

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA EKONOMIKY, MANAŽERSTVÍ
A HUMANITNÍCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ekonomické a systémové aspekty elektromobilů

Autor: Bc. Radek Janoušek

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.

Praha, 2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Janoušek Radek

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management

Obor: ekonomika a řízení elektrotechniky

Název tématu: Ekonomické a systémové aspekty elektromobilů

Pokyny pro vypracování:

- přehled technického řešení a současného stavu
- ekologické aspekty užití elektromobilů
- ekonomické aspekty užití elektromobilů
- propočty ekonomické efektivity elektromobilů
- doporučení a závěry

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího DP.

Vedoucí diplomové práce: Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc. – ČVUT FEL – K 13116

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2014/2015



Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry


Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 8.11.2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu literatury.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu zákona §60. Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

Jméno Příjmení

Poděkování

Velice rád bych poděkoval panu doc. Ing. Jaroslavu Knápkovi, CSc. za odborné vedení diplomové práce, zejména za cenné připomínky, náměty a za jeho čas, který se mnou strávil při odborných konzultacích, které mi napomohly napsat tuto diplomovou práci.

Dále bych rád poděkoval své přítelkyni a své rodině, která mě po celou dobu studia motivovala a podporovala.

Abstrakt

Předmětem diplomové práce „Ekonomické a systémové aspekty elektromobilů“ je problematika zabývající se elektromobily jak z ekonomického, tak z hlediska systémového. V práci je nejdříve provedena analýza současného stavu ve světě a popis technického řešení jednotlivých typů elektromobilů. Následně je analyzován vliv emisí na životní prostředí a popsány ekonomické aspekty elektromobilů. V poslední kapitole je propočtena a zhodnocena ekonomická efektivnost využití elektromobilu ve firmě v porovnání s klasickým konvečním spalovacím automobilem.

Abstract

The subject of the thesis „Economic and systemic aspects of electric vehicles“ is the issue of dealing with electric cars from both economic and in terms of the system. Work is first carried out an analysis of the current status in the world, and a description of the technical solution of the individual types of electric vehicles. Then analyzed the effect of emissions on the environment and describes the economic aspects of electric vehicles. In the last chapter there are calculated and evaluated economic efficiency the use of an electric car in the company in comparison with classic conventional internal combustion car.

Klíčová slova

Současný stav, aspekty rozvoje, technické řešení, typy elektromobilů, dobíjecí infrastruktura, výhody a nevýhody, emise, náklady na provoz, strategie podpor, přehled elektromobilů, metoda NPV, diskont, daňová úspora, odpisy.

Key words

The current status, aspects of development, technical solutions, types of electric vehicles, rechargeable infrastructure, advantages and disadvantages, emissions, running costs, strategy of support, overview of electric vehicles, the NPV method, discounting, tax savings, depreciation.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 PŘEHLED TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ A SOUČASNÉHO STAVU ELEKTROMOBILŮ	11
1.1 HISTORIE ELEKTROMOBILŮ	11
1.1.1 ROSTOUCÍ PUPULARITA	11
1.1.2 ÚPADEK.....	12
1.1.3 POKUS O VZKŘÍŠENÍ	12
1.2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	14
1.2.1 ELEKTROMOBILITA SOUČASNOSTI	14
1.2.2 SVĚTOVÝ TRH S ELEKTROMOBILY	15
1.2.3 ASPEKTY ROZVOJE	18
1.2.4 ČESKÁ REPUBLIKA.....	18
1.2.4.1 ANALÝZA ROZVOJE	18
1.3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ELEKTROMOBILŮ.....	21
1.3.1 PRINCIP ELEKTROMOBILU	21
1.3.2 TYPY ELEKTROMOBILŮ	23
1.3.2.1 HYBRIDNÍ VOZIDLA	23
1.3.2.2 BATERIOVÁ ELEKTRICKÁ VOZIDLA	25
1.3.2.3 ELEKTRICKÁ VOZIDLA S PALIVOVÝMI ČLÁNKY	25
1.3.3 ENERGETICKÁ ÚČINNOST ELEKTROMOBILŮ	25
1.3.4 AKUMULÁTORY	27
1.3.5 DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURA.....	28
1.3.5.1 TYPY DOBÍJECÍCH STANIC	28
1.3.5.2 SOUČASNÝ STAV A CÍLE.....	29
1.3.5.3 STANDARDY PRO DOBÍJENÍ	30
1.3.5.4 VÝPOČET ENERGETICKÉHO SCÉNÁŘE	31
1.3.6 VÝHODY A NEVÝHODY ELEKTROMOBILŮ	32
1.3.6.1 VÝHODY ELEKTROMOBILŮ	32
1.3.6.2 NEVÝHODY ELEKTROMOBILŮ	32
1.3.6.3 VAROVNÝ SYSTÉM.....	33
2 EKOLOGICKÉ ASPEKTY ELEKTROMOBILŮ	34
2.1 DOPRAVA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	34
2.1.1 NEGATIVNÍ DOPADY	34
2.1.2 EMISE A JEJICH VÝVOJ.....	35
2.1.2.1 EMISNÍ LIMITY OSOBNÍCH VOZIDEL	37
2.1.3 ALTERNATIVNÍ PALIVA	38
2.1.3.1 LPG.....	38
2.1.3.2 CNG A LNG.....	38

2.1.3.3	BIOPALIVA	39
2.1.3.4	VODÍK	39
2.2	VLIV ELEKTROMOBILŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	40
2.2.1	PŘÍMÉ EMISE	40
2.2.2	NEPŘÍMÉ EMISE	41
2.2.3	BILANCE CO ₂ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ ELEKTROMOBILŮ	41
2.2.4	POSOUZENÍ EKOLOGICKÉ VÝHODNOSTI METODOU LCA	43
2.2.4.1	VLIV NA GLOBÁLNÍ OTEPLOVÁNÍ	44
2.2.4.2	DALŠÍ DOPADY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	44
3	EKONOMICKÉ ASPEKTY ELEKTROMOBILŮ	48
3.1	EKONOMICKÉ ASPEKTY	48
3.1.1	POŘIZOVACÍ CENA A JEJÍ TREND	48
3.1.1.1	POŘIZOVACÍ CENA RŮZNÝCH TYPŮ ELEKTROMOBILŮ	49
3.1.2	POROVNÁNÍ VÝDAJŮ ZA ÚDRŽBU A SERVIS	51
3.1.2.1	VÝDAJE ELEKTROMOBILŮ A KLASICKÝCH VOZIDEL	51
3.1.2.2	DODATEČNÉ VÝDAJE KLASICKÝCH VOZIDEL	51
3.1.2.3	DODATEČNÉ VÝDAJE ELEKTROMOBILŮ	52
3.1.3	POROVNÁNÍ VÝDAJŮ ZA PROVOZ	52
3.1.3.1	ELEKTROMOBIL	52
3.1.3.2	SPALOVACÍ MOTOR	53
3.1.3.3	VÝSLEDKY	54
3.2	STRATEGIE PODPOR	56
3.2.1	FINANČNÍ PODPORY	56
3.2.2	NEFINANČNÍ PODPORY	58
3.2.3	PODPORA A PROJEKTY V ČESKÉ REPUBLICE	58
3.3	VÝPOČET DOPADŮ NA EKONOMIKU	60
3.4	PŘEHLED ELEKTROMOBILŮ NA ČESKÉM TRHU	61
4	PROPOČET EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI ELEKTROMOBILŮ	62
4.1	METODIKA VÝPOČTU	62
4.1.1	METODA ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY	62
4.1.2	DISKONTOVÁNÍ	63
4.1.3	DAŇOVÁ ÚSPORA	64
4.1.4	VLIV INFLACE	64
4.1.5	POTŘEBNÉ PARAMETRY PRO VÝPOČET	65
4.1.5.1	DOBA ŽIVOTNOSTI	65
4.1.5.2	INVESTIČNÍ VÝDAJE	65
4.1.5.3	PENĚŽNÍ TOKY	65
4.1.5.4	DISKONT	66
4.2	ZADÁNÍ MODELOVÉ SITUACE	67

4.2.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE A PŘEDPOKLADY	67
4.2.2	TECHNICKÉ PARAMETRY POSUZOVANÝCH VOZIDEL	68
4.2.2.1	CITROËN BERLINGO FURGON	68
4.2.2.2	CITROËN BERLINGO ELECTRIC	69
4.2.3	ZPŮSOB FINANCOVÁNÍ	69
4.2.3.1	ODPISOVÝ PLÁN	70
4.2.4	ROČNÍ VÝDAJE NA PROVOZ, ÚDRŽBU A SERVIS	71
4.2.4.1	CITROËN BERLINGO FURGON	71
4.2.4.2	CITROËN BERLINGO ELECTRIC	72
4.2.4.3	POROVNÁNÍ ROČNÍCH VÝDAJŮ	74
4.3	VYPOČTENÉ HODNOTY	75
4.3.1	CITROËN BERLINGO FURGON	75
4.3.2	CITROËN BERLINGO ELECTRIC	76
4.4	ZHODNOCENÍ	77
	ZÁVĚR	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	85
	SEZNAM TABULEK	86
	SEZNAM GRAFŮ	86
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	87

ÚVOD

V silniční dopravě už několik desetiletí využíváme dominující energii, která se uvolňuje spalováním ropných produktů. Tato energie je v dnešní době nejvyužívanější díky svým jedinečným vlastnostem, jako je jednoduchá skladovatelnost, velká objemová a hmotnostní hustota. V důsledku ubývání fosilních paliv a ropy, ale především z důvodu zajištění energetické bezpečnosti a nezávislosti, začínají vyspělé státy hledat alternativní zdroje energie. Nesmíme také opomenout dopady osobní přepravy na zatěžování životního prostředí. V dnešní době je jisté, že dochází ke globálním změnám klimatu a stále se zvětšující produkci skleníkových plynů. Je zapotřebí ve vyšší míře využívat alternativní zdroje pohonu, které jsou šetrnější k životnímu prostředí. Jedním z alternativních zdrojů pohonu je elektřina, která může být generována různými technologiemi z velkého množství zdrojů, jako jsou například obnovitelné zdroje energie.

Jako velice perspektivní řešení se jeví elektromobily, také se jim říká „vozidla na baterky“. Získávají stále větší zájem veřejnosti a také dostávají širší politickou podporu. Zcela elektrická vozidla poháněná elektrickou energií uloženou v akumulátoru nebo hybridní vozidla, která využívají kombinaci spalovacího motoru a elektromotoru, mohou být do budoucna vhodnou alternativou klasických konvenčních spalovacích vozidel. Jejich velkým potenciálem je to, že neprodukují téměř žádné přímé emise v porovnání se spalovacími vozidly, což by mohlo být přínosem mnoha velkých měst a jejich aglomerací. Spousta měst po celém světě se nyní potýká se zásadními problémy, které se týkají zhoršující se kvality ovzduší a hluku. Tato negativa mají vliv na zdravotní stav obyvatel. Především ve vyspělých zemích stojí tento aspekt za podporou elektromobility. Oproti některým zahraničním státům se v České republice tyto automobily vyskytují zatím jen velice zřídka, ale jejich postupné rozšiřování můžeme skoro jistě predikovat.

Toto téma diplomové práce jsem si vybral proto, že se zajímám o automobily a mám k nim velice pozitivní vztah. Elektromobily mě samotného velice zajímají, neboť s postupnou elektrifikací vozidel můžeme očekávat veliké a nezvratné změny v celém automobilovém průmyslu. Chtěl jsem vytvořit práci, která popíše současné aspekty elektromobilů a dodá mně i těm, kdo ji bude číst, komplexní popis a vysvětlení dané problematiky. Potenciální čtenáři by ve výsledku měli být schopni si vytvořit objektivní názor o daném tématu se všemi pro a proti, které sebou elektromobilita přináší. V této práci se budu zabývat systémovými a ekonomickými aspekty současných dostupných

ÚVOD

elektromobilů na trhu. Zaměřím se na analýzu současného stavu elektromobilů a popisu technického řešení jednotlivých typů. V další fázi mé diplomové práce posoudím ekologické dopady provozu elektromobilů na životní prostředí, včetně vymezení hlavních odlišností vlivu přímých i nepřímých emisí. Elektřina je považována za zdroj čisté energie, ale je to úplná pravda? Odpovím na otázky, jako jsou například: „Je opravdu elektromobil bezemisní dopravní prostředek? Dokážou elektromobily přispět ke zlepšení stavu životního prostředí?“ Následně vysvětlím ekonomické aspekty elektromobilů, jako je pořizovací cena a její budoucí trend, reálné výdaje za provoz a údržbu. Především jejich vysoká pořizovací cena je dnes hlavní překážkou rozvoje. Z toho důvodu existují různé strategie podpor pro rozvoj elektromobility, které již některé státy zavedly. Jedná se o finanční podpory, které přímo snižují pořizovací cenu vozidla nebo nefinanční, které převážně motivují potenciální zájemce. Díky dostupným informacím, především z novinových článků a internetových zdrojů, ale i na základě praktických testů a studií, bude zajímavé sledovat, jak se elektromobily vyvinuly do dnešní doby, včetně výhledů do budoucna.

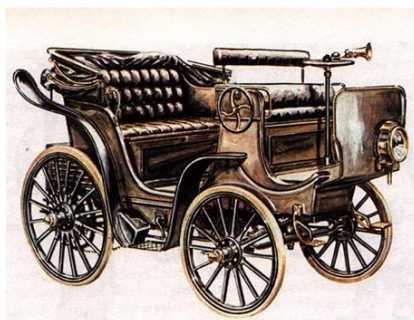
Stěžejním a hlavním cílem mé diplomové práce je posouzení výhodnosti nákupu a následného využívání elektromobilu ve firmě, v porovnání s automobilem na klasický pohon. Platí obecně rozšířený názor, že provoz elektromobilů je levnější než provoz srovnatelného automobilu na konvenční pohon? Definuji modelovou situaci, technické parametry vozidel a odhadnu průměrné roční výdaje za údržbu a provoz. Zaměřím se na způsob financování, diskont a vliv inflace. K posouzení výhodnosti investičního záměru použiji metodu čisté současné hodnoty.

1 PŘEHLED TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ A SOUČASNÉHO STAVU ELEKTROMOBILŮ

Tato kapitola popisuje historický vznik a vývoj elektromobilů ve světě. Dále analyzuje současný stav elektromobilů na světovém trhu, popisuje jednotlivé typy EM a jejich technických řešení a analyzuje vývoj infrastruktury dobíjecích stanic.

1.1 HISTORIE ELEKTROMOBILŮ

Elektrické automobily mají dlouhou historii a již před sto lety měly značný podíl na trhu v USA, Francii a Japonsku. V jakém roce spatřil světlo světa první elektromobil? První elektromobil navrhl a následně postavil v roce 1835 profesor Sibrandus Stratingh z Holandska se svým asistentem Christopherem Beckerem. Automobil se spalovacím motorem vznikl přibližně až o 50 let později. U nás se do historie zapsal Ing. František Křižík, který sestavil svůj elektromobil v roce 1895 (Obr. 1.1). V roce 1899 překonal elektromobil rychlost 100 km/h a stal se tak prvním silničním vozidlem, které této rychlosti dosáhl. [1]



*Obr. 1.1: Elektromobil Františka Křižíka 1895; 3,7kW
zdroj: [2]*

1.1.1 ROSTOUCÍ PUPULARITA

Dnes se to zdá být jen jako utopie, ale již na přelomu 19. a 20. století se elektromobily staly velice oblíbeným dopravním prostředkem, a to zejména díky své jednoduché konstrukci, spolehlivosti a snadnému ovládání. Dalším jejich významným plusem bylo to, že nešpinily motoristy jako jiná vozidla a byly tiché, ale na druhou stranu byly pomalé

a velice drahé. V té době se prodávalo o třetinu více elektromobilů než klasických automobilů se spalovacím motorem.

Zejména ve velkých městech, v New Yorku, v Chicagu nebo v Bostonu, jezdilo desetitisíce elektromobilů. Elektromobily tehdy soupeřily o své místo na trhu s klasickými automobily se spalovacím motorem a s vozidly poháněné párou. Každá technologie měla své výhody a nevýhody. Automobily poháněné párou byly levné a rychlé, ale potřebovaly dlouhou dobu k ohřevu vody a během jízdy se musela voda doplňovat. Automobily se spalovacím motorem měly zpočátku mnoho nedostatků. Byly špinavější, měly problémy s řazením, hlukem, vibracemi, a byly dražší než vozidla na páru. Startovaly se pomocí kliky, což bylo nepohodlné a náročné. Mohlo se s nimi ale cestovat přijatelnou rychlostí na delší vzdálenosti. [3] Celá automobilová doprava stála na počátku svého vývoje s nejasnou budoucí předpovědí toho, který typ vozidla bude s postupem času převládat.

1.1.2 ÚPADEK

Po vynálezu startéru roku 1912, a také především díky levné sériové výrobě, začaly spalovací automobily konkurovat elektromobilům. Automobily z Fordových továren byly asi o polovinu levnější. Dalším významným faktorem, který stál za rozvojem spalovacích vozidel, bylo snížení ceny benzínu díky zvyšující se intenzitě těžby ropy na americkém kontinentu. Klasický automobil se stal dostupným prakticky pro většinu obyvatel a elektromobily přestaly být konkurenceschopné. [3]

V průběhu 20. století se elektromobily objevovaly a mizely ve všech vyspělých zemích světa, obvykle v závislosti na cenách ropy, které se měnily v důsledku ropných krizí. Poté, co se situace zase stabilizovala, tak o elektromobily přestal být zájem.

1.1.3 POKUS O VZKŘÍŠENÍ

K oživení elektromobilů došlo v 90. letech 20. století v USA, kde automobilka General Motors uvedla na trh v roce 1996 elektromobil EV1 (Obr. 1.2). Šlo o velice vydařený automobil, který měl na svou dobu velmi stylový aerodynamický design. Dokázal ujet vzdálenost až 200 km na jedno dobítí. Problém byl v tom, že se nedal koupit, ale jen pronajmout. Automobil zaznamenal obrovský úspěch, což vedlo k celkovému zvýšení zájmu veřejnosti o alternativní pohony v dopravě.

PŘEHLED TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ A SOUČASNÉHO STAVU ELEKTROMOBILŮ

Za oživením stála legislativní změna ve státu Kalifornie. Kladla si za cíl výrazně rozšířit počty těchto automobilů na svém území v důsledku změn klimatu. Proti tomuto úspěchu se postavily ropné společnosti, a tak nakonec elektromobily i zákony podlehly tlaku ropných společností. Všechny EV1 byly sešrotovány a zákony pozměněny. Celkem se jednalo o 5,000 vozidel. General Motors se rozhodla, že elektromobily nebude nadále podporovat a vyrábět. Celá tato situace přispěla k natočení dokumentárního filmu „Kdo zabil elektromobil?“



*Obr. 1.2: Elektromobil General Motors EV1
zdroj: [4]*

První pokusy, jak navýšit počty elektromobilů, nebyly úspěšné ze stejných důvodů jako ve 20. letech 19. století. Byla to vysoká cena baterie, omezená dojezdová vzdálenost, omezená infrastruktura dobíjecích stanic a dlouhý čas dobíjení.

1.2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Význam elektromobility¹ ve světě dlouhodobě vzrůstá. Příchod EM přinesl do automobilového průmyslu nový rozměr. Jedná se o využívání nových technologií, designu či celkové koncepce. *„Elektromobilita zažívá obnovený začátek, ale ještě se nestala boomem. Připravuje se infrastruktura a vyvíjejí se výrobní postupy a konkrétní modely. Technologie jsou již připraveny více let, ale malé vyráběné množství zatím udržovalo vysoké ceny. To se nejprve změnilo u cen baterií, kde díky rozmachu mobilních zařízení klesá cena akumulátorů, ale také u elektroniky i kompletních elektromobilů.“* [5]

V bezprostřední budoucnosti budou mít stále klíčové postavení na trhu klasická vozidla se spalovacím motorem. Nové, efektivnější technologie s využitím elektrického motoru nebo s jeho kombinací, se budou postupně dostávat do popředí. [6]

Ve světě, a to především na americkém a asijském kontinentu, a v EU, se investují vysoké sumy peněz do výzkumu nízkouhlíkových technologií a spouštějí se cílené programy k přechodu na nízkouhlíkovou silniční dopravu.

1.2.1 ELEKTROMOBILITA SOUČASNOSTI

Elektromobily jsou po technické, ekonomické a ekologické stránce ve výhodě a jsou z části připraveny na budoucí náhradu klasických automobilů. Mezi klíčovými subjekty elektromobility je třeba najít efektivní spolupráci, aby se rozvoj elektromobilů dokázal prosadit v konkurenci spalovacích vozidel. Odborníci soudí, že zákazník může přilákat jen široce pojatá, bezpečná, dostupná a snadno použitelná infrastruktura.

Automobilky vkládají vysoké investice do výzkumu a nových technologií zaměřujících se na zdroj pohonu, na výrobu levnějších velkokapacitních baterií s rychlým dobíjením a jejich výměnou. Automobilka Tesla Motors nedávno předvedla svůj automatizovaný systém na výměnu baterií za poplatek. Tato výměna by měla trvat devadesát sekund a automobilka věří v to, že díky tomu zmizí obavy řidičů z malého dojezdu elektromobilů a v rychlém pokračování v jízdě. Zákazník by za výměnu baterie měl zaplatit zhruba \$50 až \$80, což je jako za plnou nádrž paliva. Výměnné stanice by měly být součástí dobíjecích stanic, kde si dnes majitelé Modelu S mohou dobíjet baterie zcela zdarma. [7]

¹ Elektromobilita – elektromobilitou nazýváme celý koncept zahrnující výrobce baterií, výrobce elektromobilů, města a státy, uživatele a distributory energií.

Důležitý je tedy rozvoj sítě dobíjecích a výměnných stanic, které v budoucnu povedou k většímu nárůstu zájemců o elektromobily. Pomalé dobíjení bude důležitější než rychlé, protože elektrickou zásuvku má každý doma, zatímco infrastruktura pro středně či rychlodobíjecí stanice je pořád ještě záležitostí především center velkých měst. Podpora ze strany státu, při propagaci elektromobility nebo výstavby stanic, je velmi důležitá. V mnoha zemích již existují, nebo se připravují, národní politiky zohledňující alternativní pohony. Realizují se pilotní projekty a dochází k integraci elektromobility do dopravních strategií.

Prakticky všechny renomované automobilky nyní uvádějí své EM na trh. Celá řada výrobců využívá příležitosti k vývoji vlastních konceptů a produktových řad. Celkový potenciál EM neustále roste, což je patrné z neustále se rozšiřujícího počtu představovaných novinek. Důvodem k optimismu jsou vesměs dobré zkušenosti s každodenním provozem.

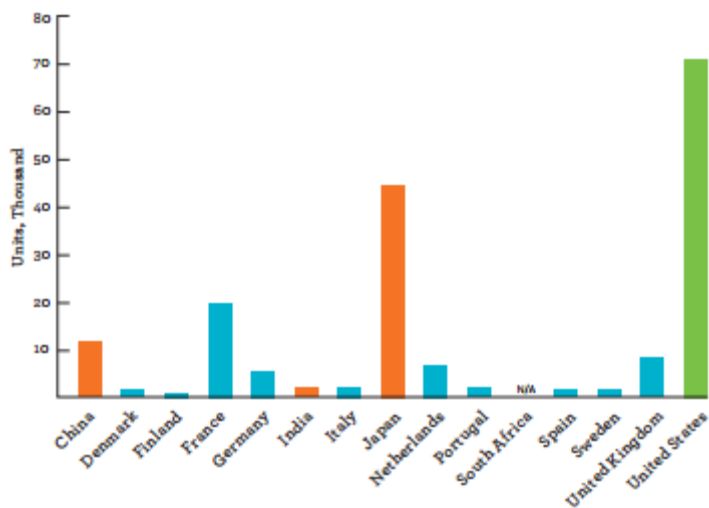
Současné EM již nabízejí výkon odpovídající požadavkům různých skupin uživatelů. EM uváděné na trh dokážou bez problémů urazit i vzdálenosti přes sto kilometrů. Požadavky kladené na elektromobily jsou velmi vysoké, protože se očekává, že nahradí klasické automobily, aniž by řidiči či pasažéři museli slevit ze svého pohodlí. Využívání bateriových elektrických vozidel představuje významné snížení hluku a emisí vznikajících v dopravě.

