

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Analýza dopadu rozvoje elektromobility
na distribuční a přenosové sítě**

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá rešerší současného stavu elektromobility v České republice, a to se zaměřením na osobní automobily. Na základě rešerše, která zahrnuje mimo jiné i analýzu trhu a infrastruktury, je následně zpracováno několik scénářů možného vývoje elektromobility v České republice. Dva scénáře vycházejí z analýzy současné situace, další scénáře analyzují predikce podle Národního akčního plánu čisté mobility a Global EV Outlooku 2016. Možný vývoj elektromobility je dále členěn na krátkodobý, do roku 2025, kterému je věnována větší pozornost, a dlouhodobý, do roku 2050, který je analyzován v pětiletých intervalech. V návaznosti na krátkodobé scénáře je následně navržen optimální vývoj infrastruktury, který zahrnuje i konkrétní případ rozmístění dobíjecích bodů v Plzni v roce 2025. Poslední kapitola se zabývá, opět v návaznosti na dříve zpracované scénáře, důsledky elektromobility ve třech oblastech – energetice, ekologii a ekonomii. Důsledkům v energetickém průmyslu a na ekologii je věnována obsáhlejší část, ekonomické aspekty elektromobility jsou zmíněny obecněji.

Klíčová slova

Historie elektromobilů, krátkodobá predikce vývoje elektromobility, dlouhodobá predikce vývoje elektromobility, dobíjecí infrastruktura, důsledky elektromobility v energetickém průmyslu, elektromobilita a ekologie, ekonomické aspekty elektromobility.

Abstract

The diploma thesis deals with the research of the current state of electromobility in the Czech Republic, focusing on passenger cars. Based on the research, including, among other things, the analysis of the market and infrastructure, several scenarios of possible developments in electromobility in the Czech Republic are being processed. Two scenarios are based on an analysis of the current state, other scenarios analyze prediction according to the National Action Plan of Clean Mobility and Global EV Outlook 2016. The possible development of electromobility is subdivided into a short-term one, until 2025, which has more attention, and long-term one, until 2050, which is analyzed in five-year intervals. As a result of the short-term scenarios, an optimal development of infrastructure is proposed, including a specific example of charging infrastructure in Pilsen in 2025. The last chapter deals, again in connection to the previously processed scenarios, with the consequences of electromobility in three areas – energetic industry, ecology and economy. A larger part is devoted to the consequences in the energetic industry and ecology, the economic aspects are mentioned more generally.

Key words

History of electric vehicles, short-term prediction of electromobility development, long-term prediction of electromobility development, charging infrastructure, the consequences of electromobility in the energy industry, electromobility and ecology, economic aspects of electromobility.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Podpis

V Plzni dne 19.5.2017

Bc. Tomáš Kurc

Obsah

OBSAH	5
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	7
SEZNAM GRAFŮ	8
SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
ÚVOD	12
MOTIVACE A CÍL PRÁCE	13
1 HISTORICKÝ VÝVOJ ELEKTROMOBILITY	14
1.1 RANÁ HISTORIE	14
1.2 OBDOBÍ NEJVĚTŠÍHO ROZMACHU	14
1.3 NOVODOBÁ HISTORIE	16
2 REŠERŠE	17
2.1 SOUČASNÝ STAV ELEKTROMOBILITY V ČR	18
2.1.1 ANALÝZA TRHU	21
2.1.2 INFRASTRUKTURA	22
3 VÝVOJ ELEKTROMOBILITY	23
3.1 KRÁTKODOBÝ VÝVOJ ELEKTROMOBILITY (DO ROKU 2025)	23
3.1.1 SCÉNÁŘ SYMFONIE	24
3.1.2 SCÉNÁŘ JAZZ	26
3.1.3 NÁRODNÍ AKČNÍ PLÁN ČISTÉ MOBILITY	27
3.1.3.1 Základní scénář	27
3.1.3.2 Scénáře s podporou	28
3.1.4 VÝVOJ DLE GLOBAL EV OUTLOOKU 2016	32
3.2 DLOUHODOBÝ VÝVOJ ELEKTROMOBILITY (DO ROKU 2050)	34
3.2.1 SCÉNÁŘ SYMFONIE	35
3.2.2 SCÉNÁŘ JAZZ	36
3.2.3 SCÉNÁŘE NAP CM	37
3.2.4 PREDIKCE DLE GLOBAL EV OUTLOOK 2016	39
3.3 VÝVOJ INFRASTRUKTURY	40
3.3.1 PŘÍKLAD INFRASTRUKTURY	43

4	DŮSLEDKY ELEKTROMOBILITY	45
4.1	DŮSLEDKY ELEKTROMOBILITY V ENERGETICKÉM PRŮMYSLU	45
4.1.1	SPOTŘEBA ENERGIE ELEKTROMOBILU	45
4.1.1.1	Energie potřebná pro nabití 1 kWh	46
4.1.1.2	Průměrná energie potřebná pro nájezd 1 km	47
4.1.1.3	Energie potřebná pro roční nájezd	47
4.1.2	KRÁTKODOBÝ VÝVOJ ELEKTROMOBILITY	48
4.1.3	DLOUHODOBÝ VÝVOJ ELEKTROMOBILITY	50
4.1.4	DOBÍJECÍ STANICE	51
4.1.5	SHRNUTÍ	52
4.2	EKOLOGICKÉ DŮSLEDKY ELEKTROMOBILITY	53
4.2.1	EMISE CO ₂	53
4.2.2	DALŠÍ EMISE	57
4.2.2.1	Emise CO	57
4.2.2.2	Emise NO _x	59
4.2.2.3	Emise pevných částic (PČ)	60
4.2.3	SHRNUTÍ	61
4.3	EKONOMICKÉ DŮSLEDKY ELEKTROMOBILITY	62
4.3.1	Z POHLEDU VLASTNÍKA	62
4.3.1.1	Pořizovací náklady	62
4.3.1.2	Spotřeba	63
4.3.1.2.1	Elektromobil	63
4.3.1.2.2	Hybridní automobil	64
4.3.1.2.3	Automobil se spalovacím motorem	65
4.3.1.3	Náklady na údržbu	66
4.3.1.4	Shrnutí	66
4.3.2	Z POHLEDU STÁTU	67
	ZÁVĚR	69
	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	71
	PŘÍLOHY	1
	PŘÍLOHA A – MAPA DOBÍJECÍCH STANIC [19]	1
	PŘÍLOHA B – OBSAH CD	2

Seznam symbolů a zkratk

zkratka	anglický význam	český význam
2DS	Two Degrees Scenario	Scénář 2 °C
4DS	Four Degrees Scenario	Scénář 4 °C
6DS	Six Degrees Scenario	Scénář 6 °C
BEV	Battery Electric Vehicle	Elektromobil (pouze na baterie)
DS	Distribution System	Distribuční soustava
ES	Energy system	Energetická soustava
EV	Electric Vehicle	Elektromobil
HEV	Hybrid Electric Vehicle	Hybridní elektrické vozidlo
ICE	Internal Combustion Engine	Spalovací motor
IEA	International Energy Agency	Mezinárodní energetická agentura
LV	Light Vehicle	Lehké vozidlo
NAP CM	National Action Plan for Clear Mobility	Národní akční plán čisté mobility
NEDC	New European Driving Cycle	Nový evropský jízdní cyklus
NT	Low tariff	Nízký tarif
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	Plug-in hybridní elektrické vozidlo
PHM	Fuel	Pohonné hmoty
PS	Transmission System	Přenosová soustava
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Rámcová úmluva OSN o změně klimatu
VT	High tariff	Vysoký tarif

Seznam grafů

GRAF 1: REDUKCE EMISÍ CO ₂ V POROVNÁNÍ IEA SCÉNÁŘŮ 2DS A 6DS. [11]	17
GRAF 2: POČET CELKEM REGISTROVANÝCH EV V ČR V JEDNOTLIVÝCH LETECH. [12]	19
GRAF 3: POČET CELKEM REGISTROVANÝCH EV VE SVĚTĚ V JEDNOTLIVÝCH LETECH. [11], [13]	20
GRAF 4: SCÉNÁŘ „SYMFONIE“ – PROGNÓZA POČTU ELEKTROMOBILŮ V JEDNOTLIVÝCH LETECH DO ROKU 2025.	25
GRAF 5: SCÉNÁŘ JAZZ – PROGNÓZA POČTU ELEKTROMOBILŮ V JEDNOTLIVÝCH LETECH DO ROKU 2025.	26
GRAF 6: ZÁKLADNÍ SCÉNÁŘ ROZVOJE ELEKTROMOBILITY V ČR, TISÍCE KS VOZIDEL. [10]	28
GRAF 7: VYJÁDŘENÍ PRODEJŮ EV (V TISÍCÍCH) V ZÁVISLOSTI NA SCÉNÁŘÍCH PODPORY. [10]	30
GRAF 8: POROVNÁNÍ CELKOVÉHO POČTU EV A BEV PŘI ZAPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ.	32
GRAF 9: GRAFICKÉ VYJÁDŘENÍ POČTU EV DLE JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ. [11]	33
GRAF 10: PRŮBĚH SCÉNÁŘE SYMFONIE PO PĚTI LETECH V ROZMEZÍ ROKŮ 2025 – 2050.	35
GRAF 11: PRŮBĚH SCÉNÁŘE JAZZ PO PĚTI LETECH V ROZMEZÍ ROKŮ 2025 – 2050.	36
GRAF 12: ZÁKLADNÍ SCÉNÁŘ ROZVOJE ELEKTROMOBILITY V ČR, TISÍCE KS VOZIDEL. [10]	37
GRAF 13: POROVNÁNÍ CELKOVÉHO POČTU EV/BEV PŘI ZAPOJENÍ SCÉNÁŘŮ V ROZMEZÍ LET 2025 – 2050.	38
GRAF 14: PRŮBĚH DC DOBÍJENÍ - ZÁVISLOST VÝKONU NA ČASE. [28]	51

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: PRVNÍ SÉRIOVĚ VYRÁBĚNÝ ELEKTROMOBIL, KTERÝ NAVRHL CHARLES JEANTAUD. 73[1]	15
OBRÁZEK 2: ELEKTROMOBIL LA JAMAIS CONTENTE (V PŘEKLADU NIKDY SPOKOJENÁ) A JEHO KONSTRUKTÉR CAMILLE JÉNATZY, KTERÝ JAKO PRVNÍ POKOŘIL V ROCE 1899 RYCHLOST 100KM/H. [4]	15
OBRÁZEK 3: OČEKÁVANÉ VYUŽITÍ VOZIDEL. [10]	20
OBRÁZEK 4: FAKTORY, KTERÉ JE NUTNÉ UVAŽOVAT PŘI STRATEGII ROZVOJE INFRASTRUKTURY DOBÍJECÍCH STANIC. [10]	40
OBRÁZEK 5: VYZNAČENÍ PÁTEŘNÍ INFRASTRUKTURY DOBÍJECÍCH BODŮ NA MAPĚ SILNIČNÍ A DÁLNIČNÍ SÍTĚ ČR.	41

Seznam tabulek

TABULKA 1: NEJZASTOUPENĚJŠÍ ZNAČKY EV REGISTROVANÝCH V ČR. [12]	21
TABULKA 2: SPECIFIKACE NEJPRODÁVANĚJŠÍCH BEV NA ČESKÉM TRHU (ZA POSLEDNÍCH PĚT LET).	22
TABULKA 3: CELKOVÝ POČET REGISTROVANÝCH ELEKTROMOBILŮ V ČR V JEDNOTLIVÝCH LETECH.	23
TABULKA 4: SCÉNÁŘ SYMFONIE – PROGNÓZA POČTU ELEKTROMOBILŮ V JEDNOTLIVÝCH LETECH DO ROKU 2025.	25
TABULKA 5: SCÉNÁŘ JAZZ – PROGNÓZA POČTU ELEKTROMOBILŮ V JEDNOTLIVÝCH LETECH DO ROKU 2025.	26
TABULKA 6: SCÉNÁŘE ZAPOJENÍ VLÁDY I – IV. [10]	29
TABULKA 7: VYHODNOCENÍ SCÉNÁŘŮ PODPORY K ROKU 2020.	30
TABULKA 8: POROVNÁNÍ CELKOVÉHO POČTU ELEKTROMOBILŮ PŘI ZAPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ PODPORY.	31
TABULKA 9: POROVNÁNÍ CELKOVÉHO POČTU ČISTÝCH ELEKTROMOBILŮ PŘI ZAPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ PODPORY.	31
TABULKA 10: CELKOVÝ POČET ELEKTROMOBILŮ VE SVĚTĚ V PRŮBĚHU JEDNOTLIVÝCH LET.	34
TABULKA 11: PRŮBĚH SCÉNÁŘE SYMFONIE PO PĚTI LETECH V ROZMEZÍ ROKŮ 2025 – 2050.	35
TABULKA 12: PRŮBĚH SCÉNÁŘE JAZZ PO PĚTI LETECH V ROZMEZÍ ROKŮ 2025 – 2050.	36
TABULKA 13: POČET EV ZÁKLADNÍHO SCÉNÁŘE A SCÉNÁŘŮ ZAPOJENÍ VLÁDY PO PĚTI LETECH V ROZMEZÍ LET 2025 – 2050.	38
TABULKA 14: POČET BEV ZÁKLADNÍHO SCÉNÁŘE A SCÉNÁŘŮ ZAPOJENÍ VLÁDY PO PĚTI LETECH V ROZMEZÍ LET 2025 – 2050.	38
TABULKA 15: OPTIMÁLNÍ POČET DOBÍJECÍCH BODŮ V ZÁVISLOSTI NA POČTU EV DLE PREDIKCÍ ROZVOJE ELEKTROMOBILITY PODLE JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ.	42
<i>TABULKA 16: ROZDĚLENÍ DOBÍJECÍCH BODŮ V ZÁVISLOSTI NA LOKALITĚ. [28]</i>	43
TABULKA 17: NÁVRH ROZMÍSTĚNÍ A POČTU DOBÍJECÍCH BODŮ V PLZNI.	44
TABULKA 18: BILANCE TOKŮ ELEKTRINY V ČR V PRŮBĚHU POSLEDNÍCH 10 LET.	45
TABULKA 19: POTŘEBNÁ ROČNÍ VYROBENÁ ENERGIE PRO EV V LETECH 2017 - 2025 DLE PREDIKCÍ JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ.	48
TABULKA 20: POTŘEBNÁ ROČNÍ VYROBENÁ ENERGIE PRO EV (V PĚTILETÝCH INTERVALECH) V LETECH 2030 - 2050 DLE PREDIKCÍ JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ.	50
TABULKA 21: OČEKÁVANÝ POTŘEBNÝ ELEKTRICKÝ VÝKON V DOPRAVĚ DLE [15].	50
TABULKA 22: MNOŽSTVÍ EMISÍ CO ₂ (DLE PALIVA A EMISÍ ELEKTRÁRNŮ) NA VYROBENOU KILOWATTHODINU ELEKTRINY.	53
TABULKA 23: ENERGETICKÝ MIX ČR (ROK 2015).	54
TABULKA 24: MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ CO ₂ (V MEGATUNÁCH) DLE JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ PREDIKCE ELEKTROMOBILITY.	56

TABULKA 25: EMISNÍ LIMITY NORMY EURO VI.	57
TABULKA 26: EMISNÍ FAKTOR VÝROBY 1 kWh ELEKTŘINY.	57
TABULKA 27: MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ CO (V TUNÁCH) DLE JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ PREDIKCE ELEKTROMOBILITY.	58
TABULKA 28: MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ NO _x (V TUNÁCH) DLE JEDNOTLIVÝCH SCÉNÁŘŮ PREDIKCE ELEKTROMOBILITY.	60
TABULKA 29: MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ PEVNÝCH ČÁSTIC (V TUNÁCH) DLE SCÉNÁŘŮ PREDIKCE ELEKTROMOBILITY.	61
TABULKA 30: SPOTŘEBA MODELOVÝCH VOZŮ ŠKODA OCTAVIA.	63

Úvod

Práce je členěna i s ohledem na zadání do celkem čtyř kapitol. První kapitola, nazvaná Historický vývoj elektromobility, krátce přibližuje, jaké byly počátky elektromobility, co vedlo k jejich rozvoji, ale také k úpadku na počátku 20. století a rovněž, která jména za vývojem elektromobility stála.

Následuje kapitola Rešerše (pokrývající první bod zadání) zabývající se zhodnocením současného stavu elektromobility. Tato kapitola analyzuje faktory, které mají vliv na rozvoj elektromobility, dále zkoumá současnou situaci elektromobility v ČR, analyzuje trh, počet elektromobilů na českých silnicích, zmiňuje nejčastější elektrická vozidla v České republice a také se zabývá situací ohledně infrastruktury dobíjecích bodů. Rovněž se v krátkosti dotýká možného budoucího vývoje elektromobility.

Tomu je však věnována obsáhlá kapitola 3 - Vývoj elektromobility, členěná na krátkodobý a dlouhodobý rozvoj elektromobility a také na rozvoj infrastruktury. V rámci rozvoje, který je přípravou pro naplnění druhého a třetího bodu zadání, je uvedeno několik možných scénářů vycházejících jednak z analýzy současné situace a aktuálních trendů a dále také z Národního akčního plánu čisté mobility, který zmiňuje vývoj elektromobility v závislosti na podpoře vlády. Pro tyto scénáře jsou vyčísleny možné počty elektromobilů v ČR, nejprve s intervalem jeden rok do roku 2025, dále v pětiletých intervalech do roku 2050. Následuje vyhodnocení optimální infrastruktury (čtvrtý bod zadání) definované v souladu s NAP CM, ale také se směrnicí 2014/94/EU, včetně příkladu konkrétního rozmístění dobíjecích bodů v Plzni pro rok 2025 závislého na nejpravděpodobnějším scénáři rozvoje elektromobility.

Práci uzavírá poslední kapitola Důsledky elektromobility, která se zaměřuje na dopady elektromobility z hlediska energetiky, ekologie a krátce i ekonomie. Prvním dvěma odvětvím je věnována obsáhlejší část kapitoly, v rámci níž jsou vyčísleny a vyhodnoceny dopady jednotlivých scénářů vývoje na energetickou soustavu (druhý bod zadání) a také na množství emisí. Ekonomické hledisko pak porovnává finanční stránku elektromobilů a automobilů se spalovacími motory, a to z hlediska spotřeby (třetí bod zadání), ale také celkové finanční bilance v horizontu deseti let.

Krátké vyhodnocení celé práce je následně provedeno v kapitole Závěr.

Motivace a cíl práce

Elektromobilita a její rozvoj jsou v poslední době velmi aktuálními tématy, k nimž obracejí svou pozornost nejen výrobci automobilů, ale i další podniky automobilového průmyslu. Pozadu nezůstávají ani energetické společnosti a vlády jednotlivých států, v jejichž ohnisku zájmů jsou elektromobily také. Důvodů je mnoho, počínajíce ekonomikou či třeba ekologií a konče například rizikem nedostatku pohonných hmot pro současné spalovací motory. A nebylo by jistě těžké nelézt i celou řadu dalších aspektů, které mají vliv na současný, čím dál větší rozvoj elektromobilů.

Vývoj elektromobilů s sebou, navzdory mnoha výhodám, které jsou na první pohled patrné (např. zcela ekologický provoz) a jsou také v souvislosti s elektromobily často zmiňovány, nese i mnoho potenciálních nevýhod. A paradoxně mezi nimi může být, krom jiných, i ekologie, zmiňována právě jako jedna z hlavních výhod. Cílem práce tak je nejen analyzovat současný trend vývoje elektromobilů a poukázat na jeho pozitiva, ale spolu s nimi zaostřit právě i na potenciální rizika, která s sebou mohou elektromobily přinést a která jsou velmi často opomíjena. Hlavní oblastí, kterou si práce klade za cíl a která se zároveň stala i motivací této diplomové práce, je vyhodnocení dopadu elektromobilů na energetický průmysl, jeho přenosovou a distribuční síť. V neposlední řadě se práce dotkne i s energetikou spojenou finanční a rovněž i ekologickou stránkou.

1 Historický vývoj elektromobility

1.1 Raná historie

Historie elektromobilů sahá až do první poloviny 19. století, kdy se začaly ve světě objevovat první modely elektrických vozidel a krátce poté také funkční elektrická vozidla. Průřez celou historií lze rozdělit do několika fází, vždy přibližně po 50 letech, přičemž v každé z nich bylo postavení elektromobilů ve světě průmyslu a obchodu odlišné.

První úspěšné pokusy o sestrojení elektromobilu se datují okolo 30. let 19. století, jeho vynález je však přičítán různým lidem. Prvním úspěšným vynálezcem elektromotoru byl Štefan Anián Jedlík, uherský vynálezce se slovensko-maďarskými předky, který v roce 1928 představil malý model vozidla poháněného elektromagnetickým motorem. O 6 let později, tedy v roce 1934, vytvořil Thomas Davenport z Vermontu malý model automobilu s elektromagnetickým motorem napájeným z baterií. Vzhledem k vysokým provozním nákladům však byly Davenportovy elektromotory komerčně neúspěšné. [1]

Historicky první elektromobil sestavili v roce 1835 (tedy přibližně 50 let před prvním automobilem se spalovacím motorem) holandský profesor Sibrandus Stratingh a jeho asistent Christopher Becker. Pokračování ve výzkumu elektromobilu, který byl v té době napájen články bez možnosti dobíjení, však brzy ukončila Stratinghova smrt v roce 1841. [1]

Důležitým se stal vynález olověného akumulátoru – první dobíjecí baterie, o který se postaral v roce 1859 francouzský fyzik Raymond Gaston Planté a položil tím základ bateriím, které se používají v automobilech v upravené podobě dodnes. O průlom vedoucí k průmyslové výrobě olověných baterií se v roce 1881 postaral Camille Alfons Faure, který si nechal patentovat metodu lakování olověných desek pastou oxidů olova, kyseliny sírové a vody. Lakování vedlo ke značnému zvýšení kapacity akumulátorů, které měly díky vyšší účinnosti a spolehlivosti u elektromobilů velký úspěch. [1]

1.2 Období největšího rozmachu

V následujícím období došlo ve světě k velkému rozvoji elektromobilů, které jako první na světě propagoval francouzský vynálezce Gustave Trouve. Společně s elektromobily se objevily i další vynálezy, např. elektrické osvětlení (William Ayrton a John Perry, 1881), řízení pomocí volantů namísto kormidla (William Morrison, 1891) či třeba hydraulické brzdy (Thomas Parker, 1896). Vznikaly první továrny na výrobu dílů pro elektrická vozidla.

