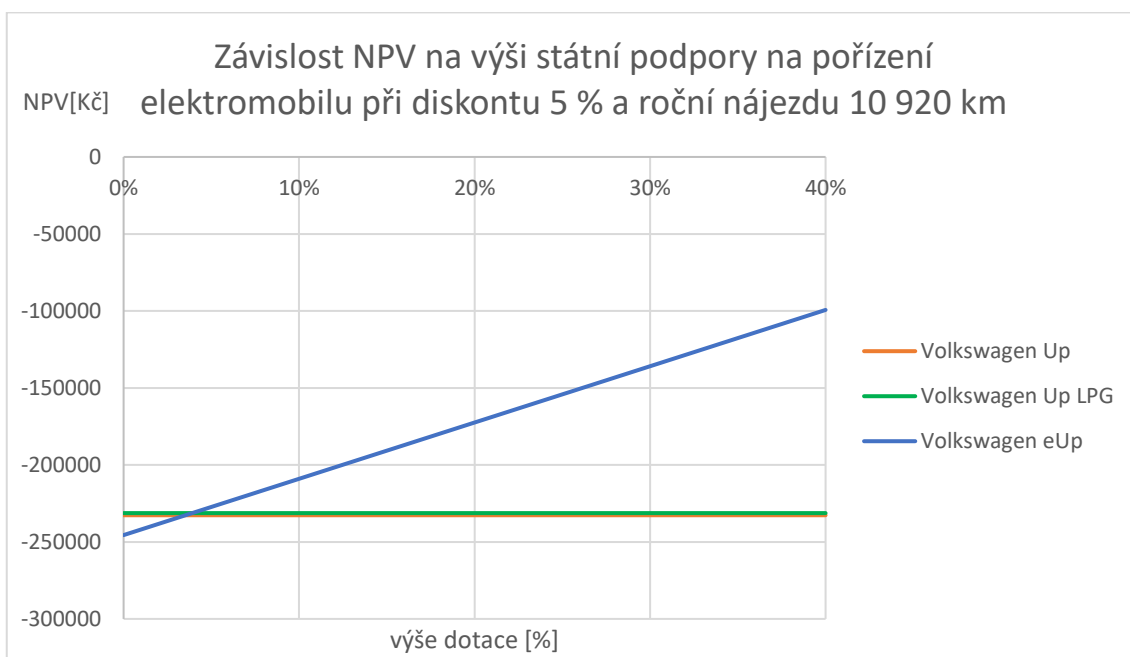
Obrázek 17 Závislost NPV na roční ujeté vzdálenosti

Dalším zkoumaným faktorem, který může ovlivnit výsledek případové studie je výše diskontu. Závislost NPV na diskontu je zkoumána na intervalu 4 % až 10 %. Výsledný graf je analogický s prvním případem. I zde se projeví klesání NPV v závislosti s růstem diskontu u benzínové varianty vlivem snižování současné hodnoty budoucích servisních a palivových nákladů. Zároveň NPV elektromobilu s vyšším diskontem stoupá vlivem snižování současné hodnoty odpisů a prodejní ceny ojetého vozu. Tyto dva vlivy jsou zastoupeny u všech variant, pouze u elektromobilu převažuje vliv snížení současné hodnoty odpisů a prodejní ceny, zatímco u benzínové a LPG varianty převažuje vliv snížení současné hodnoty nákladů na servis a palivo. Citlivostní analýza ukazuje, že pořízení elektromobilu Volkswagen eUp je nejvýhodnější podle kritéria NPV na celém zkoumaném intervalu. Graf závislosti NPV na výši diskontu je na Obrázku 18



Obrázek 18 Závislost NPV na výši diskontu

Poslední část citlivostní analýzy je stejně jako u nahrazení vozu Škoda Roomster věnována závislosti hodnoty NPV na výši státní podpory. V tomto případě porovnávám hodnoty NPV při ročním nájezdu 10 920 km, což je průměrný roční nájezd jednoho z vozů Dacia Sandero, ze stávajícího vozového parku firmy. Vypracovaná citlivostní analýza je na Obrázku 19. Z grafu lze určit, že i při takto nízkém ročním nájezdu je pořízení elektromobilu nejvýhodnější podle kritéria NPV již při dotaci ve výši 4 % z pořizovacích nákladů.