1.2.2 SVĚTOVÝ TRH S ELEKTROMOBILY

Mezi největší světové trhy s elektromobily v roce 2013 patřily USA, Japonsko, následovala Čína a několik evropských zemí. V roce 2013 bylo v USA prodáno 96,702 kusů EM zahrnujících PHEV, BEV a REEV. Celkový podíl EM na trhu v USA činil 3,81% v roce 2013. V roce 2012 tam bylo prodáno 52,835 EM. [10]

Na konci roku 2012 byl, podle světové organizace EVI², počet EM přes 180,000, což bylo 90% všech EM na světě. Jednalo se o 0,02% podíl z celkového počtu vozidel na světě. [9] Nejsou zde uvedeny počty motocyklů, autobusů a nákladních vozidel. Největší počet EM ze zemí, které nepatří do EVI, má Norsko. To mělo koncem minulého roku 20,486 registrovaných EM. [10]

² EVI – iniciativa zastřešující elektrická vozidla, skládá se z 15 zemí světa.

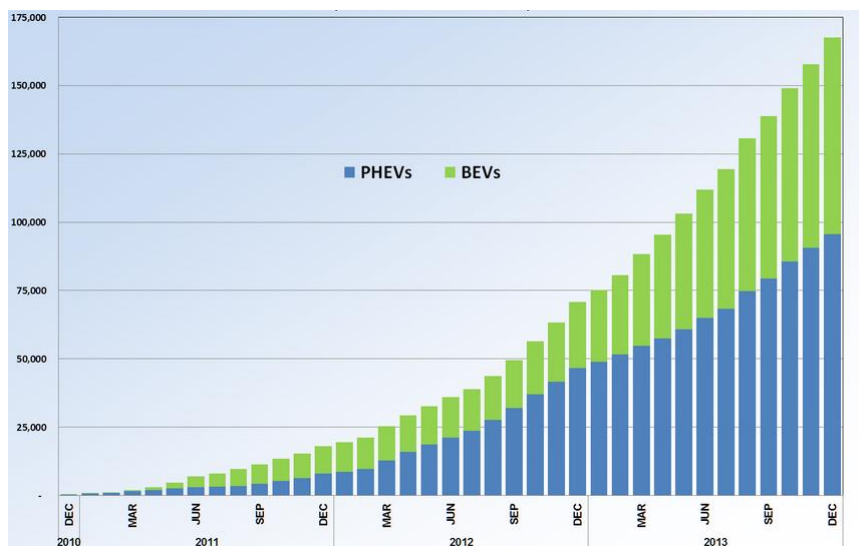


Graf 1.1: Světový trh s elektromobily dle EVI v roce 2012
zdroj: [9]

Největší podíl PHEV má Japonsko, a to přes 74,100 vozidel, především díky narůstajícím prodejm Toyota Prius PHEV. V USA bylo do konce roku 2013 prodáno 54,552 těchto typů automobilů, a to především Chevroletu Volt. [11] Ve všech jiných zemích je počet prodaných PHEV relativně malý. Ve stejném roce v EU byl největší počet prodaných vozů PHEV v Nizozemsku, a to 4,331 kusů. [9]

Japonsko se stalo první zemí, kde se HEV objevily na trhu. Celosvětový prodej hybridních automobilů se v roce 2012 pohyboval kolem 1,2 milionů vozidel z celkových 6 milionů. Hlavním důvodem zvyšujícího se prodeje HEV je takový, že nepotřebují využívat dobíjecí stanice a mají velmi podobné jízdní charakteristiky jako klasické automobily se spalovacím motorem. V USA se těchto typů vozidel v roce 2013 prodalo 495,530. [8] Prodávají se tam přes 10 let a od roku 2005 do roku 2010 jich bylo prodáno přes 1,6 milionu. V Japonsku jich bylo v roce 2012 prodáno kolem 740,000, v USA 434,640 a jen kolem 20,000 v EU.

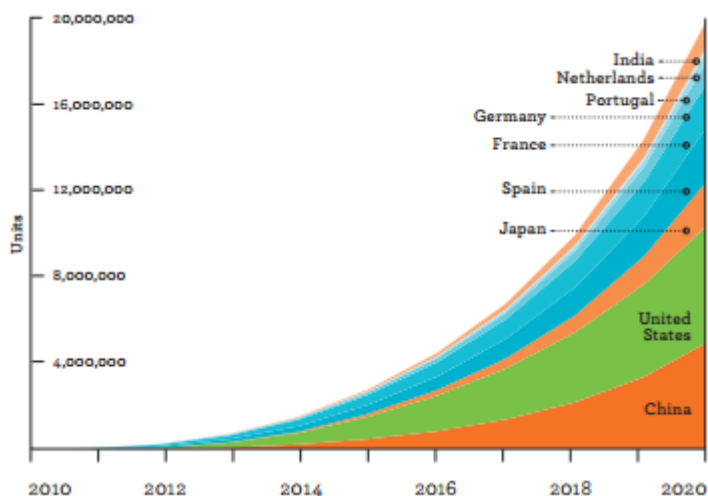
Většina BEV bylo prodáno v USA, a to 47,694, v roce 2013. [8] V Japonsku bylo prodáno 13,021 vozidel modelu Nissan Leaf. [12] V Číně byl počet těchto prodaných vozidel 5,648. [13] V EU patřil největší podíl prodeje Francii a Norsku. Japonský Nissan Leaf dokázal také ovládnout Evropu a stal se nejprodávanějším elektrickým autem minulého roku. Za ním se držel Renault se třemi modely: Zoe, dodávkou Kangoo ZE a dvoumístným vozítkem Twizy. Úspěch slavil také dvoumístný elektromobil Smart ED od německého koncernu Daimler, který je určen především do městských ulic.



Graf 1.2: Kumulované prodeje EV v USA
zdroj: [8]

Na trhu existují také EM s pohonem vodíkovými palivovými články. Celkový počet elektrických vozidel s palivovými články je v porovnání s BEV nebo PHEV velice nízký kvůli malému počtu modelů, omezené infrastruktuře a vyšším cenám. „O vodíkových automobilech se dlouhou dobu mluví, ale je velice složité, aby se tato technologie stala dostupnější. Zatím je ve fázi konceptů a předvádění, neboť potřebuje kompletně novou infrastrukturu vodíkových čerpacích stanic, která je v dnešní době velice omezená.“ [14] Udává se, že existuje 650 vozidel na vodík, z toho je 200 autobusů. [15]

Dlouhodobým cílem EVI je dosáhnout počtu 20 milionů vozidel do roku 2020 v devíti největších zemích světa (Graf 1.3). [9]



Graf 1.3: Předpokládaný vývoj EV podle EVI
zdroj: [9]

1.2.3 ASPEKTY ROZVOJE

Tempo, jakým se budou elektrická a hybridní vozidla v jednotlivých částech světa prodávat, závisí zejména na následujících faktorech:

- 1) na podpoře a strategiích jednotlivých států orientovaných na trh s EM a regulaci na celosvětové úrovni,
- 2) na vývoji světových cen ropy,
- 3) na cenové dostupnosti EM,
- 4) na postupném rozšiřování komplexní dobíjecí infrastruktury,
- 5) na tempu technologického pokroku a inovací baterií, zejména na jejich ceně.

1.2.4 ČESKÁ REPUBLIKA

V České republice není o elektrická vozidla a hybridní vozidla příliš velký zájem, jak je tomu jinde ve světě. Elektromobily se v ČR potýkají se zásadními překážkami, a to je především vysoká pořizovací cena bez možnosti využití dotací, nedůvěra zákazníků v elektromobilitu a nulová podpora ze strany státu.

Celkově u nás jezdí kolem 2,080 hybridních a kolem 190 zcela elektrických vozidel. [16] Jedná se o nová auta typu Smart ED, Citroën C-Zero, Mitsubishi i-MiEV, Peugeot iOn, Nissan Leaf, BMW i3 a také o přestavby starších vozů.

V České republice je v provozu něco málo přes 50 dobíjecích stanic. Očekává se postupný rozvoj infrastruktury dobíjecích stanic. Měly by vzniknout rychlodobíjecí stanice podél hlavních silničních a dálničních tahů, což by mělo umožnit snadné cestování po celé republice.

1.2.4.1 ANALÝZA ROZVOJE

Jako výchozí bod pro nalezení strategie pro rozvoj elektromobily v České republice se nabízí vymezení působnosti. Nejběžnějším nástrojem je analýza SWOT. Silné (Strengths) a slabé (Weaknesses) stránky jsou interními faktory, které mohou být aktivně ovlivňovány, zatímco příležitosti (Opportunities) a rizika (Threats) mohou být jako externí faktory ovlivňovány pouze podmíněně.

PŘEHLED TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ A SOUČASNÉHO STAVU ELEKTROMOBILŮ

*Tabulka 1.1: SWOT analýza rozvoje elektromobilů v ČR
zdroj: [Vlastní zpracování]*

SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
<p>Dlouholetá silná pozice v odvětví výroby automobilů v národním hospodářství, rozvinutá síť dodavatelských center a distribučních kanálů.</p> <p>Potenciál ve využívání ekologických vozidel a úsporných technologií v evropském měřítku.</p> <p>Kvalifikovaní zaměstnanci a pracovní síla.</p> <p>Současně slabá konkurence, nepřeplněný trh.</p> <p>Úspory s velkým rozsahem výroby.</p> <p>Možnost tvorby kvalitní reklamní kampaně a marketingové strategie.</p>	<p>Celosvětově vysoké náklady na výrobu baterií a součástí, nízké investice na výzkum a vývoj.</p> <p>Chybějící širší strategie a podvědomí lidí o elektromobilitě, chybějící zkušenosti se sériovou výrobou hybridních pohonů.</p> <p>Chybějící standardy a normy (rozhraní mezi vozidlem a nabíjecí infrastrukturou).</p> <p>Pomalu se rozvíjející trh s elektromobily.</p> <p>Nedostatečná infrastruktura dobíjecích stanic.</p> <p>Technologické omezení současných elektromobilů (výkon, dojezd a dlouhá doba nabíjení).</p> <p>Nelze nabídnout všem zákazníkům (pouze pro specifické skupiny).</p> <p>Nevýhoda oproti zahraničním importérům.</p> <p>Ne příliš vhodný energetický mix pro elektromobily, pomalý rozvoj OZE (převážně spalování fosilních paliv).</p>
PŘÍLEŽITOSTI	RIZIKA
<p>Snížení lokálních emisí škodlivin (CO, NO_x, PM, HC) a globálních emisí skleníkových plynů.</p> <p>Zlepšení energetického mixu, impuls pro efektivnější integraci lokálních OZE – zajištění dlouholeté mobility.</p> <p>Snížení závislosti na dovozu ropy.</p> <p>Využití elektromobilů v inteligentních sítích „smart grids“ a zvýšení efektivity výroby elektrické energie.</p> <p>Inovační impulz pro automobilový a dodavatelský průmysl a pro odvětví s nimi spojené.</p>	<p>Vysoké investiční náklady na rozvoj a výzkum elektromobilů.</p> <p>Nedostatečný přístup ke klíčovým technologiím v oblasti akumulátorových článků.</p> <p>Závislost na nerostných surovinách a dostupnosti materiálů mohou brzdit růst.</p> <p>Problémy s přijetím technických omezení (výkon, dojezd a dlouhá doba nabíjení).</p> <p>Nedostatečná technologická legislativa (neúplnost právních předpisů a úprav).</p> <p>Snadný vstup konkurence na trh díky malé</p>

PŘEHLED TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ A SOUČASNÉHO STAVU ELEKTROMOBILŮ

Tvorba nových pracovních míst pro kvalifikované odborné síly.	diferenciaci, velká rivalita na budoucím trhu, možnost zaostávání za konkurencí.
Rozvoj výzkumu a spolupráce mezi odvětvími.	
Legislativní změny podporující výrobu.	
Rozšíření nabídky elektromobilů.	
Růst poptávky po elektromobilech, především ve městech.	

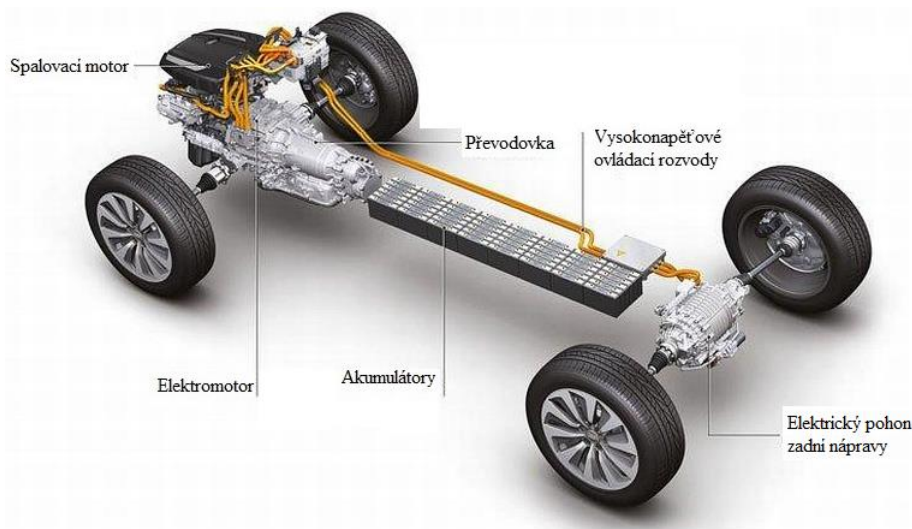
S ohledem na předpokládaný vývoj celosvětového trhu EM je pro Českou republiku důležité, aby dokázala reagovat na nové požadavky v automobilovém průmyslu, které se očekávají se zvyšujícím se prodejem a výrobou jejich součástí. Je proto důležité, aby Česká republika získávala zkušenosti z pilotních projektů elektromobility, informovala a motivovala širokou veřejnost a propagovala využívání ekologických vozidel.

1.3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ELEKTROMOBILŮ

Hlavní cíle, které si automobilky stanovují, jsou malé rozměry, rychlé dobíjení a větší dojezdová vzdálenost. Všechny tyto aspekty jsou středem pozornosti technologií a vývojářů. Dnes prakticky nenajdeme automobilku, která by se prodejem či alespoň vývojem částečně nebo plně elektrických vozidel nezabývala. Ve vozidlech jsou použity nejvyspělejší technologie, a především díky ceně akumulátoru, je pořizovací cena o dost vyšší než u spalovacích automobilů stejných tříd.

1.3.1 PRINCIP ELEKTROMOBILU

Základem pohonů jak čistě elektrických, tak pohonů hybridních, je elektromotor. Elektromotor je elektrický točivý stroj, který mění elektrickou energii na mechanickou práci s účinností až 90%. Klasický spalovací motor má účinnost 16-25%. Jako zdroje energie se využívá obvykle akumulátoru uloženého přímo ve vozidle. Na jeho kapacitě závisí dojezdová vzdálenost. [17]



Obr. 1.3: Konstrukční schéma hybridního vozidla
zdroj: [18]

Jednotka elektrického pohonu je umístěna přímo na nápravě a obsahuje elektromotor (Obr. 1.4), který pracuje ve dvou režimech: jako *motor* spotřebovávající elektřinu z akumulátoru a jako *generátor* využívající principu rekuperace³.

³ Rekuperace – transformace kinetické energie automobilu na elektrickou energii během brzdění.

Elektromotor pohání vozidlo, když funguje jako motor, a jako generátor pomáhá převádět mechanickou energii vznikající při brždění na elektrickou energii.



*Obr. 1.4: Jednotka elektrického pohonu
zdroj: [19]*

Mezi akumulátorem a elektromotorem je inverter (počítač řízení elektrického pohonu), neboli výkonová jednotka, která převádí SS napětí akumulátoru na ST napětí potřebné k napájení elektromotoru. Dále řídí elektromotor za jízdy (rychlost a výkon), ve fázi rekuperace energie, při brždění a při uvolňování pedálu akcelerace. Invertor také obrací chod elektromotoru.



*Obr. 1.5: Invertor
zdroj: [19]*



*Obr. 1.6: Vysokonapěťový akumulátor
zdroj: [19]*

Akumulátor napájí elektromotor během pohonu na elektřinu. Při jízdě se spalovacím motorem a při brždění je akumulátor dobíjen systémem spolupracujícího regenerativního brždění (Obr. 1.7). Jakmile požadavky na brždění překročí brzdící schopnost generátoru, aktivují se tradiční brzdy.



*Obr. 1.7: Systém spolupracujícího regenerativního brždění
zdroj: [19]*

1.3.2 TYPY ELEKTROMOBILŮ

V současné době existuje několik typů EM. Jedná se o hybridní vozidla, hybridní vozidla s dobíjením ze zásuvky, vozidla s prodloužením jízdního dosahu, plně elektrická vozidla a vozidla s palivovými články. V dnešní době jsou nejvíce konkurenceschopná hybridní vozidla, protože nepotřebují využívat dobíjecí stanice během provozu a mají téměř shodné jízdní charakteristiky jako spalovací vozidla.

1.3.2.1 HYBRIDNÍ VOZIDLA

Hybridní vozidlo obsahuje kombinaci několika zdrojů energie pro pohon. K pohonu nejčastěji využívají kombinaci klasického maloobjemového zážehového spalovacího motoru a elektromotoru poháněným energií z baterie. Spalovací motor slouží jako primární systém. Elektrický motor je využíván k pohonu v situacích, kdy není spalovací motor efektivní. Využívá se při rozjíždění, při akceleraci, anebo při nízkých rychlostech 50-60 km/h, kdy je spotřeba pohonných hmot nejmarkantnější. Můžou ušetřit až 25% paliva v porovnání s klasickými vozidly. Tato vozidla nemohou být připojena k elektrické síti, a tudíž napomáhají ke snížení emisí převážně v městském provozu. [19].

Hybridní pohon můžeme rozdělit na tři základní koncepce uspořádání:

- sériové (Chevrolet Volt, Opel Ampera),

- *paralelní* (Honda Insight, Mercedes Benz S 400 hybrid),
- *kombinované* (Toyota Prius, Toyota Auris HSD, Lexus CT 200h, aj.).

HYBRIDNÍ VOZIDLA DOBÍJENÁ ZE ZÁSUVKY

Tato vozidla mají hybridní pohon vybavený akumulátorem, který lze dobít připojením k externímu zdroji elektrické energie. Při jízdě na krátké vzdálenosti funguje jako bezemisní elektrický vůz, zatímco na delší vzdálenosti se chová jako běžný vůz s hybridním pohonem. Jeho výhoda spočívá v tom, že pokud se energie z akumulátoru vyčerpá, nemusí se ihned hledat nejbližší dobíjecí stanice. Vůz se v takovém případě automaticky přepne do režimu hybridního pohonu. Mohou ušetřit až 50% paliva v porovnání s klasickými vozidly. PHEV mají výkonnější Li-Ion baterie v porovnání s HEV, což umožňuje větší dojezdovou vzdálenost bez emisí, která je obvykle něco mezi 30-60 km. [20] Do této skupiny patří vozy jako Toyota Prius Plug-In, Ford CMAX Energy, Ford Escape EV, Volvo V70 EV, a další.

HYBRIDNÍ VOZIDLA S PRODLOUŽENÍM JÍZDNÍHO DOSAHU

Tyto EM jsou poháněny především elektromotorem, u kterého jsou jeho vlastnosti ještě více vylepšeny. Jízdní dojezd těchto vozidel je dostatečný k tomu, aby splňovaly průměrné denní požadavky na mobilitu. Je-li potřeba, může se elektrická energie generovat ve vozidle pomocí systému prodloužení jízdního dosahu. Jedná se o samostatnou přídatnou výkonovou jednotku, neboli o malý spalovací motor s generátorem (Obr. 1.8). Dodává energii pro elektrický pohon, když je akumulátor vybitý. Jízdní dosah elektrického pohonu je přibližně 80 km. Při delších jízdách umožňuje systém zvýšit jízdní dojezd dobíjením akumulátoru. [19] Na trhu je dostupných jen několik málo modelů například Chevrolet Volt a Opel Ampera.



Obr. 1.8: Systém prodloužení jízdního dosahu
zdroj: [19]

1.3.2.2 BATERIOVÁ ELEKTRICKÁ VOZIDLA

Bateriová elektrická vozidla jsou výhradně poháněna bateriemi bez možnosti generování elektřiny spalovacím motorem přímo ve vozidle. Nespalují palivo a nevypouští za jízdy žádné CO₂. Dobíjení baterie je realizováno připojením vozidla k externímu zdroji elektrické energie.

Do této skupiny patří vozy jako je například Nissan Leaf, Mitsubishi iMiev, Renault Twizy, Citroen C-Zero, Tesla Model S, a další.

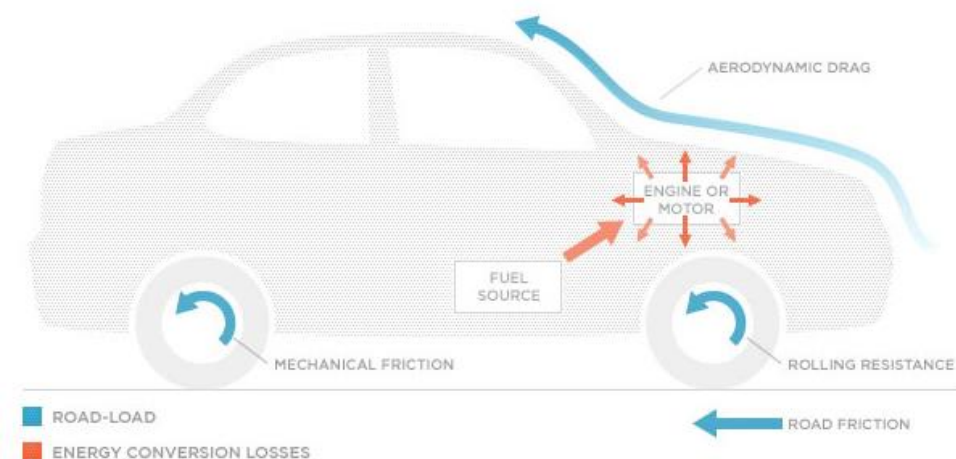
1.3.2.3 ELEKTRICKÁ VOZIDLA S PALIVOVÝMI ČLÁNKY

Vozidla s palivovými články jsou podobně jako BEV výhradně poháněna elektrickým pohonem. *„Palivové články jsou elektrochemická zařízení přeměňující přímo chemickou energii paliva a oxidantů na energii elektrickou. Palivové články jsou poháněny stlačeným vodíkem, který se tankuje do palivové nádrže. Vodík může být vytvořen z různých primárních zdrojů energie. Z ekologického hlediska je nejlepší cestou výroba vodíku elektrolýzou z obnovitelné elektřiny.“* [21]

Dnes je většina modelů vyrobena pouze k demonstračním účelům, ale některé z nich jsou již na trhu, například Honda FCX Clarity, Hyundai ix35 FCEV, Hyundai Santa Fe FCEV.

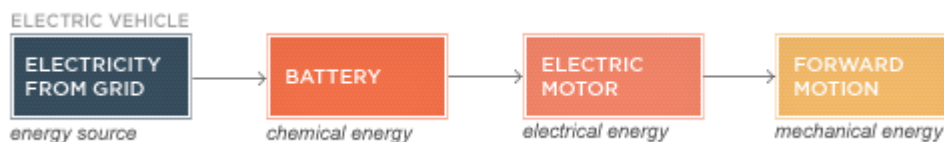
1.3.3 ENERGETICKÁ ÚČINNOST ELEKTROMOBILŮ

Spalovací motory jsou relativně neefektivní při přeměně energie, tzv. „z nádrže na kola“, protože se většina energie zbytečně přemění v teplo. Elektrické motory jsou v tomto ohledu daleko účinnější. Dalším významným plusem je to, že nespotřebovávají energii při stání a při jízdě bez motoru. Dále při brzdění a za jízdy z kopce se energie zachytí a díky rekuperaci se znovu využije. Energie se také ztrácí mechanickým třením, valivým odporem a odporem vzduchu. Spotřeba energie závisí na velikosti automobilu a na výkonu, čím je vyšší, tím je vyšší i spotřeba.