V roce 1893 začala v Paříži první sériová výroba elektromobilu (navrhl Francouz Charles Jeantaud), o 4 roky později Henry G. Morris a Pedro G. Salom založili Electric Vehicle Company, která se stala předním výrobcem elektromobilů v USA. [1] První elektromobil u nás postavil v roce 1895 Ing. František Křížík. [3]



Obrázek 1: První sériově vyráběný elektromobil, který navrhl Charles Jeantaud. 71[1]

V té době dosahovaly elektromobily, až na výjimky, rychlostí okolo 25 km/h a jejich dojezdové vzdálenosti se pohybovaly nejčastěji v rozmezí 30 – 50 km. Za účelem prodloužení dojezdu je prvně použito rekuperačního brzdění (Louis Antione Krieger, 1894), v roce 1898 představuje Němec Dr. Ferdinand Porsche první hybridní vozidlo. [1]



Obrázek 2: Elektromobil La Jamais Contente (v překladu Nikdy spokojená) a jeho konstruktér Camille Jénatzy, který jako první pokořil v roce 1899 rychlost 100km/h. [4]

Po roce 1900 nastal boom elektromobilů. Vznikaly nové společnosti, mimo jiné i Detroit Electric, která se stala nejúspěšnější elektrickou automobilkou 20. století. Na výrobě a vývoji elektromobilů se podílelo mnoho lidí, kteří elektromobily i nadále zdokonalovali. Např. automobil Waltera Bakera disponoval v roce 1902 prvním bezpečnostním pásem, Thomas Alva Edison roku 1901 patentoval nikel-železnou baterii, která byla v roce 1911 dodávána do poloviny elektromobilů Detroit Electric. [1]

Velké oblibě se elektromobily těšily především ve Spojených státech amerických, kde spolu s parními automobily dominovaly nad vozy se spalovacími motory. Oproti parním automobilům nevyžadovaly dlouhé zahřívací časy a na rozdíl od automobilů se spalovacími motory nebylo nutné fyzicky náročné startování klikou a také obtížné přecházení rychlostních stupňů. [1]

Zlom přišel v roce 1912, kdy Charles Franklin Kettering vynalezl elektrický startér a značně tím snížil výhody elektromobilů nad automobily se spalovacími motory. Toho následně využil Henry Ford a na moderní montážní lince začal s velkou produkcí široce dostupných a cenově výhodných benzínových vozidel, zatímco cena méně efektivně vyráběných elektromobilů nadále stoupala a převyšovala cenu automobilů se spalovacími motory i více než dvakrát. S rozvojem dopravní infrastruktury a s objevem nových ložisek ropy, což snížilo cenu benzínu, přišly elektromobily ve 30. letech nadlouho takřka do zapomnění. [1]

1.3 Novodobá historie

V období 60. a 70. let se elektromobilům dostalo pozornosti, a to vlivem znepokojení nad dopadem spalovacích motorů na životní prostředí a vlivem ropné krize. Vlády zadávaly zakázky na výrobu nových elektromobilů a prosazovaly je jako automobily budoucnosti. Vzniklo tak několik prototypů osobních elektrických vozidel, jejichž vývoj byl s koncem ropné krize ukončen a elektromobily upadly z velké části opět na nějaký čas v nemilost. [1]

Počátkem devadesátých let se začala psát novodobá historie. Výroba elektromobilů byla součástí projektu Zero-emissions vehicle (závazný pro všechny velké automobilky v USA) spuštěného v roce 1990 v Kalifornii. Z důvodu vysoké ceny byl však zvolen pouze jakýsi systém pronájmu. Později se automobilky celému projektu postavily a elektromobily z velké části sešrotovaly, pouze část z nich skončila v muzeích či se podařila odkoupit do soukromého vlastnictví. I přes tento komplikovaný restart elektromobilů v dnešní době vývoj úspěšně pokračuje a po světě jezdí statisíce elektromobilů. [1]

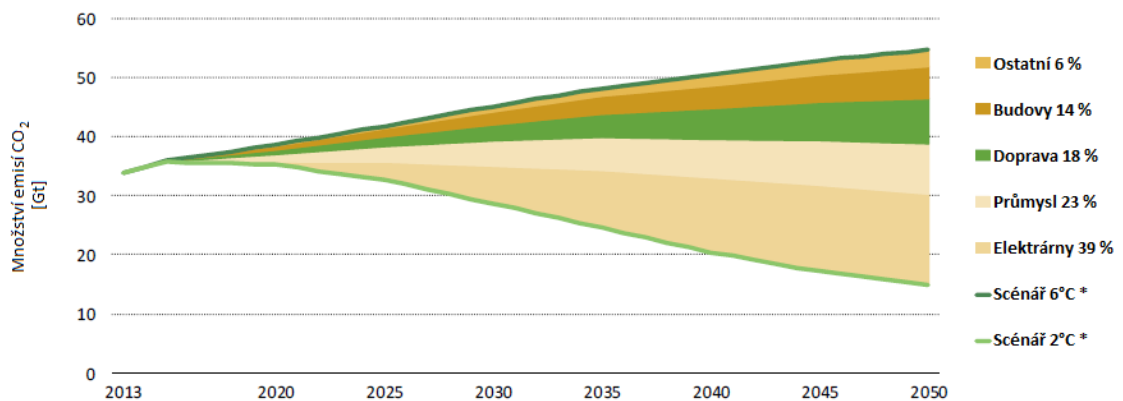
2 Rešerše

Ačkoliv je téma elektromobility více či méně aktuální již téměř dvě století, je to odvětví, jehož rozvoj je sice stále ještě v počátcích, v oblasti dopravy však patří k dynamicky rostoucím odvětvím. Zásahu na tom mají především následující globální faktory:

a) Tlak na zvyšování kvality ovzduší (především ve městech), regulace emisí.

Regulace emisí je předmětem mezinárodních dohod (Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, dále UNFCCC) a zvláště pro Evropskou unii představuje jeden z hlavních faktorů pro omezení negativních dopadů změny klimatu. V prosinci 2015 bylo v Paříži v rámci dohody o UNFCCC přijato za cíl snížení růstu průměrné globální teploty pod 2°C. Toto snížení se neobejde bez značného omezení emisí skleníkových plynů, k čemuž bude pravděpodobně muset významně přispět i odvětví dopravy. To se vlivem snižování emisí ze stacionárních zdrojů stává postupně významnějším zatěžovatelem kvality ovzduší, a to především ve městech, kde vlivem rostoucího procenta urbanizace doprava produkuje velké množství emisí, imisí a hluku. Elektromobilita se tak díky (lokálně) bezemisnímu provozu stává efektivním nástrojem pro řešení této situace.

[10],[11]



* Scénáře Mezinárodní energetické agentury (IEA).

Scénář 6°C zobrazuje současný trend růstu průměrné globální teploty v závislosti na emisích.

Scénář 2°C zobrazuje trend růstu průměrné globální teploty při snížení emisí o odpovídající procento.

Graf 1: Redukce emisí CO₂ v porovnání IEA scénářů 2DS a 6DS. [11]

b) Bezpečnost dodávek ropy a zemního plynu.

Závislost na dodávkách ropy a plynu, především z politicky nestabilních oblastí, je vnímána jako velké riziko, a to primárně v souvislosti s možným omezením dodávek, případně s prudkým výkyvem cen. Ke snížení tohoto rizika, které je jedním z hlavních cílů EU, se elektromobilita stává jistou cestou. Zatímco závislost na dodávkách ropy ze zahraničí je mnohdy nevyhnutelná, plyn bude v budoucnu možné dodávat z bioplynových stanic. A elektřinu, na níž vlivem elektromobility závislost poroste, bude v rostoucí míře možné vyrábět lokálně. [10]

c) Rostoucí zájem obyvatel.

V posledních letech roste společensky odpovědnější přístup obyvatel, ale i firem. Stoupá zájem o produkty s nižším dopadem na životní prostředí, a to přesto, že jsou často dražším řešením, za které jsou si však zákazníci ochotní připlatit. Motivací přitom nejsou jen ceny či regulatorní omezení, ale také aktivní přístup lidí. [10]

d) Rozvoj elektromobility.

Vlivem technologického rozvoje, nejen v oblasti baterií, se daří navyšovat dojezdové vzdálenosti elektromobilů, které lze prodlužovat i díky rostoucí infrastruktuře (rychlo)dobíjecích stanic. Dojezdovou vzdálenost je rovněž možné prodloužit hybridními elektromobily, které umožňují kombinovat elektrický provoz s provozem na běžná paliva. Dochází také k postupnému poklesu cen elektromobilů a k růstu počtu nabízených modelů, s nimiž přicházejí na trh téměř všichni významní výrobci automobilového průmyslu. Značný vliv na zmíněnou evoluci EV mají rovněž strategické plány rozvoje elektromobility aplikované v jednotlivých zemích. [10]

2.1 Současný stav elektromobility v ČR

Elektromobilita v České republice je stále ještě v počátcích. Hlavní důvody, především ekonomické, můžeme rozdělit na několik vzájemně provázaných dílčích faktorů:

a) Málo rozvinutý trh s elektromobily.

Nabídka elektromobilů na českém trhu je značně omezená v počtu nabízených modelů, což je dáno především tím, že český trh nepatří na poli elektromobility k nejzajímavějším. Limitující jsou také samotné parametry elektrických vozů, které v porovnání s automobily se spalovacími motory zaostávají především v dojezdu, čímž jsou odkázány hlavně k městskému provozu. [10]

b) Chybějící podpora rozvoje.

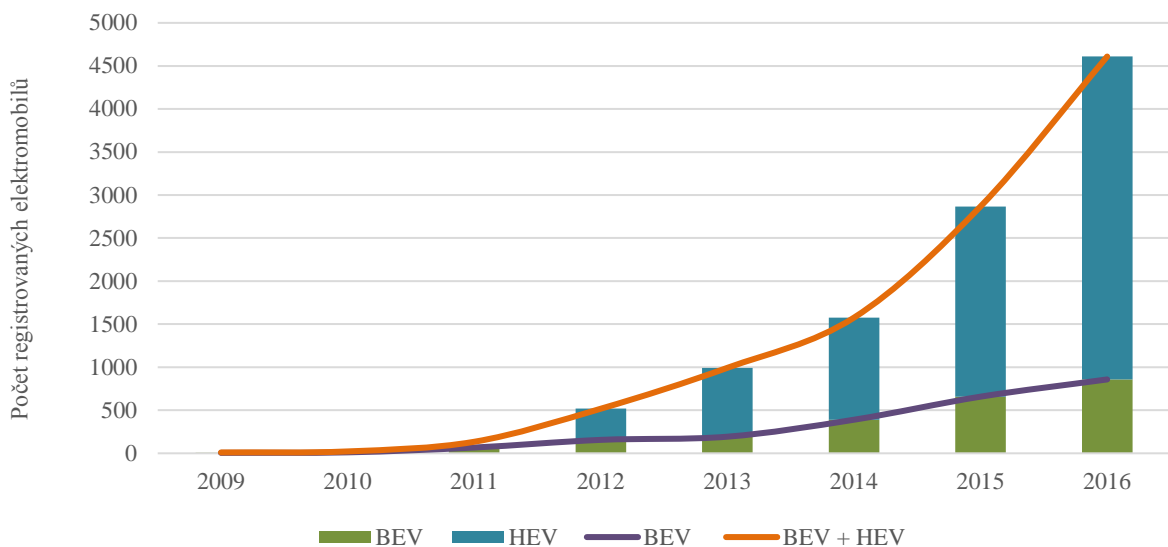
Doposud nebyl realizován žádný z několika možných scénářů strategie podpory rozvoje se zapojením vlády, který by mohl elektromobilitu v České republice posunout významně vpřed. Jedinou výjimkou je osvobození od spotřební daně. [10]

c) Cena elektromobilů značně přesahuje cenu automobilů s konvenčními motory.

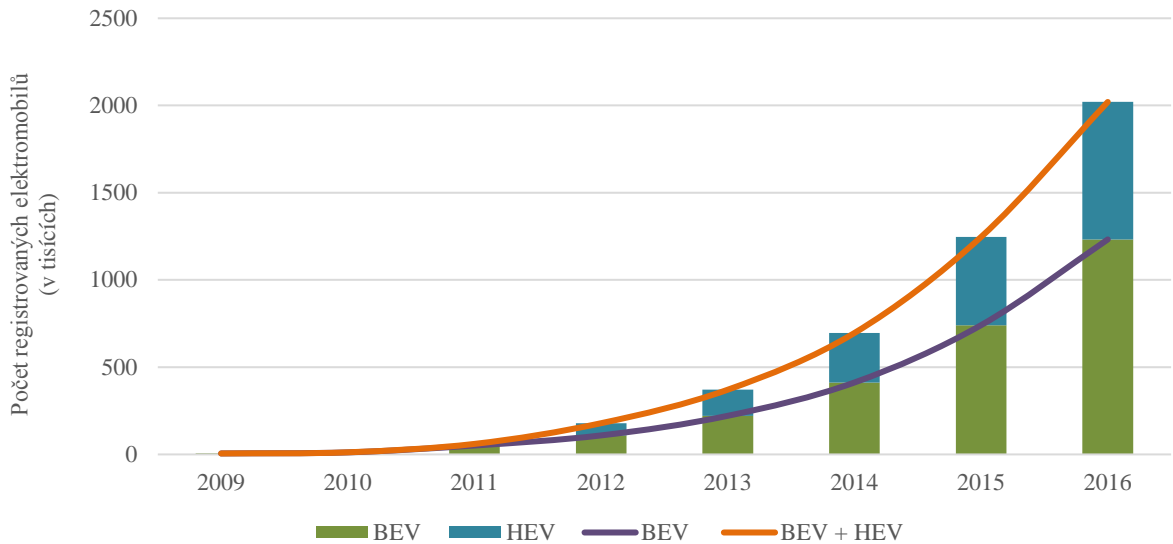
Cena je ovlivněna především cenou baterií, vliv na ni mají i výše uvedené důvody. [10]

Společně s ekonomickými důvody brzdí rozvoj elektromobility v ČR také nedostatečná infrastruktura dobíjecích stanic, a to především rychlodobíjecích, dále nedůvěra lidí a jejich nízké zkušenosti s elektromobily a podle Národního akčního plánu čisté mobility (dále jen NAP CM) i nízká citlivost na ekologii, tedy zejména na snižování emisí CO₂. [10]

Z výše uvedených důvodů rostou prodeje elektromobilů prozatím pozvolna, ač v posledních letech mají výrazný rostoucí charakter, který je v souladu s rostoucím globálním charakterem prodejnosti elektromobilů (viz grafy 2 a 3). Narůstá navíc podíl počtu elektromobilů na straně běžných uživatelů (domácnosti, firmy) oproti elektromobilům v pilotních projektech především energetických společností. Hlavním faktorem tohoto nárůstu je skutečnost, že elektromobily jsou častěji vnímány jako plnohodnotné ve srovnání s automobily s konvenčními motory, i když k rovnocennému postavení mají zatím stále daleko. Vlivem pokroku ve vývoji, rostoucí nabídky modelů, prodlužování dojezdu a klesající pořizovací ceny lze navíc předpokládat, že zájem o elektromobilitu bude v následujících letech nadále stoupat, což jistě podpoří i již dříve uvedené skutečnosti - tlak na zvyšování kvality ovzduší, regulace emisí CO₂ a ekonomické důvody. [10]

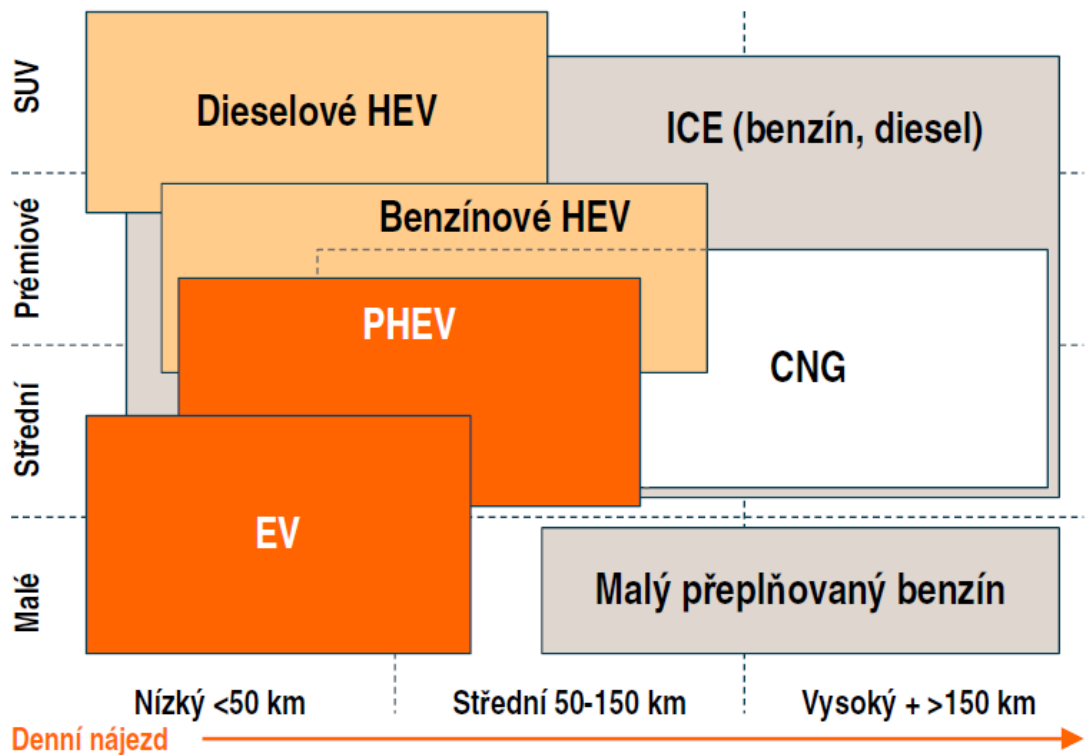


Graf 2: Počet celkem registrovaných EV v ČR v jednotlivých letech. [12]



Graf 3: Počet celkem registrovaných EV ve světě v jednotlivých letech. [11], [13]

V současnosti lze dle NAP CM rozvoj elektromobility vnímat spíše jako evoluční proces, který bude směřovat ke komplementárnímu vztahu společně s ostatními druhy paliv, a to v závislosti na rozdílnosti segmentů trhu. Tuto situaci vyjadřuje následující obrázek. [10]



Obrázek 3: Očekávané využití vozidel. [10]

2.1.1 Analýza trhu

Aby bylo možné vyhodnotit dopad elektromobilů na energetickou síť a ekologii, je nezbytné provést analýzu trhu co do počtu prodaných vozidel. Tato analýza vychází ze statistik Svazu dovozců automobilů a zahrnuje počet EV registrovaných na území České republiky od roku 2009 do března roku 2017 pro deset nejzastoupenějších značek (ostatní značky jsou na trhu zastoupeny méně než 50 registrovanými EV). Jak je vidět z tabulky 1, na prvních deseti místech jsou zastoupeny i značky, u nichž počet registrací čistých elektromobilů (které mají na energetickou síť i na ekologii největší dopad) dosahuje jen velmi malého procenta. V případě značky Toyota, která patří k nejčastěji zastoupeným EV, je počet BEV pouze 1 vozidlo z celkem 2501 EV. Značky Lexus (2) či Honda (9) nejsou pak na českém trhu zastoupeny ani jedním BEV. V počtu registrovaných BEV naopak vedenou značkou BMW, Volkswagen, Nissan, Peugeot a Citroën, které zároveň v uvedeném pořadí patří k prvním pěti dle počtu registrovaných BEV. Ostatní značky jsou na českém trhu zastoupeny méně než 40 BEV (pouze 1 značka), většinou však méně než 20 BEV.

Tabulka 1: Nejzastoupenější značky EV registrovaných v ČR. [12]

pořadí v počtu registrovaných EV v ČR	značka	počet registrovaných EV (z toho BEV) [ks]
1.	Toyota	2501 (1)
2.	Lexus	731 (0)
3.	Peugeot	495 (82)
4.	BMW	415 (282)
5.	Volkswagen	275 (240)
6.	Citroën	229 (45)
7.	Nissan	188 (188)
8.	KIA	112 (19)
9.	Honda	81 (0)
10.	Mercedes-Benz	52 (15)

Ve srovnání s evropským či dokonce celosvětovým trhem jsou v ČR jednotlivé značky v počtu registrací EV zastoupeny poněkud odlišně. Navíc i poměr počtu hybridních vozidel a čistých elektromobilů má na našem trhu jiný trend - vozidla s hybridním pohonem značně převyšují počet BEV, proto je nutné při analýze konkrétních modelů vozů jednotlivých značek vycházet striktně ze statistik prodeje v ČR. Mezi nejčastější elektromobily posledních let značky Toyota patří Auris (OA střední třídy) a Yaris (menší OA), u značky Lexus

dominují SUV vozy s označením RX a NX, značka Peugeot je zastoupena především model 508 RXM, vše modely s hybridním pohonem. V případě BEV dominují v posledních pěti letech modely BMW i3, Volkswagen e-Golf a e-Up a také Nissan Leaf. Z parametrů těchto elektromobilů bude dále vycházeno při výpočtech, proto jsou popsány detailněji.

Tabulka 2: Specifikace nejprodávanějších BEV na českém trhu (za posledních pět let).

značka	model	výkon motoru [kW]	kapacita baterie [kWh]	spotřeba [kWh/100 km]	přibližný dojezd * [km]
BMW	i3	125	18,8	12,9	190
Volkswagen	e-Golf	85	26,5	12,7	190
Volkswagen	e-Up	60	18,7	11,7	160
Nissan	Leaf	80	30,0	15,0	250

** Přibližný dojezd je stanoven na základě NEDC měření. Více o způsobu NEDC měření viz [18].*

2.1.2 Infrastruktura

S elektromobilitou a jejím rozvojem úzce souvisí také dobíjecí stanice, jejich počet a rovněž i rozmístění. V České republice je aktuálně přibližně 240 dobíjecích stanic, přičemž těch rychlodobíjecích je asi 45. Pokud tento počet vztáhneme na počet elektromobilů registrovaných na našem území ke konci roku 2016 (4 609 EV, z toho 2 338 BEV), vychází na jednu pomalou dobíjecí stanici přibližně 24 elektrických vozidel, z toho cca 12 čistých elektromobilů, na jednu rychlodobíjecí stanici asi 102 EV, z toho 52 BEV. Z mapy dobíjecích stanic (příloha A) je na první pohled vidět, že nejvíce dobíjecích stanic je v Praze, Brně, Ostravě a Plzni a jejich blízkém okolí. S výjimkou Plzně je však rovněž ihned patrné, že v Západočeském kraji jiné dobíjecí stanice prakticky nejsou. Také v Jihočeském kraji je počet dobíjecích stanic velmi malý a rovněž ani severní Morava nedisponuje velkým množstvím dobíjecích stanic. Z mapy lze pozorovat nedostatek dobíjecích stanic na území České republiky. Tento fakt je podpořen i srovnáním s celosvětovou statistikou, dle které na jednu pomalou dobíjecí stanici připadá přibližně osm elektromobilů, zatímco na jednu rychlodobíjecí stanici vychází 45 elektromobilů, jak uvádí Global EV Outlook 2016. V České republice dobíjecí stanice ve srovnání se světem dosahují přibližně trojnásobného počtu elektromobilů na jednu stanici.