Obrázek 19 Citlivostní analýza závislosti NPV na výši státní podpory

4.9. Zhodnocení

S ohledem na kritérium NPV by měla firma při obměňování stávajícího vozového parku pořídit 2 elektromobily Volkswagen eUp. Tyto vozy nahradí vozy Dacia Sandero, které mají průměrný roční nájezd 36 100 km a 54 150 km. Vůz Dacia Sandero s průměrným ročním nájezdem 10 920 km lze nejvýhodněji nahradit vozem Volkswagen Up s přestavbou na LPG. Při nahrazení vozu Škoda Roomster je nejrentabilnější variantou pořízení vozu Volkswagen Golf s přestavbou na LPG. Při výpočtu nebylo počítáno s výměnou baterie. Výrobce dává na baterii záruku na 8 let nebo na 160 000 ujetých km, podle toho, co nastane dříve. Samotná životnost baterie je ale vyšší. Podle studie z roku 2019, kterou vypracoval doktor Hoekstra, se dá předpokládat, že dnešní baterie vydrží 1 500 až 3 000 nabíjecích cyklů, než jejich kapacita klesne pod 80 %. V tomto případě je poté životnost baterií u Volkswagenu eGolf a Volkswagen eUp rovna 346 000 až 692 000 km resp. 390 000 až 780 000 km. Místo výměny baterie během životnosti projektu byla predikovaná cena baterie odečtena od prodejní ceny elektromobilu. Po 7letém provozu lze předpokládat, že baterie už nebude v původním stavu, co se kapacity týče a v brzké době po prodeji bude potřeba baterii vyměnit. [1]

5.Závěr

Práci jsem koncipoval do 3 hlavních částí. V první části jsem se zabýval elektromobilitou z technického, ekonomického a ekologického hlediska. Hlavní technickou výhodou elektromobilů jsou motory pracující s mnohem vyšší účinností oproti konvenčním vozům se spalovacími motory. Nevýhoda pak tkví hlavně v akumulátorech, a to v jejich váze, omezené kapacitě a dlouhé době dobíjení. Z ekonomického hlediska jsou elektromobily zpravidla dražší než konvenční automobily. Pro jejich ekologické výhody jsou proto různě podporovány napříč státy Evropské unie. Podpora elektromobility v České republice oproti většině států západní Evropy pokulhává. V České Republice neexistuje dotační program, který by podporoval zakoupení elektromobilu fyzickou osobou. Dotační program podporující firmy v pořízení elektromobilu, navíc vyřazuje z nároku na dotaci některé typy podniků (například restaurace, které by mohly využít elektromobily k rozvozu jídla). Z ekologického hlediska je provoz elektromobilů mnohem šetrnější k životnímu prostředí, díky nižším emisím CO₂. Na druhou stranu výroba elektromobilů je emisně mnohem náročnější. V budoucnu se ale dá počítat se snižováním výrobních emisí CO₂, což by mohl zapříčinit technologický pokrok a hlavně přechod na zelenější zdroje elektrické energie.

V druhé části své práce se zabývám analýzou současného stavu elektromobility v České republice a porovnávám ho s ostatními státy Evropské unie. Stejně jako v ostatních státech Evropské unie i v České republice se růst počtu elektromobilů zrychluje. Oproti státům západní Evropy ale Česká republika zaostává. Zaostává dokonce i za evropským průměrem v mnoha ohledech, jako je například procento prodaných elektromobilů z celkového počtu prodaných automobilů. Lze předpokládat, že toto číslo se bude se zlevňováním elektromobilů, zlepšováním dobíjecí infrastruktury a snižováním dobíjecích časů zvyšovat, což ostatně predikuje i Ministerstvo průmyslu a obchodu ve své studii. Zatímco v počtu a růstu počtu elektromobilů za evropským průměrem Česká republika zaostává, stav infrastruktury dobíjecích stanic je podle různých ukazatelů srovnatelný s ostatními zeměmi Evropské unie. Tyto ukazatele ovšem vztahují počet dobíjecích stanic na jednotku délky dálnice a na počet elektromobilů. Relativně řídká dálniční síť a nízký počet elektromobilů tedy ovlivňuje tyto ukazatele a vylepšuje je v porovnání s ostatními evropskými zeměmi.