Obr. 1.9: Druhy ztrát
zdroj: [22]

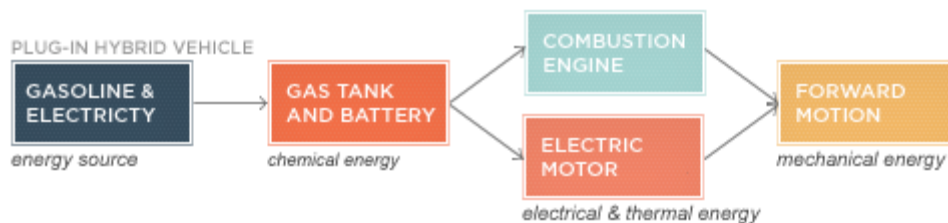
V bateriových elektrických vozidlech je chemická energie uložena v akumulátorech. Dnes jsou používány převážně Li-Ion baterie z důvodu vysoké energetické hustoty. Přeměna chemické energie na elektrickou energii je dosahována s účinností přes 90 %, zbývající část energie se přemění v teplo a ztrácí se v člancích baterie a v dalších komponentech. Zbývající součásti pohonu – invertor a elektromotor mají vysokou účinnost. Elektrická vozidla jsou téměř třikrát účinnější než vozidla se spalovacím motorem. [22]



Obr. 1.10: Blokové schéma přeměny energie elektrického vozidla
zdroj: [22]

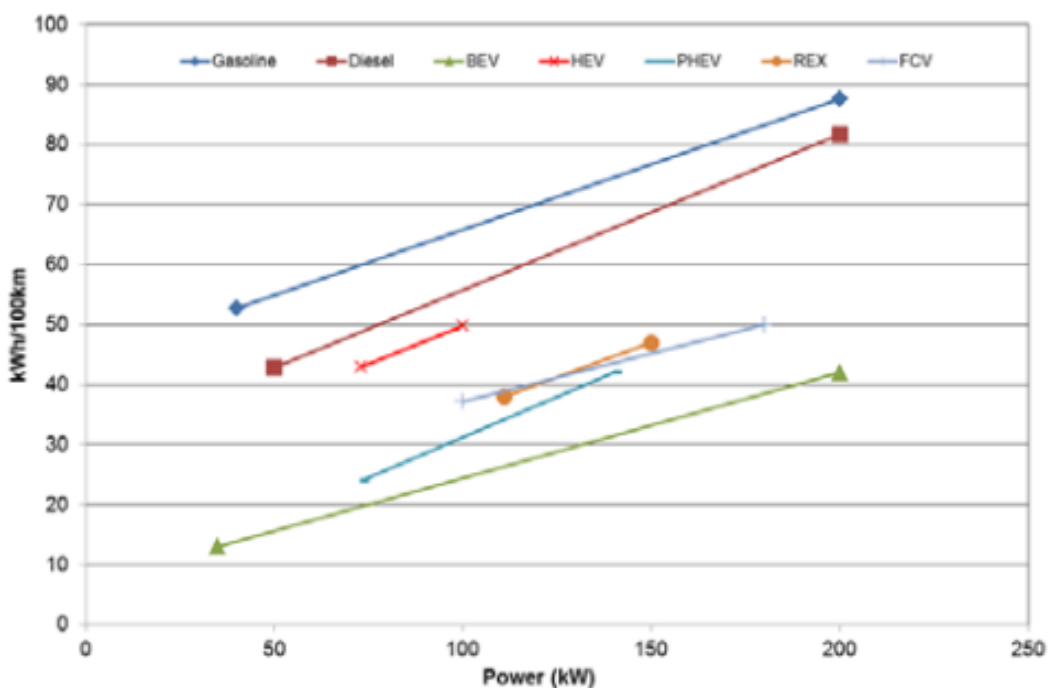
Elektrické automobily obvykle využívají k výrobě a přeměně energie 10-23kWh/100 km. Část této energie se ztrácí z důvodu neefektivnosti nabíjení baterie. [23]

Proces přeměny energie u hybridních vozidel je kombinací procesu spalovacího motoru a baterie. Celková účinnost hybridních vozidel je o něco vyšší než u konvenčních vozidel. Jestliže hybridní vozidla pracují v režimu plně elektrickém, tak je celková účinnost poměrně vysoká, avšak jakmile se zapne spalovací motor, celková účinnost pohonu ztrácí.



Obr. 1.11: Blokové schéma přeměny energie plug-in hybridu zdroj: [22]

Energetické nároky elektromobilů jsou různé v závislosti na typu vozidla a jeho účinnosti (Graf. 1.4).



Graf 1.4: Závislost spotřeby energie na výkonu různých typů EM v porovnání s ICEV zdroj: [20]

1.3.4 AKUMULÁTORY

Dojezd EM závisí na počtu a typu použitých akumulátorů. Kvůli nízké efektivitě ukládání energie mají malý dojezd a musí se pravidelně dobíjet. Akumulátory se potýkají s problémy, jako je hmotnost, velikost, nabíjecí a vybíjecí výkon, životnost a spolehlivost. Mezi nejpodstatnější výzvy, které se dnes týkají výrobců EM, je cena versus dojezd a výkon akumulátorů.

Většina současných EM se projektuje především se zaměřením na lithium iontové baterie a na další varianty založené na lithiu. Li-Ion baterie jsou často preferovány pro svoji poměrně vysokou hustotu energie, čímž lze dosáhnout relativně menších rozměrů a hmotností ve srovnání s ostatními typy baterií. Mají ale omezenou životnost, která může výrazně zvýšit provozní náklady vozidla. [24]

V současnosti některé společnosti pracují na vylepšení těchto baterií, hlavně na zvýšení energetické hustoty, a to pomocí různých změn materiálů elektrod. Například se jedná o lithium železo fosfátové (LiFePo₄) baterie, které se zdají být nejvhodnější. Mají schopnost dodat vyšší proud, mají vysoký počet dobíjecích cyklů (2000-3000), a jsou netoxické a recyklovatelné.

1.3.5 DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURA

Většinu vozidel se spalovacími motory lze považovat v dojezdu za neomezené. Faktem je, že dojezdová vzdálenost EM na jedno nabití je velice omezená a dobíjení může trvat dlouhou dobu. Mnoho řidičů se obává toho, že jim dojde energie z baterie ještě před dosažením svého cíle. Elektromobily se mohou masově prosadit pouze tehdy, pokud budou mít k dispozici dostatečně hustou a dobře fungující síť dobíjecích stanic.

1.3.5.1 TYPY DOBÍJECÍCH STANIC

Dobíjecí infrastruktura může být jednoduše rozdělena do dvou segmentů, na *vlastní dobíjení* v domácnostech a na *veřejné dobíjení*. Vlastní dobíjení je vhodnějším řešením pro venkovské oblasti, kde mohou být elektromobily pohodlně dobíjeny z elektrické sítě doma, přes noc. Dobíjecí stanice se instalují na různá místa, například v obytných a administrativních zónách, na parkovištích, v obchodních centrech a přímo na ulicích. Ve městech je nejvíce atraktivní dobíjení přímo v místech, kde lidé pracují.

Na základě rychlosti dobíjení se dále dělí do dvou základních skupin, a to na *pomalé* a *rychlé* dobíjení. Pomalé dobíjení je nejčastější způsob, jak dobít akumulátor z externího zdroje. Obvykle je používáno v obytných a v administrativních zónách. K úplnému dobití dojde přibližně od 4 do 12 hodin. Rychlé dobíjení je většinou využíváno na ulicích a v garážích supermarketů nebo přímo na rychlostních komunikacích. Jsou k dispozici SS rychlodobíjecí stanice, které dobijou baterii na 80% své kapacity přibližně za 30 minut. Avšak rychlejší dobíjení znamená vyšší cenu těchto stanic. [20]

Dalším způsobem, jak zvýšit omezený dojezd elektrických vozidel je budovat stanice na výměnu baterií. Elektromobily s takovou technologií můžou dojet do výměnné stanice a během pár minut si nechat vyměnit baterii za plně nabitou.

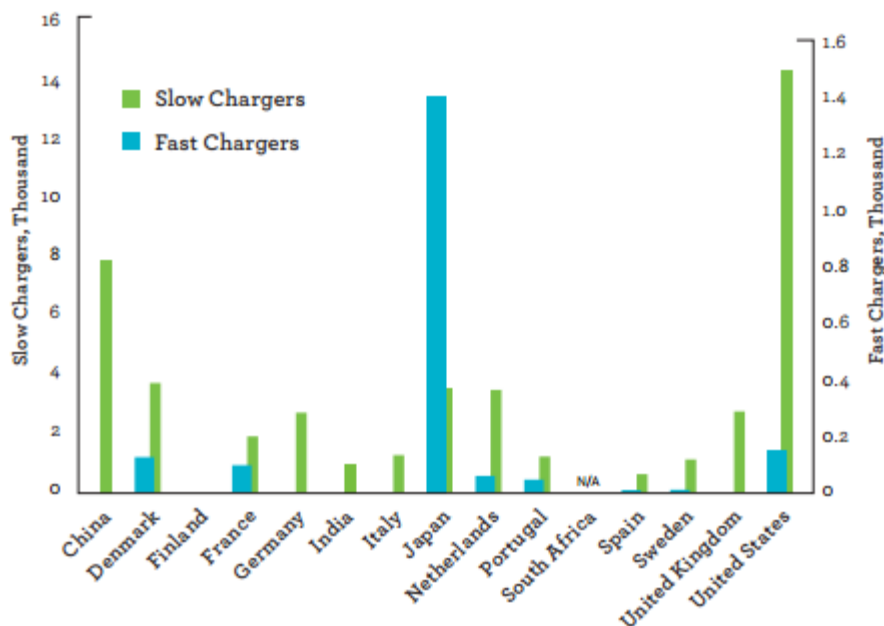


*Obr. 1.12: Vizualizace rychlodobíjecí stanice
zdroj: [27]*

1.3.5.2 SOUČASNÝ STAV A CÍLE

V prosinci 2013 se Estonsko stalo první zemí, která má vybudovanou celostátní dobíjecí síť. Rychlodobíjecí stanice jsou vybudovány podél dálnic v minimální vzdálenosti mezi 40-60 km, s vyšší hustotou v městských oblastech. [25] Celostátní infrastruktura rychlého dobíjení se v současnosti buduje také v USA. [26] Jako závazek udržitelnosti životního prostředí také Nizozemská vláda zahájila plán výstavby více než 200 rychlodobíjecích stanic. Plánuje je vybudovat po celé zemi do roku 2015. Stanice by měli být od sebe vzdáleny maximálně 50 kilometrů. [27]

Cílem EVI je, aby bylo postaveno 2,4 milionu pomalých a 6 tisíc rychlodobíjecích stanic do roku 2020. Japonská vláda má za cíl, že bude mít 2 milionu pomalých a 5 tisíc rychlých stanic. Norsko plánuje vybudovat 20,000 pomalých a 100 rychlých stanic do konce roku 2015. [9]



Graf 1.5: Počet dobíjecích stanic mimo obytné zóny v EVI 2012
zdroj: [9]

S narůstajícím počtem EM také narůstá počet dobíjecích stanic. Hlavním zjištěním je, že počet EM na jednu stanicí je velice nízký. Nejvyšší hodnoty jsou dosaženy ve Francii a v Japonsku (devět vozidel na jednu stanicí) a nejnižší jsou v Dánsku (jeden elektromobil na tři dobíjecí stanice). [9]

1.3.5.3 STANDARDY PRO DOBÍJENÍ

Koncem července 2013 se objevily zprávy o konfliktu mezi společnostmi, které vyrábějí dva typy dobíjecích zařízení. Japonci vyvinutý standard CHAdeMO⁴, který je upřednostňovaný Nissanem, Mitsubishi a Toyotou, zatímco „Society of Automotive Engineers“ standard J1772 Combo⁵, který je podporován GM, Fordem, Volkswagenem a BMW. Tyto dva rychlobíjecí systémy jsou zcela nekompatibilní. S ohledem na pokračující spor mezi společnostmi je patrné, že můžou dynamiku trhu EM vážně ohrozit, proto musí být tento problém brzy vyřešen. [28]

⁴ CHAdeMO – Japonský standard rychlobíjecí metody dodávající SS proud s příkonem až 62,5 kW.

⁵ SAE J1772 – standard Severní Ameriky pro elektrické konektory elektrických vozidel.

	CHAdeMO (Japan)	GB/T (China)	COMBO1 (US)	COMBO2 (Germany)
Connector				
Vehicle Inlet				
	CAN		PLC	

Obr. 1.13: Typy konektorů pro dobíjení
zdroj: [29]

1.3.5.4 VÝPOČET ENERGETICKÉHO SCÉNÁŘE

S předpokládaným rozvojem elektromobility se očekává dle MPO, že v roce 2030 bude v ČR 400,000 elektromobilů.

Období	2015	2020	2021	2025	2030
Počet	20,000	100,000	110,000	250,000	400,000

Tabulka 1.2: Předpokládaný vývoj počtu vozidel s alternativním pohonem
Zdroj: [30]

Podle údajů z minulého roku byla celková spotřeba energie netto cca 58,6 TWh. Zbylá energie se vyváží a prodává. Očekává se, že spotřeba poroste. Elektromobily by měly začít výrazněji ovlivňovat spotřebu elektřiny od roku 2035. [31]

Budu předpokládat, že průměrný řidič najezdí zhruba 25,000 kilometrů za rok a že elektromobil spotřebuje 15 kWh/100km. Z toho vychází, že jeden elektromobil ročně spotřebuje 3,75MWh. Podle predikovaného vývoje počtu EM, 400,000 elektromobilů spotřebuje 1,5 TWh za rok. Podíl spotřeby elektrické energie elektromobilů se rovná 2,56% současné roční spotřeby pro rok 2013. U tohoto výpočtu je potřeba zmínit, že uvažovaný scénář vyvolá vcelku významný poptávkový šok po elektřině.

V budoucnu se počítá s tím, že v rámci tzv. inteligentních sítí, neboli „smart grids“⁶ budou elektromobily fungovat jako uložistiště nebo zdroj energie. K dobíjení baterií by mělo

⁶ „Smart grids“ jsou energetické a komunikační sítě umožňující regulaci výroby a spotřeby v reálném čase. Měly by být nasazeny do malých oblastí, kde budou řídit komunikaci mezi výrobními zdroji a spotřebiteli energie úplně soběstačně.

docházet převážně během nočních hodin, kdy je snížena spotřeba a nižší cena energie. Elektromobily dokážou v elektrické síti fungovat jako výrazný stabilizační prvek.

1.3.6 VÝHODY A NEVÝHODY ELEKTROMOBILŮ

Elektromobily si u spotřebitelů získávají stále větší pozornost pro jejich nepřehlédnutelné výhody. Oproti klasickým vozidlům se spalovacím motorem mají nižší spotřebu, menší hlučnost a nižší emise. Velkou nevýhodou EM je vysoká pořizovací cena, která je výrazně vyšší, než je cena spalovacích vozidel stejných tříd.

1.3.6.1 VÝHODY ELEKTROMOBILŮ

- *vysoká účinnost elektromotoru*: dosahuje až 90%,
- *nízké náklady na provoz, údržbu a servis*: ve srovnání s klasickými automobily jsou náklady na provoz přibližně třetinové (BEV: chybí klínový řemen, oleje, maziva, zapalovací svíčky a kabely rozvodů, výfukové potrubí, katalyzátor, palivová nádrž, menší zatížení brzdového systému, naopak je nutná zvýšená péče o bateriový úložný systém, podvozkové prvky, např. ramena náprav, tlumiče, stabilizátory, atd.),
- *eliminace hluku, vibrací a emisí*,
- *lepší technické vlastnosti pohonu*: maximální krouticí moment je k dispozici již od nulových otáček, výkon roste konstantně, okamžitá reakce na plyn, plynulý rozjezd vozu, jednoduché ovládání,
- *umístění a velikost pohonu*: optimalizace vnitřního užitečného prostoru a vnějších rozměrů,
- *bezpečnost provozu*: eliminace vznícení v důsledku havárie či poškození palivového systému díky elektrickému pohonu,
- *možnost využívat obnovitelné zdroje energie*.

1.3.6.2 NEVÝHODY ELEKTROMOBILŮ

- *vysoká pořizovací cena*: minimálně dvojnásobně vyšší (vysoké ceny baterií),
- *stále malá nabídka dostupných modelů na trhu*,
- *vyšší hmotnost*: v důsledku vysoké hmotnosti akumulátorů,

- *omezená životnost baterie,*
- *krátká dojezdová vzdálenost:* určeny především pro městský provoz, ujedou zhruba 150 km v ideálních podmínkách (bez topení, klimatizace a především po rovinných silnicích),
- *dlouhá doba dobíjení,*
- *nedostatečná dobíjecí infrastruktura,*
- *nedostačující podpora ze strany státu,*
- *nebezpečí úniku jedovatých látek:* v případě nehody může dojít k poškození těsnosti systému baterie,
- *riziko vzniku požáru:* Li-Ion baterie může utrpět neřízené prasknutí článků, když se přehřejí nebo nadměrně přetíží, v extrémních případech to může vést až ke vzniku hoření. [32]

1.3.6.3 VAROVNÝ SYSTÉM

Při nízkých rychlostech EM produkují méně hluku v porovnání se spalovacími motory, a to může být nebezpečné pro zrakově postižené lidi. Při přecházení ulice napomáhá, při orientaci a rozhodování těchto lidí, hluk spalovacích motorů. „*Testy prokázaly, že se jedná o opodstatněnou obavu, protože provoz v elektrickém režimu může být obzvláště těžké slyšet pod 30 km/h pro všechny typy uživatelů pozemních komunikací, a ne jen pro zrakově postižené. Při vyšších rychlostech, zvuk vytvořený třením pneumatik a odporem vzduchu, vytváří dostatečný hluk.*“ [33]

Japonsko, USA a EU schválily zákon, který má regulovat minimální úroveň zvuku pro elektrická vozidla, aby je nevidomí, chodci a cyklisté mohli lépe slyšet. Od ledna 2014 většina těchto vozidel vytváří zvuky pomocí reproduktorových systémů.

2 EKOLOGICKÉ ASPEKTY ELEKTROMOBILŮ

Tato kapitola popisuje vliv dopravy na stav životního prostředí, vývoj emisí, alternativní paliva, přímé a nepřímé emise produkované elektromobily. Stěžejní kapitola se zabývá analýzou dopadů elektromobilů na životní prostředí v rámci celého životního cyklu.

2.1 DOPRAVA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Doprava je nedílnou součástí našeho života a důležitým odvětvím každého státu. Její vliv na životní prostředí se stal aktuálním tématem jak na národní, tak mezinárodní úrovni. Evropská unie a další státy světa se zabývají problémy, které plynou z tohoto odvětví. Přes veškeré snahy jsou výsledky zatím velice nejisté. Již řadu let se usiluje o snížení škodlivých látek legislativními kroky a technologickým vývojem, avšak zatím není vidět žádný zásadní progres v masivnějším nasazení ekologických dopravních prostředků. Pohonné hmoty používané v silniční dopravě jsou v současné době především na bázi fosilních paliv, především ropy.

„Přepavní výkony environmentálně šetrnějších druhů veřejné dopravy osob v ČR narůstají. Emise znečišťujících látek i skleníkových plynů z dopravy klesají, z důvodu obměny vozového parku a zastavení přepravních výkonů emisně náročnějších druhů osobní a nákladní dopravy.“ [34]

Podíl silniční dopravy na celkovém množství vyprodukovaného CO₂ je v Evropské unii okolo 22,5%, což činí 865,7 milionu tun ročně. [35] Osobní automobilová doprava v České republice vytváří přibližně stejné množství emisí CO₂ jako nákladní a veřejná autobusová doprava dohromady. V osobní dopravě tedy existuje veliký budoucí potenciál elektromobilů.

2.1.1 NEGATIVNÍ DOPADY

Doprava, především osobní silniční doprava, rozhodujícím způsobem znečišťuje ovzduší, způsobuje nadměrnou hlukovou zátěž a vibrace, a to zejména ve městech a v městských aglomeracích. S rostoucím objemem automobilů v silniční dopravě rostou škodlivé látky, které produkuje. Zvyšuje zátěž na životní prostředí a má nepříznivý vliv na zdraví člověka. Příčinou je uvolňování škodlivin do ovzduší, které vznikají při

spalování pohonných hmot. „*Nejrizikovější z pohledu lidského zdraví jsou karcinogenní pevné částice. Zvýšené denní i dlouhodobější koncentrace těchto pevných látek vedou k nárůstu nemocí i úmrtností, k onemocnění dýchacích cest, ke zvýšení výskytu kašle, ke snížení plicních funkcí u dětí a dospělých.*“ [34]

Doprava negativně ovlivňuje nejenom stav životního prostředí, ale zanechává trvalou stopu v krajině. Dopravní infrastruktura rozděluje přírodní lokality a územní celky na menší izolované jednotky, které negativně ovlivňují život v krajině. Dochází k dělení přírodních lokalit s výskytem specifických rostlin a živočichů, což má za následek ohrožení přežití citlivých druhů. Přírodní vegetaci a ekosystémy poškozují především nebezpečné druhotné látky obsažené v ovzduší, jako je např. přízemní ozon, který vzniká z prekurzorů⁷ z dopravy.

V posledních letech se mluví o globálním oteplování a podílu vlivu člověka na jeho vzniku. Ke globálnímu oteplování dochází díky koncentraci skleníkových plynů, které se drží v atmosféře. Atmosféra propouští sluneční záření. Absorbované infračervené záření zpětně vyzařované z povrchu planety neuniká díky skleníkovým plynům do prostoru, ale ohřívá spodní vrstvu atmosféry a zemský povrch.

2.1.2 EMISE A JEJICH VÝVOJ

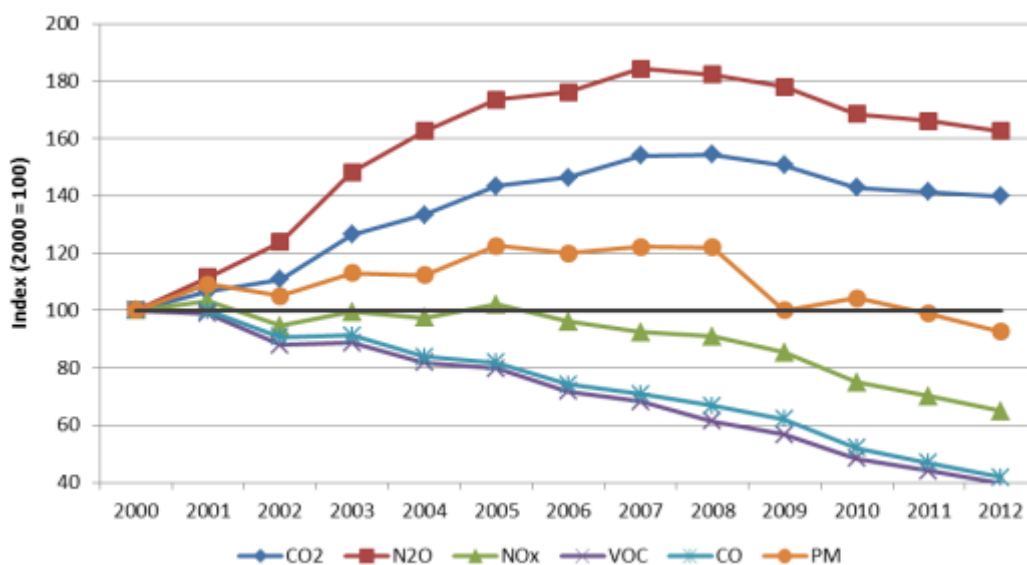
Emise vznikají při chemických reakcích způsobených nedokonalým procesem spalování. Palivo obsahuje různé chemické látky, které po spálení v motoru vytváří výfukové plyny. Jejich složení závisí především na typu a účinnosti motoru, případně na užití filtrů a katalyzátorů. Dalším významným faktorem, který ovlivňuje množství vypouštěných emisí je typ a kvalita paliva, dopravní intenzita a režim jízdy. Výfukové plyny jsou směsí různých koncentrací s různými účinky na člověka.

Přechodem na bezolovnatý benzín se významně podařilo snížit emise z olova. Vznětové motory produkují méně emisí CO a NO_x než motory zážehové (benzínové), ale naopak produkují více těkavých organických látek (VOC) a karcinogenních pevných částic (PM). Naftové motory navíc produkují emise SO₂.

„Emise znečišťujících látek i skleníkových plynů z dopravy v ČR klesají (Graf 2.1). V období 2000-2012 poklesly emise těkavých organických látek z dopravy o 60,2%, emise

⁷ Prekurzory – látky podmiňující vznik přízemního ozonu (NO_x, Cl, CH₄, těkavé organické látky).