3 Vývoj elektromobility

3.1 Krátkodobý vývoj elektromobility (do roku 2025)

Při znalosti současné situace elektromobility a také jejího vývoje v posledních několika letech lze stanovit počáteční předpoklady a na základě nich sestavit scénáře pro krátkodobý vývoj. Jelikož se jedná pouze o prognózy, jsou stanoveny dva možné scénáře, jeden konzervativní, s názvem Symfonie, druhý optimistický – Jazz. Následně jsou analyzovány předpovědi NAP CM a také prognózy dle scénářů IEA. V závěru jsou možné scénáře vývoje vzájemně porovnány a jsou vyhodnoceny, aby bylo možné rozlišit, nakolik se od sebe liší.

Tabulka 3: Celkový počet registrovaných elektromobilů v ČR v jednotlivých letech.

rok \ scénář	počet registrovaných EV (z toho BEV) [ks]	meziroční navýšení EV [%]
2009	5 (5)	---
2010	11 (16)	120
2011	67 (83)	509
2012	518 (239)	673
2013	993 (432)	91,7
2014	1 576 (822)	58,7
2015	2 868 (1 480)	82,0
2016	4 609 (2 338)	60,7
2017*	7 441 (2 690)	61,4

* V roce 2017 byl počet nově registrovaných EV do března (včetně) 708 vozidel (88 BEV). Za předpokladu rovnoměrného nárůstu v průběhu roku, dojde laickým výpočtem $708 / 3 * 12$ k navýšení o 2832 vozů (352 BEV).

Aby bylo možné vyhodnotit procentuální poměr počtu EV k celkovému počtu osobních aut (dále jen OA), je nutné stanovit v následujících letech i vývoj počtu OA. Dle [15] dojde v letech 2020 až 2025 k ustálení počtu OA, což by při současných statistikách Svazu dovozců automobilů znamenalo, že při průměrném meziročním navýšení počtu automobilů o 3,15 % bude v České republice v roce 2025 registrováno celkem 7 100 291 vozů.

3.1.1 Scénář Symfonie

Při pohledu na vývoj posledních sedmi let lze pozorovat stoupající charakter počtu elektromobilů, který je však v letech 2014 a 2016 mírně utlumen. Ze statistik Svazu dovozců automobilů a vývoje počtu elektromobilů za první čtvrtletí 2017 lze stanovit roční prognózu a z ní následně spolu s vývojem posledních let vytvořit scénář vývoje stavu elektromobility až do roku 2025. Prognóza bude platná za předpokladu, že zůstane zachován stávající stav, tedy nedojde k žádné zásadní změně, která by výrazně ovlivnila změnu charakteru vývoje počtu elektromobilů, tedy především:

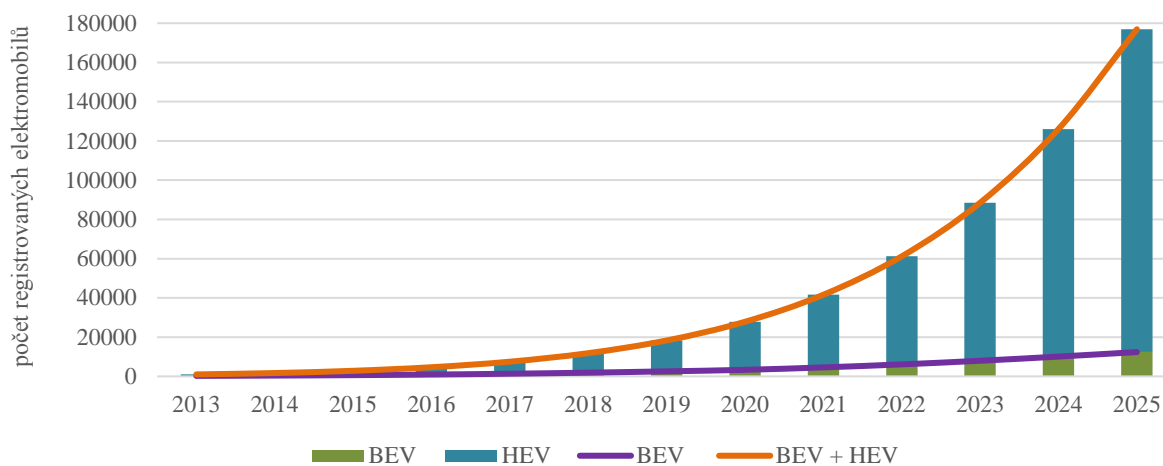
- a) Trh s elektromobily bude i nadále utlumen a poroste současným pomalejším tempem, kdy se na trhu objeví pouze několik nových modelů ročně, které z hlediska technologie nepodléhají příliš velkému pokroku, tedy jejich parametry, především dojezd, se vzhledem k předchozím modelům příliš neliší.
- b) Nadále nebude dostupná podpora ze strany vlády (mimo již zavedenou podporu v oblasti spotřební daně), a to jak směrem k zákazníkovi i k rozvoji infrastruktury. Nedojde zároveň k žádné významné podpoře ani od soukromých subjektů, mimo již zavedenou podporu, která nijak výrazně neovlivní současný růst počtu elektromobilů.
- c) Cena elektromobility se nebude výrazněji měnit.
- d) Přístup zákazníků zůstane sice vstřícný, i nadále však spíše konzervativní.

V posledních pěti letech (při započítání roku 2017) vychází průměrný roční přírůstek počtu elektromobilů na 70,9 %. Tento trend ročního přírůstku zatížen koeficientem přibližně 0,95. Znamená to tedy, že v roce 2014 je meziroční přírůstek počtu EV 70,9 %, v roce 2015 však již klesne na hodnotu $70,9 \cdot 0,95 \cong 67,4$ % atd. Při započítání tohoto charakteru by počet elektromobilů v jednotlivých letech odpovídal počtům a meziročním poklesům uvedeným v tabulce, kdy počet EV v letech 2013-2017 přibližně odpovídá skutečným počtům. Podíl BEV z celkového počtu elektromobilů v posledních letech klesá ročně přibližně o 2 %. Tento charakter výpočtu podílu BEV je aplikován do roku 2020, dále je upraven na 1 %.

Tabulka 4: Scénář Symfonie – prognóza počtu elektromobilů v jednotlivých letech do roku 2025.

rok	scénář	počet registrovaných EV (z toho BEV) [ks]	meziroční navýšení EV [%]
2013		993 (258)	---
2014		1 697 (407)	70,9
2015		2 840 (625)	67,4
2016		4 657 (931)	64,0
2017		7 488 (1 348)	60,8
2018		11 813 (1 890)	57,8
2019		18 294 (2 561)	54,9
2020		27 828 (3 339)	52,2
2021		41 606 (4 577)	49,6
2022		61 176 (6 118)	47,1
2023		88 513 (7 966)	44,7
2024		126 087 (10 087)	42,5
2025		176 935 (12 385)	40,4

Vývoji počtu EV uvedenému v tabulce scénáře Symfonie odpovídá následující graf.



Graf 4: Scénář „Symfonie“ – prognóza počtu elektromobilů v jednotlivých letech do roku 2025.

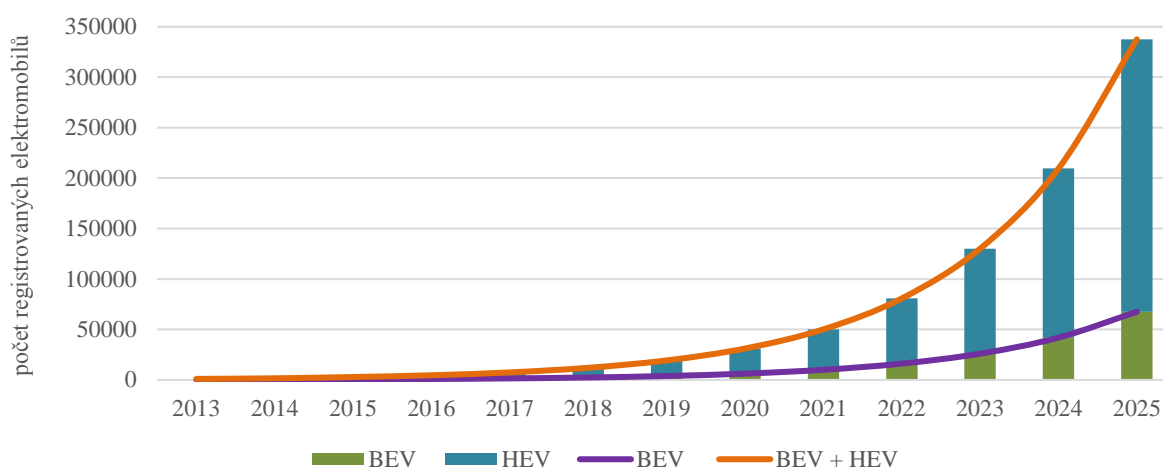
Znamenalo by to tedy, že v roce 2025 bude na silnicích z celkového počtu 7 100 291 osobních automobilů jezdit 176 935 elektromobilů, což odpovídá 2,5 %.

3.1.2 Scénář Jazz

Pro stanovení počtu elektromobilů do roku 2025 dle scénáře Jazz lze vyjít ze stejných počátečních podmínek jako u scénáře Symfonie, a to včetně odhadu počtu elektromobilů v roce 2017. Je však zvolen optimističtější vývoj v dalších letech, odpovídající meziročnímu stoupaní ustálenému od roku 2018 na 61,1 %, tedy na průměr posledních dvou let. Podíl BEV je vůči současnému trendu ponechán na konstantních optimistických 20 %.

Tabulka 5: Scénář Jazz – prognóza počtu elektromobilů v jednotlivých letech do roku 2025.

rok \ scénář	počet registrovaných EV (z toho BEV) [ks]	meziroční navýšení EV [%]
2013	993 (199)	91,7
2014	1 576 (315)	58,7
2015	2 868 (574)	82,0
2016	4 609 (922)	60,7
2017	7 441 (1 488)	61,4
2018	11 987 (2 397)	61,1
2019	19 312 (3 862)	61,1
2020	31 111 (6 222)	61,1
2021	50 120 (10 024)	61,1
2022	80 744 (16 149)	61,1
2023	130 078 (26 016)	61,1
2024	209 556 (41 911)	61,1
2025	337 595 (67 519)	61,1



Graf 5: Scénář Jazz – prognóza počtu elektromobilů v jednotlivých letech do roku 2025.

Znamenalo by to tedy, že v roce 2025 bude na silnicích ze 7 100 291 osobních automobilů jezdit 337 595 elektromobilů, což odpovídá 4,75 % celkového počtu.

3.1.3 Národní akční plán čisté mobility

Analýza krátkodobého vývoje z pohledu NAP CM vychází z konzervativních předpokladů vývoje hlavních parametrů spolu s vlivem následujících faktorů:

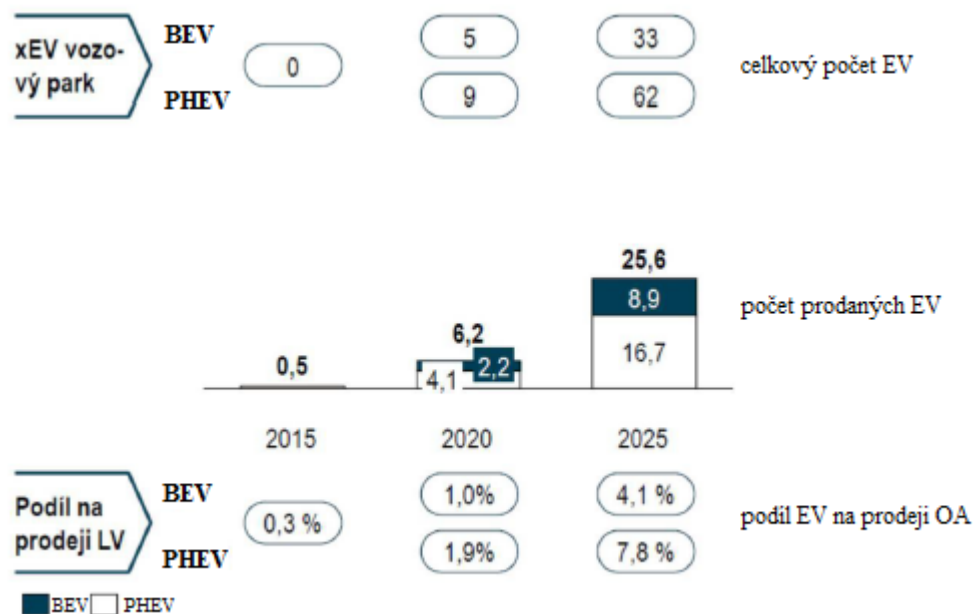
- Nedojde k žádným významným změnám v oblasti dojezdu BEV/PHEV.
- Zatímco BEV bude jedním ze dvou vozidel v domácnosti, PHEV jediným.
- Využití EV bude ovlivněno dostupností infrastruktury.
- Cena EV bude ovlivněna poklesem ceny baterií, vývojem ceny PHM a pobídkami.
- Nabídka EV bude pokrývat potřeby uživatelů.

Dále platí: „Analýza se k odhadu prodeje vozidel dostává postupnými kroky – východiskem je očekávaný objem prodeje vozidel příslušného segmentu (lehká vozidla), ze kterých je vyselektováno procento řidičů dosahujících průměrného denního nájezdu do dané výše. V případě vozidel s čistě elektrickým pohonem (BEV) se uvažuje jejich pořízení pouze domácnostmi, které disponují současně dalším vozidlem se spalovacím motorem, v případě PHEV tato podmínka neplatí. Rozvoj elektromobility je svázán s dostupností dobíjecí infrastruktury, a proto k němu ve střednědobém horizontu dochází pouze v sídlech určité velikosti (kde se předpokládá, že dojde k rozvoji infrastruktury nejdříve, řada modelů elektromobilů je navíc koncipována jako městský elektromobil). Dalšími kritérii jsou pak náklady (založené na analýze celkových nákladů – TCO) a dostupnost nabídky napříč modely a segmenty.“ (Národní akční plán čisté mobility, 2015, s. 29)

Na základě výše uvedeného prezentuje NAP základní scénář bez jakékoliv podpory, pouze se zachováním současných tržních faktorů a dále čtyři scénáře s rozdílnými oblastmi podpory.

3.1.3.1 Základní scénář

Základní scénář předpokládá mírné zvyšování dojezdu BEV, dostatečné pokrytí infrastrukturou dobíjecích stanic (ve větších městech do roku 2020, v menších do roku 2025), zvyšování cen ropy (o 1 % ročně do roku 2020), zvyšování cen elektřiny (o 2,9 % ročně do roku 2020), pokles ceny baterií, nižší náklady na údržbu u BEV, nepatrně vyšší náklady na údržbu u PHEV, stálou spotřebu a dostatečnou nabídku modelů elektromobilů. Vychází z velké části ze současné situace elektromobility, a zároveň nepředpokládá v nadcházejících letech její podporu. Dále předpokládá životnost elektromobilů v délce 8 let. [10]



Graf 6: Základní scénář rozvoje elektromobility v ČR, tisíce ks vozidel. [10]

Z tohoto základního scénáře vyplývá, že v roce 2025 by vozový park elektromobilů dosahoval 1,34 % z celkového počtu osobních automobilů. [10] akční plán čisté mobility k tomuto scénáři uvádí: „Dle očekávání se potvrzuje, že rozvoj elektromobility v ČR bude za zeměmi západní Evropy o několik let opožděn, nicméně je zřejmé, že zejména ekonomické parametry (zlepšující se výsledky TCO analýzy) povedou k větší penetraci vozidel na elektrický pohon i bez veřejné podpory. Srovnání s analogickými analýzami ukazuje, že vývoj v ČR je sice opožděn, nicméně se nijak nevymyká očekáváním v objemech penetrace vozidel na elektrický pohon v západních zemích (které nicméně v jednotlivých analýzách vykazují značnou variabilitu).“ (Národní akční plán čisté mobility, 2015, s. 33)

3.1.3.2 Scénáře s podporou

Mimo základního scénáře dále NAP CM uvažuje tři oblasti podpory ze strany státu, které by urychlily nástup elektromobility na trh a pomohly by jí tak překonat počáteční překážky. Po několika letech by následně došlo k utlumení podpory. Tyto oblasti jsou následující: [10]

a) Parkování.

Podpora této oblasti je založena na bezplatném parkování elektromobilů, kterým jsou zároveň rezervována parkovací místa v centrech velkých měst. Mimo to je dále uvažováno celodenní zpřístupnění jízdních pruhů určených pro autobusy a vozidla taxislužby. Hodnota této podpory byla vyhodnocena na 5 000 Kč/rok na řidiče EV. [10]

b) Podpora koncového zákazníka.

Subvence je založena na dorovnání TCO nákladů elektromobilitu na srovnatelnou úroveň s automobilem se spalovacím motorem. Při aktuální situaci je počáteční hodnota této podpory stanovena na 200 000 Kč na jeden prodaný elektromobil. Postupem času podpora klesne v souvislosti se snižováním rozdílu nákladů na pořízení elektromobilu a srovnatelného automobilu na konvenční pohon. [10]

c) Rozvoj infrastruktury dobíjecích stanic.

Podpora počítá s pomocí v rozvoji infrastruktury dobíjecích stanic a předpokládá při dostatečném množství dobíjecích stanic snížení obav řidičů z malého dojezdu a tedy rozvoj elektromobility. Vybudování dostatečné infrastruktury předpokládá výstavbu **500 – 1000 dobíjecích stanic** s odhadem nákladů 750 000 – 1 500 000 Kč na jednu rychlodobíjecí stanici. Výsledkem této podpory je, vlivem životnosti dobíjecích stanic, efekt podpory i v okamžiku, když již fakticky není tato oblast nadále financována. [10]

Na základě kombinací výše uvedených oblastí podpory byly definovány 4 možné scénáře nazvané Zapojení vlády I – IV. [10] Přehled scénářů, oblastí podpory, časového zapojení a finančních nákladů je uveden v následující tabulce.

Tabulka 6: Scénáře Zapojení vlády I – IV. [10]

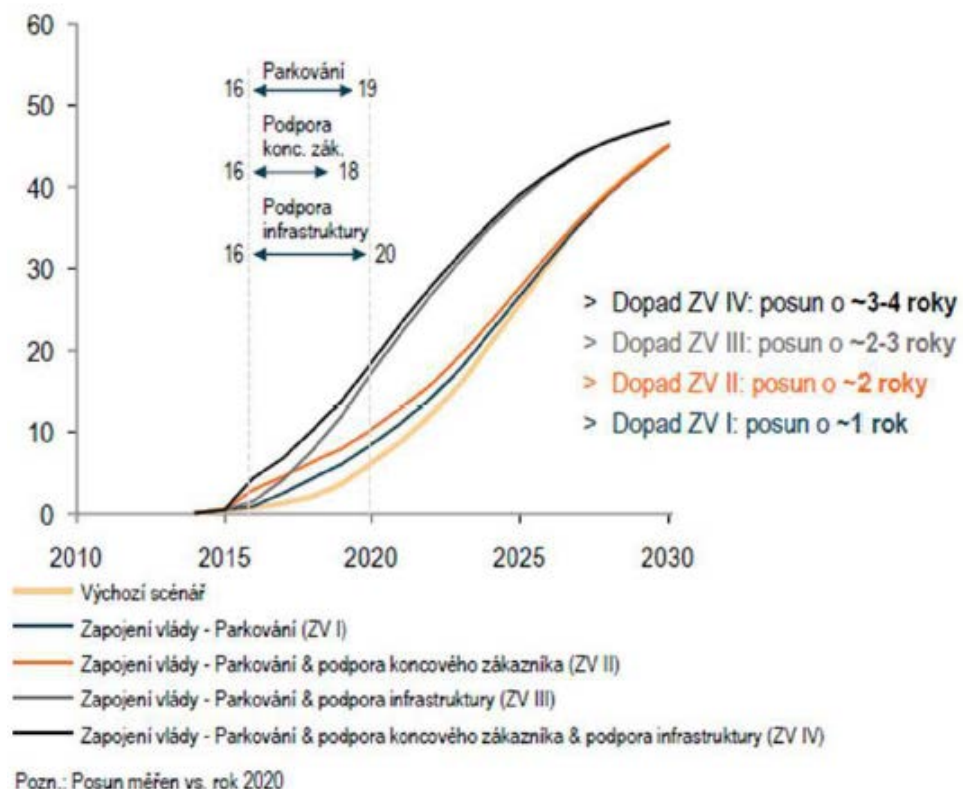
Název scénáře	oblasti podpory	období podpory	finanční kalkulace [mil. €]
Zapojení vlády I	parkování	2016 – 2019	5
Zapojení vlády II	parkování a podpora koncového zákazníka	parkování 2016 – 2019 zákazník 2016 – 2018	51
Zapojení vlády III	parkování a podpora rozvoje infrastruktury	parkování 2016 – 2019 infrastruktura 2016 – 2020	31
Zapojení vlády IV	parkování a podpora koncového zákazníka a podpora rozvoje infrastruktury	parkování 2016 – 2019 zákazník 2016 – 2018 infrastruktura 2016 – 2020	77

Přínos jednotlivých scénářů byl oproti základnímu scénáři vyhodnocen k roku 2020 následovně:

Tabulka 7: Vyhodnocení scénářů podpory k roku 2020.

název scénáře	podíl na ročním prodeji OA [%]	podíl na ročním prodeji OA [ks]
Základní scénář	2,9	6 200
Zapojení vlády I	3,9	8 400
Zapojení vlády II	4,8	10 200
Zapojení vlády III	8,0	17 200
Zapojení vlády IV	8,6	18 500

Grafické vyjádření přínosu jednotlivých scénářů na počty prodejů elektromobilů v průběhu let 2015 až 2030 bylo zpracováno do následujícího grafu.



Graf 7: Vyjádření prodejů EV (v tisících) v závislosti na scénářích podpory. [10]

Pro stanovení celkového počtu elektromobilů v průběhu jednotlivých let byl z výše uvedeného grafu proveden odhad ročních prodejů.

Tabulka 8: Porovnání celkového počtu elektromobilů při zapojení jednotlivých scénářů podpory.