Poslední část bakalářské práce je zasvěcena případové studii, ve které porovnávám výhodnost nahrazení současného vozového parku firmy elektromobilem s výhodností nahrazení konvenčním automobilem spalujícím benzín nebo LPG. Porovnával jsem různé varianty vozu Volkswagen Golf a různé varianty vozu Volkswagen Up. Elektromobil Volkswagen eGolf je podle kritéria NPV nejrentabilnější variantou pouze při vysokých ročních nájezdech, které jsou větší než 75 000 km ročně. Situaci by mohla vylepšit státní dotace z programu OPPIK, ta ale není restauracím, ačkoliv by mohly elektromobily využívat k rozvozu jídla. Při porovnávání pořízení vozu Volkswagen Up už byla situace pro elektromobil příznivější. Elektromobil je podle kritéria NPV nejrentabilnější variantou již od ročního nájezdu 16 000 km. Při poskytnutí dotace se samozřejmě tato hranice ještě sníží.

V závěru práce se dá prohlásit, že elektromobily se z hlediska výše pořizovacích a provozních nákladů přibližují konvenčním automobilům. Už i v současné době se z dlouhodobého hlediska pořízení elektromobilu může vyplatit. Zejména při pořízení městského elektromobilu, jako je například Volkswagen eUp a Škoda Citigo IV. Jejich cena je oproti srovnatelným konvenčním automobilům se spalovacími motory stále vysoká, ale při uvažování dlouhodobějšího provozu tuto nevýhodu dorovná a převáží vliv levného provozu elektromobilu. Na druhou stranu, při výběru mezi většími, než jsou městské automobily, je stále výhodnější pořízení automobilu se spalovacím motorem. Tato situace se může v budoucnu změnit, pokud se sníží cena akumulátorů pro elektromobily, což je situace, kterou predikce očekávají.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] HOEKSTRA, Auke. The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions. *Joule* [online]. 2019, 3(6), 1412–1414. ISSN 2542-4351. Dostupné z: doi:10.1016/j.joule.2019.06.002
- [2] WWW.FG.CZ, 2016, FG Forrest, a s. Síť rychlodobíjecích stanic ČEZ se zdvojnásobí. Za podpory Operačního programu Doprava vznikne dalších 125 stanic. Skupina ČEZ - O Společnosti [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/sit-rychlodobijecich-stanic-cez-se-zdvojnaso-bi-za-podpory-operacniho-programu-doprava-vznikne-dalsich-125-stanic-59599>
- [3] WWW.FG.CZ, 2016, FG Forrest, a s. Aktuální mapa dobíjecích stanic | Skupina ČEZ. *Elektromobilita.cz* [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita.cz/file/edee/elektromobilita/dobijeci-stanice/aktualni-mapa-dobijecich-stanic.pdf>
- [4] WWW.FG.CZ, 2016, FG Forrest, a s. Příslušenství | Více o elektromobilitě. *Elektromobilita - ČEZ Prodej* [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/elektromobilita//cs/sluzby-pro-zakazniky/elektromobilita/prislusenstvi>
- [5] WWW.FG.CZ, 2017, FG Forrest, a s. Skupina ČEZ. Skupina ČEZ - Produktová sekce [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/elektromobilita/walboxy>
- [6] S.R.O, 24net. Dotace na nákup, nulová daň nebo žádné mýtné. Podpora se napříč státy liší. *fDrive.cz* [online]. [vid. 2020-08-12]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/dotace-na-nakup-nulova-dan-nebo-zadne-mytne-podpora-se-napric-staty-lisi-3593>
- [7] Hybrid.cz. *Hybrid.cz* [online]. [vid. 2020-08-12]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/tesla-pracuje-na-systemu-recyklace-bateriovych-clanku-ktery-pomuze-zlevnit-elektromobily>
- [8] WWW.FG.CZ, 2016, FG Forrest, a s. Mapa dobíjecích stanic. *Elektromobilita.cz* [online]. [vid. 2020-07-11]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/mapa-dobijecich-stanic>
- [9] Mapa stanic. *KdeNabíjet.cz* [online]. [vid. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.kdenabijet.cz/mapa-stanic/>
- [10] E.ON chce mít do tří let 300 veřejných dobíjecích stanic pro elektromobily. *KdeNabíjet.cz* [online]. 4. prosinec 2019 [vid. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.kdenabijet.cz/e-on-chce-mit-tri-let-300-verejnych-dobijecich-stanic-elektromobily/>