CO o 58,2% a emise NO_x o 35,1%. Primární emise pevných částic v letech 2000-2005 narostly o 22,5% kvůli růstu přepravních výkonů nákladní dopravy a také kvůli rostoucímu zastoupení dieselových vozidel ve vozovém parku osobních automobilů. V období 2005-2012 však poklesly emise tuhých částic z dopravy o 24,4%, zejména v důsledku poklesu emisí z nákladní dopravy a v roce 2012 byly o 7,4% nižší než v roce 2000. Emise skleníkových plynů z dopravy zaznamenaly výrazný nárůst v letech 2000-2007 a i přes pokles v následujících letech byly v roce 2012 ve srovnání s rokem 2000 emise CO₂ vyšší o 39,9% a emise N₂O o 62,6%.“ [34]



Graf 2.1: Vývoj emisí v dopravě v ČR, 2000–2012
zdroj: [34]

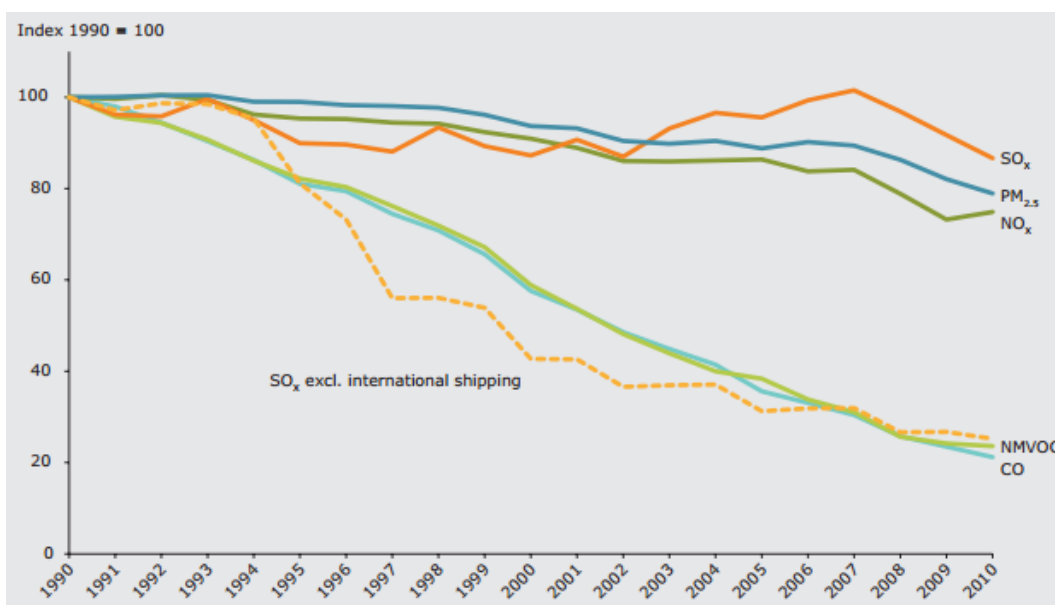
Problém s kvalitou ovzduší dosahuje vysokých rozměrů například v Číně. Čína zažívá automobilový boom - každý chce vlastnit svoje auto. V posledním desetiletí se smogová situace dostala do kritického stavu. Obyvatelé metropolí, jako je například Peking a Šanghaj, dlouhodobě trápí všudypřítomný smog. „Koncentrace polévatého prachu v polovině letošního ledna dosáhla hodnoty 671 mikrogramů na metr čtvereční. Pro srovnání, v moravskoslezském Bohumíně, který patří k nejvíce problematickým místům u nás, v březnu 2013 naměřili hodnotu 344 mikrogramů na metr čtvereční.“ [35] Čínská vláda proto také štedře dotuje nákup elektrických a hybridních vozů a rozhodla se ponechat dotace i po roce 2015.



Obr. 2.1: Situace v Číně
zdroj: [Reinhard Krause, Reuters]

2.1.2.1 EMISNÍ LIMITY OSOBNÍCH VOZIDEL

Evropská unie se stala vedoucím činitelem ve snižování hodnot škodlivých látek z výfukových exhalací zavedením tzv. *emisních limitů*. Nutí svými nařízeními, aby výrobci nových automobilů snižovali hodnoty emisí. Jsou známy pod označením EURO s příslušnou pořadovou číslicí, od září letošního roku začne platit EURO VI. Systémy na redukcí emisí výrazně zlevnily a ukazuje se, že automobilky dokážou snižovat emise stále dolů. V České republice začaly tyto limity platit se vstupem do EU.



Graf 2.2: Vývoj emisí v dopravě EEA-32
zdroj: [EEA]

Evropský parlament nedávno schválil emisní limit oxidu uhlíkatého na 95 g CO₂/km, který má začít platit v roce 2021, tedy spotřebu paliva na 3,9 l benzínu na 100km. [36] V současné době platí limit 160 g CO₂/km, od roku 2015 to bude 130 g CO₂/km.

Ve snaze o dodržení těchto přísných norem se dříve nebo později budou muset automobilky zaměřit na výrobu ekologičtějších vozidel nejen v Evropě, ale po celém světě. Přísné emisní limity totiž stanovují i další silné světové ekonomiky, jako např. Japonsko. Dokonce i rozvojové země, které v této oblasti dlouhou dobu zaostávaly, začínají prosazovat přísnější regulaci emisí.

2.1.3 ALTERNATIVNÍ PALIVA

Europoslanci stanovili, že do roku 2020 by mělo pocházet alespoň 10% energie v silniční dopravě z OZE. Díky tomu vznikají předpisy, které mají členské státy povinnost zahrnout do své legislativy.

Jedním z hlavních argumentů pro používání alternativních paliv jsou ekologické důvody. Alternativní plynná a kapalná paliva v porovnání s pohonnými hmotami na bázi ropy představují menší zátěž pro ovzduší jak z hlediska emisí skleníkových plynů, tak i dalších škodlivin obsažených ve výfukových plynech.

2.1.3.1 LPG

V současné době je LPG nejpoužívanější alternativní palivo pro automobily se zážehovými motory. Dnes označovaná směs propan-butan je získávána zpracováním zkapalněných ropných plynů, buď ze zemního plynu, nebo z ropných rafinérií. Z technického hlediska je provoz na LPG ověřený a bezproblémový. Jeho velkou výhodou je cena, která je oproti benzínu a naftě poloviční, protože na něj není udělena vysoká spotřební daň. Je šetrnější k životnímu prostředí, poněvadž jeho spalováním vznikají nízké emise. Záporům je vyšší spotřeba, nižší výkonnost a vyšší hmotnost vozidla. Potenciál LPG je limitován světovými zásobami ropy, ale očekává se jeho rostoucí využívání.

2.1.3.2 CNG A LNG

CNG a LNG se používá v osobních a nákladních automobilech a v autobusech. Toto alternativní palivo se v posledních letech rozmáhá a jezdí na něj skoro dvacet milionů

vozidel po celém světě. [37] Tyto paliva mají také nižší spotřební daň. Cena nových nebo přestavba starých vozidel na CNG je v porovnání s LPG vyšší. Předpokládá se náhrada ropy zemním plynem v průběhu příštích dvaceti let, to bude ale vyžadovat vybudování nové infrastruktury pro jeho distribuci. V USA byla nedávno objevena obrovská ložiska břidlicového zemního plynu.

2.1.3.3 BIOPALIVA

V současné době se používá především bioethanol, který se vyrábí technologií alkoholového kvašení (fermentací) z biomasy. Při výrobě se nejčastěji používá kukuřice, obilí, cukrová třtina a cukrová řepa. Stále se vedou spory o to, jestli výroba biopaliv snižuje produkci CO₂. K efektivnějšímu růstu rostlin je potřeba hnojivo, rostliny je třeba sklízet, přeměnit na biopaliva a přemístit je do nádrží.

2.1.3.4 VODÍK

Spalování vodíku se považuje za ekologický proces, protože vedlejším produktem vzniká pouze nezávadná voda. Pro jeho využívání je nutné vybudovat výkonné a účinné generační jednotky vodíku, infrastrukturu na distribuci a vyřešit spolehlivý způsob jeho skladování ve vozidlech.

Jízdními výkony se vozidla s palivovými články přibližují vlastnostem klasických automobilů. Výhodou je to, že vyhořelé palivové články nezatěžují životní prostředí těžkými kovy a jejich životnost je v porovnání s elektrickými bateriemi také delší. Palivové články vyrábějí elektrickou energii z vodíku a z kyslíku. Pro skladování a převoz vodíku je potřeba jeho zchlazení na -253 °C, což je obtížné. V současné době již existuje několik čerpacích stanic na vodík, dokonce i v České republice. [38]

2.2 VLIV ELEKTROMOBILŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Elektromobilita se v posledních letech stala fenoménem rozvoje tzv. „čisté dopravy“, tedy dopravy bez emisí. Jedním z hlavních argumentů pro používání elektromobilů jsou ekologické důvody. V oblasti elektromobility je spatřován největší potenciál při řešení problémů skleníkových plynů, které stojí za globálním oteplováním. Dále se jedná o hluk a škodlivé látky, které negativně působí na zdravotní stav obyvatel. EM spojené s nízkouhlíkovými zdroji energií nabízejí značný potenciál ve snížení emisí v osobní silniční dopravě. Efektivnější a ekologičtější způsob skladování energie je největší výzvou pro výrobce těchto vozidel.

Elektřina je obecně považována za zdroj čisté energie, avšak musíme brát v úvahu i ty emise, které vznikají při jejím generování přímo v elektrárnách. Dále jsou to dopady na životní prostředí, které vznikají v průběhu celého životního cyklu EM. Výroba elektromobilů, baterií a jejich následná likvidace nejsou rozhodně ekologicky nezávadné aktivity. Vzhledem k tomu, že baterie jsou těžké, výrobci proto pracují na odlehčení zbytku vozidla, které obsahuje mnoho lehkých materiálů vyžadujících vyšší energetickou náročnost při výrobě a zpracování. Během výroby EM se mohou uvolňovat toxické látky, které negativně působí na životní prostředí.

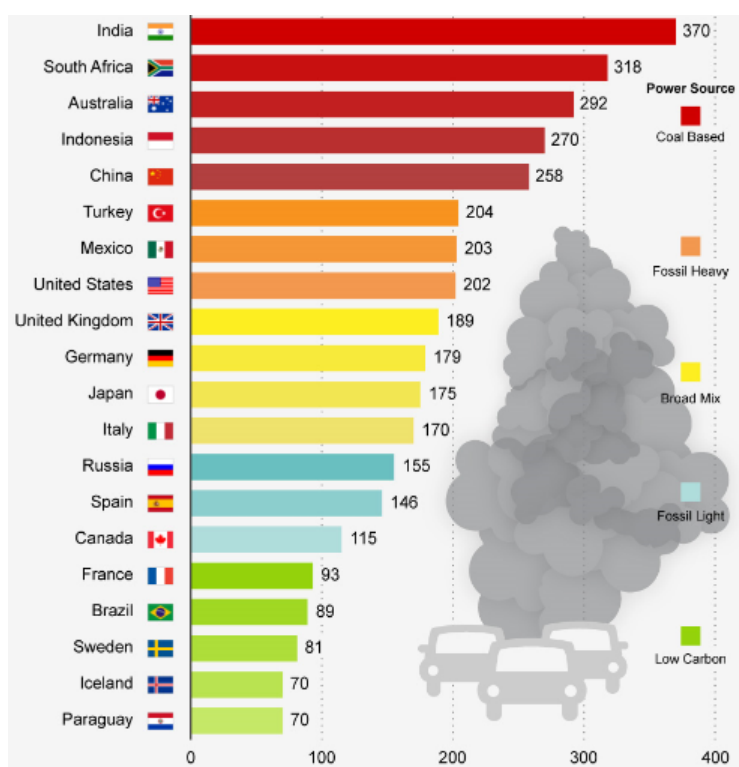
2.2.1 PŘÍMÉ EMISE

Elektromobily mohou podstatně zlepšit kvalitu ovzduší ve velkých městech a jejich aglomeracích, a to za předpokladu vysokého prodeje. EM produkují podle typu nízké nebo dokonce žádné přímé emise. Mají také sníženou hlučnost a vibrace. Dalším pozitivem těchto vozidel je využívání regenerativního brzdění motorem, který tak snižuje emise vznikající z pneumatik a brzdových destiček. Benefit čistého ovzduší ve městech je velice závislý na zdrojích energie, které elektřinu vyrábí.

Zatímco se mnoho ekologických studií zaměřovalo pouze na etapu provozu elektromobilů, výroba těchto vozidel hraje podstatnou roli v produkci nebezpečných látek v porovnání s klasickými automobily.

2.2.2 NEPŘÍMÉ EMISE

Celkové nepřímé emise CO₂, NO_x, SO₂ a PM zásadně závisí na energetickém mixu daného státu. Liší se v závislosti na poptávce, dostupnosti obnovitelných zdrojů energie a účinnosti výroby energie z fosilních zdrojů. V současné době jsou tyto emise poměrně vysoké, a to kvůli vysokému podílu uhelných elektráren a jiných neekologických zdrojů energie. Měli bychom projevit obavy v důsledku přesouvání problémů do míst, kde se elektřina pro elektromobily bude generovat. U EM je trend emisí během jejich životního cyklu klesající. Je to způsobeno rostoucím podílem obnovitelných zdrojů energií, ale také zaváděním nových postupů a technologií spalování konvenčních zdrojů, jako je uhlí a plyn. Emise nebezpečných látek znečišťující ovzduší bude obecně sníženo přechodem na OZE, jako jsou například vodní, větrné, fotovoltaické a jaderné elektrárny. Například v Norsku pochází téměř 100% elektrické energie z vodních elektráren.



Graf 2.3: Množství g CO₂/km vztažené na zdroje elektřiny
zdroj: [39]

2.2.3 BILANCE CO₂ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ ELEKTROMOBILŮ

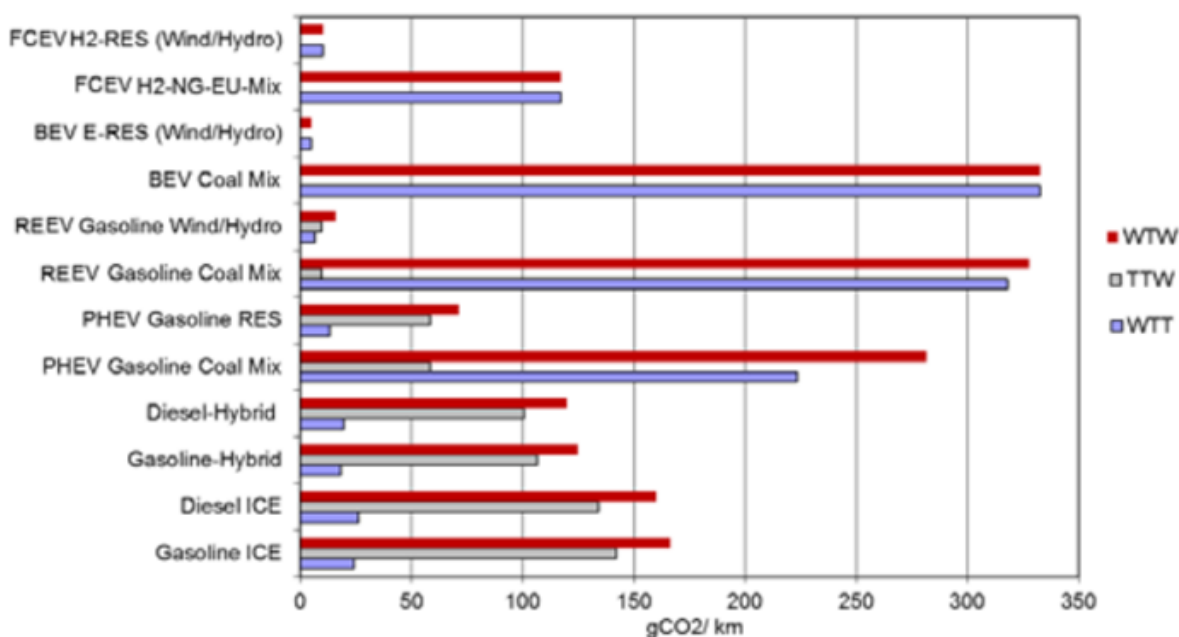
Analýzu vlivu elektromobilů na životní prostředí můžeme rozdělit na dvě části. První část, tzv. „od zdroje do nádrže“ (WTT), posuzuje energetickou náročnost a emise skleníkových plynů ve fázích, které předcházejí konečné spotřebě paliva ve vozidle. Druhá

EKOLOGICKÉ ASPEKTY ELEKTROMOBILŮ

část, tzv. „z nádrže na kola“ (TTW), bilancuje spotřebu energie a produkci skleníkových plynů ve fázi konečné spotřeby paliva ve vozidle. Obě části pak dohromady zahrnují celý „životní cyklus“, tzv. „od zdroje na kola“ (WTW).

Z životního cyklu CO₂ nemají EM nulové emise. Nejdůležitějším faktem je, že celkové emise elektromobilů jsou silně závislé na různých zdrojích generujících elektřinu. Energetická bilance se liší dle typu EM a podle druhu zdroje, ze kterého se elektřina vyrábí. To je důvod, proč můžou mít celkové emise WTW různé výsledky. Je proto důležité zohlednit nejen emise TTW, ale také emise vznikající v části řetězce WTT.

Z Grafu 2.4 je patrné, že nejnižší emise WTW mají BEV a FCEV, které jsou dobíjeny elektřinou vyrobenou z OZE. Výkon porovnávaných vozidel je stejný a je 80kW. Je zřejmé, že všechny typy EM mají nižší emise CO₂ během TTW cyklu. Při provozu ve městech můžou být považovány za úplně „čisté“ pouze BEV a FCEV vzhledem k jejich přímým nulovým TTW emisím. Výsledná bilance, jak skutečně mohou přispět ke snížení emisí skleníkových plynů, musí být posuzována analýzou celého řetězce dodávky (od získání suroviny až k výrobě energie).



Graf 2.4: Bilance CO₂/100km pro různé typy EM v porovnání s konvenčními vozidly zdroj: [20]

PHEV mají menší potenciál ve snížení emisí, protože nepoužívají elektromotor příliš často. Elektromotor používají pouze při rozjíždění, akceleraci, anebo při nízkých

rychlostech, kdy je spotřeba paliva vysoká. Z toho vyplývá, že snižují spotřebu paliva a emise CO₂ především v městském provozu a v jeho blízkém okolí.

Existuje široká škála možností uspořádání pohonu EM. Energetické a ekologické charakteristiky těchto vozidel se nacházejí někde mezi klasickými konvenčními automobily a BEV. „*Ve srovnání se spalovacím motorem snižují PHEV jak spotřebu paliva, tak množství emisí CO₂, v průměru o 50%. REEV, v porovnání se spalovacím motorem snižuje spotřebu paliva a emise CO₂ až o 90%.*” [20]

Jestliže se elektřina pro elektromobily bude vyrábět z fosilních paliv, budou celkové emise WTW ještě vyšší než u klasických konvenčních vozidel. Hlavní výhody elektromobilů lze využít pouze v případě, že se elektřina bude vyrábět z OZE. V jiných případech by mohly elektromobily přispět ke snížení znečištění ovzduší jen lokálně, a to ve městech a jejich aglomeracích.

2.2.4 POSOUZENÍ EKOLOGICKÉ VÝHODNOSTI METODOU LCA

Elektrické vozy jsou často označovány za vozidla s nulovými emisemi, avšak při posuzování ekologické výhodnosti není možno hodnotit pouze etapu provozu, neboli finální fázi spotřeby energie, ale celý „životní cyklus“. Metoda zabývající se posuzováním životního cyklu se jmenuje LCA. LCA zahrnuje všechny fáze, jako je výroba vozidla, provoz vozidla a jeho následná likvidace. Pouze komplexní analýza je v tomto případě objektivní. Umožňuje zohlednit skutečnost, že v některých případech může být výrobní fáze natolik ekologicky a energeticky náročná, že v celkové bilanci je zcela znegován pozitivní efekt ekologických vozidel. Jedná se o velice složitou problematiku vyžadující analýzu velkého množství vstupních dat.

Ekologické zhodnocení je závislé výhradně na typu paliva a účinnosti pohonu. Přehlížením klíčových rozdílů, které se týkají výroby různých typů automobilů, by mohlo vést k scestnému srovnávání jednotlivých technologií. Ekologické charakteristiky elektromobilů jsou zásadně závislé na spojení dopadů výroby vozidla a výroby elektřiny.

Na základě zjištění Norské analýzy „*Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles*“, jejímž cílem bylo porovnat ekologickou výhodnost provozu BEV s ICEV metodou LCA vyplývá, že elektromobily nejsou tak ekologicky nezávadné, jak tvrdí veškeré automobilky. [40] Primárním cílem této studie bylo poskytnutí relevantních výsledků ekologických dopadů elektromobilů v porovnání

s klasickým spalovacím vozidlem v průběhu celého životního cyklu. Jsou srovnávány dva automobily, které reprezentují typické evropské auto - stejných velikostí, hmotností a výkonu. Je to Mercedes A-Series ICEV a Nissan Leaf EV. Analýza porovnává vozidla během výroby, provozu a konečné likvidace vozidla a baterie. Ve studii byly použity dva typy baterií shodných kapacit 24 kWh, první LiNCM (LiNiCoMn) vážící 214kg a druhá LiFePO₄ vážící 237kg. Počítá se s životním cyklem ujetých 150,000 kilometrů, což je srovnatelné s využíváním typického automobilu. Baterie jsou nabíjeny evropským energetickým mixem (Euro), elektřinou vyrobenou ze zemního plynu (NG), anebo z uhlí (C). Klasické spalovací vozidlo je poháněno buď benzínem (G), nebo naftou (D).

2.2.4.1 VLIV NA GLOBÁLNÍ OTEPLOVÁNÍ

Z výsledků studie vyplývá, že pro všechny analyzované scénáře jednotlivých typů vozidel má provoz vozidla hlavní vliv na GWP buď přímo, a to spalováním pohonných hmot, anebo nepřímo výrobou elektrické energie v elektrárnách. „*Téměř polovina hodnoty GWP je zapříčiněna výrobou elektrických vozů, a činí 87-95 g CO₂-eq/km, což je zhruba dvojnásobek v porovnání s ICEV. Výroba baterie přispívá 35–41% ke GWP, zatímco výroba elektrického pohonu pouze 7–8%. Zbytek komponentů, např. invertor a chladič systému baterie, činí 16–18 %.*“ [40]

„*Dále bylo zjištěno, že jestliže jsou EM dobíjeny Euro mixem elektřiny, tak jsou schopny snížit GWP o 20-24% v porovnání s benzínovými, a o 10-14% v porovnání s naftovými motory. Odhaduje se, že vozidla s LiNCM baterií, které využívají elektřinu vyrobenou ze zemního plynu, snižují emise skleníkových plynů o 12% v porovnání s benzínovým. V porovnání s naftovým motorem vycházejí dokonce horší výsledky. Při dobíjení elektřinou vyrobenou z uhelných elektráren se odhaduje navýšení GWP o 17-27%. Za předpokladu 100,000 ujetých kilometrů klesá tento benefit na 9–14% v porovnání s benzínovými a je nerozeznatelný v porovnání s dieselovými motory.*“ [40]

2.2.4.2 DALŠÍ DOPADY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Všechny scénáře Norské analýzy možných ekologických dopadů jsou znázorněny na Obr. 2.2. Byl porovnáván vliv šesti různých typů technologií vozidel a jejich pohonů na deset potenciálně ohrožených kategorií během celého životního cyklu.

Výběr nejohroženějších kategorií

Okyselování půdy a vody (TAP), neboli acidifikace, např. kyselá dešť (mokrý deponice) má ve výrobní fázi podobný potenciál jak pro elektromobily, tak pro vozidla se spalovacím motorem. Mezi hlavní acidifikační plyny patří SO_2 (70%), který se při rozpuštění ve vodě přemění na kyselinu siřičitou. Dalšími acidifikačními plyny jsou oxidy dusíku. Při výrobě elektromobilů mají na okyselování vliv kovy, jako je nikl, měď (nižší podíl) a hliník (vysoký podíl), který je obsažen v baterii a v motoru. U spalovacích motorů se jedná převážně o kovy obsažené v katalyzátoru výfuku. Během provozu závisí intenzita síry převážně na účinnosti jednotlivých typů motorů. V elektrárnách se stále spaluje vysoké množství uhlí, z čehož vyplývá, že využíváním evropského energetického mixu nebude dosaženo významného snížení síry.