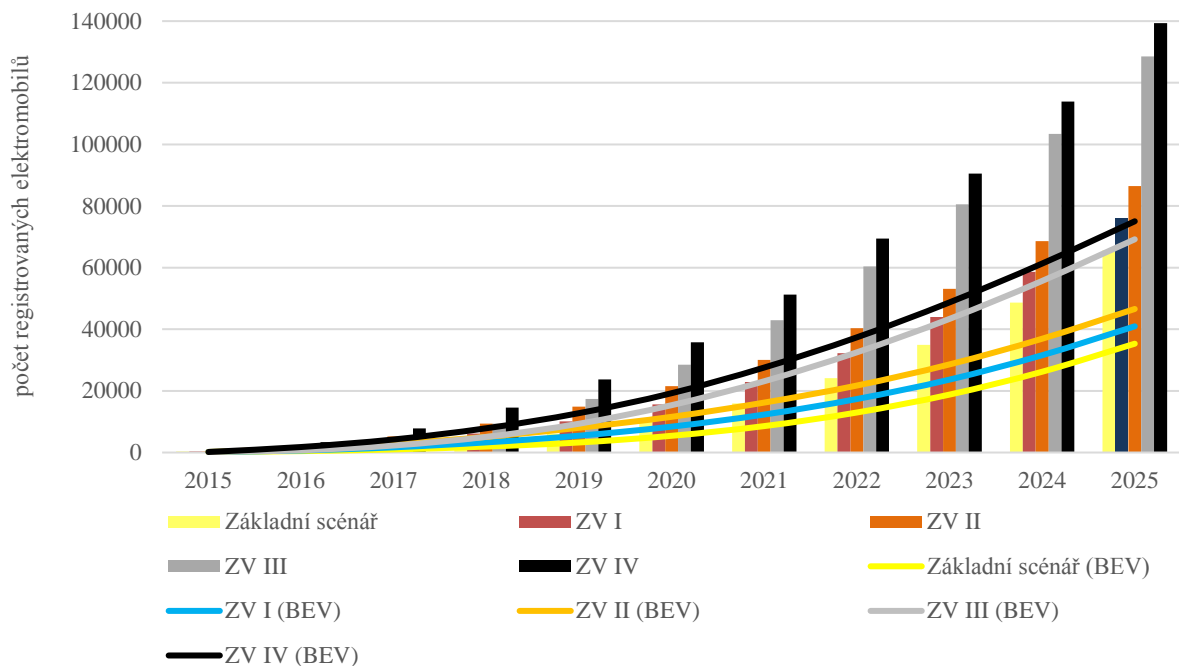
scénář rok	Základní scénář [ks]	ZV I [ks]	ZV II [ks]	ZV III [ks]	ZV IV [ks]
2015	500	500	500	500	500
2016	1 300	1 900	3 500	2 100	5 100
2017	2 900	4 800	8 100	6 500	12 100
2018	5 500	9 400	14 500	14 500	22 500
2019	9 300	15 600	22 900	26 700	36 500
2020	15 500	24 000	33 100	43 900	55 000
2021	24 500	35 200	46 300	66 100	78 800
2022	37 100	49 600	62 100	92 900	106 800
2023	53 700	67 600	81 700	123 900	139 200
2024	74 900	90 200	105 500	159 100	175 200
2025	100 900	117 000	133 100	197 700	214 400

Podíl čistých elektromobilů je dle grafu 6 odhadován na 35 %, což odpovídá následujícím celkovým počtům registrací BEV v jednotlivých letech.

Tabulka 9: Porovnání celkového počtu čistých elektromobilů při zapojení jednotlivých scénářů podpory.

scénář rok	Základní scénář [ks]	ZV I [ks]	ZV II [ks]	ZV III [ks]	ZV IV [ks]
2015	175	175	175	175	175
2016	455	665	1 225	735	1 785
2017	1 015	1 680	2 835	2 275	4 235
2018	1 925	3 290	5 075	5 075	7 875
2019	3 255	5 460	8 015	9 345	12 775
2020	5 425	8 400	11 585	15 365	19 250
2021	8 575	12 320	16 205	23 135	27 580
2022	12 985	17 360	21 735	32 515	37 380
2023	18 795	23 660	28 595	43 365	48 720
2024	26 215	31 570	36 925	55 685	61 320
2025	35 315	40 950	46 585	69 195	75 040

Grafické porovnání celkového počtu elektromobilů a rovněž celkového počtu čistých elektromobilů (BEV) při zapojení jednotlivých scénářů vypadá následovně.



Graf 8: Porovnání celkového počtu EV a BEV při zapojení jednotlivých scénářů.

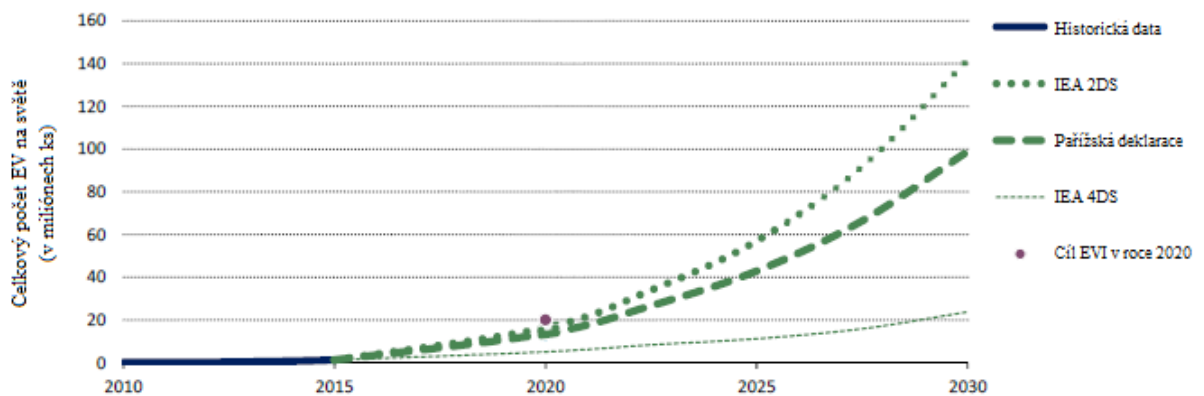
Z jednotlivých scénářů vyplývá, že v roce 2025 by počet elektromobilů měl dosahovat z celkového počtu osobních automobilů:

- 1,42 % v případě základního scénáře,
- 1,65 % při aplikaci scénáře Zapojení vlády I,
- 1,87 % pokud by byl použit scénář Zapojení vlády II,
- 2,78 % při scénáři Zapojení vlády III
- a 3,02 % v případě scénáře Zapojení vlády IV.

3.1.4 Vývoj dle Global EV Outlooku 2016

Predikce vývoje elektromobility uvedená v Global EV Outlooku 2016 vychází především z Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu, která byla zmíněna již v úvodu kapitoly a dle níž bylo přijato za cíl snížení emisí a růstu průměrné globální teploty pod 2 °C. Na tomto snížení emisí a růstu teploty se musejí z části podílet i elektromobily, a to nemalou měrou, jak je vidět z grafu 1. Ten udává 18% podíl dopravy na snížení emisí oproti současnému stavu, aby byl naplněn scénář 2DS. Dle tohoto scénáře stanovila Mezinárodní energetická agentura (IEA) počet elektromobilů v roce 2020 na cca 18 milionů, v roce 2025 na přibližně 60 milionů a v roce 2030 na 140 milionů, což by mělo činit 10% podíl z celkového počtu automobilů

na světě. V rámci UNFCCC přijaté pařížskou deklarací je cílem přibližně 16 milionů EV v roce 2020, 40 milionů elektromobilů v roce 2025 a 100 milionů elektromobilů v roce 2030, tedy méně, než udává 2DS scénář IEA, přestože by oba scénáře měly vést ke stejnému cíli. Pro srovnání – dle EVI (multi-vládního politického fóra), založeného v roce 2009 v rámci Ministerstva pro čistou energii (CEM) na podporu zavádění elektromobilů po celém světě, bylo, pro porovnání, stanoveno za cíl 20 milionů EV (podíl 1,7 %) v roce 2020. Poněkud mírnější je scénář 4DS IEA, který udává počet elektromobilů v jednotlivých letech potřebný k poklesu růstu průměrné globální teploty pod 4 °C. Dle něj by se počet EV měl pohybovat okolo 5 milionů v roce 2020, kolem 10 milionů v roce 2025 a v rozmezí 22 – 23 milionů v roce 2030. Porovnání výše zmíněných scénářů jednotlivých organizací je zobrazeno na tomto grafu:



Graf 9: Grafické vyjádření počtu EV dle jednotlivých scénářů. [11]

Aplikace výše zmíněného scénáře světového rozvoje elektromobility IEA 2DS na ČR by při 10% podílu elektromobilů mezi osobními automobily v roce 2030 znamenala 710 tisíc registrovaných EV. Vzhledem k mnoha možným faktorům, které do vývoje mohou zasáhnout, nelze říci, že takový počet elektromobilů je nereálný, ale lze považovat za nepravděpodobný. Výše uvedené scénáře totiž vycházejí ze zcela jiné výchozí situace, a to proto, že rozvoj elektromobility ve světě je o mnoho dále a také o několik let napřed než v České republice.

Tabulka 10: Celkový počet elektromobilů ve světě v průběhu jednotlivých let.

scénář rok	počet registrovaných EV (z toho BEV) [mil. ks]	meziroční navýšení EV [%]
2005	1,67 (1,67)	---
2006	1,78 (1,78)	6,6
2007	1,79 (1,79)	0,6
2008	4,04 (4,04)	125,7
2009	5,89 (5089)	45,8
2010	12,48 (12,13)	111,9
2011	60,65 (51,33)	386
2012	179,22 (109,26)	195,5
2013	383,09 (221,52)	113,8
2014	706,77 (411,09)	84,5
2015	1256,91 (739,81)	77,8

3.2 Dlouhodobý vývoj elektromobility (do roku 2050)

Analýza vývoje elektromobility do roku 2050 je, vzhledem k mnoha možným faktorům, které by mohly její vývoj ovlivnit, velmi náročná. S větší časovou odchylkou od současnosti může jakákoliv menší odlišnost ovlivňující predikci vývoje jeho charakter natolik zkreslit, že výsledky mohou být naprosto znehodnoceny. Pravděpodobně i proto je rozvoj elektromobility po roce 2030 v Národním akčním plánu čisté mobility zcela vynechán a v Global EV Outlook 2016 je zmíněn jen velmi střídavě. U obou dokumentů je v závislosti na možném krátkodobém vývoji elektromobility počítáno s jejich revizí. Autoři dokumentů jsou si vědomi možných odlišností od současných predikcí rozvoje a považují jejich aktualizaci za důležitou, a to nejen pro zpřesnění krátkodobého vývoje elektromobility, kterým se převážně zabývají, ale i pro udržení reálného odhadu dlouhodobějších vizí.

Pro potřeby predikce dlouhodobého vývoje elektromobility je nezbytné připomenout, že po roce 2025 je počítáno s ustálením počtu OA, ke kterému dojde dle [15] v letech 2020-2025. Po roce 2025 (viz začátek kapitoly 3) by měl být počet OA 7 100 291 kusů. Nadále nebude docházet k nárůstu počtu vozů, pouze k jejich obměně. Lze předpokládat, že bude větší podíl obměny elektromobilů mezi sebou, nežli s automobily se spalovacími motory (ICE). Pravděpodobně dojde k nárůstu počtu čistých elektromobilů (BEV), které budou nahrazovat hybridní automobily (PHEV). U PHEV lze očekávat nárůst počtu na úkor automobilů s ICE. Podíl BEV vůči PHEV se vlivem tohoto předpokladu bude zvyšovat.

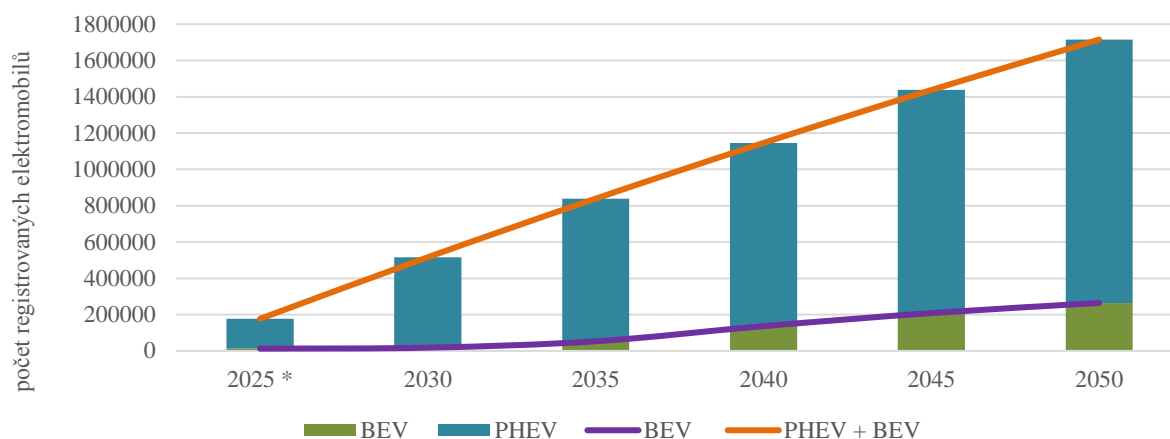
3.2.1 Scénář Symfonie

Pro scénář Symfonie bylo při krátkodobém vývoji do roku 2025 na jeho konci stanoveno množství elektromobilů na 176 935 (2,5 % z OA), z toho 12 385 BEV (0,2 % z OA). Celkový podíl EV na prodejkách v konečném roce 2025, kdy došlo k navýšení OA o 217 159 vozů, byl stanoven na 50 848 elektromobilů (23,4 %), z toho 2 298 BEV (1 %). Dle NAP CM je očekávána životnost EV přibližně na 8 let. U automobilů s ICE lze naopak předpokládat větší stáří vozového parku, a tedy jeho méně častou odměnu. Vzhledem k mnoha proměnným je možno omezit pro zjednodušení výpočtu průměrnou životnost vozidla na 10 let. Dále je předpokládáno rovnoměrné rozdělení obnovy vozového parku automobilů s ICE, což znamená, že ročně dojde k obnovení 10 % těchto vozů, z čehož desetina vozů bude nahrazena elektromobily. U EV je předpokládána plná náhrada vozů na konci životnosti elektromobily, přičemž je předpokládána změna čtvrtiny hybridních vozidel na čisté elektromobily. Vyčíslení počtu elektromobilů, z toho počtu BEV a podílu EV a BEV na trhu s OA, je uvedeno v pětiletých intervalech v tabulce č. 11 a v grafu č. 10.

Tabulka 11: Průběh scénáře Symfonie po pěti letech v rozmezí roků 2025 – 2050.

rok \ scénář	počet registrovaných EV (z toho BEV) [ks]	podíl z počtu OA (z toho BEV) [%]
2025 *	176 935 (12 385)	2,5 (0,2)
2030	516 248 (17 954)	7,3 (0,3)
2035	838 931 (52 969)	11,8 (0,7)
2040	1 145 800 (136 405)	16,1 (1,9)
2045	1 437 629 (208 322)	20,2 (2,9)
2050	1 715 156 (264 180)	24,2 (3,7)

* Výchozí stav z konce krátkodobé predikce scénáře Symfonie.



Graf 10: Průběh scénáře Symfonie po pěti letech v rozmezí roků 2025 – 2050.

* Výchozí stav z konce krátkodobé predikce scénáře Symfonie.

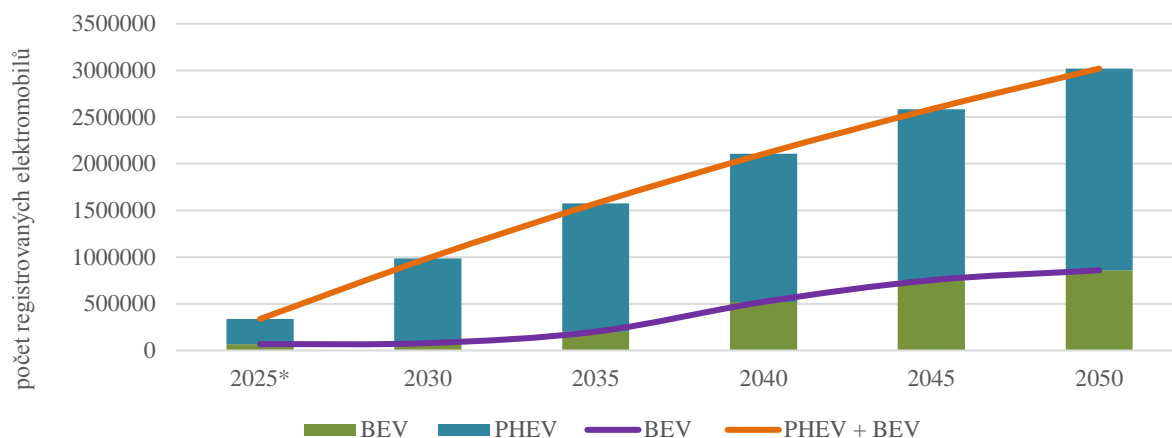
3.2.2 Scénář Jazz

Pro scénář Jazz bylo při krátkodobém vývoji do roku 2025 bylo stanoveno množství elektromobilů na konci období 337 595 (4,75 % z OA), z toho 67 519 BEV (1 % z OA). Celkový podíl EV na prodeji v konečném roce 2025 byl stanoven na 128 039 elektromobilů (59 % z prodejů OA), z toho 25 608 čistých elektromobilů (11,8 % z prodejů OA). Pro potřeby další predikce je počítáno s desetiletou životností vozů a každoroční 10% obnovou automobilů s ICE, stejně jako u scénáře Symfonie. Jelikož je tento scénář pro vývoj elektromobility optimističtější, je dále počítáno u pětiny vozidel se spalovacím motorem s jejich nahrazením elektromobily. V případě PHEV je pak počítáno, že polovina z obměňovaných vozů bude nahrazena opět PHEV a polovina BEV. Vyčíslení počtu elektromobilů, z toho počtu BEV a podílu EV a BEV na trhu s OA je uvedeno v pětiletých intervalech v tabulce č. 12 a v grafu č. 11.

Tabulka 12: Průběh scénáře Jazz po pěti letech v rozmezí roků 2025 – 2050.

rok \ scénář	počet registrovaných EV (z toho BEV) [ks]	podíl z počtu OA (z toho BEV) [%]
2025 *	337 595 (67 519)	4,8 (1,0)
2030	987 350 (78 817)	13,9 (1,1)
2035	1 574 677 (201 410)	22,2 (2,8)
2040	2 105 573 (520 639)	29,7 (7,3)
2045	2 585 461 (753 006)	36,4 (10,6)
2050	3 019 243 (858 939)	42,5 (12,1)

* Výchozí stav z konce krátkodobé predikce scénáře Jazz.

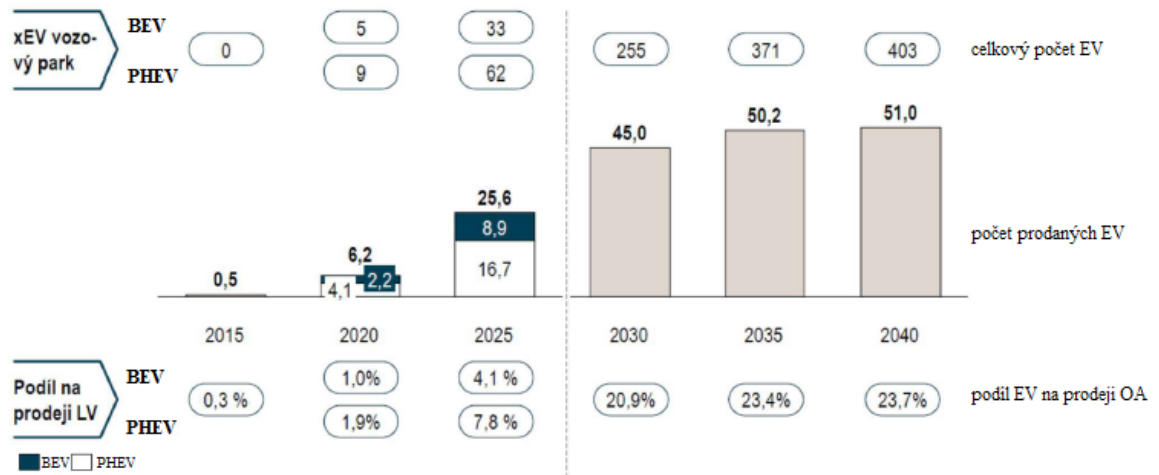


Graf 11: Průběh scénáře Jazz po pěti letech v rozmezí roků 2025 – 2050.

* Výchozí stav z konce krátkodobé predikce scénáře Jazz.

3.2.3 Scénáře NAP CM

Predikce Národního akčního plánu končí obvykle rokem 2030, o dlouhodobém vývoji elektromobility se tak tento dokument prakticky nezmiňuje. Jedinou výjimkou je graf rozvoje elektromobility Základního scénáře, který je rozšířen až do roku 2040 a jehož část byla vyobrazena již v grafu č. 6.



Graf 12: Základní scénář rozvoje elektromobility v ČR, tisíce ks vozidel. [10]

Z grafů č. 7 a 12 lze odhadnout počty elektromobilů v letech 2030 až 2050 i pro scénáře Zapojení vlády I-IV. Jelikož není v těchto letech u Základního scénáře dále odhadován podíl vozidel s hybridním pohonem a čistých elektromobilů, bude dále orientačně vycházeno z 35% podílu BEV z celkového počtu EV.

Vyčíslení celkového počtu elektromobilů v průběhu let je uvedeno pro jednotlivé scénáře v pětiletých intervalech v tabulce č. 13, počet čistých elektromobilů pro jednotlivé scénáře ve stejném intervalu pak v tabulce č. 14.

Tabulka 13: Počet EV Základního scénáře a scénářů Zapojení vlády po pěti letech v rozmezí let 2025 – 2050.