- [11] Superdobíječka od E.ON nabije Teslu z nuly na 100 procent za 35 minut. Další má do konce roku vyrůst na Rozvadově. KdeNabíjet.cz [online]. 11. září 2019 [vid. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.kdenabijet.cz/superdobijecka-od-e-on-nabije-teslu-nuly-100-procent-za-35-minut-dalsi-ma-konce-roku-vyrust-rozvadove/>
- [12] Country detail | EAFO [online]. [vid. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.eafo.eu/countries/czech-republic/1729/summary>
- [13] Historicky nejvyšší počet registrací elektromobilů v ČR na Evropu nestačí | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. [online]. [vid. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/historicky-nejvyssi-pocet-registraci-elektromobilu-v-cr-na-evropu-nestaci>
- [14] Je možné a smysluplné recyklovat baterie z elektromobilů? oEnergetice.cz [online]. [vid. 2020-08-12]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/je-mozne-a-smysluplne-recyklovat-baterie-z-elektromobilu/>
- [15] Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. [vid. 2020-08-14]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/>
- [16] S.R.O, Ušetřeno cz. Bude Česká republika podporovat pořízení elektromobilů? [online]. [vid. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/podpora-elektromobilu-v-cesku>
- [17] Sauto.cz - prodej aut, inzerce automobilů [online]. [vid. 2020-08-10]. Dostupné z: <https://www.sauto.cz/>
- [18] ZDENĚK, Čeřovský a Mindl PAVEL. Electric, hybrid electric and combustion engine driven cars and their impact on environment. In: Proceedings of the 2011 14th European Conference on Power Electronics and Applications: Proceedings of the 2011 14th European Conference on Power Electronics and Applications. 2011, s. 1–5. 31.7.2020
- [19] Jízda čistá, ale co výroba? Kolik CO2 vznikne při výrobě elektromobilů? auto.cz [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jizda-cista-ale-co-vyroba-kolik-co2-vznikne-pri-vyrobe-elektromobilu-131387>
- [20] Electric-car battery prices dropped 13% in 2019, will reach \$100/kwh in 2023. Green Car Reports [online]. [vid. 2020-07-11]. Dostupné z: https://www.greencarreports.com/news/1126308_electric-car-battery-prices-dropped-13-in-2019-will-reach-100-kwh-in-2023
- [21] Mapa dobíjecích stanic PREpoint | PREmobilita [online]. [vid. 2020-07-13]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/mapa-dobijecich-stanic-prepoint/>