Vznik pevných částic (PMFP) má stejný trend jako má TAP. Elektromobily využívající elektřinu vyrobenou ze zemního plynu si vedou nejlépe, díky relativní čistotě zemního plynu a kompletnímu spalování. Využíváním Euro elektřiny a elektřiny vyráběné z uhlí povede k navýšení PMFP oproti spalovacím motorům.

Fotochemický smog (POFP), resp. „losangeleský smog“, je jednou z kategorií, ve které si elektromobily vedou nejlépe. „S evropským mixem elektřiny a zemního plynu umožňují snížení o 22-33% v porovnání s ICEV.“ [40] Dominantním problémem je vypouštění oxidu dusíku.

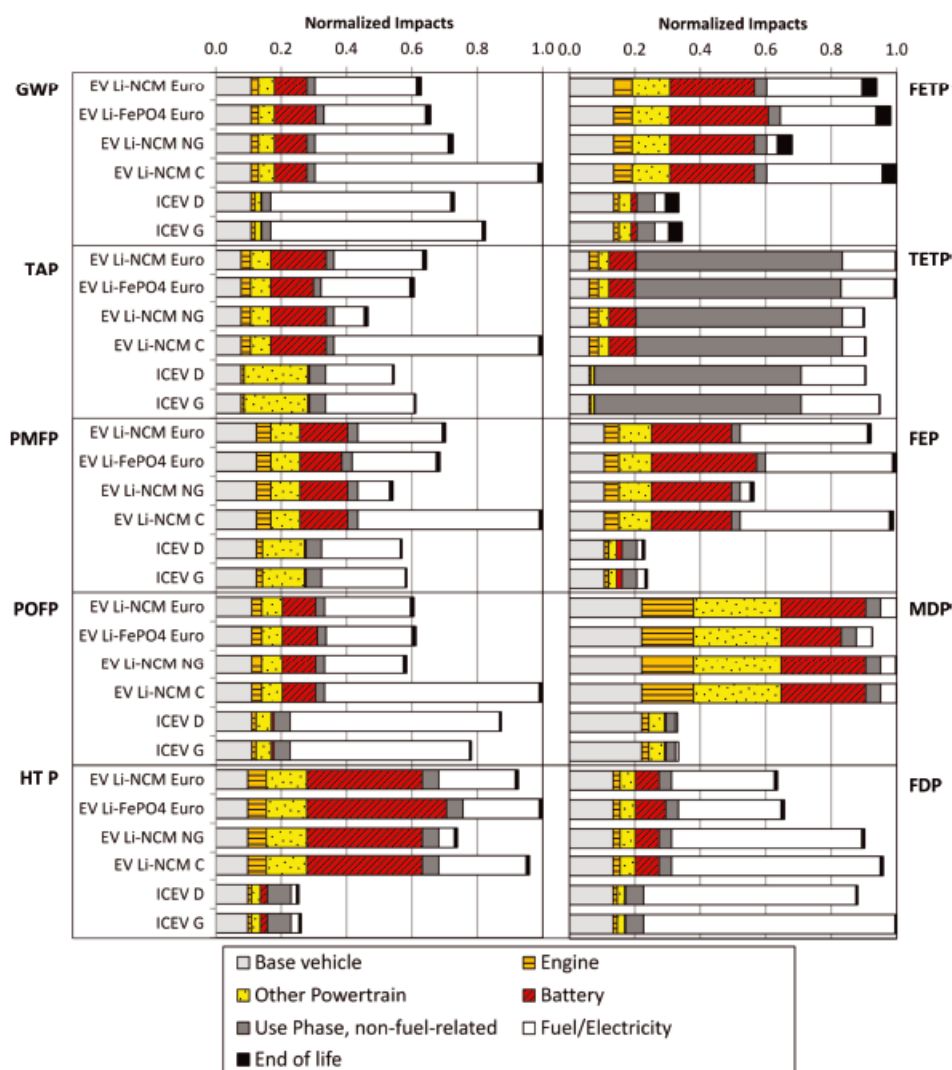
Lidská toxicita (HTP) vyčnívá jako nejvýznamnější ohrožená kategorie přesouvání problémů do jiných oblastí s přechodem na elektromobily. Odhaduje se, že HTP vzroste ve výrobní fázi i během provozu elektromobilů. „Podle typu EV se očekává, že HTP bude mít vyšší dopad o 180-290%.“ [40] Toxicita během výrobní fáze vzniká spotřebou mědi, niklu a lithia. Těžba a zpracování těchto sloučenin vyžadují značnou energii. Během těchto procesů se mohou uvolňovat toxické látky, které mohou kontaminovat ovzduší a vodu. [41] Zbytek dopadů vzniká vytěženými uhelnými doly, které musí být následně zrekultivovány.

Půdní a vodní toxicita (TETP) je způsobena z velké části emisemi zinku (40%) vznikajících během provozu z pneumatik, mědi a titanu (25%) z brzd. V této kategorii není zásadní rozdíl mezi vozidly.

EKOLOGICKÉ ASPEKTY ELEKTROMOBILŮ

Potenciál vyčerpání nerostných surovin (MDP) je kategorie týkající se problému nedostatku zásob jednotlivých kovů. Analýza tvrdí, že dopad je zhruba třikrát větší než u klasických spalovacích vozidel, ale prognózy jsou dost nejisté.

Potenciál vyčerpání fosilních paliv (FDP) může být snížen o 25–36% využíváním energetického mixu Euro. Využíváním elektřiny vyrobené ze zemního plynu nebo z černého uhlí nepovede ke značnému snížení.



Obr. 2.2: Porovnání technologií jednotlivých vozidel a jejich ekologického dopadu zdroj: [40]

HTP, MDP a FETP jsou způsobeny převážně dodavatelskými řetězci při výrobě vozidel. Dodavatelské řetězce, zapojené do výroby elektromotorů a trakčních baterií, mají značný podíl dopadů na ekologii. Výroba elektrických komponentů vyžaduje širokou škálu materiálů, což znamená veliký problém při recyklaci a vzniku toxicity. Na druhou stranu, během provozu elektromobilů, převládá TETP a především FDP má vysoký vliv

na globální oteplování. Konec životního cyklu přispívá ke GWP pouze okrajově napříč všemi kategoriemi.

Provoz elektromobilů má na některé ohrožené kategorie menší ekologický dopad než klasická vozidla, ale nakonec jsou tyto rozdíly vyrovnány dodatečnou zátěží způsobenou výrobou elektromobilů. Ekologický způsob výroby elektřiny a její využívání je jediným významným přínosem během jejich provozování. OZE snižují dopady vlivu na globální oteplování a na potenciál vyčerpání fosilních paliv.

„Větrné elektrárny by mohly umožnit snížení emisí CO₂ elektromobilů během celého životního cyklu na nejnižší možnou hodnotu, a to na 106 gramů CO₂/km. Na druhou stranu využíváním elektřiny vyrobené spalováním černého uhlí se hodnota emisí zvýší na 352 g CO₂/km.“ [40]

3 EKONOMICKÉ ASPEKTY ELEKTROMOBILŮ

Tato kapitola popisuje ekonomické aspekty elektromobilů. Vysvětluje výši pořizovací ceny a její budoucí vývoj. Jsou zde srovnávány různé typy výdajů spojené s nutnou údržbou a servisem dvou typů vozidel, a to klasického vozidla a elektromobilu, a ročních výdajů za pohonné hmoty/elektřinu. Dále jsou uvedeny jednotlivé strategie na podporu elektromobility ve vybraných státech světa. Na konci kapitoly je uveden přehled dostupných EM na Českém trhu, včetně jejich technických specifikací.

3.1 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Jedním z nejdůležitějších hledisek pro přijetí elektromobilů jsou jejich ekonomické aspekty. Lze je rozdělit do dvou skupin, a to na pořizovací náklady a na náklady na provoz a údržbu vozidla. Můžeme tvrdit, že ekonomický aspekt je pro většinu lidí mnohem důležitější, než je například jejich ekologický přínos. Je to celkem logické, protože pořizovací cena je při rozhodování o koupi nového vozidla hlavním faktorem. Důležitou výzvou a cílem výrobců těchto vozidel je snížit náklady na jejich výrobu. Celkovou ekonomiku musíme posuzovat v určitém časovém období a nelze porovnávat pouze pořizovací cenu elektromobilu a klasického vozidla.

Zásadní překážkou rozvoje elektromobilů je jejich pořizovací cena, která bude nadále hrát klíčovou roli. Dokonce i po využití vládních pobídek, které jsou dostupné v několika zemích světa, je jejich cena stále vysoká. Pro svůj rychlejší rozvoj potřebuje elektromobilita podporu ze strany státu.

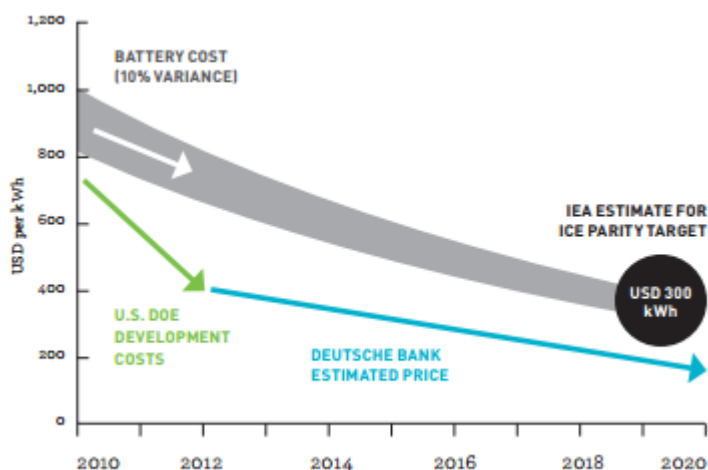
Doposud nebyl na trhu příliš široký výběr elektromobilů, avšak situace se obrací k lepšímu. Na trh jsou uváděny nové typy atraktivních elektromobilů různých značek, které svými jízdními charakteristikami již dokáží konkurovat klasickým vozidlům.

3.1.1 POŘIZOVACÍ CENA A JEJÍ TREND

Elektromobily mají jednu zásadní nevýhodu, a to je jejich vysoká pořizovací cena. Je to jeden z hlavních důvodů, proč se špatně prosazují na trhu. Jsou složeny z menšího počtu komponent, kdokoli by si tedy mohl myslet, že jejich výroba by měla být podstatně levnější a pořizovací cena nižší. Ceny elektromobilů v posledních letech zaznamenaly klesající trend a zdá se, že tento trend bude pokračovat.

Ceny hybridních a elektrických vozidel jsou výrazně vyšší v porovnání s klasickými automobily. Hlavním důvodem je vysoká cena akumulátorů, která zatím brání k masivnějšímu přechodu k elektromobilům. Nicméně cena akumulátorů klesá a očekává se, že stále klesat bude. Budoucnost elektromobilů závisí především na objevování nových technologií baterií. Postupné snižování cen baterií se děje díky technologickému pokroku a vyššímu objemu produkce. Cena využitelné kWh Li-Ion baterie, která je dnes nejpoužívanější, klesla z hodnoty 1,000 \$/kWh z roku 2008 na 485 \$/kWh v roce 2012. [9]

Například BEV Nissan Leaf má 24 kWh akumulátor, který stojí přibližně \$ 12,000, což je skoro jedna třetina z pořizovací ceny vozidla. Hybridní vozidla jsou kvůli složitosti duálního pohonu ještě dražší. Chevrolet Volt používá pouze 16 kWh baterii, ale pořizovací cena je skoro o \$5,000 vyšší než u Nissanu Leaf.



Graf 3.1: Odhadovaný budoucí vývoj cen baterií podle EVI zdroj: [9]

„Šéf automobilky Tesla Motors letos v únoru slíbil vybudovat obří továrnu na Li-Ion baterie. Ta má být hotova do roku 2017 a bude stát v přepočtu téměř 100 miliard korun. Zrovna v době, kdy má vydat třetí generaci elektromobilů této značky – levné elektrické auto pro každou domácnost, označováno jako Model E. Celkem by měla továrna zaměstnat až 6,500 lidí.“ [43]

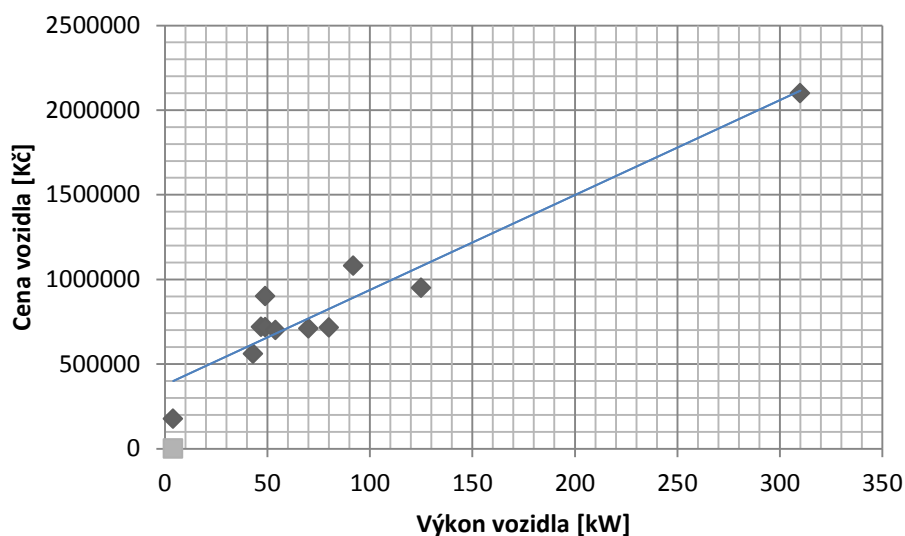
3.1.1.1 POŘIZOVACÍ CENA RŮZNÝCH TYPŮ ELEKTROMOBILŮ

Pořizovací ceny jsou velmi závislé na výkonu vozidla. Graf závislostí mezi pořizovací cenou BEV a jejich výkonem je níže. Je zřejmé, že se zvyšujícím se výkonem stoupá také pořizovací cena. Rozsah mezi cenami vozidel je velice široký.

V případě malých BEV s nízkým výkonem je pořizovací cena neúměrně vysoká v porovnání s klasickými vozidly stejných tříd.

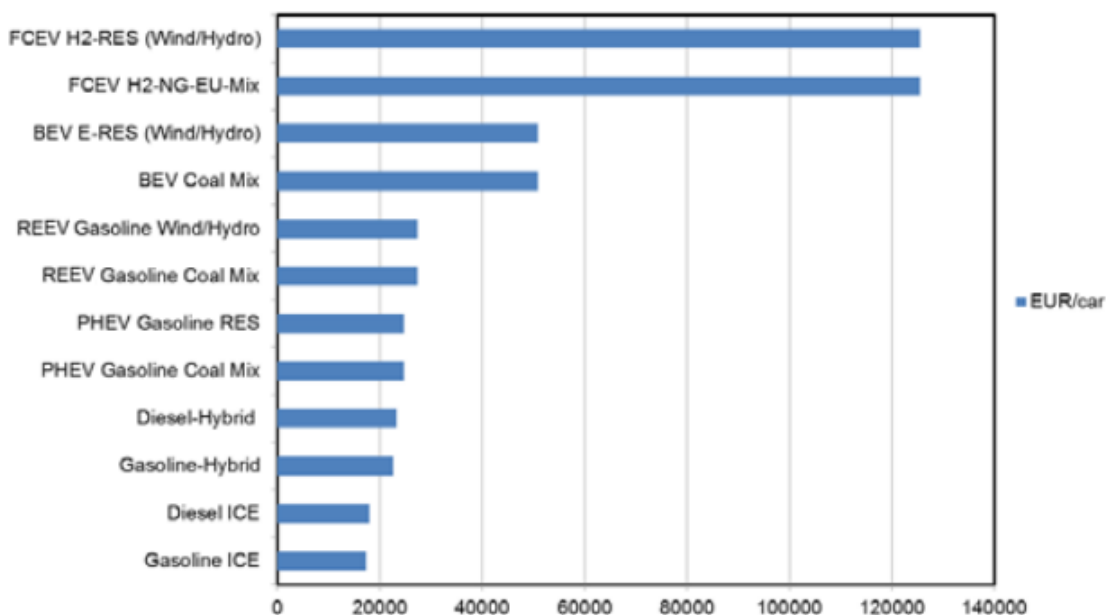
Tabulka 3.1: Pořizovací ceny BEV a jejich výkon
zdroj: [42]

Značka a model	Výkon [kW]	Cena s DPH [Kč]
Renault Twizy 45	4	175,000,-
Renault Zoe	43	558,900,-
Peugeot iOn	47	717,828,-
Mitsubishi i-MiEV	49	899,900,-
Citroën C-Zero	49	717,288,-
VW E-UP	54	700,000,-
Renault Fluence ZE	70	710,000,-
Nissan Leaf	80	715,350,-
Ford Focus Electric	92	1,080,000,-
BMW i3	125	950,000,-
Tesla Model S	310	2,100,000,-



Graf 3.2: Závislost pořizovacích cen BEV na výkonu
zdroj: [Vlastní zpracování]

Pořizovací cenu jednotlivých typů elektromobilů se stejným výkonem (80kW) vyjadřuje Graf 3.3, v porovnání s klasickými vozidly. Je evidentní, že všechny elektromobily mají vyšší pořizovací cenu. Nejvyšší cenu mají FCEV, za nimi se poté řadí BEV.



Graf 3.3: Pořizovací cena různých typů elektromobilů v porovnání s klasickými vozidly zdroj: [20]

3.1.2 POROVNÁNÍ VÝDAJŮ ZA ÚDRŽBU A SERVIS

Výdaje za údržbu, servis a provoz jsou oproti pořizovací ceně jedním z největších lákadél EM. Využívají jednodušší, spolehlivější elektromotor. Díky tomu odpadá nutnost údržby mnoha jiných zařízení, a proto jsou tyto náklady nižší. Klasická vozidla vykazují rychlejší opotřebení, z čehož plyne nutná pravidelná údržba.

3.1.2.1 VÝDAJE ELEKTROMOBILŮ A KLASICKÝCH VOZIDEL

- nová sada pneumatik (přezouvání, uskladnění) + vyvážení kol,
- kontrola brzd a brzdové kapaliny (u EV je životnost brzd a brzdových destiček výrazně vyšší, protože využívají rekuperaci),
- technické kontroly (1x za 2 roky), u elektromobilů odpadá kontrola emisí.

3.1.2.2 DODATEČNÉ VÝDAJE KLASICKÝCH VOZIDEL

- výměny oleje (každých cca 15,000 km),
- výměny chladicí kapaliny,
- výměna rozvodů, výměna svíček (každých cca 85,000 km),
- výměna baterie.

3.1.2.3 DODATEČNÉ VÝDAJE ELEKTROMOBILŮ

Dodatečné kontroly a údržba se týkají především rozvodů elektrické energie a úložného systému baterie, které mohou být potenciálně ohroženy, např. vlhkostí. Díky vysoké hmotnosti a uložení baterie jsou více namáhány podvozkové prvky (např. ramena náprav, tlumiče, stabilizátory, aj.).

Po vypršení životnosti baterie bude v budoucnu nutná její výměna. Nissan Leaf udává, že kapacita baterie by neměla klesnout pod hodnotu 80% po deseti letech dobíjení, závisí to ale na mnoho proměnných. Je garantována životnost baterie na 160,000 km. V dnešní době tato baterie stojí přibližně \$ 12,000,-, což je asi 240,000,- Kč. [9]

3.1.3 POROVNÁNÍ VÝDAJŮ ZA PROVOZ

Výdaje za provoz elektromobilů jsou v přepočtu na jeden kilometr výrazně nižší než u klasických vozidel. Když opomeneme nutné výdaje za provoz (pojištění, technické kontroly, aj.), tak pro oba typy vozidel jsou dány především spotřebou paliva/elektriny v závislosti na počtu ujetých kilometrů.

Cílem je porovnání výdajů za provoz BEV a klasického spalovacího vozidla. Pokuším se ukázat, jak velké můžou být rozdíly ve výdajích na jeden ujetý kilometr dvou rozdílných typů pohonů. Vybral jsem podobná vozidla, co se týče velikosti a hmotnosti - klasické hatchbacky.



*Obr. 3.1: Klasický automobil vs. elektromobil
zdroj: [44, 45]*

3.1.3.1 ELEKTROMOBIL

Nissan Leaf se stal nejprodávanějším BEV vozidlem minulého roku v Evropě, proto jsem ho vybral za vhodného kandidáta. Výrobce udává, že Nissan Leaf ujede 199 km, v praxi to ale bývá spíše kolem 160 km, v zimním období tato hodnota klesá na 120 km.

Tabulka 3.2: Technické údaje - Nissan Leaf
zdroj: [46]

Technické údaje – Nissan Leaf	
Motor	Synchronní elektromotor
Max. výkon	80 kW (109k) při 10,000 ot/min
Max. točivý moment	254 Nm (0–3,008 ot/min)
0 – 100 km/h	11,5 s
Nejvyšší rychlost	144 km/h
Průměrná spotřeba	15 kWh/100 km
Baterie (LiMn₂O₄)	24kWh
Dojezd	199 km
Pohotovostní/užitečná hmotnost	1,474/395 kg
Poháněná náprava	Přední
Cena	715,350,- Kč

Majitel vozidla má po dlouhodobém měření následující spotřebu: [47]

- ekonomická jízda bez topení a bez klimatizace: 15 kWh/100 km,
- neekonomická jízda bez topení a bez klimatizace: 18,5 kWh/100km,
- neekonomická jízda s topením při teplotě kolem 0°C: 24,9 kWh/100km,
- neekonomická jízda s topením při teplotě od -15°C až -20°C: 31,2 kWh/100km.

Pro korektnější výpočet budu počítat se všemi variantami spotřeby. Budu předpokládat, že k dobíjení bude docházet ze zásuvky⁸ doma v garáži, kdy je cena elektřiny v pásmu nízkého tarifu 2,74 Kč/kWh. Ve výpočtu se počítá s účinností dobíjení baterie 93%.

V této práci nebereme v úvahu rychlodobíjecí stanice, v reálném městském provozu je nepotřebujeme. Rychlodobíjecí stanice se budou využívat hlavně při cestách na delší vzdálenosti. Všechny dostupné analýzy tvrdí, že cca 85% obyvatel najezdí denně v průměru do 80 km.

3.1.3.2 SPALOVACÍ MOTOR

Pro porovnání jsem zvolil automobil, který se stal autem roku 2013 v novinářské anketě, a kterého se prodalo několik desítek milionů kusů všech verzí po celém světě.

⁸ Dobíjení elektromobilů obyčejným kabelem ze zásuvky je technicky možné, ale také velmi nebezpečné. Minimálně je potřeba mít k dispozici zásuvku na 230V, jištěnou 16A jističem. Další způsob dobíjení elektromobilů je realizováno prostřednictvím 3 fázové zásuvky na 400V na samostatném elektrickém okruhu s jističem na 16A, nebo ještě lépe, na 32A. V tomto případě se dobíjejí rychleji.

Jedná se o VW GOLF 7. Výroce udává kombinovanou spotřebu 5,2 l/100 km, spotřebu ve městě 6,4 l/100 km a mimo město 4,5 l/100 km.

Tabulka 3.3: Technické údaje - VW GOLF 7
zdroj: [48]

Technické údaje – VW GOLF 7	
Motor	1,4 TSI 140
Max. výkon	103 kW (140k) při 6,000 ot/min
Max. točivý moment	250 Nm při 1,500 ot/min)
0 – 100 km/h	8,4 s
Nejvyšší rychlost	212 km/h
Kombinovaná spotřeba	5,2l/100 km
Pohotovostní/užitečná hmotnost	1,270 kg
Poháněná náprava	Přední
Převodovka	Manuál
Cena	440,900,- Kč

3.1.3.3 VÝSLEDKY

Výdaje za palivo VW Golf 7, při kombinované spotřebě, vyšly na 1,87 Kč/km. Výdaje za elektřinu Nissanu Leaf, při ekonomické jízdě, vyšly na 0,49 Kč/km. Za jiných provozních podmínek tyto náklady stoupají přibližně až na dvojnásobek, a to na 1,01 Kč/km.

Z výdajů za palivo vidíme, že oproti kombinované spotřebě VW Golf 7 je přibližně 3,82 krát nižší (o 74%) při ekonomické jízdě. A přibližně 1,85 krát nižší (o 46%) v případě, že se jezdí v zimě.