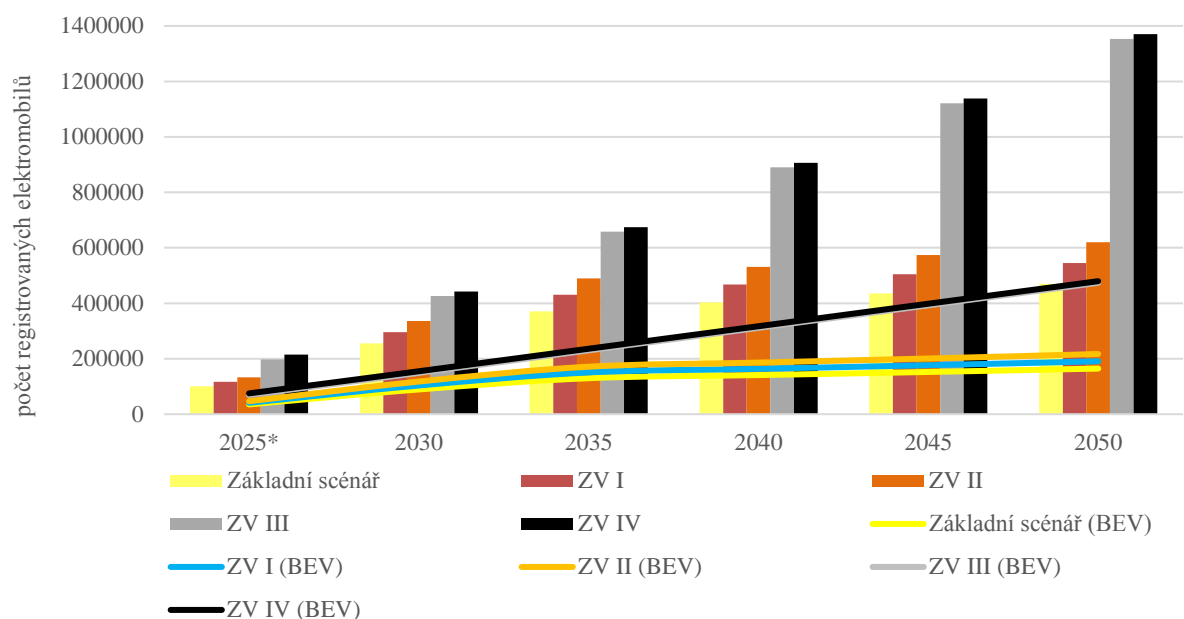
scénář rok	Základní scénář [ks]	ZV I [ks]	ZV II [ks]	ZV III [ks]	ZV IV [ks]
2025 *	100 900	117 000	133 100	197 700	214 400
2030	255 000	295 689	336 378	425 699	442 399
2035	371 000	430 199	489 397	657 651	674 351
2040	403 000	467 305	531 609	889 603	906 303
2045	435 000	504 411	573 821	1 121 555	1 138 255
2050	470 000	544 996	619 991	1 353 507	1 370 207

* Počet EV je převzat z odhadovaných počtů z tabulky č. 8, což je důvod, proč dochází u Základního scénáře oproti grafu č. 12 k odchylce cca 5 tisíc elektromobilů.

Tabulka 14: Počet BEV Základního scénáře a scénářů Zapojení vlády po pěti letech v rozmezí let 2025 – 2050.

scénář rok	Základní scénář [ks]	ZV I [ks]	ZV II [ks]	ZV III [ks]	ZV IV [ks]
2025*	35 315	40 950	46 585	69 195	75 040
2030	89 250	103 491	117 732	148 995	154 840
2035	129 850	150 570	171 289	230 178	236 023
2040	141 050	163 557	186 063	311 361	317 206
2045	152 250	176 544	200 837	392 544	398 389
2050	164 500	190 749	216 997	473 727	479 572

* Počet BEV je převzat z odhadovaných počtů z tabulky č. 9, což je důvod, proč dochází u Základního scénáře oproti grafu č. 12 k odchylce cca 2 tisíc BEV.



Graf 13: Porovnání celkového počtu EV/BEV při zapojení scénářů v rozmezí let 2025 – 2050.

Z průběhu hodnot jednotlivých let při zapojení scénářů dle NAP CM je možné pozorovat, že zatímco Základní scénář a scénáře Zapojení vlády I a II jsou v letech 2040 – 2050 výrazně utlumeny, scénáře Zapojení vlády III a IV tento trend nerespektují. Tento rozdíl je způsoben odhadem, kdy první dva scénáře s vládní podporou jsou dle grafu č. 7 svázány se Základním scénářem, u něhož přírůst počtu EV v posledních deseti letech prudce klesá (možné pozorovat z grafu č. 13), zatímco u dalších dvou scénářů je vycházeno pouze z průběhů grafu č. 7, které udávají roční prodejnost v roce 2030 okolo 45 tisíc elektromobilů, tedy 225 tisíc EV za 5 let.

Z odhadů jednotlivých scénářů plyne, že v roce 2050 by počet elektromobilů mohl dosahovat:

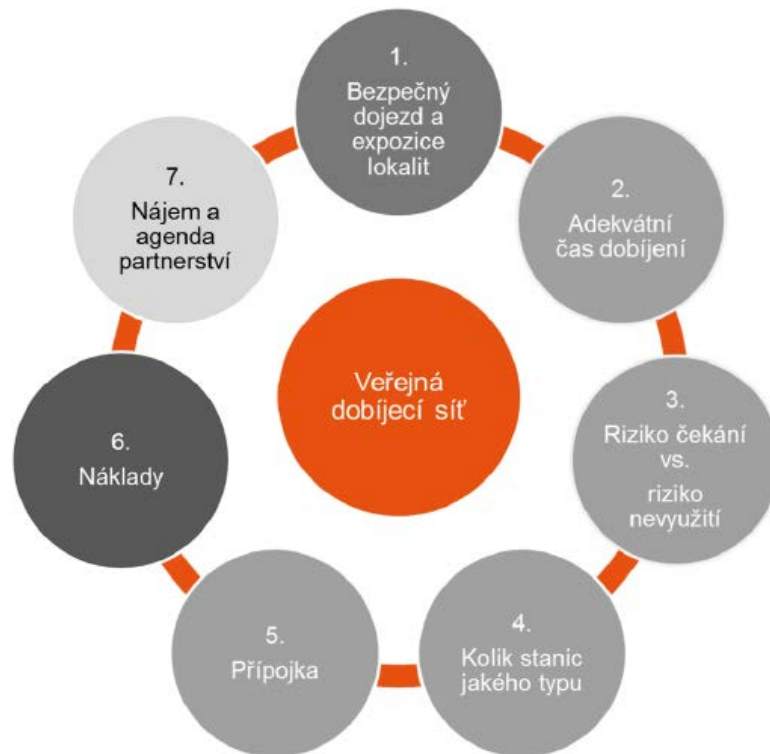
- 6,6 % osobních automobilů v případě Základního scénáře,
- 7,7 % při scénáři Zapojení vlády I,
- 8,7 % při Zapojení vlády II,
- 19,1 % osobních vozů v případě Zapojení vlády III
- a 19,3 % pokud by byl aplikován scénář Zapojení vlády IV.

3.2.4 Predikce dle Global EV Outlook 2016

Predikce uvedená v Global EV Outlooku 2016 je držena v pokračování trendu 2DS scénáře, dle něhož je odhadováno či spíše cíleno v roce 2025 na přibližně 60 miliónů EV a v roce 2030 na 140 milionů elektromobilů (10 % osobních automobilů). V roce 2050 by se dle IEA 2DS měl počet EV dostat až na hodnotu přibližně 900 miliónů elektromobilů, tedy cca 40 % celosvětového podílu osobních automobilů, což znamená výrazné urychlení růstu počtu EV v posledních 20 letech. Jak bylo ukázáno na předešlých scénářích, je pro ČR tento scénář nikoliv nereálný, ale spíše nepravděpodobný, neboť rozvoj elektromobility je zde pomalejší a o několik let zaostává za světovým trendem.

3.3 Vývoj infrastruktury

Vývoj infrastruktury dobíjecích stanic by měl zohledňovat aktuální počet elektromobilů a dle NAP CM předbíhat počtem dobíjecích stanic počet elektromobilů, konkrétně BEV. Stanovení optimálního počtu a rozmístění veřejných dobíjecích stanic je poměrně složitým úkolem, při němž je zapotřebí zohlednit několik faktorů, které lze shrnout následujícím obrázkem. [10]



Obrázek 4: Faktory, které je nutné uvažovat při strategii rozvoje infrastruktury dobíjecích stanic. [10]

Dále je nezbytné vzít v úvahu směrnici 2014/94/EU, která v odstavci 23 mimo jiné uvádí: „Členské státy by měly zajistit, aby veřejně přístupné dobíjecí stanice byly budovány s příslušným pokrytím, s cílem umožnit elektrickým vozidlům, aby mohla být provozována alespoň v městských a příměstských aglomeracích a v jiných hustě obydlených oblastech a případně v sítích určených členskými státy. Je třeba stanovit počet těchto dobíjecích stanic při zohlednění odhadovaného počtu elektrických vozidel registrovaných v každém členském státě na konci roku 2020. Orientačně by se měl odpovídající průměrný počet dobíjecích stanic rovnat alespoň jedné dobíjecí stanici na 10 automobilů, a to při zohlednění také typu automobilů, technologie dobíjení a dostupných soukromých dobíjecích stanic.“ [24]

Národní akční plán čisté mobility v otázce infrastruktury přepokládá mírně vyšší počet EV, než je k roku 2020 uvažován dle Základního scénáře (viz kapitolu 3.1.3.1), konkrétně 17 tisíc elektromobilů, z čehož 11 tisíc připadá na HEV, zbytek na BEV. Pro tento počet EV je NAP uvažováno 1 300 veřejných dobíjecích bodů (přípojek). Z toho 500 odpovídá vysoce výkonným stejnosměrným dobíjecím bodům rozmístěným v rámci páteřní sítě dobíjecích stanic vymezených, dle požadavku článku 3 výše zmíněné směrnice Evropské unie, obrázkem č. Obrázek 5. Zbývajících 800 dobíjecích bodů je uvažováno pro doplnění páteřní sítě, a to běžnými dobíjecími body střídavého, případně stejnosměrného dobíjení. [10]



Obrázek 5: Vyznačení páteřní infrastruktury dobíjecích bodů na mapě silniční a dálniční sítě ČR.

Vzhledem k uvažovanému počtu HEV/BEV a k evropské směrnici se zdá být množství dobíjecích bodů dle NAP CM zcela dostačující. Zohledněním tohoto počtu dobíjecích bodů i vůči ostatním scénářům dostáváme množství dobíjecích bodů uvedené v tabulce 15. Předpokladem je jeden dobíjecí bod na 8 BEV a jeden na 20 HEV. Lze očekávat, že majitelé vozů s hybridním pohonem nebudou dobíjecí body využívat v takové míře, jako majitelé čistých elektromobilů.

Tabulka 15: Optimální počet dobíjecích bodů v závislosti na počtu EV dle predikcí rozvoje elektromobility podle jednotlivých scénářů.

scénář rok	Symfonie [ks]	Jazz [ks]	Základní scénář [ks]	ZV I [ks]	ZV II [ks]	ZV III [ks]	ZV IV [ks]
2017	476	484	221	366	618	496	923
2018	732	779	419	717	1 106	1 106	1 716
2019	1 107	1 255	709	1 190	1 746	2 036	2 783
2020	1 642	2 022	1 182	1 830	2 524	3 347	4 194
2021	2 424	3 258	1 868	2 684	3 530	5 040	6 009
2022	3 518	5 248	2 829	3 782	4 735	7 084	8 144
2023	5 023	8 455	4 095	5 155	6 230	9 447	10 614
2024	7 061	13 621	5 711	6 878	8 044	12 131	13 359
2025	9 776	21 944	7 694	8 921	10 149	15 075	16 348
2030	27 159	55 279	19 444	22 546	25 649	32 460	33 733
2035	45 919	93 840	28 289	32 803	37 317	50 146	51 419
2040	67 520	144 327	30 729	35 632	40 535	67 832	69 106
2045	87 506	185 748	33 169	38 461	43 754	85 519	86 792
2050	105 571	215 375	35 838	41 556	47 274	103 205	104 478

Jakkoliv se mohou zdát počty dobíjecích bodů vysoké, s rozvojem elektromobility bude pravděpodobně docházet k jejich akumulaci na jednom místě, tedy v rámci jedné dobíjecí stanice. Je možné navíc očekávat, že se tato akumulace zvláště projeví v rámci páteřní infrastruktury a dále v místech, kde lze očekávat dlouhodobě (v řádu hodin) větší koncentraci lidí. Mezi taková místa patří např. kulturní či obchodní centra, parkovací domy či jiná místa s velkými parkovišti. V těchto lokalitách by měl počet dobíjecích bodů zohledňovat množství parkovacích míst s přihlédnutím k rozvoji elektromobility a také k času dobíjení. Zda budou dobíjecí místa vzhledem ke svému počtu optimálně využívána, je v tuto chvíli těžké říct, neboť elektromobilita ani infrastruktura u nás není natolik rozvinutá, aby bylo možné vycházet z nějakých současných statistických dat. Zda bude ekonomický výše stanovený optimální rozvoj infrastruktury, který vychází z předpokladů Národního akčního plánu čisté mobility a evropské směrnice, ukáže pravděpodobně až další vývoj situace v ČR. V současnosti se rozvoj infrastruktury spíše nevyplácí, vlivem vysokých nákladů na zbudování dobíjecích stanic a stádiem trhu s elektromobilitou. Náklady na zbudování dobíjecí stanice dosahují dle NAP 750 000 Kč až 1 500 000 Kč a jejich návratnost je, jak uvádí [28], za současných podmínek okolo 10 let.

Rozmístění konkrétních typů dobíjecích bodů je optimální volit dle následujícího rozdělení:

Tabulka 16: Rozdělení dobíjecích bodů v závislosti na lokalitě. [28]

Typová lokalita	Hlavní tahy, klíčové městské lokality	Nákupní centra, parkoviště	P+R, dlouhodobá parkování
Účel	Dobíjení		Parkování
Adekvátní čas dobíjení	<30 min	<2 hodiny	<8 hodin
Dobíjecí stanice (výkon)	22-100 kW	10-22 kW	< 10 kW
Přípojka	Distribuční síť / spotřeb. síť	LDS / spotřeb. síť	LDS / spotřeb. síť
Kapacita přípojky	250A/ 400V	64A/400V	64A /400V

Rychlodobíjecí stanice (DC)
Normální dobíjecí stanice (AC i DC))

3.3.1 Příklad infrastruktury

Jako příkladová studie je proveden následující návrh infrastruktury v Plzni. Demonstruje optimální síť dobíjecích bodů v roce 205 při rozvoji elektromobility dle Základního scénáře.

Jako výchozí předpoklady jsou použity následující údaje (k roku 2025):

počet obyvatel v Plzni.....	175 000
počet osobních automobilů v Plzni.....	117 772
z toho počet EV	1 660
z toho HEV/BEV	1 079/581

Uvedenému počtu elektromobilů odpovídá podle dříve zmíněného poměru dobíjecích bodů (jeden na 20 HEV, jeden na 8 BEV) celkem **127 přípojek**.

Jako místa s velkou koncentrací lidí byly definovány **OC Olympia** s 1 865 parkovacími místy, **OC Rokycanská** s 1 110 parkovacími místy a **OC Plaza** s 650 parkovacími místy. Zde by měl vzniknout dostatek dobíjecích bodů odpovídající poměru elektromobilů k celkovému možnému počtu zaparkovaných vozidel. Další dobíjecí body by bylo vhodné umístit k čerpacím stanicím. Zbylé přípojky by měly rovnoměrně pokrývat menší parkovací plochy (možno počítat s menším než 100% vytížením parkoviště) jako například parkoviště u zoologické zahrady či univerzitní parkoviště u elektrotechnické fakulty Západočeské univerzity (228 parkovacích míst).

U čerpacích stanic je vhodné uvažovat pouze vysokovýkonné rychlodobíjecí přípojné body, zatímco u obchodních center si lze (vzhledem k času, který zde lidé stráví) dovolit umístit mimo rychlodobíjecích stanic i standardní dobíjecí body. V případě vysokovýkonných dobíjecích stanic je navíc možné uvažovat možnost jejich rozšíření připojením dvou vozidel současně. V takovém případě by se z rychlodobíjecí stanice staly dva standardní dobíjecí body. Počet dobíjecích bodů by tak pro případ potřeby byl reálně o něco vyšší. Počet vysokovýkonných dobíjecích bodů stanovme vůči standardním dobíjecím přípojkám v poměru 1:2. Obdobně je možné řešit i ostatní přípojky.

Tabulka 17: Návrh rozmístění a počtu dobíjecích bodů v Plzni.

lokality	počet dobíjecích bodů (z toho vysokovýkonných)
čerpací stanice (25 stanic po 2 přípojkách)	50 (50)
OC Olympia	26 (9)
OC Rokycanská	16 (5)
OC Plaza	9 (3)
ostatní	26
CELKEM	127 (67)

Definované rozložení přípojných bodů zároveň odpovídá poměru dle NAP, kde je počet dobíjecích bodů páteřní infrastruktury k množství bodů doplňkové infrastruktury stanoven podílem 5:8. V návrhu výše odpovídá rozmístění rychlodobíjecích bodů v rámci čerpacích stanic páteřní infrastruktury, zbylé přípojné body pokrývají doplňkovou infrastrukturu.

Zhodnocení technické realizovatelnosti navržené infrastruktury dobíjecích bodů ve vztahu k energetické soustavě, především k distribuční síti, je provedeno v kapitole 4.1.4.

4 Důsledky elektromobility

V okamžiku, kdy je známá predikce vývoje elektromobility, je možné provést vyhodnocení dopadů jejího rozvoje v závislosti na vizích udávajících směr, kterým se bude elektromobilita ubírat. Důležitými odvětvími, na která má elektromobilita vliv a u nichž bude s rozvojem elektromobility dopad na odvětví intenzivnější, jsou energetika a ekologie, která s energetikou úzce souvisí. Zmíněna bude také ekonomická bilance elektromobility.

4.1 Důsledky elektromobility v energetickém průmyslu

Pro potřeby vyhodnocení energetické bilance se zapojením elektromobility je níže uvedena tabulka s daty netto výroby a spotřeby elektřiny, dále množství exportované elektřiny a také množství ztrát v přenosové a distribuční soustavě (přibližně v poměru 1:3), včetně jejich procentuálního vyjádření na vyrobené elektřině, to vše v průběhu posledních 10 let.

Tabulka 18: Bilance toků elektřiny v ČR v průběhu posledních 10 let.

rok	Výroba elektřiny * [GWh]	Spotřeba elektřiny * [GWh]	Export elektřiny [GWh]	ztráty PS+DS [GWh]	ztráty PS+DS [%]
2007	81 411,9	59 751,9	16 153,0	4 914,5	6,04
2008	77 084,6	60 477,7	11 468,6	4 661,8	6,05
2009	75 990,0	57 111,7	13 643,8	4 487,4	5,91
2010	79 464,6	59 255,2	14 948,4	4 466,5	5,62
2011	81 027,5	58 634,3	17 044,0	4 404,8	5,44
2012	81 088,4	58 798,6	17 120,1	4 187,2	5,16
2013	80 858,2	58 656,3	16 887,1	4 097,7	5,07
2014	79 885,9	58 295,3	16 300,1	3 846,6	4,82
2015	77 881,4	59 280,3	12 515,5	4 067,0	5,22
2016	77 411,8	60 881,4	10 974,4	4 080,1	5,27
PRŮMĚR	79 210,4	59 114,3	14 705,5	3 936,7	5,46

* Výroba i spotřeba elektřiny jsou uvedeny bez započítání vlastní spotřeby elektráren a jejich ztrát.

4.1.1 Spotřeba energie elektromobilu

Aby bylo možné stanovit dopad rozvoje elektromobility na energetický průmysl, a to nejen na výrobu elektrické energie i na přenosovou a distribuční síť, je nezbytné spočítat přibližnou spotřebu elektromobilu, včetně započtených ztrát ve vedení a při dobíjení. Následně je možné stanovit odhad potřebného výkonu pro jednotlivé scénáře elektromobility a teprve poté vyhodnotit dopady na přenosovou a distribuční síť.

4.1.1.1 Energie potřebná pro nabití 1 kWh

Účinnost dobíjení elektromobilů se mění v závislosti na vozu a typu použité baterie. Pro nikel-metal hydridové akumulátory je uváděna účinnost 66 %, u nikel-kadmiových akumulátorů 66-90 %, u lithium-iontových baterií 80-95 %. V průměru je pak uváděna **účinnost 80,5 %**, což odpovídá i testům prováděným měřením ze sítě odebrané energie při dobíjení baterie elektromobilu.

Započítáním průměrné účinnosti dobíjení $\eta = 80,5 \%$ vychází na 1 dobitou kilowatthodinu energie odebraná ze sítě takto:

$$P_S = P_D \cdot \frac{100}{\eta} = 1 \cdot \frac{100}{80,5} \cong 1,24 \text{ kWh}, \quad (1)$$

kde P_S je energie odebraná z ES [kWh]

a P_D je energie nabitá do baterie elektromobilu [kWh].

K této energii je dále nezbytné připočíst ztráty energie v přenosové a distribuční soustavě, které činí za posledních 10 let (viz tabulku č. 18) v průměru 5,46 %, čímž vyjde výkon vyrobený na jednu nabitou kilowatthodinu:

$$P_V = P_S \cdot \left(1 + \frac{\Delta P_{Z\%}}{100}\right) \cong 1,24 \cdot \left(1 + \frac{5,46}{100}\right) \cong 1,31 \text{ kWh}, \quad (2)$$

kde P_V je energie dodaná elektrárnou do ES [kWh]

a $\Delta P_{Z\%}$ je procento ztrát elektrické energie v přenosové a distribuční soustavě.

Pro nabití 1 kWh je tedy nutné vyrobit o 0,31 kWh více. Koeficient mezi nabitou a vyrobenou kilowatthodinou činí 1,31.

4.1.1.2 Průměrná energie potřebná pro nájezd 1 km

Při započítání výše vypočteného násobku zohledňujícího výrobu elektřiny potřebnou pro nabití 1kWh baterie elektromobilu a průměrné spotřeby vozidla, která u BEV uvedených v tabulce 2 činí 13,075 kWh na 100 kilometrů, vychází celková spotřeba elektřiny na 1 kilometr:

$$P_{V1km} = \frac{P_{S100km}}{100} \cdot k_{V1kWh} = \frac{13,075}{100} * 1,31 \cong 0,1713 \text{ kWh/km}, \quad (3)$$

kde P_{V1km} je energie dodaná do ES na 1 km jízdy elektromobilu [kWh/km],

P_{S100km} je energie elektromobilu potřebná na 100 km [kWh]

a k_{V1kWh} je koeficient převodu mezi nabitou a dodanou elektřinou do ES.

4.1.1.3 Energie potřebná pro roční nájezd

Propočet vyrobené energie potřebné pro elektromobil na jeden rok je závislý na průměrném ročním nájezdu OA. Obvykle se počítá s ročním nájezdem osobního automobilu 15 000 kilometrů. Dle [72], kde jsou uvedeny statistiky vycházející z průzkumů německého Check24 připadá na jeden OA 12 000 km, jedná se však o soukromé automobily, u firemních vozů se předpokládá vyšší roční nájezd. Roční vyrobená energie připadající na jeden elektromobil je počítána s prvně uvedeným nájezdem 15 tis. km:

$$P_{Vrok} = P_{V1km} \cdot 15\,000 \cong 0,1713 \cdot 15\,000 \cong 2\,569,36 \text{ kWh} \cong 2,57 \text{ MWh}, \quad (4)$$

kde P_{Vrok} je energie dodaná do ES na 15 000 km jízdy BEV [MWh].