- [22] Dobíjení elektromobilů | PREmobilita [online]. [vid. 2020-08-14]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/>
- [23] Emise CO2 a jejich dopad na hodnocení zdrojů v budovách. TZB-info [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vytapani/17112-emise-co2-a-jejich-dopad-na-hodnoceni-zdroju-v-budovach> 31.7.2020
- [24] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. France [online]. 2019. Dostupné z: <http://www.iea.org/> 31.7.2020
- [25] Preekoproud | pre [online]. [vid. 2020-07-13]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/domacnosti/elektrina/preekoproud/>
- [26] ENOVATION. OPPIK.cz | Dotace na elektromobily a nízkouhlíkové technologie [online]. [vid. 2020-07-13]. Dostupné z: <https://www.oppik.cz/dotacni-programy/nizkouhlikove-technologie>
- [27] S.R.O, Enovation. Až 80% dotace na elektromobily | prehleddotaci.cz [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.prehleddotaci.cz/operacni-program/oppik/dotace-elektromobily/>
- [28] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR - IROP - Doprava [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://irop.mmr.cz/cs/vyzvy/detaily-temat/doprava>
- [29] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR - IROP - Výzva č. 51 Udržitelná doprava - integrované projekty IPRÚ [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://irop.mmr.cz/cs/vyzvy/seznam/vyzva-c-51-udrzitelna-doprava-integrované-projekty>
- [30] ČR, MŽP. NPŽP - výzva 11/2019: Ekomobilita. <http://> [online]. 20. prosinec 2019 [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/ekomobilita>
- [31] Operační program Doprava [online]. [vid. 2020-08-14]. Dostupné z: <https://www.opd.cz/Pages/Home.aspx>
- [32] Rozvoj trhu s elektromobily v České republice: veřejná podpora a zkušenosti ze zahraničí. TZB-info [online]. [vid. 2020-08-12]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/19010-rozvoj-trhu-s-elektromobily-v-ceske-republice-verejna-podpora-a-zkusenosti-ze-zahranici>
- [33] Types of Electric Cars and Working Principles | PT. Omazaki. PT. Omazaki Envirokal Prakarsa [online]. 27. září 2019 [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.omazaki.co.id/en/types-of-electric-cars-and-working-principles/>

- [34] HRBEK, Jan. Současný stav a možnosti dalšího využívání alternativních forem energie v dopravě. Praha, 2014. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. ČVUT.
- [35] KURZY.CZ. Aktuální cena benzínu, cena nafty | Kurzy.cz [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: /komodity/benzin-nafta-cena/
- [36] KURZY.CZ. USD, americký dolar - převod měn na CZK, českou korunu | Kurzy.cz [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kurzy-men/prevodnik-men/USD-CZK/>
- [37] Volkswagen e-Golf (2014-2019) range, battery & charging. DrivingElectric [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.drivingelectric.com/volkswagen/golf/e-golf/241/volkswagen-e-golf-2014-2019-range-battery-charging>
- [38] BERCKMANS, Gert, Maarten MESSAGIE, Jelle SMEKENS, Noshin OMAR, Lieselot VANHAVERBEKE a Joeri VAN MIERLO. Cost Projection of State of the Art Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles Up to 2030. Energies [online]. 2017, 10(9), 1314. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/9/1314/htm>
- [39] Karlovy Vary - Cena LPG [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.mbenzin.cz/Ceny-LPG/Karlovy-Vary>
- [40] Kolik ušetřím jízdou na plyn LPG ? | LPG Obchod. LPG-OBCHOD.cz [online]. 8. únor 2014 [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.lpg-obchod.cz/caste-dotazy-lpg-faq/kolik-usetrim-jizdou-na-plyn-lpg/>
- [41] PRESTAVBA NA LPG [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://www.prestavbanalpg.cz/cena-prestavby-na-lpg/>
- [42] TZB-INFO, Kalkulátor cen energií. Vývoj celkových cen elektřiny. Kalkulátor cen energií TZB-info [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-elektriny> 19.4.2020
- [43] S.R.O, 24net. ČEZ odhalil nový ceník za nabíjení. Fungovat začne příští rok v březnu. fDrive.cz [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/cez-odhalil-novy-cenik-za-nabijeni-fungovat-zacne-pristi-rok-v-breznu-4614> 8.4.2020
- [44] KURZY.CZ. ČEZ Prodej, a. s. - tarif ČEZ Elektřina na dobu neurčitou | Kurzy.cz [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: /elektrina/cez-prodej-sro/cez-elektrina-na-dobu-neurcitou15.4.2020
- [45] KURZY.CZ. EON - E.ON Energie, a. s. - cena elektřiny, ceník elektřiny 2020 | Kurzy.cz [online]. [vid. 2020-08-14]. Dostupné z: /elektrina/eon-energie-a-s