Spotřeba elektromobilů je silně závislá na provozních podmínkách, jako je například venkovní teplota, režim jízdy a profil cesty. Také na tom, jestli jsou používány další zařízení, které spotřebovávají elektrickou energii jako je například topení, klimatice, atd.

Tabulka 3.4: Porovnání výdajů za provoz
zdroj: [Vlastní zpracování]

Porovnání výdajů za provoz					
	Cena [Kč/l]	Cena [Kč/kWh]	Spotřeba [l/100km]	Spotřeba [kWh/100km]	Výdaje [Kč/km]
Natural 95	36,00				
Cena elektřiny noční tarif		2,74			
VW Golf 7 kombinovaná			5,2		1,87
VW Golf 7 město			6,4		2,3
VW Golf 7 mimo město			4,5		1,62
Leaf ekonomická jízda				15	0,49
Leaf neekonomická jízda				18,5	0,6
Leaf s topením při 0°C				24,9	0,81
Leaf s topením při -15°C				31,2	1,01

3.2 STRATEGIE PODPOR

Některé vlády již zavedly vhodné politické strategie a ekonomické pobídky k překonání stávajících překážek elektromobilů. V zahraničí existuje systém daňových úlev, dotací a jiných pobídek, které napomáhají ke snížení pořizovací ceny elektromobilů a zvýšení zájmu o elektromobily.

Podpory můžeme rozdělit do dvou základních skupin, a to na *finanční* a *nefinanční podpory*. K nejlepším strategiím a výsledkům se dosahuje využitím kombinací podpor. K vyššímu pronikání elektromobilů na trh je také důležitá motivace zákazníků.

3.2.1 FINANČNÍ PODPORY

V Evropě jsou výše finančních pobídek závislé na množství vypouštěných emisí CO₂, resp. podle toho, jestli je vozidlo bateriové, hybridní, nebo poháněné zemním plynem. Bateriová elektrická vozidla dostávají největší dotace, protože produkují nulové emise. Finanční pobídky poskytuje například Dánsko, Francie, Velká Británie, Irsko, Čína, USA, nebo také Kanada.

Dále jsou to různá osvobození od poplatků, daní, nebo jejich snížení. V porovnání s finančními pobídkami se jedná o daleko nižší částky, které ale nejsou zanedbatelné. Mnoho států tuto formu podpory preferují, jako například osvobození od silniční daně (Německo, Dánsko, ČR), od povinného ručení (Německo, Řecko, Norsko, Itálie, Portugalsko, Velká Británie, Švédsko), od registrační daně (Norsko, Dánsko, Belgie, Německo, Finsko, Irsko, Nizozemí, Rumunsko, Portugalsko) a od spotřební daně z pohonných hmot (Rakousko).

Existují také různé finanční podpory ve výzkumu, v plánování, ve výstavbě dobíjecích stanic (Norsko) a v testování pilotních projektů elektromobility.

FRANCIE

Ve Francii se vyplácejí bonusy (systém „bonus – malus“) zohledňující množství emisí CO₂ od roku 2008 a postihující za nákup automobilů, které mají tyto hodnoty vysoké. Od 1. srpna 2012 zvýšila bonusy pro auta na elektrický, či jiný alternativní pohon, až do výše €7,000 (omezeno na 30% z ceny vozidla). Úroveň emisí, pro maximální využití bonusu, byla navýšena na 20 g/km a méně. Vozy s úrovní emisí 20-50 g/km mají nárok

na bonus až do výše €5,000. Jestliže mají emise větší než 60 g/km, pak tento bonus klesá na €550. Malus platí pro automobily, které překročí emise CO₂ nad 155 g/km. Maximální malus činí €2,600 nad 245 g/km. Kromě tohoto jednorázového malusu platí auta, která vypouštějí více než 245 g/km, roční daň €160. Je vypláceno šrotovné ve výši €700, pokud je auto nejméně 10 let staré, vyřazené z evidence a nové produkuje maximálně 155 g/km. [49]

VELKÁ BRITÁNIE

V lednu roku 2011 byl zahájen program „Plug-In Car Grant“. Tento program poskytuje dotaci na nákup nového elektromobilu danou 25% z ceny vozu. Dotace je omezena do výše £5,000 a je řízena podobným způsobem jako systém šrotovného. Tento projekt byl aktuálně prodloužen minimálně do roku 2015, vláda na něj vyčlenila dvě stě milionů liber. Částka vystačí přibližně na patnáct tisíc nových šetrných aut ročně. Například Nissan Leaf stojí v Británii £30,990, ale díky dotaci je to £25,990. [50]

V roce 2012 byl tento program rozšířen také o dodávky „Plug-In Van Grant“. Dodávky mohou získat dotaci 20% z ceny vozidla, až do výše £8,000. Například Renault Kangoo Z.E. stojí místo £16,990 pouze £13,592.

Elektrická auta musí splňovat kritéria emisí, ujetou vzdálenost na jedno dobití, minimální nejvyšší rychlost, záruku, výkon baterie a bezpečnost. V září roku 2013 tato kritéria splňovalo čtrnáct vozů: BMW i3, Chevrolet Volt, Citroen C-ZERO, Ford Focus Electric, Mia elektrické, Mitsubishi i-MiEV, Nissan Leaf, Peugeot iOn, Renault Fluence ZE, Zoe Renault, Smart Fortwo, Toyota Prius Plug-in Hybrid, Vauxhall Ampera a Volvo V60 Plug-in Hybrid. [51]

PORTUGALSKO

Portugalsko nabízí dotaci ve výši €5,000. Dotace může dosáhnout až do výše €6,500, pokud se současně nechá staré auto sešrotovat. [52]

RUMUNSKO

Rumunsko nabízí státní dotace na nákup nových elektrických aut ve výši až 20% z pořizovací ceny nebo až do částky €3,700. [53]

USA

Dotace na elektromobily sahají v USA až do výše \$7,500. Cílem v USA je mít jeden milion elektrických vozidel v roce 2015. Finanční pobídky a daňové úlevy jsou USA závislé na daném státu, takže rozsah podpor je velice pestrý. [54]

JAPONSKO

Nejvíce zajímavé trhy jsou nyní asijské trhy, speciálně Japonsko a Čína. Od roku 1978 Japonsko podporuje několik leasingových programů a jiných pobídek (daňové pobídky, daňové odpočty) k podpoření prodeje. Japonsko je světovým leaderem ve výzkumu a vývoje technologií baterií.

ČÍNA

Zájemcům o elektromobily nabízí Čína dotaci \$9,800. Tato dotace platí pouze pro auta vyrobená v Číně. Na dovážená elektrická auta je uvaleno 25% clo, daň a není možné využít zmíněné dotace. Také Čína se zaměřila na výzkum a vývoj. [35]

3.2.2 NEFINANČNÍ PODPORY

Nefinanční podpory jsou také velice důležitým aspektem rozvoje elektromobility. Jsou dostupné v mnoha zemích EU, jedná se například o parkování zdarma (Velká Británie, Dánsko, Norsko), využívání jízdních pruhů pro autobusy (Norsko, Švédsko, Velká Británie), možnost vjezdu do center měst nebo do nízko emisních zón. *„Přicházejí negativní ohlasy některých obyvatel, že zvyšující se počty elektromobilů ucpávají vyhrazené pruhy, a tak znepříjemňují dopravu cestujícím v hromadné dopravě. Lidé chtějí, aby elektromobilům byly některé výhody opět odebrány. Projekt pobídek v Norsku skončí nejdříve v roce 2017, kdy bude přezkoumán.“* [55] Dále se jedná o procesy podporující výrobce a tím povzbuzují investory k zakládání společných sdružení.

3.2.3 PODPORA A PROJEKTY V ČESKÉ REPUBLICCE

V České republice je elektromobila na svém počátku. Tento způsob dopravy tady není nijak zvlášť podporován nebo dotován, jak je tomu v zahraničí běžné. V současné době jsou elektromobily osvobozené od silniční daně, kterou nemusí platit podnikatelé. Praha

je na elektromobilitu připravena v celostátním měřítku nejlépe. Existuje tu několik desítek dobíjecích stanic.

Skupina ČEZ se rozhodla aktivně podpořit koncept elektromobility se svou strategickou vizí „Future Motion“. Podpory se týkají uživatelů elektromobilů, poskytování komplexních služeb s vazbou na distribuční síť ČEZ a také další podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Cílem je přispět k rozvoji zcela „bez emisí“ dopravy v České republice. Další společnosti, které figurují v projektech elektromobily v ČR, jsou EON nebo také PRE.

Společnost ČEZ v projektu „*Elektromobilita*“ provozuje 35 veřejných dobíjecích stanic a staví další, zejména v krajských městech a na dálnicích. Má v provozu čtyřicet elektromobilů - největší flotila elektrických vozidel v ČR. Spustila ve Vrchlabí projekt „Smart Region⁹“, v rámci kterého mají elektromobily hrát aktivní roli v elektrické distribuční síti. ČEZ nabízí současným klientům neomezené veřejné dobíjení EM s tarifem 150,- Kč za měsíc. Od 1. 7. 2013 existuje podpora EM ze stran energetik a Energetického regulačního úřadu a nabízejí distribuční sazby D27d¹⁰ a C27d¹¹, které jsou určeny speciálně pro majitele těchto vozidel. Garantují osm hodin denně nízkého tarifu během nočních hodin. Majitel nebo provozovatel se musí věrohodně prokázat vlastnictvím elektromobilu. Podnikatelská sazba vyžaduje samostatné odběratelské místo. [56]

⁹ Smart Region – v tomto projektu testuje ČEZ nové technologie a funkce, které v provozu stávající distribuční síť nepoužívá, a které mohou přispět ke zvýšení spolehlivosti a kvality dodávané elektřiny zákazníkům.

¹⁰ D27d – Komfort e-mobilita (pro občany).

¹¹ C27d – Aktiv e-mobilita (pro podnikatele).

3.3 VÝPOČET DOPADŮ NA EKONOMIKU

V této části se pokusím přiblížit možné dopady na ekonomiku v případě, že by se část vozového parku osobních vozidel přeměnil na elektromobily - o kolik méně by stát vybral na daních z PHM (spotřební dani a DPH) za rok. Za předpokladu, že podíl počtu elektromobilů činí 10% z celkového počtu osobních vozidel.

Celkový počet osobních vozidel k 31. 12. 2013 činil 4,787,849 kusů (motorových vozidel bylo 6,639,209 kusů). [57] Pro zjednodušení scénáře předpokládám, že počet vozidel na benzín a na naftu je totožný.

Pro výpočet budou použity tyto charakteristiky vozidla:

- 25,000 ujetých kilometrů za rok,
- průměrná spotřeba 7l/100km (benzín/nafta),
- cena 36,- Kč/l za benzín/nafta,
- celková spotřební daň z PHM (včetně DPH) tvoří dnes zhruba 53% z ceny benzínu a 48% z ceny nafty, [58]
- výdaje za palivo jednoho vozidla za rok: $7 \cdot 36 \cdot 250 = 63,000,-$ Kč.

*Tabulka 3.5: Dopady na ekonomiku přechodem na elektromobily
zdroj: [Vlastní zpracování]*

	Rok 2013 [Ks]	10% [Ks]	Daň z PHM (10%) [Kč]
Osobní vozidla	4,787,849		
Benzín	2,393,925	239,392	7,993,313,906
Diesel	2,393,925	239,392	7,263,358,447
Celkem			15,256,672,352,-

Z výpočtu vyplývá, že pokud by elektromobily nahradily 10% osobních vozidel, tak by stát přišel zhruba o 15 miliard¹² korun za rok. Výpočtem jsem chtěl také upozornit na vyšší spotřební daně z PHM, která je u nás jedna z nejvyšších v Evropě.

¹² Výpočet je zjednodušený - neuvažuji různé hybridní typy EM, pouze BEV.

3.4 PŘEHLED ELEKTROMOBILŮ NA ČESKÉM TRHU

Vzhledem k tomu, že Česká republika je součástí Evropské unie, tak si každý zájemce může koupit elektromobil po celé Evropě, tedy i modely, které u nás zatím nejsou dostupné. Na druhou stranu je u nás k dostání prakticky vše, co ve zbytku Evropy. Jsme tedy malý, ale poměrně vyspělý trh. Nejjednodušší možností, jak vstoupit do světa elektromobility, je dnes pro Českého zákazníka elektrické kolo, jehož nabídka je velmi bohatá a lze ho sehnat za cenu lehce přes 15,000,- Kč.

Tabulka 3.6: Přehled elektromobilů na Českém trhu
zdroj: [Vlastní zpracování]

Značka a model	Výkon [kW]	Akumulátor [kWh]	Hmotnost [Kg]	Dojezd [km]	Cena s DPH [Kč]
Smard ED	30	16,5	890	135	610,000,-
Nissan Leaf	80	24	1,474	199	715,350,-
Citroen C-Zero	49	16	1,080	160	717,288,-
Mitsubishi i-MiEV	47	16	1,080	160	899,900,-
Peugeot iOn	49	16	1,080	160	717,288,-
BMW i3	130	22	1,195	160	950,000,-
VW eUP	60	18	1,085	160	700,000,-
Toyota Prius PHEV	100	4,4	1,420	X	959,900,-
Opel Ampera PHEV	111	16,6	1,715	X	999,900,-
Citroën Berlingo	49	22,5	1,569/675	170	800,000,-
Peugeot Partner	49	22,5	1,589/685	170	834,200,-



Obr. 3.2: Přehled elektromobilů na Českém trhu
zdroj: [Google.com, obrázky]

4 PROPOČET EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI ELEKTROMOBILŮ

V této části práce je propočtena, porovnána a následně zhodnocena ekonomická efektivnost investičního záměru při nákupu klasického užitkového automobilu a elektromobilu. Na začátku je popsána metoda výpočtu a definována modelová situace. Dále jsou poskytnuty nezbytné informace o pořizovateli, způsobu financování, odpisování, a technické údaje porovnávaných vozidel. Jsou zde odhadnuty průměrné roční výdaje za provoz, údržbu, servis a za pohonné hmoty a elektřinu. Investiční záměry se porovnávají metodou čisté současné hodnoty. V závěru je zhodnocena ekonomická efektivnost a doporučeno vhodnější řešení pro pořizovatele.

4.1 METODIKA VÝPOČTU

4.1.1 METODA ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY

K hodnocení efektivnosti investičních projektů a jejich výběru máme k dispozici několik metod. Mezi metody dynamické, které přihlížejí k faktoru času, a jejichž základem je diskontování, patří metoda čisté současné hodnoty¹³. Tato metoda patří mezi nejpoužívanější, kde se počítá s delší dobou pořízení investice a zejména s delší dobou ekonomické životnosti, což je případ většiny reálných investic. [59] Obecně platí, že investice přispívá k růstu hodnoty firmy. Ideální investice je taková, která má vysokou rentabilitu, je bez rizika a co nejdříve se zaplatí.

Pro každý investiční záměr vypočteme NPV jako rozdíl mezi současnou hodnotou očekávaných (budoucích) příjmů a výdaji na investici nutnou pro jejich zajištění, resp. jako součet všech diskontovaných CF po dobu trvání investice. NPV představuje přebytek diskontovaných příjmů nad diskontovanými výdaji. Vypočítá se jako: [60]

$$NPV = \sum_{t=1}^n CF_t (1+r)^{-t} - IN, \quad NPV \stackrel{!}{=} \max$$

¹³ Čistá současná hodnota (z angl. Net Present Value - NPV), se považuje za nejpřesnější metodu využívanou při investičním rozhodování. Je založena na zohlednění časové hodnoty peněz. Vlastně nám říká, kolik peněz nám za zvolenou dobu životnosti projektu daný projekt přinese anebo sebere.

kde:

- CF_t očekávaná hodnota cash flow v období ($t = 1$ až n),
- IN výdaje na počáteční investici (obvykle v období 0 roku),
- r diskont (časová hodnota peněz),
- t očekávaná životnost investice v letech.

Vyhodnocení efektivnosti investic

- je-li $NPV > 0$, je současná hodnota investice kladná, tj. že současná hodnota příjmů je vyšší než současná hodnota výdajů,
- je-li $NPV = 0$, je současná hodnota investice rovna nule, tj. že bylo docíleno právě požadované zúročení investovaných peněz,
- je-li $NPV < 0$, je současná hodnota investice záporná (investici zamítáme).

Hodnotíme-li více investičních variant, pak je nejefektivnější ta s nejvyšší NPV.

4.1.2 DISKONTOVÁNÍ

Diskontování je přepočítání budoucí hodnoty (FV) na hodnotu současnou (PV) pomocí diskontu. Diskont (z angl. discount rate) je procentní sazba, kterou se diskontují budoucí příjmy a výdaje v jednotlivých obdobích na současnou hodnotu. Diskontování (neboli odúročení) je opačným procesem úročení - probíhá v obráceném směru z budoucnosti do současnosti. Čím je budoucí výnos vzdálenější v čase, tím nižší je jeho současná hodnota. Současnou hodnotu vypočítáme jako:

$$PV = \frac{FV}{(1 + r)^t}$$

kde:

- r je diskont za jedno období (rok),
- t je počet období.

Čím vyšší je diskont, tím nižší je současná hodnota budoucího výnosu. Diskont teoreticky vyjadřuje nejlepší možný výnos alternativní investice k investici posuzované. Jinými slovy se jedná o výnos z investované částky, o který přijdeme, jestliže nebudeme realizovat alternativní investici. Diskont vyjadřuje jakousi ušlou příležitost.

4.1.3 DAŇOVÁ ÚSPORA

Daňová úspora resp. daňový štít se využívá pro snížení daní firmy způsobené růstem daňově odčitatelných výdajů a odpisů. Výdaje a odpisy se zahrnou do nákladů a tím se sníží základ pro zdanění.

Daňový štít odpisový – vypočítá se jako součin odpisů a daňového koeficientu (19%).

Daňový štít výdajový – vypočítá se jako součin sumy výdajů a daňového koeficientu.

„V případě automobilu zahrnutého do obchodního majetku lze jako daňové výdaje uplatnit veškeré výdaje spojené s provozem automobilu a odpisy. Výdaje spojené s provozem automobilu jsou např. opravy a údržba, povinné ručení a havarijní pojištění, výdaje na povinnou a doplňkovou výbavu vozidla a mnoho dalších.“ [61]

4.1.4 VLIV INFLACE

Rozhodování subjektu se děje v reálném podnikatelském a ekonomickém prostředí, proto je třeba respektovat vliv inflace, která působí na cenový vývoj jednotlivých výdajových položek investičního projektu. Pokud by se zanedbal tento cenový vývoj a provádělo se hodnocení ve stálých cenách, vedlo by to k nadhodnocování role odpisů jako daňových štítů. V inflačním prostředí reálná hodnota odpisů klesá a firmě se tak zvyšuje základ daně. V mé modelové situaci působí inflace na jednotlivé výdajové položky, jako jsou výdaje za opravy a údržbu, benzín/elektřinu a pojištění.

Přírůstek cen pohonných hmot, tzv. *cenový index pohonných hmot*, měl následující vývoj 9,9% (2011), 6% (2012), -2,2% (2013). [62] Pro další roky ČNB predikuje tyto hodnoty -1,1% (2014) a -0,5% (2015). Přírůstek cen za elektřinu, tzv. *cenový index elektřiny*, měl následující vývoj 4,2% (2012), 2,7% (2013). ČNB predikuje tyto hodnoty -9% (2014) a 3,5% (2015). [63] Tzv. *cenový index tržních služeb*, zahrnuje pojišťovnictví. Tento index měly následující vývoj 0,9% (2011), -0,6% (2012), -1,5% (2013).

Vyjadřování míry inflace vychází z měření čistých cenových změn pomocí indexů spotřebitelských cen. V roce 2013 byla míra inflace v České republice 1,4%, v roce 2012 3,3%, a v roce 2011 1,9%. Průměrná inflace za posledních pět let činí 1,82%. [62]

Vliv inflace na výdajové položky	
Pohonné hmoty	0,50%
Elektřina	-1,00%
Pojištění	1,00%
Opravy, údržba a spotřební materiál	1,82%

Tabulka 4.1: Odhad vlivu inflace na výdajové položky
Zdroj: [vlastní zpracování]

4.1.5 POTŘEBNÉ PARAMETRY PRO VÝPOČET

K výpočtu pomocí metody NPV jsou potřeba následující parametry:

- doba životnosti,
- investiční výdaje,
- peněžní toky (CF),
- diskont.

4.1.5.1 DOBA ŽIVOTNOSTI

Doba životnosti investičních projektů je stanovena každou společností individuálně. V mé modelové situaci se jedná o investici dlouhodobého hmotného majetku, a to automobilu, který patří do druhé odpisové skupiny. Automobil se v této skupině odpisuje pět let. Předpokládám, že bude na konci šestého roku prodán, takže životnost mé investice bude šest let. Prodejní cena Berlinga Furgon se odhaduje na 80,000,- Kč a Berlinga Electric na 65,000,- Kč. Uvedené ceny jsou s DPH.

4.1.5.2 INVESTIČNÍ VÝDAJE

Investiční výdaje jsou veškeré výdaje spojené s pořízením investice, tj. výdaje spojené s nákupem vozidla. V mém případě je investiční výdaj jednorázový, uskutečněný v roce nula.

4.1.5.3 PENĚŽNÍ TOKY

Peněžní tok, nebo také cash flow, vypovídá o schopnosti podniku generovat peníze. Je jedním z rozhodujících kritérií při výběru a hodnocení investičních projektů. Od správného ročního odhadu cash flow se odvíjí věrohodnost zhodnocení.

V mé modelové situaci se CF bude počítat jako součet výdajů a daňového štítu. S příjmy se v mé kalkulaci nepočítá, neboť se předpokládá, že obě varianty budou mít stejný výrobní efekt. Porovnávám pouze výdaje, které jsou spojeny s nákupem automobilů a výdaji, které jsou spojeny s jejich provozem během životnosti.

$$CF_t = \sum_i(-Výdaje_i) + \sum_j(Daňový\ štít_j).$$

Výpočet diskontovaného cash flow:

$$DCF = \sum_{t=1}^n CF_t \cdot (1 + r)^{-t}.$$

Výpočet ročního ekvivalentního toku¹⁴:

$$RCF = \frac{NPV \cdot r}{1 - (1+r)^{-n}},$$

kde:

- n je doba životnosti investice.

4.1.5.4 DISKONT

Stanovení diskontu je složitý proces, který vyžaduje, abychom brali v potaz široký okruh aspektů, které mohou mít vliv na průběh investice. Výše diskontu je dána časem a rizikovostí investice. Diskont se bude zvyšovat s rostoucí rizikovostí investice. Menší firmy jsou obecně rizikovější, protože jsou zranitelnější při nepříznivých událostech.

V mé modelové situaci budu počítat s diskontní sazbou 10% pro průměrnou firmu z cyklického odvětví (např. spotřebiče). Tato sazba odpovídá druhu podnikání, který posuzovaná firma provozuje. [64]

¹⁴ RCF slouží k porovnání projektů, které netrvají stejnou dobu. Využívá k tomu NPV a anuitu.

4.2 ZADÁNÍ MODELOVÉ SITUACE

Pan Novák je podnikatel, který se rozhodl pořídit si pro účely podnikání nový užitkový automobil, protože jeho starý dosluhuje. Jeho povolání je revizní technik pro elektrotechnická zařízení. V této oblasti bývají předmětem revize elektrické rozvody a rozvodná zařízení, různá čidla, regulátory, bezpečnostní systémy, požární hlásiče, apod. Má ukončené předepsané odborné vzdělání, praxi a platné osvědčení.

Pan Novák provádí revize v okrese svého bydliště už několik let. Ze statistik z minulých let vyplývá, že denně průměrně najezdí zhruba 90 km. Z toho důvodu začal přemýšlet o tom, jestli by nebylo výhodnější koupit elektrické vozidlo do zásuvky než opět klasické vozidlo. Pořizovací cena takového vozidla je skoro dvakrát vyšší, ale pan Novák se domnívá, že z pohledu celkových ročních výdajů za provoz by se mu jeho investice mohla za několik let vrátit a mohl by na ni přinejlepším vydělat. Cílem je propočít ekonomické efektivnosti daných investičních variant z pohledu výdajů na pořízení a celkových výdajů za provoz během životnosti investice.

Na Českém trhu si pan Novák může vybrat ze dvou elektrických vozidel, které by pro jeho podnikání byly vhodné. Rozhodl se pro Citroën Berlingo Electric. Toto vozidlo bude porovnávat s klasickým spalovacím vozidlem Citroën Berlingo Furgon, který má vesměs stejné parametry.