Výše zmíněné výpočty se týkají čistých elektromobilů. V případě hybridních vozidel bude energetická spotřeba pravděpodobně odlišná. Dle charakteru HEV a jejich vlastností lze kalkulovat s tím, že takové vozidlo bude na elektřinu jezdit pouze ve městě. Očekávaný nájezd jednoho automobilu ve městě je udáván okolo 50 km týdně, což při přepočtu na rok (52 týdnů) vychází 2 600 km. Energie potřebná pro jedno vozidlo s hybridním pohonem bude tedy ročně (P_{Vrok_hybrid}):

$$P_{Vrok_hybrid} = P_{V1km} \cdot 2\,600 \cong 0,1713 \cdot 2\,600 \cong 445,36 \text{ kWh} \cong 0,445 \text{ MWh}, \quad (5)$$

kde P_{Vrok_hybrid} je energie dodaná do ES na 2 600 km jízdy HEV [MWh].

4.1.2 Krátkodobý vývoj elektromobility

Na základě výše uvedených výpočtů lze kalkulovat, že v roce 2016 byla celková energie dodaná do ES pro 4 609 elektromobilů, z toho 2 338 BEV:

$$P_{VE2016} = p_{HEV} \cdot P_{Vrok_hybrid} + p_{BEV} \cdot P_{Vrok} = 2271 \cdot 0,445 + 2338 \cdot 2,57 \cong \\ \cong 1\,010,595 + 6008,66 \cong 7\,019,255 \text{ MWh} \cong \mathbf{7,02 \text{ GWh}}, \quad (6)$$

kde P_{VE2016} je energie vyrobená (dodaná) do ES pro elektromobily v roce 2016 [GWh]

p_{HEV} je počet EV s hybridním pohonem

a p_{BEV} je počet EV s čistě elektrickým pohonem.

Spotřeba energie v přepočtu na vyrobenou energii v letech 2017 – 2025 je uvedena pro jednotlivé scénáře vývoje elektromobility v tabulce níže. Výpočty energie byly provedeny v závislosti na predikovaném počtu EV (BEV) jednotlivých scénářů dle vzorce (5).

Tabulka 19: Potřebná roční vyrobená energie pro EV v letech 2017 - 2025 dle predikcí jednotlivých scénářů.

scénář rok	Symfonie [GWh]	Jazz [GWh]	Základní scénář [GWh]	ZV I [GWh]	ZV II [GWh]	ZV III [GWh]	ZV IV [GWh]
2017	6,20	15,81	3,45	5,71	9,63	7,73	14,38
2018	9,27	25,47	6,54	11,17	17,24	17,24	26,75
2019	13,58	41,04	11,06	18,54	27,22	31,74	43,39
2020	19,48	66,11	18,43	28,53	39,35	52,19	65,38
2021	28,24	106,51	29,12	41,84	55,04	78,58	93,67
2022	40,22	171,58	44,10	58,96	73,82	110,43	126,96
2023	56,32	276,42	63,84	80,36	97,12	147,29	165,47
2024	77,54	445,31	89,04	107,23	125,41	189,13	208,27
2025	105,05	717,39	119,94	139,08	158,22	235,02	254,87

Největší potřeby energie dosahuje elektromobilita dle scénáře Jazz v roce 2025, a to 717,39 GWh na 337 595 EV. Z toho 270 076 automobilů připadá na vozidla s hybridním pohonem a 67 519 připadá na čisté elektromobily. Elektromobilita podle ostatních scénářů dosahuje maximálně třetinového požadovaného výkonu, přičemž nejoptimističtější scénář s vládní podporou je na hodnotě 254,87 GWh/rok.

Dle energetické bilance uvedené v tabulce 18 lze usuzovat, že do roku 2025 nebude mít elektromobilita na vytížení přenosové soustavy žádný významný vliv, neboť objem spotřeby

závislý na elektromobilitě nedosahuje ani čtvrtiny hodnot ročních ztrát v ES. Vzhledem k celkové spotřebované elektřině v roce 2016 znamená 717,39 GWh navýšení o 1,16 %. Vzhledem k tomu, že struktura ES se standardně dimenzuje na vyšší hodnoty, než které jsou očekávané (s rezervou 10 % - 20 % pro transformátory i podobnou rezervou pro vedení), lze potřebné výkony považovat v celkové spotřebě elektrické energie v ČR za téměř zanedbatelné. Z hlediska distribuční soustavy bude její zatížení závislé na lokálních podmínkách, především na výkonech a rezervách transformoven a vedení, dále na způsobu dobíjení elektromobilů (typu dobíjecího bodu), regulaci dobíjení a rovněž i uvědomění a ukázněnosti zákazníka. Bude-li zákazník většinou dobíjet elektromobil doma, v době levnějšího tarifu, optimálně přes noc a skrze běžnou zásuvku (ať již jednofázovou 230 V nebo třífázovou 400 V), nikoliv přes pro elektromobil zřízený domácí dobíjecí bod, lze očekávat, že distribuční soustava toto zatížení zvládne. Naopak by dobíjení v noci pomohlo k vyrovnání diagramu zatížení, který je v průběhu nočních hodin vytiženy nedostatečně. Pokud by si zákazník ke svému elektromobilu zároveň zřídil i výkonnější dobíjecí bod, mohlo by již dojít k přetížení DS a v takovém případě by bylo nezbytné distribuční soustavu posilovat. Možné přetížení je reálné uvažovat i v případě, kdy by dobíjení elektromobilů probíhalo v průběhu denní špičky. Tato situace je kvůli vyššímu tarifu méně pravděpodobná. Pokud nebudou hromadně vystavovány domácí dobíjecí body, zvládne distribuční soustava zatížení i bez regulace, protože výše popsaný scénář domácího dobíjení lze považovat za reálný.

4.1.3 Dlouhodobý vývoj elektromobility

Ačkoliv není vůbec jisté, jak si skutečný vývoj elektromobility povede do roku 2025, natož v letech 2025-2050, tabulka níže zobrazuje potencionální objemy potřebné energie pro počet elektromobilů dle dlouhodobějších predikcí jednotlivých scénářů. Výpočty výkonů byly provedeny v závislosti na predikovaném počtu EV (BEV) jednotlivých scénářů dle vzorce (5).

Tabulka 20: Potřebná roční vyrobená energie pro EV (v pětiletých intervalech) v letech 2030 - 2050 dle predikcí jednotlivých scénářů.

scénář rok	Symfonie [GWh]	Jazz [GWh]	Základní scénář [GWh]	ZV I [GWh]	ZV II [GWh]	ZV III [GWh]	ZV IV [GWh]
2030	267,88	606,86	303,13	351,50	399,87	506,05	525,90
2035	485,88	1 128,73	441,03	511,40	581,77	781,78	801,64
2040	799,74	2 043,34	479,07	555,51	631,95	1 057,52	1 077,37
2045	1 082,43	2 750,67	517,11	599,62	682,13	1 333,25	1 353,10
2050	1324,63	3 168,60	558,71	647,86	737,01	1 608,98	1 628,83

V případě nejhoršího scénáře (z pohledu dopadu na energetickou soustavu) vychází potřebný výkon pro elektromobilitu na téměř 3 169 GWh ročně, což v celkové spotřebě roku 2016 znamená navýšení o 5,2 %.

Podobně jako u krátkodobého vývoje elektromobility by i v tomto případě měly parametry energetické soustavy vyhovovat i přes vyšší požadovaný výkon. Dle Státní energetické koncepce počítáno do budoucna s vyššími odběry v odvětví dopravy, viz tabulku 21, a rovněž i s modernizací ES. Z hlediska distribuční soustavy bude její zatížení závislé opět na lokálních podmínkách, vzhledem k většímu objemu elektromobility lze očekávat větší riziko přetížení DS, která se pravděpodobně neobejde bez modernizace, posilování, případně bez regulace či ukázněnosti a uvědomění zákazníka. Nelze očekávat, že zmíněný 5,2% nárůst spotřeby by byl rozložen rovnoměrně.

Tabulka 21: Očekávaný potřebný elektrický výkon v dopravě dle [15].

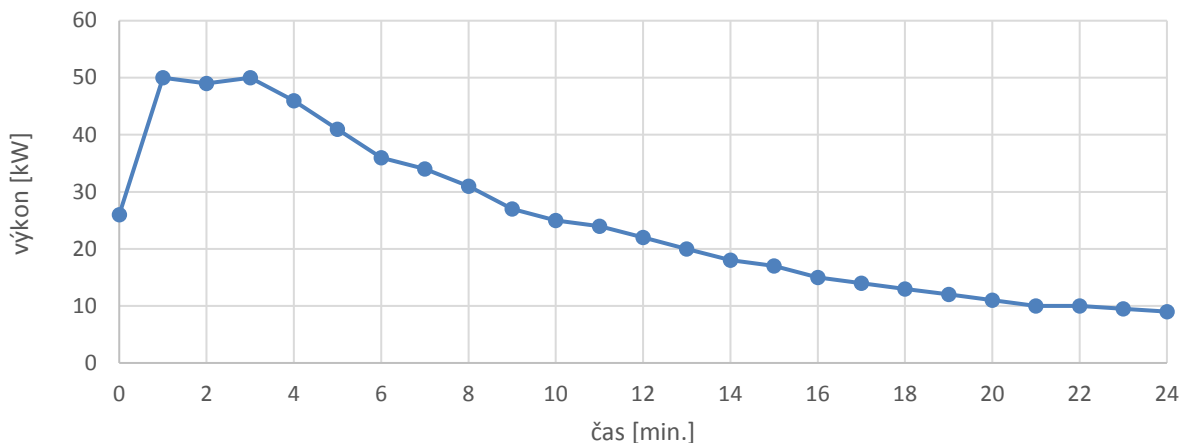
rok	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
energie [PJ]	8,5	8,6	9,7	12,1	15,6	20,4	24,9	28,6
energie * [TWh]	2,36	2,39	2,69	3,36	4,33	5,67	6,92	7,94

* Přepočtení energie z PJ na TWh odpovídá vztahu $3,6 \text{ PJ} = 1 \text{ TWh}$.

4.1.4 Dobíjecí stanice

Dobíjecí stanice budou svým dopadem na distribuční soustavu specifické. Můžeme mezi ně zařadit i velká parkoviště, která by měla pomáhat pokrývat doplňkovou infrastrukturu přípojnými body. Lze očekávat, že pro ně bude nezbytný zásah do energetické infrastruktury.

V případě dobíjecích stanic lze pro rok 2025 kalkulovat s 2-6 přípojnými body, a to v závislosti na scénáři a lokalitě. Dálniční síť pravděpodobně bude vyžadovat vyšší počet přípojných bodů. Ve městě, kde lze očekávat hustší síť přípojných míst, naopak bude pravděpodobně postačovat nižší počet přípojek. Tyto body by dle tabulky 16 měly být rychlodobíjecí, tedy vysokovýkonné (DC 400 V, 3 x 63 A, 50 kW). U nich lze předpokládat průběh výkonu v závislosti na čase dle grafu 14. V nejhorším případě, kdy bude uvažováno plné využití přípojek, by to znamenalo rezervovaný výkon 100 – 300 kW, což při 400 V znamenalo hodnoty jističů 3 x 100 A – 3 x 250 A. Náklady na takové jističe nejsou sice malé, ale připojení takové dobíjecí stanice do DS je realizovatelné. Bude nezbytné posílení trafostanice připojené na nízkonapěťovou úroveň distribuční soustavy.



Graf 14: Průběh DC dobíjení - závislost výkonu na čase. [28]

V případě dobíjecích bodů u velkých parkovišť lze očekávat vyšší energetickou náročnost, úměrně vyššímu množství méně výkonných přípojek. Pro výpočet rezervovaného příkonu je použit návrh rozmístění dobíjecích bodů v Plzni k roku 2025, uvedený v kapitole 3.3.1. Největší počet přípojek je navržený na parkoviště u obchodního centra (OC) Olympia, a to 26 přípojek, z toho 9 rychlodobíjecích. Dle tabulky 16 je uvažován pro standardní dobíjecí stanice výkon 10 kW (AC 400 V, 3 x 16 A), pro rychlodobíjecí stanice výkon 22 kW (AC 400 V, 3 x 32 A). V nejhorším případě by tedy byl potřebný rezervovaný příkon 368 kW, i když dobíjecí body nebudou většinu času plně využity. Dimenzování přípojky je nezbytné pro nejhorší případ, finančně i technologicky by tedy odpovídalo přípojce větší dobíjecí

stanice. obchodních center bývají trafostanice dimenzovány s dostatečnou rezervou, není v tomto případě nutné uvažovat ani posílení trafostanic. Zbudování dobíjecí infrastruktury by tak nemělo na přípojný bod do distribuční soustavy v takovém místě vliv.

4.1.5 Shrnutí

Naplnění prognóz scénářů, pokud by vozidla s hybridními pohony byla plně nahrazena čistými elektromobily, by znamenalo potřebu více jak dvojnásobného výkonu, konkrétně 7,76 TWh (navýšení o 12,74 %). Z hlediska PS a DS by to znamenalo nutnost modernizace sítě. Výrobu potřebného výkonu by bylo možné pokrýt z vlastních zdrojů, za předpokladu snížení exportované energie, což by byl zásah do nadnárodní energetické politiky v rámci propojené elektrizační soustavy. Jelikož je však tento scénář více než málo pravděpodobný, a navíc se do budoucna počítá s modernizací energetické soustavy, není nutné jej uvažovat jako hrozbu. Při očekávaném vývoji elektromobility nepřinese nárůst potřebného výkonu pro přenosovou soustavu žádná omezení, ani nutnost jejích úprav. V případě distribuční sítě při domácím dobíjení ze standardních zásuvek lze posilování DS považovat za nepotřebné, v případě vyššího procenta elektromobility bude pravděpodobně nezbytné zapojit regulaci, protože nelze spoléhat na ukázněnost zákazníků. Úměrně přepokládané modernizaci i posilování ES, tedy i distribuční sítě, by nemusela v blízké době být nezbytná ani jakákoliv omezení v podobě regulací. V případě dobíjecích stanic bude pravděpodobně nezbytné lokální posílení v podobě výměny trafostanice připojené do DS, u obchodních center lze předpokládat, že zbudování dobíjecí infrastruktury nebude vyžadovat žádný zásah do přípojného místa distribuční soustavy.

4.2 Ekologické důsledky elektromobility

Ačkoliv je elektromobil bezemisním vozidlem, je ekologickým pouze v místě provozu. Elektrická energie, která slouží k pohonu elektromotoru, je bezemisní při svém spalování, její výroba ovšem mnohdy natolik ekologická není. Aby bylo možné vyhodnotit ekologický dopad elektromobility, je nezbytné tyto emise vznikající při výrobě elektřiny započítat.

4.2.1 Emise CO₂

CO₂ má na emisích vyprodukovaných při spalování paliva nejvýznamnější podíl. Pro stanovení jejich objemu na 1 kilometr (u automobilů se spalovacími motory) lze vycházet u benzinových motorů z hodnoty násobku kombinované spotřeby a 23,38 g CO₂, v případě naftových motorů pak z násobku kombinované spotřeby a 26,83 g CO₂. Při výrobě elektřiny je množství emisí CO₂ závislé nejen na typu elektrárny, respektive na druhu použitého paliva (tabulka 22), ale také na energetickém mixu ČR (tabulka 23), tedy na podílu jednotlivých elektráren na celkové výrobě elektřiny.

Tabulka 22: Množství emisí CO₂ (dle paliva a emisí elektrárny) na vyrobenou kilowatthodinu elektřiny.

typ elektrárny/použité palivo	emise CO₂ [g/kWh]
spalovací - hnědé uhlí	1 100
spalovací - černé uhlí	930
spalovací - ropa	720
spalovací - zemní plyn	460
solární	65
jaderná	25
vodní	17
větrná	12

Tabulka 23: Energetický mix ČR (rok 2015).

typ elektrárny/použité palivo	podíl na výrobě elektřiny [%]
hnědé uhlí	42,15
černé uhlí	6,31
ropa	0,05
zemní plyn	6,41
solární	2,88
jaderná	33,13
vodní	2,67
větrná	0,71
ostatní	5,69

Započítáním emisí CO₂ závislých na energetickém mixu České republiky lze stanovit emise CO₂, připadající na jednu vyrobenou kilowatthodinu:

$$\begin{aligned}
 m_{CO_2} &= m_{CO_2HU} \cdot p_{\%HU} + m_{CO_2\check{C}U} \cdot p_{\%\check{C}U} + m_{CO_2R} \cdot p_{\%R} + m_{CO_2ZP} \cdot p_{\%ZP} + \\
 &+ m_{CO_2S} \cdot p_{\%S} + m_{CO_2J} \cdot p_{\%J} + m_{CO_2VO} \cdot p_{\%VO} + m_{CO_2VE} \cdot p_{\%VE} = \\
 &= 1\,100 \cdot \frac{42,15}{100} + 930 \cdot \frac{6,31}{100} + 720 \cdot \frac{0,05}{100} + 460 \cdot \frac{6,41}{100} + 65 \cdot \frac{2,88}{100} + \\
 &+ 25 \cdot \frac{33,13}{100} + 17 \cdot \frac{0,71}{100} + 12 \cdot \frac{5,69}{100} = 562,87 \text{ g/kWh}, \tag{7}
 \end{aligned}$$

kde m_{CO_2} udává celkovou hmotnost CO₂ vyrobenou na 1 kWh [g/kWh],

m_{CO_2X} udává hmotnost CO₂ pro daný typ elektrárny/paliva (X) na 1 kWh [g/kWh]

a $p_{\%X}$ udává procentuální zapojení elektrárny/paliva (X) do energetického mixu ČR.

Aplikací emisních hodnot na spotřebu průměrného elektromobilu vypočtenou v rovnici (4) vychází, že elektromobil vyprodukuje (přeneseně) za rok:

$$m_{CO_2rok} = P_{Vrok} \cdot 10^3 \cdot m_{CO_2} = 2,57 \cdot 10^3 \cdot 562,87 = 1\,446,58 \text{ kg}, \tag{8}$$

kde m_{CO_2rok} je hmotnost CO₂ připadající na provoz 1 BEV za rok [kg].

V případě hybridního vozidla s benzinovým motorem (Toyota Auris 1.8 Hybrid Synergy 100 kW) a s kombinovanou spotřebou 3,5 litru na 100 km vychází množství emisí při aplikaci metodiky použité u rovnice (5), tedy 2 600 km jízdy pomocí elektromotoru a 12 400 km se spalovacím motorem, následovně:

$$\begin{aligned} m_{CO_2rok_hybrid} &= P_{Vrok_hybrid} \cdot 10^3 \cdot m_{CO_2} + 12\,400 \cdot 3,5 \cdot 23,38 = \\ &= 0,445 \cdot 10^3 \cdot 562,87 + 12\,400 \cdot 3,5 \cdot 23,38 = 1\,265,17 \text{ kg}, \end{aligned} \quad (9)$$

kde $m_{CO_2rok_hybrid}$ je hmotnost CO₂ připadající na provoz 1 HEV za rok [kg].

U (výkonem motoru) srovnatelného benzinového automobilu Škoda Octavia 1.0 TSI 85 kW s kombinovanou spotřebou 4,8 l/100 km vychází emise:

$$m_{CO_2rok_ICE-B} = 15\,000 \cdot 4,8 \cdot 23,38 = 1\,683,36 \text{ kg}, \quad (10)$$

kde $m_{CO_2rok_ICE-B}$ je hmotnost CO₂ připadající na 1 benzinový automobil za rok [kg].

A u (výkonem motoru) srovnatelného dieselového automobilu Škoda Octavia 2.0 TDI 110 kW s kombinovanou spotřebou 4,3 l/100 km vychází emise:

$$m_{CO_2rok_ICE-D} = 15\,000 \cdot 4,3 \cdot 26,83 = 1\,730,54 \text{ kg}, \quad (11)$$

kde $m_{CO_2rok_ICE-D}$ je hmotnost CO₂ připadající na 1 dieselový automobil za rok [kg].

Automobily Škoda Octavia byly zvoleny jako pravděpodobně nejčastější vozidlo na českých silnicích, motory byly výkonnostně vybrány nejbližší možné, přičemž u benzinového motoru je výkon menší, u dieselového motoru naopak výkon vyšší, aby došlo ke kompenzaci.

Z výše vypočtených hodnot vychází nejlépe hybridní vozidlo, které na emisích oproti srovnatelnému automobilu se benzinový spalovacím motorem ušetří ročně 418,19 kg CO₂, oproti dieselovému motoru dokonce 465,37 kg CO₂. Elektromobil pak proti stejným vozidlům s ICE ušetří 236,78 kg CO₂ oproti benzinovému automobilu, respektive 283,96 kg CO₂ proti motoru dieselovému. Tento výsledek je dán hodnotami emisí energetiky v České republice, které jsou téměř dvakrát vyšší, než je evropský průměr. Do budoucna se však i u nás počítá se snížením emisí z energetiky zapříčiněných především fosilními palivy, jejichž využití by mělo postupně klesat. V takovém případě by se množství ušetřených emisí ještě navýšilo a z hlediska ekologie a produkce emisí by se na první místo pravděpodobně přesunul čistý elektromobil. Již nyní je úspora emisí značná a při zachování současného energetického mixu

by při jednotlivých scénářích predikce rozvoje elektromobility vypadala v dalších letech tak, jak je uvedeno v tabulce 24. Uspořené emise jsou počítány v poměru 3:2 proti benzinovému/dieselovému automobilu.

Tabulka 24: Množství ušetřených emisí CO₂ (v megatonách) dle jednotlivých scénářů predikce elektromobility.

scénář rok	Symfonie [Mt]	Jazz [Mt]	Základní scénář [Mt]	ZV I [Mt]	ZV II [Mt]	ZV III [Mt]	ZV IV [Mt]
2017	3,04	2,99	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
2018	4,84	4,82	0,49	0,71	1,31	0,79	1,91
2019	7,56	7,76	1,09	1,80	3,03	2,43	4,53
2020	11,60	12,51	2,06	3,52	5,43	5,43	8,43
2021	17,41	20,15	3,48	5,84	8,58	10,00	13,67
2022	25,72	32,46	5,81	8,99	12,40	16,45	20,60
2023	37,37	52,30	9,18	13,19	17,34	24,76	29,52
2024	53,46	84,25	13,90	18,58	23,26	34,80	40,01
2025	75,35	135,73	20,12	25,32	30,61	46,41	52,15
2030	223,17	418,69	28,06	33,79	39,52	59,60	65,63
2035	358,31	653,89	37,80	43,83	49,86	74,06	80,32
2040	477,66	828,35	95,53	110,77	126,01	159,47	165,73
2045	592,51	996,34	138,98	161,16	183,33	246,36	252,62
2050	704,03	1 167,25	150,97	175,06	199,15	333,25	339,51

4.2.2 Další emise

Pro porovnání dalších emisí je vycházeno v případě spalovacích motorů z nejpřísnější normy Euro VI (tabulka 25). Tato norma platí od roku 2014 a zdaleka ne všechny vozy na českých silnicích tuto normu splňují úměrně stáří vozového parku. V dalších letech je možné očekávat úbytek automobilů produkujících emisní limity podle starších Euro norem. Z hlediska vyhodnocení, které bude provedeno pouze do roku 2025, bude korektnější porovnání s emisemi vypuštěnými do ovzduší elektrárnami (tabulka 26) při výrobě energie pro potřeby elektromobility. Metodiky výpočtu budou použity totožné s výpočtem emisí CO₂, a to včetně poměru porovnání s ICE.