[46] Domácnosti | PRE [online]. [vid. 2020-08-14]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/domacnosti/>

[47] e-shop PREměření [online]. [vid. 2020-08-14]. Dostupné z: <https://eshop.premereni.cz/>

[48] EV30@30 campaign | Clean Energy Ministerial | EV30@30 campaign | Advancing Clean Energy Together [online]. [vid. 2020-08-05]. Dostupné z: <http://www.cleanenergyministerial.org/campaign-clean-energy-ministerial/ev3030-campaign>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Jednotlivé typy elektromobilů [33].....	2
Obrázek 2 Míra podpory elektromobility v jednotlivých státech [32].....	6
Obrázek 3 porovnání produkce emisí CO ₂ pro různá vozidla a energetické zdroje [18]	8
Obrázek 4 Počet prodaných elektromobilů od roku 2008 do roku 2019 [12].....	9
Obrázek 5 graf projekce počtu EV v jednotlivých scénářích [15].....	10
Obrázek 6 Nárůst počtu veřejných dobíjecích bodů [12].....	11
Obrázek 7 počet rychlých dobíjecích stanic přepočtený na 100km dálnice v ČR a okolních zemích [12].....	12
Obrázek 8 přepočtený počet EV na jeden dobíjecí bod v České republice a okolních zemích [12].....	12
Obrázek 9 Rozdělení území České republiky mezi jednotlivé distributory [40].....	13
Obrázek 10 mapa dobíjecích stanic skupiny ČEZ [8].....	14
Obrázek 11 Mapa dobíjecích stanic E.ON distribuce [9].....	16
Obrázek 12 ultrarychlá dobíjecí stanice ve Vystrkově u Humpolce [11].....	17
Obrázek 13 Mapa dobíjecích stanic PRE distribuce [21].....	18
Obrázek 14 závislost NPV na roční ujeté vzdálenosti.....	27
Obrázek 15 závislost NPV na výši diskontu.....	28
Obrázek 16 Citlivostní analýza závislosti NPV na výši státní podpory.....	29
Obrázek 17 Závislost NPV na roční ujeté vzdálenosti.....	30
Obrázek 18 Závislost NPV na výši diskontu.....	31
Obrázek 19 Citlivostní analýza závislosti NPV na výši státní podpory.....	32

Seznam tabulek

Tabulka 1 Nabídka tarifů pro dobíjení elektromobilu na dobíjecích stanicích, provozovaných skupinou ČEZ Distribuce,a.s. [43].....	15
Tabulka 2 Nabízené wallboxy v katalogu ČEZ Distribuce,a.s. as. [5].....	15
Tabulka 3 Ceník tarifu D27d [44].....	15
Tabulka 4 ceník tarifu D27d [45].....	17
Tabulka 5 ceník tarifu D27d PRE [46].....	18
Tabulka 6 Současný vozový park firmy.....	19
Tabulka 7 Porovnání vozů Volkswagen Golf a Volkswagen e-Golf.....	20
Tabulka 8 Porovnání vozů Volkswagen Up a Volkswagen e-Up.....	20
Tabulka 9 porovnání jednotlivých způsobů dobíjení pro vozidlo Volkswagen e-golf.....	23
Tabulka 10 porovnání jednotlivých způsobů dobíjení pro vozidlo Volkswagen eUp.....	23
Tabulka 11 Servisní náklady LPG motoru[34].....	24
Tabulka 12 Servisní náklady vozu benzinové varianty[34].....	25
Tabulka 13 porovnání NPV jednotlivých variant.....	26
Tabulka 14 porovnání NPV u všech variant vozu Volkswagen Up.....	29