4.2.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE A PŘEDPOKLADY

Obecné předpoklady

- stejná sazba daně z příjmu právnických osob (19%),
- stejná daňová politika,
- stejná spotřební daň za pohonné hmoty,
- v propočtu je započítán vliv inflace,
- všechny uvedené výpočty jsou bez DPH.

Základní informace o pořizovateli

- je plátcem daně z příjmů právnických osob,
- vede daňovou evidenci,
- uplatňuje si nárok na odpočet DPH.

Další informace

- automobil plánuje užívat pouze k podnikání, kdyby vozidlo využíval i pro soukromé účely, musel by krátit odpočet DPH na vstupu,
- odhaduje, že ročně najezdí zhruba 30,000 km (měsíčně 2,500 km),
- automobil plánuje využívat 6 let s tím, že na konci 6. roku ho prodá,
- cena pohonných hmot (motorová nafta): skutečná průměrná cena: 36,00 Kč/l, spotřební daň za litr nafty: 10,90 Kč, DPH (21%) za litr 6,25Kč, cena bez DPH je 29,75 Kč/l. [66]



Obr. 4.1: Citroën Berlingo Electric
Zdroj:[65]

4.2.2 TECHNICKÉ PARAMETRY POSUZOVANÝCH VOZIDEL

4.2.2.1 CITROËN BERLINGO FURGON

Tabulka 4.2: Technické údaje – Citroën Berlingo Furgon
zdroj:[67]

Technické údaje – Berlingo Furgon SX L1	
Motor	1,6HDi
Max. výkon	55 kW (75k)
Max. točivý moment	185 Nm
0 – 100 km/h	16,6 s
Nejvyšší rychlost	148 km/h
Spotřeba město	7,0/100 km
Spotřeba mimo město	5,1/100 km
Kombinovaná spotřeba	5,8/100 km
Provozní hmotnost	1,336 kg
Užitečná hmotnost	625 kg
Objem nákladního prostoru	3,3 m ³
Cena	375,900,- Kč

4.2.2 CITROËN BERLINGO ELECTRIC

Tabulka 4.3: Technické údaje – Citroën Berlingo Electric
zdroj:[65]

Technické údaje – Berlingo Electric E9	
Motor	Synchronní elektromotor
Max. výkon	49 kW (67k)
Max. točivý moment	200 Nm
Baterie ¹⁵	22kWh
Nejvyšší rychlost	110 km/h
Udávaný dojezd	170 km
Provozní hmotnost	1,530 kg
Užitečná hmotnost	695 kg
Objem nákladního prostoru	3,3 m ³
Cena	654,500,- Kč

4.2.3 ZPŮSOB FINANCOVÁNÍ

Pan Novák má více možností, jak financovat pořízení dlouhodobého hmotného majetku, a to buď vlastními prostředky, úvěrem, nebo leasingem. Dále má možnost rozhodnout se, zda ho zařadit do obchodního majetku nebo ne. Při rozhodování o způsobu financování automobilu je zapotřebí zohledňovat administrativní náročnost, právo disponovat s majetkem, daňové dopady a finanční náročnost.

Pan Novák preferuje administrativně nejjednodušší způsob, bez nutnosti dokládat svou ekonomickou situaci. Má dostatek volných finančních prostředků k nákupu automobilu, takže financování bude realizovat z vlastních prostředků. Výhodou je to, že v momentě nákupu se vozidlo stává majetkem firmy se všemi právy a povinnostmi s tím související. Další výhodou je to, že nemusí hradit další výdaje spojené s alternativními formami financování, jako jsou poplatky za vedení účtu, poplatky za uzavření leasingové smlouvy, atd. Také nedochází k přeplacení vstupní ceny. K nevýhodám této alternativy patří nutnost vysokého jednorázového výdaje v hotovosti, který se negativně promítá do cash flow v okamžiku pořízení.

¹⁵ Baterii lze dobít dvěma různými způsoby, a to přes zásuvku standardního dobíjení, připojenou k domovní síti se ST napětím 230 V. ST napětí je usměrněno palubním nabíječem na SS napětí. K plnému dobití dojde během cca 8,5 hodiny (14A). Dále lze dobít přes zásuvku rychlého nabíjení, připojenou ke zvláštnímu dobíjecímu sloupku, který poskytuje přímo SS napětí přibližně 300 V. [65]

Na druhou stranu je vhodné uvažovat i o alternativních metodách financování a brát v úvahu i tzv. „náklady obětované příležitosti“^{16c}. V mém ekonomickém zhodnocení dvou investic není metoda financování prioritou.

4.2.3.1 ODPISOVÝ PLÁN

Odpisování je metoda, jak rozložit vstupní cenu odpisovaného majetku jako náklad do více účetních období. Vhodně zvolený odpisový plán má vliv na hospodářský výsledek firmy. Osobní automobil patří do druhé odpisové skupiny. V případě nákupu vozidla se do pořizovacích výdajů započítávají všechny položky, které s tím souvisejí, jako je cena vozidla, doprava, clo nebo správní poplatky. Pan Novák může volit z rovnoměrných nebo zrychlených daňových odpisů.

Rovnoměrné odpisy se počítají ze vstupní ceny (VC) vozidla pomocí ročních odpisových sazeb (r_{os}) stanovených pro rok 2014 na 11% v prvním, a 22,5% v dalších letech. Uvedené roční odpisové sazby představují maximální výši. Vypočítají se podle vzorce $R_{DO} = \frac{VC * r_{os}}{100}$.

U metody *zrychlených odpisů* je hlavní odlišností to, že se při výpočtu vychází ze zůstatkové ceny (ZC). V prvním roce se počítají jako $Z_{DO1} = \frac{VC}{k_1}$, s koeficientem $k_1 = 5$. V dalších letech se vypočítá jako $Z_{DO} = \frac{2 * ZC}{k_2 - n}$, n je počet odepsaných let a $k_2 = 6$. Průběh odpisování obou metod znázorňuje následující tabulka.

*Tabulka 4.4: Daňové odpisy - Berlingo Furgon
zdroj: [Vlastní zpracování]*

Rok	1	2	3	4	5
Rovnoměrné	41,349 Kč	83,638 Kč	83,638 Kč	83,638 Kč	83,638 Kč
Zůstatková hodnota	334,551 Kč	250,913 Kč	167,276 Kč	83,638 Kč	0 Kč
Zrychlené	75,180 Kč	120,288 Kč	90,216 Kč	60,144 Kč	30,072 Kč
Zůstatková hodnota	300,720 Kč	180,432 Kč	90,216 Kč	30,072 Kč	0 Kč

To, jaká metoda je vhodnější, závisí zejména na tom, jakých výsledků hospodaření daná firma dosahuje. Použitím zrychlených odpisů, a tím pádem odpisu větší části vstupní ceny vozidla již v prvních letech, by nemělo smysl v případě, že firma aktuálně dosahuje

¹⁶ Náklady obětované příležitosti (z angl. opportunity costs - doslova „náklady na příležitost“), odpovídají hodnotě nejhodnotnější činnosti, které se musí ekonomický subjekt vzdát ve prospěch jiné činnosti.

nízkých výsledků hospodaření. Za těchto okolností by tedy bylo vhodnější využít metody rovnoměrných odpisů. Jestliže firma předpokládá dobré výsledky hospodaření lze zvolit metodu zrychlených odpisů. Tím si v nejbližších letech výrazně sníží svou daňovou povinnost. Dále budu počítat s rovnoměrnými odpisy.

4.2.4 ROČNÍ VÝDAJE NA PROVOZ, ÚDRŽBU A SERVIS

Mezi výdaje patří zejména výdaje za spotřebované pohonné hmoty, provozní látky, servisní prohlídky, parkovné, mytí, dálniční známka, pojištění, silniční daň, aj.

4.2.4.1 CITROËN BERLINGO FURGON

VÝDAJE NA ÚDRŽBU A SERVIS

Tabulka 4.5: Odhad průměrných ročních výdajů na údržbu a servis
zdroj: [68]

Výdaje na údržbu a servis (prohlídky + spotřební materiál)	
○ garanční prohlídky	
○ výměna provozních kapalin (olej, chladicí a brzdová)	
○ výměna rozvodů	
○ výměna brzdových kotoučů a obložení	
○ možná výměna alternátoru, startéru	
○ možná výměna spojky	
○ možná výměna podvozkových prvků	
Celkem	15,000,- Kč

VÝDAJE ZA PROVOZ

Tabulka 4.6: Odhad průměrných ročních výdajů za provoz
zdroj: [Vlastní zpracování]

Výdaje za provoz	
○ povinné ručení (ČPP)	3,056,-
○ havarijní pojištění (Hasičská pojišťovna)	8,900,-
○ pneumatiky (přezutí, vyvážení, uskladnění)	6,500,-
○ technické kontroly + měření emisí (1x za 2 roky)	650,-
○ parkování, mytí	1,000,-
○ baterie	667,-
○ lékárnička, žárovky	200,-
○ směs do ostřikovačů	200,-
Celkem	20,273,- Kč

VÝDAJE ZA PALIVO

Předpokládám, že pan Novák bude s vozidlem v rámci své podnikatelské činnosti pravidelně jezdit, přičemž v průměru najezdí 30,000 km ročně. Budu počítat se spotřebou ve městě udávanou výrobcem, která činí 7,0l/100km.

Tabulka 4.7: Odhad průměrných ročních výdajů za palivo
zdroj: [Vlastní zpracování]

Berlingo Furgon 1,6 HDi 75		
Cena nafty	29,75,-	[Kč/l]
Spotřeba nafty	7,0	[l/100km]
Cena na 1km	2,08,-	[Kč]
Celkem	64,500,-	[Kč]

VÝDAJE ZA SILNIČNÍ DAŇ

Automobil Citroën Furgon má objem 1,600 cm³, tudíž spadá do daňové sazby ve výši 3,000,- Kč. Firma může využít slevu na dani podle data první registrace vozidla. V případě nového vozidla má nárok na slevu v plné výši, a to na 48% z roční sazby daně.

Tabulka 4.8: Sleva na silniční dani
zdroj: [61]

Sleva na silniční dani		
36 měsíců od data 1. registrace	48%	1,560,- Kč
Dalších 36 měsíců = 72 měsíců	40%	1,800,- Kč
Dalších 36 měsíců = 108 měsíců	25%	2,250,- Kč

4.2.4.2 CITROËN BERLINGO ELECTRIC

VÝDAJE NA ÚDRŽBU A SERVIS

Tabulka 4.9: Odhad průměrných ročních výdajů na údržbu a servis
zdroj: [Vlastní zpracování]

Výdaje na údržbu a servis (prohlídky + spotřební materiál)	
○ garanční prohlídky	
○ kontrola brzdových kotoučů, obložení a kapaliny	
○ kontrola rozvodů a baterie	
○ možná výměna podvozkových prvků	
Celkem	3,000,- Kč

VÝDAJE ZA PROVOZ

Tabulka 4.10: Odhad průměrných ročních výdajů za provoz
zdroj: [Vlastní zpracování]

Výdaje za provoz	
o povinné ručení (ČPP) [69]	499,-
o havarijní pojištění (ČPP)	18,400,-
o pneumatiky (přezutí, vyvážení, uskladnění)	6,500,-
o technické kontroly + měření emisí (1x za 2 roky)	325,-
o parkování, mytí	1,000,-
o lékárnička, žárovky	200,-
o směs do ostříkovačů	200,-
Celkem	29,384,- Kč

VÝDAJE ZA ELEKTRINU

Využitím tarifu C27d¹⁷ pro elektromobily vychází cena v pásmu nízkého tarifu na 1,202,- Kč/kWh. Měsíční poplatek za odběrné místo činí 99,- Kč. Předpokladem je, že k dobíjení elektromobilu bude docházet z domovní zásuvky.

Výrobce udává, že dojezd elektromobilu je 170 km (22,5 kWh Li-Ion baterie). Já budu počítat s reálnější hodnotou dojezdu 150 km. Při účinnosti dobíjení baterie cca 93% dojde k plnému dobití při spotřebě 24 kWh. [69] Výrobci těchto baterií udávají, že mají životnost 2,000 dobíjecích cyklů. Dnes můžeme jen spekulovat o tom, jakou bude mít baterie skutečnou životnost v praxi.

Tabulka 4.11: Odhad průměrných ročních výdajů za elektřinu
zdroj: [Vlastní zpracování]

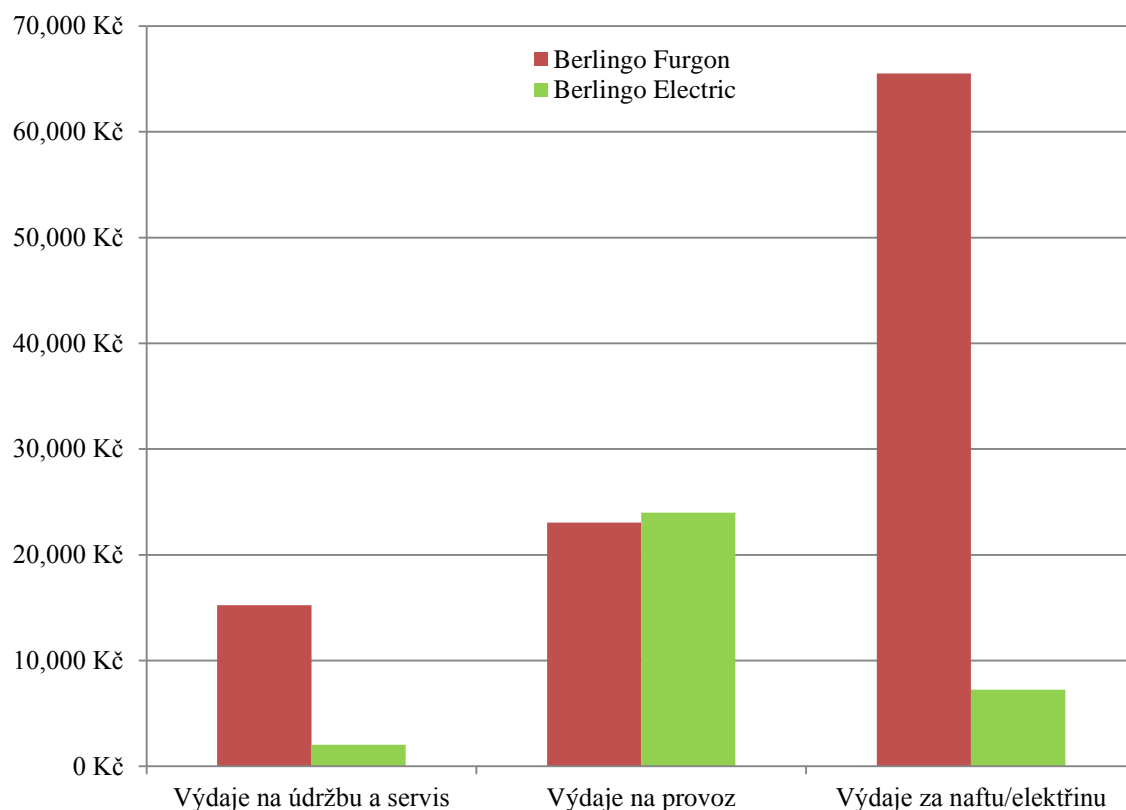
Berlingo Electric E9		
Cena elektřiny - nízký tarif	1,202,-	[Kč/kWh]
Měsíční poplatek za odběrné místo	99,-	[Kč]
Spotřeba elektrické energie	0,16	[kWh/km]
Cena za 1km	0,1982,-	[Kč]
Roční výdaje za elektřinu	5,770,-	[Kč]
Celkem	6,958,-	[Kč]

¹⁷ C27d – Aktiv e-mobilita (pro podnikatele) – cena silové elektřiny ve vysokém tarifu je 1,798,- Kč/kWh, v nízkém tarifu je to 1,202,- Kč/kWh. Měsíční poplatek za odběrné místo činí 99,- Kč. D27d – Komfort e-mobilita (pro občany) – cena silové elektřiny ve vysokém tarifu je 1,573,- Kč/kWh, v nízkém tarifu je to 1,154,- Kč/kWh. Měsíční poplatek za odběrné místo činí 79,- Kč. Ceny jsou bez DPH

VÝDAJE ZA SILNIČNÍ DAŇ

Od silniční daně jsou podle §3 zákona o silniční dani osvobozeny automobily do 12 tun, které jezdí na alternativní pohon (například elektrický, hybridní, LPG, CNG, apod.). [61]

4.2.4.3 POROVNÁNÍ ROČNÍCH VÝDAJŮ



*Graf 4.1: Porovnání ročních výdajů obou variant
zdroj: [Vlastní zpracování]*

Celkové roční výdaje Citroëna Berlinga Furgon činí 103,147,- Kč oproti 33,030,- Kč Berlinga Electric. Elektromobil má tedy zhruba třetinové výdaje, což znamená, že se potvrdilo dřívější tvrzení.

4.3 VYPOČTENÉ HODNOTY

4.3.1 CITROËN BERLINGO FURGON

Tabulka 4.12: Citroën Berlingo Furgon
zdroj: [Vlastní zpracování]

Berlingo Furgon							
Rok	0	1	2	3	4	5	6
Počet ujetých kilometrů		30000	60000	90000	120000	150000	180000
Poživovací cena automobilu	-375 900 Kč						
Rovnoměrné odepisování		41 349 Kč	83 638 Kč	83 638 Kč	83 638 Kč	83 638 Kč	
Zůstatková hodnota		334 551 Kč	250 913 Kč	167 276 Kč	83 638 Kč	0 Kč	
Prodejní cena							64 800 Kč
Výdaje za údržbu a servis							
Celkem		-15 273 Kč	-15 551 Kč	-15 834 Kč	-16 122 Kč	-16 416 Kč	-16 714 Kč
Výdaje za provoz							
Povinné ručení		-3 087 Kč	-3 117 Kč	-3 149 Kč	-3 180 Kč	-3 212 Kč	-3 244 Kč
Havarijní pojištění		-8 989 Kč	-9 079 Kč	-9 170 Kč	-9 261 Kč	-9 354 Kč	-9 448 Kč
Pneumatiky - nová sada (přezutí, vyvážení, uskladnění)		-6 618 Kč	-6 739 Kč	-6 861 Kč	-6 986 Kč	-7 113 Kč	-7 243 Kč
Technické kontroly + emise		-1 324 Kč	0 Kč	-1 372 Kč	0 Kč	-1 423 Kč	0 Kč
Parkování, mytí		-1 018 Kč	-1 037 Kč	-1 056 Kč	-1 075 Kč	-1 094 Kč	-1 114 Kč
Baterie		0 Kč	0 Kč	-2 111 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Lékamička, žárovky		-204 Kč	-207 Kč	-211 Kč	-215 Kč	-219 Kč	-223 Kč
Směs do ostřikovačů		-204 Kč	-207 Kč	-211 Kč	-215 Kč	-219 Kč	-223 Kč
Celkem		-21 443 Kč	-20 386 Kč	-24 141 Kč	-20 932 Kč	-22 634 Kč	-21 494 Kč
Silniční daň							
Celkem		-1 576 Kč	-1 591 Kč	-1 607 Kč	-1 623 Kč	-1 640 Kč	-1 656 Kč
Výdaje za pohonné hmoty							
Celkem		-64 856 Kč	-65 180 Kč	-65 506 Kč	-65 833 Kč	-66 163 Kč	-66 493 Kč
Daňový štít		27 454 Kč	35 406 Kč	36 238 Kč	35 748 Kč	36 193 Kč	20 208 Kč
CF	-375 900 Kč	-75 693 Kč	-67 303 Kč	-70 850 Kč	-68 763 Kč	-70 659 Kč	-21 350 Kč
DCF	-375 900 Kč	-68 812 Kč	-55 622 Kč	-53 231 Kč	-46 966 Kč	-43 874 Kč	-12 052 Kč
NPV							-656 456 Kč
RCF							-150 727 Kč
Průměrné roční výdaje na 1 km							5,02 Kč

$$NPV = \sum_{t=1}^n CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN$$

$$= \frac{-75,693}{(1+0,1)^1} + \frac{-67,303}{(1+0,1)^2} + \frac{-70,850}{(1+0,1)^3} + \frac{-68,763}{(1+0,1)^4} + \frac{-70,659}{(1+0,1)^5} + \frac{-21,350}{(1+0,1)^6} - 375,900 = -656,456, -Kč$$

$$RCF = \frac{NPV \cdot r}{1 - (1+r)^{-n}} = \frac{-656,456 \cdot 0,1}{1 - (1+0,1)^{-6}} = -150,727, -Kč$$

$$\text{Průměrné roční výdaje na 1 km: } \frac{RCF}{30,000} = 5,02, -Kč$$

4.3.2 CITROËN BERLINGO ELECTRIC

Tabulka 4.13: Citroën Berlingo Electric
zdroj: [Vlastní zpracování]

Berlingo Electric							
Rok	0	1	2	3	4	5	6
Počet ujetých kilometrů		30000	60000	90000	120000	150000	180000
Požizovací cena automobilu	-654 500 Kč						
Rovnoměrně odepisování		71 995 Kč	145 626 Kč	145 626 Kč	145 626 Kč	145 626 Kč	
Zůstatková hodnota		582 505 Kč	436 879 Kč	291 253 Kč	145 626 Kč	0 Kč	
Prodejní cena							52 650 Kč
Výdaje za údržbu a servis							
Celkem		-2 036 Kč	-2 073 Kč	-2 111 Kč	-2 150 Kč	-2 189 Kč	-2 229 Kč
Výdaje za provoz							
Povinné ručení		-504 Kč	-509 Kč	-514 Kč	-519 Kč	-524 Kč	-530 Kč
Havarijní pojištění		-15 053 Kč	-15 204 Kč	-15 356 Kč	-15 509 Kč	-15 664 Kč	-15 821 Kč
Pneumatiky - nová sada (přezutí, vyvážení, uskladnění)		-6 618 Kč	-6 739 Kč	-6 861 Kč	-6 986 Kč	-7 113 Kč	-7 243 Kč
Technické kontroly + emise		-331 Kč	0 Kč	-343 Kč	0 Kč	-356 Kč	0 Kč
Parkování, mytí		-1 018 Kč	-1 037 Kč	-1 056 Kč	-1 075 Kč	-1 094 Kč	-1 114 Kč
Baterie		0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Lékamička, žárovky		-204 Kč	-207 Kč	-211 Kč	-215 Kč	-219 Kč	-223 Kč
Směs do ostřikovačů		-204 Kč	-207 Kč	-211 Kč	-215 Kč	-219 Kč	-223 Kč
Celkem		-23 932 Kč	-23 903 Kč	-24 552 Kč	-24 519 Kč	-25 190 Kč	-25 153 Kč
Silniční daň							
Celkem		0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Výdaje za elektřinu							
Celkem		-7 062 Kč	-6 991 Kč	-6 921 Kč	-6 852 Kč	-6 783 Kč	-6 716 Kč
Daňový štít		19 955 Kč	33 933 Kč	34 050 Kč	34 038 Kč	34 160 Kč	6 479 Kč
CF	-654 500 Kč	-13 075 Kč	965 Kč	466 Kč	517 Kč	-2 Kč	25 031 Kč
DCF	-654 500 Kč	-11 887 Kč	798 Kč	350 Kč	353 Kč	-1 Kč	14 129 Kč
NPV							-650 758 Kč
RCF							-149 419 Kč
Průměrné roční výdaje na 1 km							4,98 Kč

$$NPV = \sum_{t=1}^n CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = -650,758, -Kč$$

$$RCF = \frac{NPV * r}{1 - (1+r)^{-n}} = \frac{-650,758 * 0,1}{1 - (1+0,1)^{-6}} = -149,419, -Kč$$

$$\text{Průměrné roční výdaje na 1 km: } \frac{RCF}{30,000} = 4,98, -Kč$$

4.4 ZHODNOCENÍ

Při hodnocení více investičních variant pomocí metody čisté současné hodnoty je efektivnější ta, která má vyšší hodnotu NPV. V případě první varianty - Berlingo Furgon mi vyšla NPV = -656,456,- Kč, u druhé varianty - Berlingo Electric mi vyšla NPV = -650,758,- Kč. Z vypočítaných hodnot je patrné, že čistá současná hodnota obou variant s dobou životnosti šest let je téměř shodná. Průměrné roční výdaje na jeden ujetý kilometr klasického vozidla jsou 5,02,- Kč/km, oproti 4,98,- Kč/km elektromobilu. Z tohoto propočtu pro pana Nováka vyplývá, že je v zásadě jedno, pro kterou variantu se rozhodne, protože rozdíl není nějak závratný. Především to bude záviset na něm, kterou variantu bude preferovat.