Tabulka 25: Emisní limity normy Euro VI.

ICE	CO [g/km]	NO _x [g/km]	pevné částice [g/km]
benzinový	1,0	0,06	0,0 *
diesellový	0,5	0,08	0,005

* Množství pevných částic není pro benzinové motory uváděno.

Tabulka 26: Emisní faktor výroby 1 kWh elektřiny.

znečišťující látka	CO [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	pevné částice [g/km]
emisní faktor	0,0862	0,5676	0,0534

4.2.2.1 Emise CO

Emise vypuštěné elektrárnou při výrobě energie pro elektromobil:

$$m_{COrok} = P_{Vrok} \cdot 10^3 \cdot m_{COe} = 2,57 \cdot 10^3 \cdot 0,0862 = 0,222 \text{ kg}, \quad (12)$$

kde m_{COrok} je hmotnost CO připadající na provoz 1 BEV za rok [kg]

a m_{COe} je hmotnost emisí CO vypuštěných z elektrárny [g/kWh].

V případě hybridního vozidla s benzinovým motorem vychází hmotnost emisí CO za rok:

$$\begin{aligned} m_{COrok_hybrid} &= P_{Vrok_hybrid} \cdot 10^3 \cdot m_{COe} + 12\,400 \cdot m_{COM} = \\ &= 0,445 \cdot 10^3 \cdot 0,0862 + 12\,400 \cdot 1,0 = 12,438 \text{ kg}, \end{aligned} \quad (13)$$

kde m_{COrok_hybrid} je hmotnost CO připadající na provoz 1 HEV za rok [kg],

m_{COe} je hmotnost emisí CO vypuštěných z elektrárny [g/kWh],

a m_{COM} je hmotnost emisí CO vypuštěných z ICE [g/km].

U benzinového motoru odpovídá množství emisí CO:

$$m_{COrok_ICE} = 15\,000 \cdot m_{COm} = 15\,000 \cdot 1,0 = 15,000 \text{ kg}, \quad (14)$$

kde m_{COrok_ICE} je hmotnost CO připadající na provoz 1 automobilu s ICE za rok [kg]

a m_{COm} je hmotnost emisí CO vypuštěných z ICE [g/km].

A u dieselového motoru je hmotnost emisí CO:

$$m_{COrok_ICE} = 15\,000 \cdot m_{COm} = 15\,000 \cdot 0,5 = 7,500 \text{ kg}, \quad (15)$$

kde m_{COrok_ICE} je hmotnost CO připadající na provoz 1 automobilu s ICE za rok [kg]

a m_{COm} je hmotnost emisí CO vypuštěných z ICE [g/km].

Z vypočtených hodnot vychází nejlépe elektromobil. Druhý v pořadí je s velkým odstupem automobil s dieselovým motorem, následovaný hybridním vozem. Poslední skončil automobil s benzinovým motorem. Díky převaze benzinových vozů v ČR lze předpokládat, že hodnoty uspořené emisí CO budou následující:

Tabulka 27: Množství ušetřených emisí CO (v tunách) dle jednotlivých scénářů predikce elektromobility.

scénář rok	Symfonie [t]	Jazz [t]	Základní scénář [t]	ZV I [t]	ZV II [t]	ZV III [t]	ZV IV [t]
2017	13,20	14,93	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
2018	17,93	24,05	4,99	7,30	13,44	8,06	19,58
2019	23,29	38,74	11,14	18,43	31,10	24,96	46,46
2020	28,62	62,42	21,12	36,09	55,68	55,68	86,39
2021	37,72	100,56	35,71	59,90	87,93	102,52	140,15
2022	47,98	162,01	59,52	92,15	127,09	168,56	211,18
2023	58,59	260,99	94,07	135,16	177,78	253,80	302,57
2024	68,06	420,45	142,45	190,45	238,45	356,71	410,08
2025	73,87	677,35	206,19	259,56	313,70	475,74	534,49

4.2.2.2 Emise NO_x

Aplikací emisních hodnot NO_x vypuštěných elektrárnou při generování výkonu potřebného pro roční provoz elektromobilu vychází:

$$m_{NO_xrok} = P_{Vrok} \cdot 10^3 \cdot m_{NO_{xe}} = 2,57 \cdot 10^3 \cdot 0,5676 = 1,459 \text{ kg}, \quad (16)$$

kde m_{NO_xrok} je hmotnost NO_x připadající na provoz 1 BEV za rok [kg]

a $m_{NO_{xe}}$ je hmotnost emisí NO_x vypuštěných z elektrárny [g/kWh].

U hybridního vozidla s benzinovým motorem odpovídá množství emisí NO_x za rok:

$$\begin{aligned} m_{NO_xrok_hybrid} &= P_{Vrok_hybrid} \cdot 10^3 \cdot m_{NO_{xe}} + 12\,400 \cdot m_{NO_{xm}} = \\ &= 0,445 \cdot 10^3 \cdot 0,5676 + 12\,400 \cdot 0,06 = 0,997 \text{ kg}, \end{aligned} \quad (17)$$

kde $m_{NO_xrok_hybrid}$ je hmotnost NO_x připadající na provoz 1 HEV za rok [kg],

$m_{NO_{xe}}$ je hmotnost emisí NO_x vypuštěných z elektrárny [g/kWh],

a $m_{NO_{xm}}$ je hmotnost emisí NO_x vypuštěných z ICE [g/km].

V případě benzinového motoru vychází množství emisí CO:

$$m_{NO_xrok_ICE} = 15\,000 \cdot m_{NO_{xm}} = 15\,000 \cdot 0,06 = 0,900 \text{ kg}, \quad (18)$$

kde $m_{NO_xrok_ICE}$ je hmotnost NO_x připadající na provoz 1 automobilu s ICE za rok [kg]

a $m_{NO_{xm}}$ je hmotnost emisí NO_x vypuštěných z ICE [g/km].

A u dieselového motoru je množství emisí CO:

$$m_{NO_xrok_ICE} = 15\,000 \cdot m_{NO_{xm}} = 15\,000 \cdot 0,08 = 1,200 \text{ kg}, \quad (19)$$

kde $m_{NO_xrok_ICE}$ je hmotnost NO_x připadající na provoz 1 automobilu s ICE za rok [kg]

a $m_{NO_{xm}}$ je hmotnost emisí NO_x vypuštěných z ICE [g/km].

Z vypočtených hodnot vychází nyní nejlépe benzinový automobil následovaným hybridním vozidlem, dále vozem s dieselovým motorem a nejhorší výsledky vykazuje BEV, a to vlivem velkého množství emisí z elektráren. V případě emisí NO_x budou hodnoty dle tabulky č. 28.

Tabulka 28: Množství ušetřených emisí NO_x (v tunách) dle jednotlivých scénářů predikce elektromobility.

scénář rok	Symfonie [t]	Jazz [t]	Základní scénář [t]	ZV I [t]	ZV II [t]	ZV III [t]	ZV IV [t]
2017	-0,45	-0,52	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07
2018	-0,60	-0,83	-0,18	-0,26	-0,49	-0,29	-0,71
2019	-0,76	-1,34	-0,40	-0,67	-1,12	-0,90	-1,68
2020	-0,90	-2,16	-0,76	-1,30	-2,01	-2,01	-3,12
2021	-1,16	-3,48	-1,29	-2,16	-3,18	-3,70	-5,06
2022	-1,42	-5,60	-2,15	-3,33	-4,59	-6,09	-7,63
2023	-1,64	-9,03	-3,40	-4,88	-6,42	-9,17	-10,93
2024	-1,76	-14,54	-5,15	-6,88	-8,61	-12,89	-14,81
2025	-1,65	-23,43	-7,45	-9,38	-11,33	-17,18	-19,31

V případě emisí NO_x nebudou vlivem elektromobility hodnoty těchto emisí vypuštěných do ovzduší nižší, ale naopak vyšší, což značí záporná znaménka.

4.2.2.3 Emise pevných částic (PČ)

Emise pevných částic přenesené z elektrárny na elektromobil:

$$m_{PČrok} = P_{Vrok} \cdot 10^3 \cdot m_{PČe} = 2,57 \cdot 10^3 \cdot 0,0534 = 0,137 \text{ kg}, \quad (20)$$

kde $m_{PČrok}$ je hmotnost PČ připadající na provoz 1 BEV za rok [kg]

a $m_{PČe}$ je hmotnost emisí PČ vypuštěných z elektrárny [g/kWh].

Emise pevných částic přenesené z elektrárny na hybridní vozidlo s benzinovým motorem:

$$m_{NO_xrok_hybrid} = P_{Vrok_hybrid} \cdot 10^3 \cdot m_{PČe} = 0,445 \cdot 10^3 \cdot 0,0534 = 0,024 \text{ kg}, \quad (21)$$

kde $m_{PČrok_hybrid}$ je hmotnost PČ připadající na provoz 1 HEV za rok [kg],

$m_{PČe}$ je hmotnost emisí PČ vypuštěných z elektrárny [g/kWh],

a $m_{PČm}$ je hmotnost emisí PČ vypuštěných z ICE [g/km].

U benzinového motoru nejsou emise pevných částic uváděny, jejich výpočet tedy odpadá a množství považujeme za nulové.

A u dieselového motoru je množství emisí PČ:

$$m_{PČrok_ICE} = 15\,000 \cdot m_{PČm} = 15\,000 \cdot 0,005 = 0,075 \text{ kg}, \quad (22)$$

kde $m_{PČrok_ICE}$ je hmotnost PČ připadající na provoz 1 automobilu s ICE za rok [kg]

a $m_{PČm}$ je hmotnost emisí PČ vypuštěných z ICE [g/km].

Z vypočtených hodnot vychází nyní nejlépe automobil s benzinovým motorem a dále hybridní automobil s benzinovým motorem. Následuje diesellové vozidlo, elektromobil je vlivem emisí z elektráren opět poslední. Z vypočtených hodnot lze již nyní předpokládat, že emise pevných částic budou v případě elektromobility opět o něco vyšší:

Tabulka 29: Množství ušetřených emisí pevných částic (v tunách) dle scénářů predikce elektromobility.

scénář rok	Symfonie [t]	Jazz [t]	Základní scénář [t]	ZV I [t]	ZV II [t]	ZV III [t]	ZV IV [t]
2017	-0,11	-0,12	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
2018	-0,14	-0,20	-0,04	-0,06	-0,12	-0,07	-0,17
2019	-0,18	-0,32	-0,10	-0,16	-0,27	-0,22	-0,41
2020	-0,21	-0,52	-0,18	-0,32	-0,49	-0,49	-0,75
2021	-0,27	-0,83	-0,31	-0,52	-0,77	-0,90	-1,22
2022	-0,32	-1,34	-0,52	-0,81	-1,11	-1,47	-1,85
2023	-0,37	-2,16	-0,82	-1,18	-1,55	-2,22	-2,64
2024	-0,38	-3,48	-1,24	-1,66	-2,08	-3,12	-3,58
2025	-0,34	-5,60	-1,80	-2,27	-2,74	-4,16	-4,67

4.2.3 Shrnutí

V případě emisí NO_x a emisí pevných částic vychází hodnoty v neprospěch elektromobility, jejímž vlivem vypustí elektrárny do ovzduší o několik tun těchto emisí ročně více. Naopak u emisí CO a především CO₂ přináší elektromobilita značnou úsporu. Je však důležité zmínit, že v případě automobilů s konvenčními motory je počítáno s nejhorším možným případem znečištění podle emisní normy Euro VI. Úměrně ke stáří vozového parku ČR lze očekávat, že ne všechny vozy tuto normu plní. Je pravděpodobné, že mnohé vozy ji i několikanásobně překračují. I z toho důvodu nebyl v případě vozů s ICE zohledněn rozdíl spotřeby ve městě a mimo město, kde bývá obvykle spotřeba nižší. Z hlediska stáří vozového parku však lze kalkulaci nejhorší varianty emisního znečištění v rámci normy Euro VI považovat za přijatelnou. Vlivem celkových hodnot všech emisních složek pak je možno konstatovat,

že elektromobilita má na ekologii pozitivní dopad. Toto konstatování je však nezbytné brát s jistou rezervou, neboť aby bylo možné vyhodnotit reálné srovnání vlivu elektromobility na ekologii s vlivem automobilů s ICE, bylo by nutné provést hlubší analýzu. Do té by bylo zapotřebí zahrnout stáří vozového parku, dále analyzovat reálné spotřeby elektromobilů i konvenčních automobilů (je počítáno s tabulkovými údaji) a uvažovat rovněž ekologický dopad dopravy paliva do elektráren a na čerpací stanice, také ekologický vliv čerpacích stanic, těžby paliv a rafinace ropy. Takové zpracování však přesahuje rámec i rozsah této práce.

4.3 Ekonomické důsledky elektromobility

4.3.1 Z pohledu vlastníka

4.3.1.1 Pořizovací náklady

Pořizovací cena čistých elektromobilů je rozdílná, a to v závislosti na velikosti vozu a jeho výrobci. Průměrně lze však v případě BEV počítat s rozmezím 640 000 korun (Volkswagen e-Up!) až milion korun (Mercedes-Benz B 250 e). Výjimkou však nejsou ani vyšší ceny, například v případě elektromobilů Tesla či u větších (užitkových) vozidel. U osobních BEV lze nejčastěji počítat s pořizovací cenou 700 – 800 tisíc Kč. Tato cena je z velké části způsobena vysokou cenou baterií a dále pravděpodobně také nízkým počtem vyráběných vozů, do ceny se promítají vysoké výrobní náklady. V budoucnosti lze počítat s klesáním cen, a to jednak díky růstu trhu s elektromobily a očekávaným poklesem ceny baterií. Pořizovací cena elektromobilu se tedy bude blížit ceně konvenčního automobilu.

Pořizovací cena vozidel s hybridními pohony je také rozdílná, což je dáno i širším trhem s těmito vozy. Malý hybrid tak lze pořídit již od 380 tisíc Kč (Toyota Yaris), v případě větších sportovních vozů je cena okolo 3 milionů korun (BMW i8). Nejčastěji se cena HEV pohybuje v rozmezí 1 000 000 až 1 200 000 korun.

Nejlépe vychází pořizovací cena u automobilů se spalovacími motory, a to ať již s motory zážehovými (benzinové) či vznětovými (dieselové). Menší vozidlo lze pořídit od 200 tisíc korun (Škoda Citigo, Hyundai i10). Horní hranice není uvedena, neboť zvláště u sportovních speciálů jde do řádů milionů. U běžných osobních vozidel střední třídy lze kalkulovat s cenou cca 350 – 600 tisíc korun. Toto rozmezí je závislé na značce vozu a jeho výbavě.

Porovnáním vozů s různými pohony (elektromobil, PHEV, automobil se spalovacím motorem), avšak podobnými parametry, vychází nejlevněji benzinové automobily, následované automobily dieselovými s navýšením ceny o přibližně 50 - 80 tisíc Kč. U PHEV

si zákazník opět připlatí o několik desítek tisíc korun více oproti automobilu s benzinovým motorem, lze počítat s navýšením okolo sta tisíc. V případě elektromobilů je pořizovací cena rozdílá asi o 250 000 korun, opět v porovnání s konvenčním benzinovým vozem. Je nezbytné upozornit, že kvůli variabilitě trhu jsou uváděné ceny a rozdíly pouze orientační. Vždy totiž hodně záleží na značce vozidla.

4.3.1.2 Spotřeba

Porovnávání spotřeby vychází z cenové kalkulace nákladů na provoz (jízdu) průměrného elektromobilu, kterému skrze spotřebu odpovídá nejbližší BMW i3 či Volkswagen e-Golf, hybridního vozidla Toyota Auris 1.8 Hybrid Synergy 100 kW a vozidel použitých již dříve při výpočtu emisí – Škoda Octavia 1.0 TSI 85 kW (s benzinovým motorem) a Škoda Octavia 2.0 TDI 110 kW (s diesellovým motorem).

Tabulka 30: Spotřeba modelových vozů Škoda Octavia.

vozidlo	spotřeba	město [l/100 km]	mimo město [l/100 km]	kombinovaná [l/100 km]
Škoda Octavia 1.0 TSI 85 kW		5,9	4,2	4,8
Škoda Octavia 2.0 TDI 110 kW		5,1	3,9	4,3
HEV Toyota Auris 1.8 100 kW		3,4	3,4	3,5

4.3.1.2.1 Elektromobil

Již dříve byla výpočtem v rovnici (3) stanovena spotřeba elektromobilu 0,1713 kWh/km. Vynásobením této spotřeby a ceny elektřiny za kilowatthodinu jsou vyčísleny náklady na 100 km a celoroční provoz (15 000 km).

Cena elektřiny byla stanovena na základě průměrné ceny z ceníků pro rok 2017 společností ČEZ, E.ON a PRE, přičemž do složky ceny jsou započítané pouze náklady na kilowatthodinu, nikoliv poplatky za jistič a další pravidelné fixní poplatky, které zákazník musí platit, ať již elektromobil bude dobíjet, či nikoliv (za předpokladu, že si nebude zřizovat u domu vlastní dobíjecí bod, kvůli kterému by musel jistič posilovat). Na základě zmíněných průměrných cen byla cena pro vysoký tarif stanovena 3,00 Kč/kWh, pro nízký tarif 1,48 Kč/kWh.

- **Náklady na 100 km**

$$\text{Nízký tarif (NT)} \quad P_{V1km} \cdot 100 \cdot 1,48 = 0,1713 \cdot 100 \cdot 1,48 = 25,35 \text{ Kč}$$

$$\text{Vysoký tarif (VT)} \quad P_{V1km} \cdot 100 \cdot 3,00 = 0,1713 \cdot 100 \cdot 3,00 = 51,39 \text{ Kč}$$

- **Celoroční náklady**

$$\text{Nízký tarif (NT)} \quad P_{V1km} \cdot 15000 \cdot 1,48 = 0,1713 \cdot 100 \cdot 1,48 = 3\,802,50 \text{ Kč}$$

$$\text{Vysoký tarif (VT)} \quad P_{V1km} \cdot 15000 \cdot 3,00 = 0,1713 \cdot 100 \cdot 3,00 = 7\,708,50 \text{ Kč}$$

Za předpokladu, že vlastník BEV bude většinou vozidlo dobíjet doma v noci, lze počítat s nižšími provozními náklady, řádově okolo **30 Kč/100 km**, tedy **4 500 Kč ročně**.

4.3.1.2.2 Hybridní automobil

Spotřebu hybridu je nezbytné rozdělit na dvě části – na spotřebu elektřiny při městském provozu (2 600 km ročně) a spotřebu benzínu/motorové nafty při mimoměstském provozu (12 400 km ročně). Spotřeba elektřiny vychází ze stejné hodnoty jako u BEV, rovněž je kalkulováno s průměrnými cenami 3,00 Kč/kWh pro vysoký tarif a 1,48 Kč/kWh pro nízký tarif. Dále je počítáno s hybridním automobilem s benzinovým motorem (Toyota Auris) s kombinovanou spotřebou 3,5 l/100 km (spotřeba v městském provozu či mimoměstském provozu se liší pouze o 0,1 l/100 km) a cenou benzínu 95 oktanů 29,50 Kč/l.

- **Náklady na 100 km**

$$\text{Městský provoz (NT)} \quad P_{V1km} \cdot 100 \cdot 1,48 = 0,1713 \cdot 100 \cdot 1,48 = 25,35 \text{ Kč}$$

$$\text{Městský provoz (VT)} \quad P_{V1km} \cdot 100 \cdot 3,00 = 0,1713 \cdot 100 \cdot 3,00 = 51,39 \text{ Kč}$$

$$\text{Mimoměstský provoz} \quad 3,5 \cdot 29,50 = 103,25 \text{ Kč}$$

- **Celoroční náklady**

Celoroční náklady jsou rozděleny zvlášť pro městský provoz (kalkulováno s provozem čistě na elektřinu) a pro mimoměstský provoz (počítáno s provozem na PHM).

$$\text{Městský provoz (NT)} \quad P_{V1km} \cdot 2600 \cdot 1,48 = 0,1713 \cdot 2600 \cdot 1,48 = 659,16 \text{ Kč}$$

$$\text{Městský provoz (VT)} \quad P_{V1km} \cdot 2600 \cdot 3,00 = 0,1713 \cdot 2600 \cdot 3,00 = 1\,336,14 \text{ Kč}$$

$$\text{Mimoměstský provoz} \quad \frac{12400}{100} \cdot 3,5 \cdot 29,50 = 12\,803,00 \text{ Kč}$$

Za předpokladu, že vlastník BEV bude častěji dobíjet vozidlo doma přes noc, lze kalkulovat s nižšími provozními náklady, řádově okolo **90,55 Kč/100 km** a **13 583 Kč ročně**.

4.3.1.2.3 Automobil se spalovacím motorem

V případě automobilu se spalovacím motorem je při výpočtu vycházeno opět z předpokladu, že za rok ujede vozidlo 2 600 km po městě (počítáno se spotřebou pro městský provoz) a zbylých 12 400 km mimo město (počítáno s mimoměstskou spotřebou). Ceny paliva použité při výpočtu, převzaté z cen stanovených zákoníkem práce pro cestovní náhrady za rok 2017, jsou ve výši 29,50 Kč u benzínu 95 oktanů a 28,60 Kč u motorové nafty.

a) Automobil se zážehovým motorem (benzinový)

- **Náklady na 100 km**

$$\text{Městský provoz} \quad 5,9 \cdot 29,50 = 174,05 \text{ Kč}$$

$$\text{Mimoměstský provoz} \quad 4,2 \cdot 29,50 = 123,90 \text{ Kč}$$

- **Celoroční náklady**

$$\text{Městský provoz} \quad \frac{2\,600}{100} \cdot 5,9 \cdot 29,50 = 4\,525,30 \text{ Kč}$$

$$\text{Mimoměstský provoz} \quad \frac{12\,400}{100} \cdot 4,2 \cdot 29,50 = 15\,363,60 \text{ Kč}$$

$$\text{Celkem} \quad \left(\frac{2\,600}{100} \cdot 5,9 + \frac{12\,400}{100} \cdot 4,2 \right) \cdot 29,50 = 19\,888,90 \text{ Kč}$$

b) Automobil se vznětovým motorem (dieselový)

- **Náklady na 100 km**

$$\text{Městský provoz} \quad 5,1 \cdot 28,60 = 145,86 \text{ Kč}$$

$$\text{Mimoměstský provoz} \quad 3,9 \cdot 28,60 = 111,54 \text{ Kč}$$

- **Celoroční náklady**

$$\text{Městský provoz} \quad \frac{2\,600}{100} \cdot 5,1 \cdot 28,60 = 3\,792,36 \text{ Kč}$$

$$\text{Mimoměstský provoz} \quad \frac{12\,400}{100} \cdot 3,9 \cdot 28,60 = 13\,830,96 \text{ Kč}$$

$$\text{Celkem} \quad \left(\frac{2\,600}{100} \cdot 5,1 + \frac{12\,400}{100} \cdot 3,9 \right) \cdot 28,60 = 17\,623,32 \text{ Kč}$$

Celoroční náklady dieselového ICE automobilu jsou nižší, a to **17 623 Kč**. V případě vozidla s **benzinovým spalovacím motorem** vycházejí celoroční provozní náklady o více než 2000 Kč vyšší, tedy **19 889 Kč**. Pokud by bylo počítáno s kombinovanou spotřebou, došlo by k navýšení celoročních nákladů o cca 1 000 – 1 500 Kč.

4.3.1.3 Náklady na údržbu

Dle NAP CM jsou očekávány následující roční náklady na údržbu vozidel:

- cca 8 200 Kč v případě čistého elektromobilu,
- přibližně 11 800 Kč u automobilu s benzinovým motorem,
- asi 16 500 Kč u automobilu s dieselovým motorem,
- zhruba 17 300 Kč v případě vozidla s hybridním pohonem.

Nižší náklady na údržbu elektromobilu jsou dány především konstrukcí motoru a dalších částí pohonného systému. Rovněž není potřeba takového množství provozních kapalin, jako u systémů s konvenčními motory. Oproti tomu u vozidel s hybridními pohony lze očekávat vyšší náklady na údržbu zapříčiněné kombinací technologií.

4.3.1.4 Shrnutí

Započtením výše uvedených (orientačních) skutečností k předpokládané hospodárné životnosti vozidla (odhadována na 10 let) vychází celková finanční bilance (při základní ceně X) u jednotlivých typů motorizací dle rovnic níže. Celková částka se skládá ze základní ceny automobilu, z příplatku za nestandardní typ pohonu (BEV/HEV/dieselový ICE) a z kalkulace provozních nákladů (spotřeba + náklady na údržbu). Pro porovnání jsou rovněž zvlášť vyčísleny náklady na provoz vozidla za dobu jeho životnosti mimo pořizovací cenu.

a) Elektromobil

$$\text{Provozní náklady} \quad 10 \cdot (4\,500 + 8\,200) = 127\,000,00 \text{ Kč}$$

$$\text{Celková bilance} \quad X + 250\,000 + 10 \cdot (4\,500 + 8\,200) = X + 377\,000,00 \text{ Kč}$$

b) Hybridní automobil

$$\text{Provozní náklady} \quad 10 \cdot (13\,583 + 17\,300) = 308\,030,00 \text{ Kč}$$

$$\text{Celková bilance} \quad X + 100\,000 + 10 \cdot (13\,583 + 17\,300) = X + 408\,030,00 \text{ Kč}$$

c) Automobil se zážehovým motorem

$$\text{Provozní náklady} \quad 10 \cdot (11\,800 + 19\,888,90) = 316\,889,00 \text{ Kč}$$

$$\text{Celková bilance} \quad X + 10 \cdot (11\,800 + 19\,888,90) = X + 316\,889,00 \text{ Kč}$$

d) Automobil se vznětovým motorem

$$\text{Provozní náklady} \quad 10 \cdot (16\,500 + 17\,623,32) = 341\,233,20 \text{ Kč}$$

$$\text{Celková bilance} \quad X + 50\,000 + 10 \cdot (16\,500 + 17\,623,32) = X + 391\,233,20 \text{ Kč}$$

Provozní náklady elektromobilu nedosahují ani k polovině nákladů na provoz ostatních vozidel. Pokud je k těmto nákladům připočítána pořizovací cena, celkový součet vychází u vozů s rozdílným typem pohonu rozdílný maximálně o 90 000 korun. Elektromobil v závěru není tak drahý, jak by se na první pohled mohlo zdát.

4.3.2 Z pohledu státu

Z pozice státu nemusí být důsledky elektromobility natolik optimistické. Její velký rozmach by se mohl projevit i negativně v několika odvětvích.

První negativa zasáhnou automobilový průmysl. Elektromobilu má jednodušší konstrukci než automobil se spalovacím motorem, proto je k jeho výrobě potřeba méně pracovníků. A rovněž zde zcela odpadá výroba některých součástí. Z tohoto hlediska tak hrozí nejen nepotřebnost některé části výroby, a tedy zavírání firem s úzkou specializací výroby dílů pro automobilový průmysl, ale i pokles pracovních míst a propouštění zaměstnanců. Reálně je však potřeba zdůraznit, že minimálně v blízké budoucnosti (horizont přibližně 50 let), je, jak již bylo zmíněno v kapitole 2, konkrétně obrázkem č. 3, uvažován spíše komplementární způsob využití elektromobilů, který je pravděpodobný i z dlouhodobějšího hlediska. Tedy elektromobilita povede k mírnému navyšování pracovních míst, neboť bude zapotřebí vyrábět díly a montovat vozy nejen s elektromotory, ale i s motory spalovacími. Proto ekonomika pravděpodobně neutrpí žádné výraznější ztráty, ba naopak pravděpodobně získá.

Podobný pohled jako na automobilový průmysl je možné aplikovat na odvětví zpracování ropy a výroby pohonných hmot. S nárůstem procenta elektromobility bude klesat spotřeba pohonných hmot. Ty jsou jedny z hlavních produktů z ropy. Zde by mohlo docházet k velkým finančním ztrátám rafinérských společností (a pracovních míst), a právě ony by mohly vytvářet na vlády jednotlivých států a na automobilový průmysl cílený nátlak vedoucí

k přibrzdění rozvoje elektromobility na úkor většího využívání konvenčních automobilů, tedy větší spotřeby pohonných hmot, tedy ropy, jako tomu bylo v USA, konkrétně v Kalifornii, na přelomu tisíciletí. Zde je riziko negativních důsledků elektromobility reálnější, neboť rozvoj elektromobility povede ke snížení potřeby ropy, otázkou však zůstává, do jaké míry to rafinérský průmysl ovlivní.

Elektromobilita zasáhne taktéž do silného energetického průmyslu. V současnosti se nejspíše není nutné obávat velkých nárůstů spotřeby elektrické energie, i tak ale bude nezbytné investovat do modernizace a postupně i do rozvoje především distribuční sítě. Pokud by dosahovala časem elektromobilita k vyšším procentům, než je aktuálně do roku 2050 očekáváno, bylo by pravděpodobně nutné zamýšlet se i nad posílením výroby elektrické energie a dostatečností přenosové soustavy. Otázka výroby a přenosové soustavy přesahuje i hranice státu a bylo by nezbytné ji řešit nejen na lokální úrovni, ale na úrovni mezistátní.

Ekonomické důsledky elektromobility se zaměřují přímo na státní rozpočet. Lépe řečeno na finance, o které stát vlivem elektromobility přijde. S poklesem automobilů se spalovacími motory budou ztrátové velké korporace i stát, který na pohonných hmotách vydělává na vysoké spotřební dani nemalé finance. I zde je otázkou, jak se s tím stát vyrovná, zda se dokáže bez těchto financí obejít, případně dokáže ztrátu kompenzovat jinde. Nabízí se energetický průmysl, kde bude narůstat spotřeba elektřiny a stát by tak mohl z této spotřeby těžit. Jak bylo ukázáno výpočty, roční spotřeba elektromobilu není ale natolik vysoká a zatížit elektřinu takovou daní, která by vyrovnala ztráty z PHM, nebude lehké, neboť elektřina má v nemalé míře i jiné využití. Půjde o stanovení kompromisu, který bude přijatelný nejen pro stát, ale především pro lidi. Státní rozpočet se neobejde bez dalšího hledání finančních příjmů, zvýšení cen elektrické energie pravděpodobně ztráty spotřební daně nenahradí.

Závěr

K naplnění zadání bylo mimo prvního bodu (zpracování rešerše současného stavu elektromobility v České republice) nezbytné zpracovat analýzu a predikovat možný vývoj elektromobility, k čemuž rešerše přispěla. Obsáhlá predikce elektromobility byla rozdělena na krátkodobou a dlouhodobou, každá s několika scénáři možného vývoje. Dva vlastní scénáře vycházejí z analýzy současného trhu, další scénáře jsou odvozeny podle Národního akčního plánu čisté elektromobility a také Global EV Outlooku 2016. Zajímavostí je, že Národní akční plán z roku 2015 je již v současnosti neaktuální, neboť nynější český trh s elektromobilitou již v roce 2016 předčil jeho očekávání. Je tedy patrné, nakolik je obtížné stanovit prognózy v dynamicky se rozvíjejícím odvětví elektromobility.

Po predikování vývoje bylo možné navázat zpracováním zbylých tří bodů zadání. Analýza dopadu rozvoje elektromobility na distribuční a přenosové sítě byla zpracována z obecného hlediska v rámci důsledků elektromobility na energetický průmysl. Dopad elektromobility na distribuční soustavu v Plzni byl uveden na konkrétním příkladu infrastruktury. Tento příklad zároveň částečně pokrývá i čtvrtý bod zadání, kterému se obecně věnuje predikce vývoje infrastruktury. Bylo spočítáno, že dopad elektromobility na energetiku by neměl v následujících letech (do roku 2050) nijak výrazně ohrozit stav přenosové či distribuční soustavy, a to ani při optimistickém vývoji trhu s elektromobilitou, který počítá s více jak 40 % elektromobilů v roce 2050. Je očekáváno, že většina elektromobilů bude v té době hybridního typu. V otázce výstavby dobíjecích stanic lze v závislosti na lokalitě očekávat nutnost posílení koncového transformátoru, dobíjecí stanice u velkých parkovišť obchodních center si pravděpodobně vystačí s přípojkou OC, která bývá dimenzována s dostatečnou rezervou. Pokud by bylo kalkulováno pouze s čistými elektromobily, znamenalo by to v roce 2050 vyrobit o 7,76 TWh elektřiny více. Takový objem spotřeby bychom dokázali v České republice pokrýt z vlastních elektráren, ale se zásahem do nadnárodní energetické politiky. Taková situace by vyžadovala mezinárodní řešení. Z hlediska přenosové soustavy by pravděpodobně nebyly nutné žádné změny, naopak u distribuční soustavy lze očekávat nutnost modernizace a posilování. Takový scénář pravděpodobně do roku 2050 nenastane, alespoň tomu napovídá současná situace.

Třetí bod zadání (porovnání spotřeby elektrické energie elektromobilu a PHM konvenčních automobilů) byl vyčíslen pomocí nákladů a začleněn do obsáhlejší kapitoly, která se zabývá dopadem elektromobility z hlediska ekonomiky. Náklady na provoz a údržbu elektromobilu přináší velkou finanční úsporu – bylo spočítáno, že za deset je tato úspora ve výši přibližně 200 000 Kč. Tato částka pokryje rozdíl v ceně menšího elektromobilu, po deseti letech jsou celkové náklady na vůz (pořizovací cena, náklady na provoz a údržbu) u všech typů vozidel (BEV, PHEV, konvenční automobil) téměř srovnatelné.

Čtvrtý bod (vyhodnocení technickoekonomického vývoje dobíjecích stanic a jejich optimálního rozmístění) byl realizován v několika částech. Jednak analýzou potřebné infrastruktury a konkrétním návrhem jejího rozmístění v Plzni, jednak výpočty z hlediska dopadu dobíjecích stanic na energetiku. Z technického hlediska tak lze předpokládat, že výstavbě infrastruktury nebude nic bránit. Ekonomická bilance je takřka nemožná, protože chybí dostatek podkladů, podle kterých by bylo možné stanovit návratnost investice a případný zisk. V současné době se stavba infrastruktury nevyplácí, návratnost dobíjecí stanice je přibližně deset let. A zůstává otázkou, do jaké míry bude infrastruktura využívána při větším rozvoji elektromobility a jaká bude návratnost investic. Ekonomická bilance se tak v této práci v souvislosti s nedostatkem informací nepodařila zpracovat.

V práci je mimo body zadání začleněna kapitola věnující se dopadu elektromobility na ekologii. Při predikovaném vývoji bude vlivem elektromobility ušetřeno velké množství emisí, především CO₂ a CO. V případě NO_x a pevných částic lze naopak počítat s mírným zhoršením. Tento fakt je dán vlivem energetického průmyslu, který je však již v současné době čistší, než předpokládá Energy Outlook 2050, protože podíl elektráren na fosilní paliva nyní dosahuje okolo 50 %, přičemž Energy Outlook tento podíl očekává mnohem později. V případě emisí z elektráren lze navíc do budoucna očekávat jejich další pokles, navíc je rozptyl emisí u elektráren snazší, nežli rozptyl emisí automobilů. Elektromobilita tak zásadně může přispět k čistšímu prostředí ve městech.

Seznam literatury a použitých zdrojů

- [1] The History of Electric Vehicles. *Electric Vehicles News* [online]. Amish Pleasures, 1998 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z:
<http://electricvehiclesnews.com/History/historyearly.htm>
- [2] Štefan Anián Jedlík. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0tefan_Ani%C3%A1n_Jedl%C3%ADk
- [3] *PRO-ENERGY: magazín* [online]. Praha: STENELLA, 2008, **2008**(3) [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: http://pro-energy.cz/clanky7/pe_cislo7.pdf
- [4] Stručná historie elektromobilů. *Asociace pro elektromobilitu České republiky* [online]. Sedlec – Prčice: Asociace pro elektromobilitu České republiky, c2015 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz/stru%C4%8Dn%C3%A1-historie-elektromobilu>
- [5] Mezníky vědy: První elektromotory a elektromobily na světě se datují od roku 1834. *Inuru.com* [online]. (c)2002-2012 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://www.inuru.com/index.php/planeta/mezniky-vedy/468-historie-elektromobil-elektromotor>
- [6] The fascinating evolution of the electric car. *Business Insider* [online]. 2015 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.businessinsider.com/electric-automobile-history-2015-12/#the-electric-cars-first-heyday-was-in-the-late-1800s-and-early-1900s-1>
- [7] Electric Cars. *Edison Tech Center* [online]. 2014 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://www.edisontechcenter.org/ElectricCars.html>
- [8] Electric Car Evolution. *Clean Technica* [online]. Sustainable Enterprises Media, 2015 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/>
- [9] The History of the Electric Car. *Energy.gov* [online]. Washington DC: U.S. Department of Energy, 2014 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>
- [10] *Národní akční plán čisté mobility* [online]. 2015 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z:
<http://www.mpo.cz/assets/dokumenty/54377/62106/640972/priloha001.pdf>
- [11] *Global EV Outlook 2016* [online]. 2016 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z:
https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf

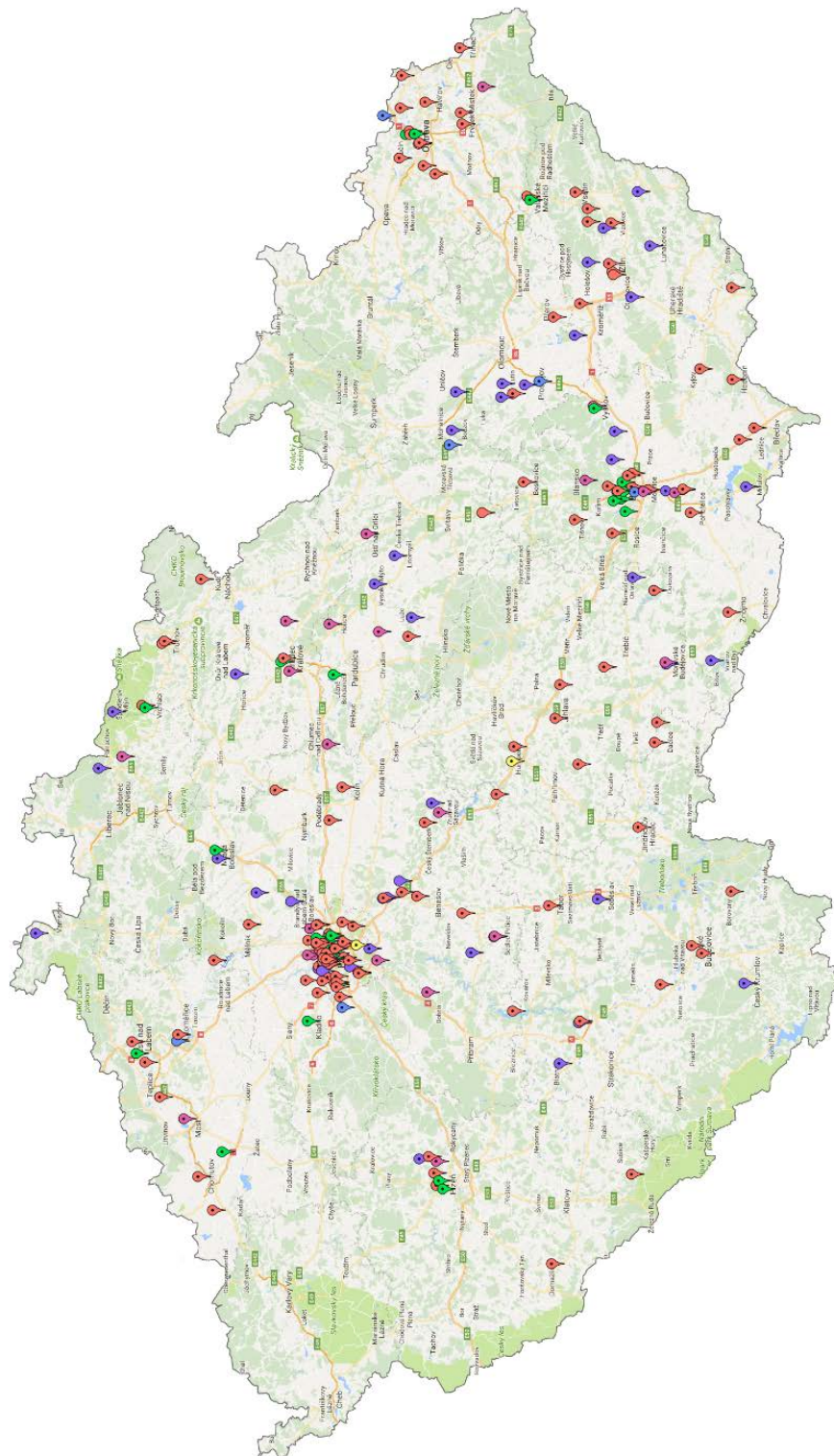
- [12] Registrace nových OA v ČR. *Svaz dovozců automobilů* [online]. 2017 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://portal.sda-cia.cz/stat.php?m#str=nova>
- [13] Global Plug-in Sales for 2016. *The Electric Vehicle World Sales Database* [online]. [2017] [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes>
- [14] *Electromobility in Germany: Vision 2020 and Beyond* [online]. In: Berlin: Germany Trade and Invest, 2015 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/electromobility-in-germany-vision-2020-and-beyond-en.pdf>
- [15] *Státní energetická koncepce České republiky* [online]. 2014 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>
- [16] *Doplňující analytický materiál k návrhu aktualizace Státní energetické koncepce* [online]. 2014 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636209/priloha004.pdf>
- [17] *Hybrid.cz* [online]. Chamanne, 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz>
- [18] Emission Test Cycles: ECE 15 + EUDC/NEDC. *DieselNet* [online]. c1997-2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: https://www.dieselnets.com/standards/cycles/ece_eudc.php
- [19] Mapy nabíjecích stanic. *Elektromobily.org* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: http://www.elektromobily.org/wiki/Mapy_nab%C3%ADjec%C3%ADch_stanic
- [20] *Elektromobily: Informace o elektromobilech* [online]. c2010 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/>
- [21] Auta s největšími nájezdy km: Silnicím vládní koncern VW. In: *Autoforum.cz* [online]. Praha: MotorCom, 2015 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/auta-s-nejvetsimi-najejdy-km-silnicim-vladne-koncern-vw>
- [22] Akční plány. *Magistrát města Plzně: Odbor správy infrastruktury* [online]. Plzeň: Magistrát města Plzně, c2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <https://energetika.plzen.eu/koncepci-dokumenty/akcni-plany>
- [23] *Energetický regulační úřad* [online]. Jihlava: Energetický regulační úřad, c2014-2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <https://www.eru.cz>
- [24] *Směrnice Evropského parlamentu a rady 2014/94/EU: O zavádění infrastruktury pro alternativní paliva*. In: Štrasburk: Evropský parlament, 2014, ročník 2014, číslo 94.

Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=CS>

- [25] ŠURKALA, Milan. Elektromobily: Kolik potřebují Temelínů? In: *Svět mobilně* [online]. oXy Online, c2015 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.svetmobilne.cz/elektromobily-kolik-potrebuji-temelinu/4808>
- [26] ŠURKALA, Milan. Emise CO2 u elektromobilů: Tesla horší než BMW? In: *Svět mobilně* [online]. oXy Online, c2015 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.svetmobilne.cz/emise-co2-u-elektromobilu-tesla-horsi-nez-bmw/4645>
- [27] *Energy Outlook 2016* [online]. 2016 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/eo_2050_final.pdf
- [28] *Projekt elektromobilita ČEZ* [online]. 2016 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.smartcityvpraxi.cz/prezentace/KonferenceEmobilita/Chmelik_CEZ.pdf
- [29] *Electric Vehicle Report* [online]. In: Amsterdam Roundtable Foundation 2014, [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.mckinsey.com/~media/mckinsey%20offices/netherlands/latest%20thinking/pdfs/electric-vehicle-report-en_as%20final.ashx

Přílohy

Příloha A – Mapa dobíjecích stanic [19]



přehled symbolů

	DC 400 V	3 x 126 A	135 kW
	DC 400 V	3 x 63 A	40 – 50 kW
	AC 400 V	3 x 32 A	15 – 20 kW
	AC 400 V	3 x 16 A	10 kW
	AC 230 V	16 A	2 – 3 kW

Příloha B – Obsah CD

Na přiloženém CD je k dispozici:

- Text práce ve formátu PDF