Je zřejmé, že výrazně nižší provozní výdaje elektrického vozidla vyrovnaly celkovou investiční bilanci obou variant po šesti letech, a to i přes vysokou pořizovací cenu elektromobilu, která je skoro dvojnásobná. Kdyby se pan Novák rozhodl, že si elektromobil ponechá o několik let déle, celková bilance by se postupem času stále zlepšovala. Při délce životnosti investičního projektu osm let by rozdíl činil již zhruba 70,000,- Kč ve prospěch elektromobilu. V takovém případě bych se přikláněl ke koupi elektromobilu.

Na základě propočtu s dobou životnosti šest let bych podnikateli doporučil spíše dopravu pomocí klasických vozidel. Obecně bych elektromobil doporučil spíše člověku, který rád inovuje a má rád nové technologie. V budoucnu by se mohly projevit nežádoucí dopady z omezeného dojezdu, který se například v zimě ještě výrazně zkrátí. Pro pana Nováka by to mohlo znamenat, že by cestu za zákazníkem musel kvůli vysoké spotřebě časově prodloužit, ne-li úplně zrušit. Na druhou stranu by elektromobil mohl sloužit jako dobrý prostředek a reklama pro budování jeho pověsti tím, že by mohl přesvědčovat o tom, že se podnikatel nestará jen sám o sebe, ale i o kvalitu životní prostředí.

Jelikož existuje jen velice málo ověřených informací o životnosti baterií, přesně nevíme, jak dlouho bude baterie schopna udržet svoji kapacitu. Po vypršení životnosti bude nutná její výměna. Kdyby se elektromobil po technické stránce nacházel ve vynikajícím stavu, mohl by si pan Novák jen dokoupit novou baterii a automobil dále využívat. Podle nynějšího trendu vývoje cen baterií se očekává, že cena by měla nadále klesat.

ZÁVĚR

Elektromobily urazily kus cesty od doby, kdy spatřily první světlo světa, ale ještě delší cestu mají před sebou. Stále existuje mnoho bariér, které musí být překonány, aby se zvýšil zájem o jejich prodej. Každý nový produkt přicházející na trh musí nabídnout něco více než má konkurence, aby se prosadil v neúprosném konkurenčním boji. Je nutné podotknout, že elektromobily není možné nabízet všem spotřebitelům. Pro řadu řidičů je současný výkon a výdrž baterie nedostačující a dlouhá dobíjecí doba taktéž. Během několika let s rozvojem nových efektivnějších technologií můžou být tato negativa odstraněna. Dnešní rychlodobíjecí stanice jsou již schopny dobít baterie během několika málo minut. Infrastruktura dobíjecích stanic je celosvětově velice omezená. Uplyne mnoho let, než bude existovat komplexní síť těchto stanic. Mezi přední světové trhy patří Japonsko, USA, Čína, Norsko, Francie, Německo, Velká Británie a Nizozemsko. Region střední a východní Evropy zůstává pozadu.

Z analýzy technického řešení různých typů elektromobilů vyplývá, že v dnešní době jsou pro nás nejvíce přijatelná hybridní vozidla. Mají podobné jízdní charakteristiky jako klasická spalovací vozidla a některé typy HEV mají téměř stejnou cenu. Avšak jsou stále závislé na fosilních palivech, takže jejich efekt ve snížení emisí není nijak vysoký. Zejména by mohly přispět k rychlejšímu technologickému pokroku a snížení cen baterií. V případě BEV jsou největší překážky více než sto let stále stejné, a to je vysoká pořizovací cena a nízký dojezd. Tyto problémy jsou z části sníženy u PHEV a REEV. Pouze BEV a FCEV můžou být považovány za vozidla s nulovými přímými emisemi.

Provoz ekologických vozidel s alternativními pohony v sobě skrývají značný potenciál, jak snížit emise CO₂, které přispívají ke globálnímu oteplování, také můžou přispět ke zvýšení kvality ovzduší a hluku. Na druhou stranu, fáze výroby elektromobilů a elektřiny, sebou může přinést značné zvýšení emisí. To přináší nové příležitosti a rizika pro tvůrce strategií a všechny zúčastněné strany elektromobility. Přestože jsou důležitým technologickým průlomem, nemůžou být nasazovány všude a za každých podmínek. Zavádění elektromobilů může znamenat přesun problémů do jiných oblastí. Ze všeho nejdříve by měly být zavedeny efektivní recyklační programy a prodloužení jejich životnosti baterií.

Elektromobily využívající dnešní energetické mixy elektřiny budou spíše prostředkem, jak přesunout emise pryč ze silnic do oblastí, kde se elektřina vyrábí, a ne jak je snížit globálně. V dohledné době nedojde k výraznému zlepšení mixů elektřiny, a tedy k redukci emisí. Mnoho výhod elektromobilů by mělo sloužit jako podnět pro upravení lokálních mixů elektřiny a jejich efektivnější využívání. Podstatné zlepšení dopadů na globální oteplování a vyčerpání nerostných surovin může být dosaženo, jestliže budou využívat elektřinu z vhodného zdroje elektrické energie. Je kontraproduktivní podporovat je v oblastech, kde je elektřina primárně vyráběna z uhlí a jiných vysoce emisních zdrojů. Musí být zaručena spolehlivá opatření, která povedou k využívání elektřiny z OZE. V jiných případech by mohla být produkce CO₂ ještě vyšší než u klasických vozidel. Politické nástroje mohou být instrumenty, jakými lze docílit jasného snížení všech negativních emisí.

Z ekonomického hlediska provozu mají elektromobily značný potenciál, neboť mají nízké výdaje za údržbu, servis a provoz. K masivnějšímu proniknutí na trh stále brání vysoká pořizovací cena, která odrazuje potenciální kupující. Mnoho lidí si nemůže dovolit koupit auto, které stojí více než dvojnásobek klasického vozidla stejné třídy. Elektromobily by měly být proto doprovázeny lepšími strategiemi a politickou podporou. K nejlepším výsledkům podpor může být dosaženo kombinací peněžních a nepeněžních podpor.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CLARKE, P., *Automobily od dřevěných kol k superrychlým autům*, 1. vydání, Říčany: Junior, 2008, s. 64., ISBN 978-80-7267-321-6.
- [2] *První hybridní vůz postavil Čech. Bud' Křížik nebo Porsche*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://auto.idnes.cz/prvni-hybridni-vuz-postavil-cek-bud-krizik-nebo-porsche-pey-/automoto.aspx?c=A091023_002851_automoto_vok>
- [3] *Mezníky vědy: První elektromotory a elektromobily na světě se datují od roku 1834*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.inuru.com/index.php/planeta/mezniky-vedy/468-historie-elektromobil-elektromotor>>
- [4] *GM vybere své vlastní top 10 vozů z posledních 100 let*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www.motorauthority.com/news/1023060_gm-picks-its-own-top-10-cars-of-the-past-100-years>
- [5] *Technologické a ekonomické hledisko pronikání elektromobility do dalších oblastí dopravy*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.elektroatrh.cz/pdf/elektromobilita.pdf>>
- [6] *Evropská strategie pro čistá a energeticky účinná vozidla*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0186:FIN:CS:PDF>>
- [7] *Tesla předvedla výměnu baterií v elektromobilu Model S*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.hybrid.cz/tesla-predvedla-vymenu-baterii-v-elektromobilu-model-s>>
- [8] *Electric Drive Sales Dashboard*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://electricdrive.org/index.php?ht=d%2Fsp%2Fi%2F20952%2Fpid%2F20952>>
- [9] *Global EV Outlook 2013*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVO Outlook_2013.pdf>
- [10] *Green Car*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.gronnbil.no/nyheter/over-20-000-ladbare-biler-paa-norske-veier-article366-239.html>>
- [11] *December 2013 Plug-In Electric Vehicle Sales Card*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://insideevs.com/december-2013-plug-in-electric-vehicle-sales-report-card/>>
- [12] *EV Sales*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.ev-sales.blogspot.ca/2014/01/japan-december-2013.html>>
- [13] *China Auto Web*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://chinaautoweb.com/2014/01/plug-in-ev-sales-in-china-rose-37-9-to-17600-in-2013/>>

-
-
- [14] *Koncept vodíkové Toyoty FCV míří do Tokia*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.autoweb.cz/koncept-vodikove-toyoty-fcv-miri-do-tokia/>>
- [15] *Market Development for Green Cars 2012*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/market-development-for-green-cars_5k95xtcmxltc-en#page57>
- [16] *Elektromobilita v České republice 2013*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www.mzp.cz/konference_cista_mobilita/OTM-Elektromobilita_v_CR_Ing_Marusinec-21102013.pdf>
- [17] VLK, F., *Koncepce motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. 367 s. ISBN 80-238-5276-0.
- [18] *Elektromobil na benzín? A vlastně proč ne*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.autoforum.cz/technika/elektromobil-na-benzin-a-vlastne-proc-ne/>>
- [19] *Automobilové technologie Bosch*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www.bosch-automotivetechology.cz/cs/cz/powertrain_3/powertrain_systems_for_passenger_cars_4/systems_for_electric_vehicles_with_range_extender_3/systems_for_electric_vehicles_with_range_extender_1.html>
- [20] AJANOVIC, Amela. *Recent Developments in Electric Vehicles for Passenger Car Transport*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_225726.pdf>
- [21] *Palivový článek*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8Dl%C3%A1nek>
- [22] *Tesla - Using Energy Efficiently*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.teslamotors.com/goelectric/efficiency>>
- [23] *Advanced Vehicle Testing Activity*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://avt.inel.gov/>>
- [24] *Lithium Ion-Battery*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery>
- [25] *Estonia becomes the first in the world to open a nationwide electric vehicle fast-charging network*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://estonianworld.com/technology/estonia-becomes-the-first-in-the-world-to-open-a-nationwide-electric-vehicle-fast-charging-network/>>
- [26] *The EV Project*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.theevproject.com/>>
- [27] *Every Dutch citizen will live within 31 miles of an electric vehicle charging station by 2015*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.theverge.com/2013/7/10/4509962/netherlands-nationwide-electric-vehicle-charging-network-abb-fastned>>
- [28] *Charger standards fight confuses electric vehicle buyers, puts car company investments at risk*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.eenews.net/stories/1059984950>>

-
-
- [29] *DC fast charging: J1772 CCS vs CHAdeMO vs Supercharger*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.mychevysparkev.com/forum/viewtopic.php?p=5012>>
- [30] *Vize silniční dopravy v roce 2030*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.tpsd-ertrac.cz/file/vize-silnicni-dopravy-v-roce-2030-prac-skupina-3/>>
- [31] *Predikce dlouhodobého vývoje spotřeby elektřiny v ČR*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.energetikainfo.cz/33/informace-k-aktualizaci-predikce-ocekavaneho-dlouhodobeho-vyvoje-spotreby-elektriny-cr-uniqueidgOkE4NvrWuMF1Z1s5yTC1dqFp1mdVvnnvStIQusIHTyc/?uri_view_type=19>>
- [32] *Are Electric Vehicles a Fire Hazard?* [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.technologyreview.com/news/521976/are-electric-vehicles-a-fire-hazard/>>
- [33] *The sound of silence*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.economist.com/node/13606446>>
- [34] *Zpráva o životním prostředí České republiky 2012*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Zpr%C3%A1va%20o%20C5%BEivotn%C3%ADm%20prost%C5%99ed%C3%AD%20C4%8Cesk%C3%A9%20republiky%202012_20131023.pdf>
- [35] *Elektromobily: Čínský boj za životní prostředí*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.hybrid.cz/elektromobily-cinsky-boj-za-zivotni-prostredi>>
- [36] *EU schválila emisní limit 95 g CO₂/km*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.autoforum.cz/zajimavosti/eu-schvalila-emisni-limit-95-g-co2-km-prechodne-obdobi-bude-do-roku-2022>>.
- [37] *Statistika CNG vozidel*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.cng.cz/cs/statiska-cr-evropa-svet/>>
- [38] *Vodík*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Vod%C3%ADk>>
- [39] *The Power Source of an Electric Car Matters*, Dostupné z: <<http://www.statista.com/chart/1698/the-power-source-of-an-electric-car-matters/>>
- [40] *Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x/pdf>>
- [41] *Electric cars don't solve the automobile's environmental problems*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://spectrum.ieee.org/energy/renewables/unclean-at-any-speed>>
- [42] *Pět nedostupnějších elektromobilů v Česku*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.auto.cz/nejdostupnejsich-5-elektromobilu-cesku-75961>>

-
-
- [43] *Tesla: Giga-továrna na baterie bude stát 100 miliard*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.hybrid.cz/tesla-giga-tovarna-na-baterie-bude-stat-100-miliard>>
- [44] *Volkswagen Golf VII Official Photo*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.autoevolution.com/news-g-image/volkswagen-golf-vii-official-specs-and-images-released-photo-gallery/85105.html>>
- [45] *Nissan Leaf*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://wallpaperhdhub.com/cars/nissan-leaf/>>
- [46] *Test Nissanu Leaf: prostorný elektro snilek*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.novinky.cz/auto/testy/331158-test-nissanu-leaf-prostorny-elektro-snilek.html>>
- [47] *Představuji svůj první elektromobil – Nissan Leaf*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.roznovan.cz/~kubis/leaf.php>>
- [48] *Test Volkswagenu Golf 1.4 TSI: jak jezdí české auto roku*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.novinky.cz/auto/testy/291585-test-volkswagenu-golf-1-4-tsi-jak-jezdi-ceske-auto-roku.html>>
- [49] *France: Consumer bonuses for electric and hybrid cars*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.cleancarjournal.com/france-consumer-bonuses-for-electric-and-hybrid-cars/>>
- [50] *Plug-in Car Grant*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<https://www.gov.uk/government/publications/plug-in-car-grant>>
- [51] *Plug-in Van Grant*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<https://www.gov.uk/government/publications/plug-in-van-grant>>
- [52] *Portugalsko má 261 dobijecích bodů, dalších 1350 v přípravě*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.hybrid.cz/portugalsko-ma-261-dobijecich-bodu-dalsich-1350-v-priprave>>
- [53] *Romanian Clunkers Program Available For Electric Buyers Starting Next Week*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.mediafax.ro/english/romanian-clunkers-program-available-for-electric-car-buyers-starting-next-week-8157168>>
- [54] *Elektromobil Spark EV jde v USA do prodejen*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.hybrid.cz/elektromobil-spark-ev-jde-v-usa-do-prodejen>>
- [55] *Norsko má problém: příliš mnoho elektromobilů*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.ekobonus.cz/ekologicka-doprava/elektromobily/norsko-ma-problem-prilis-mnoho-elektromobilu>>
- [56] *Rozhovor s Tomášem Chmelíkem, manažérem útvaru čisté technologie ČEZ na téma Elektromobila a smart region*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z:

-
- <<http://www.cistamobilita.cz/cista-mobilita/rozhovory/129-rozhovor-s-ingtom%C3%A1%C5%A1em-chmel%C3%ADkem,-ph-d,-mana%C5%BErem-%C3%BAvaru-%C4%8Dist%C3%A9-technologie-%C4%8Dez,-natt%C3%A9ma-elektromobilita-a-smart-region>>
- [57] *Složení vozového parku v ČR*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>>
- [58] *Spotřební daň*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Spot%C5%99ebn%C3%AD_da%C5%88>
- [59] *SYNEK, M. a kol. Manažerská ekonomika*, Praha: Grada, 1996. s. 292. ISBN 80-7169-211-5.
- [60] *BREALEY, MYERS, MARCUS, Fundamentals of Corporate Finance*, Third edition, 2001, pages 639, ISBN 0-07-553109-7.
- [61] *Silniční daň, zálohy*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.jakpodnikat.cz/silnicni-dan.php>>
- [62] *Český statistický úřad*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/ceny_inflace>
- [63] *Zpráva o inflaci 2014*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www.cnb.cz/miranda2/export/sites/www.cnb.cz/cs/menova_politika/zpravy_o_inflaci/2014/2014_I/download/zoi_I_2014.pdf>
- [64] *The five rules for successful stock investing*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: http://www.optionslock.cz/precetli_jsme/stareclanky/akcie/akcie_16_2_10.php
- [65] *Zahájení prodeje vozidla Citroën Berlingo Electric (B9E)*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www.citroen-praha.cz/files/upload/attachments/2014/02/25/citroen_berlingo_electric_-_uvodni_info.pdf>
- [66] *Průměrné ceny pohonných hmot*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.finance.cz/dane-a-mzda/mzda/cestovni-nahrady/prumerne-ceny-phm/>>
- [67] *Citroën Berlingo Furgon 1.6 HDi: práce šlechtí*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.zavolantem.cz/testy-aut/citroen-berlingo-furgon-1-6-hdi-prace-slechti>>
- [68] *Berlingo – klady, zápory, na co dát pozor*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <<http://www.motorkari.cz/forum-detail/?ft=142071&fid=34&&pgr=1>>
- [69] *Povinné ručení*, [Online]. [cit. 2014-04-18], Dostupné z: <http://www.elektromobily.org/wiki/Povinne_ruceni>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1.1: Elektromobil Františka Křižíka 1895; 3,7kW</i>	11
<i>Obr. 1.2: Elektromobil General Motors EV1</i>	13
<i>Obr. 1.3: Konstrukční schéma hybridního vozidla</i>	21
<i>Obr. 1.4: Jednotka elektrického pohonu</i>	22
<i>Obr. 1.5: Invertor</i>	22
<i>Obr. 1.6: Vysokonapěťový akumulátor</i>	22
<i>Obr. 1.7: Systém spolupracujícího regenerativního brždění</i>	23
<i>Obr. 1.8: Systém prodloužení jízdního dosahu</i>	24
<i>Obr. 1.9: Druhy ztrát</i>	26
<i>Obr. 1.10: Blokové schéma přeměny energie elektrického vozidla</i>	26
<i>Obr. 1.11: Blokové schéma přeměny energie plug-in hybridu</i>	27
<i>Obr. 1.12: Vizualizace rychlodobíjecí stanice</i>	29
<i>Obr. 1.13: Typy konektorů pro dobíjení</i>	31
<i>Obr. 2.1: Situace v Číně</i>	37
<i>Obr. 2.2: Porovnání technologií jednotlivých vozidel a jejich ekologického dopadu</i>	46
<i>Obr. 3.1: Klasický automobil vs. elektromobil</i>	52
<i>Obr. 3.2: Přehled elektromobilů na Českém trhu</i>	61
<i>Obr. 4.1: Citroën Berlingo Electric</i>	68

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1.1: SWOT analýza rozvoje elektromobilů v ČR</i>	19
<i>Tabulka 1.2: Předpokládaný vývoj počtu vozidel s alternativním pohonem</i>	31
<i>Tabulka 3.1: Pořizovací ceny BEV a jejich výkon</i>	50
<i>Tabulka 3.2: Technické údaje - Nissan Leaf</i>	53
<i>Tabulka 3.3: Technické údaje - VW GOLF 7</i>	54
<i>Tabulka 3.4: Porovnání výdajů za provoz</i>	55
<i>Tabulka 3.5: Dopady na ekonomiku přechodem na elektromobily</i>	60
<i>Tabulka 3.6: Přehled elektromobilů na Českém trhu</i>	61
<i>Tabulka 4.1: Odhad vlivu inflace na výdajové položky</i>	65
<i>Tabulka 4.2: Technické údaje – Citroën Berlingo Furgon</i>	68
<i>Tabulka 4.3: Technické údaje – Citroën Berlingo Electric</i>	69
<i>Tabulka 4.4: Daňové odpisy - Berlingo Furgon</i>	70
<i>Tabulka 4.5: Odhad průměrných ročních výdajů na údržbu a servis</i>	71
<i>Tabulka 4.6: Odhad průměrných ročních výdajů za provoz</i>	71
<i>Tabulka 4.7: Odhad průměrných ročních výdajů za palivo</i>	72
<i>Tabulka 4.8: Sleva na silniční dani</i>	72
<i>Tabulka 4.9: Odhad průměrných ročních výdajů na údržbu a servis</i>	72
<i>Tabulka 4.10: Odhad průměrných ročních výdajů za provoz</i>	73
<i>Tabulka 4.11: Odhad průměrných ročních výdajů za elektřinu</i>	73
<i>Tabulka 4.12: Citroën Berlingo Furgon</i>	75
<i>Tabulka 4.13: Citroën Berlingo Electric</i>	76

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1.1: Světový trh s elektromobily dle EVI v roce 2012</i>	16
<i>Graf 1.2: Kumulované prodeje EV v USA</i>	17
<i>Graf 1.3: Předpokládaný vývoj EV podle EVI</i>	17
<i>Graf 1.4: Závislost spotřeby energie na výkonu různých typů EM v porovnání s ICEV</i>	27
<i>Graf 1.5: Počet dobíjecích stanic mimo obytné zóny v EVI 2012</i>	30
<i>Graf 2.1: Vývoj emisí v dopravě v ČR, 2000–2012</i>	36
<i>Graf 2.2: Vývoj emisí v dopravě EEA-32</i>	37
<i>Graf 2.3: Množství g CO₂/km vztahované na zdroje elektřiny</i>	41
<i>Graf 2.4: Bilance CO₂/100km pro různé typy EM v porovnání s konvenčními vozidly</i>	42
<i>Graf 3.1: Odhadovaný budoucí vývoj cen baterií podle EVI</i>	49
<i>Graf 3.2: Závislost pořizovacích cen BEV na výkonu</i>	50
<i>Graf 3.3: Pořizovací cena různých typů elektromobilů v porovnání s klasickými vozidly</i> ..	51
<i>Graf 4.1: Porovnání ročních výdajů obou variant</i>	74

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BEV	Battery Electric Vehicle (bateriové elektrické vozidlo)
CF	Cash Flow (peněžní toky)
CNG	Compressed Natural Gas (stlačený zemní plyn)
ČEZ	Český energetické závody
ČNB	Česká národní banka
DPH	Daň z přidané hodnoty
EEA	European Environment Agency (Evropská agentura pro životní prostředí)
EM	Elektromobil (HEV, PHEV, BEV, FCEV)
EON	Výrobce elektrické energie
EVI	Electric Vehicle Initiative (Iniciativa elektrických vozidel)
FCEV	Full Cell Electric Vehicle (elektrické vodíkové vozidlo)
FDP	Fossil Resource Depletion Potential (potenciál vyčerpání fosilních paliv)
FEP	Fresh Water Eutrophication Potential (potenciál eutrofizace čerstvé vody)
FETP	Fresh Water Eco-toxicity Potential (potenciál toxicity čerstvé vody)
FV	Future Value (budoucí hodnota)
GHG	Green House Gas (skleníkové plyny)
GM	General Motors
GWP	Global Warming Potential (potenciál globálního oteplování)
HC	Uhlovodíky
HEV	Hybrid Electric Vehicle (hybridní elektrické vozidlo)
HTP	Human Toxicity Potencial (potenciál lidské toxicity)
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle (vozidlo se spalovacím motorem)
LCA	Life Cycle Assesment (metoda Zhodnocení životního cyklu)
LNG	Liquified Natural Gas (zkapalněný zemní plyn)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (zkapalněný ropný plyn)
MDP	Mineral Resource Depletion Potencial (vyčerpání nerostných surovin)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NG	Natural Gas (zemní plyn)
NPV	Net Present Value (čistá současná hodnota)
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle (plug-in hybridní elektrické vozidlo)
PHM	Pohonné hmoty
PM	Particulate Matter (pevné částice)
PMPF	Particulate Matter Formation Potential (potenciál vzniku pevných částic)
POFP	Photochemical Oxidation Formation Potential (fotochemický smog)
PRE	Pražská energetická
PV	Present Value (současná hodnota)
PM	Pevné částice
REEV	Range Extender Electric Vehicle (vozidlo s rozšířením jízdního dojezdu)
SS/ST	Stejnoseměrný, střídavý
TAP	Terrestrial Acidification Potencial (potenciál okyselování půdy a vody)
TETP	Terrestrial Eco-toxicity Potencial (potenciál půdní a vodní toxicity)
TTW	Tank to Wheels („z nádrže na kola“)
VOC	Volatile Organic Compounds (těkavé organické látky)
WTT	Well to Tank („od zdroje do nádrže“)
WTW	Well to Wheells („od zdroje na kola“)