



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

*Bc. Tomáš Komárek*

**VYUŽITÍ ELEKTROMOBILITY V SILNIČNÍ NÁKLADNÍ**  
**DOPRAVĚ**

**Diplomová práce**

**2021**



**K617** ..... **Ústav logistiky a managementu dopravy**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Tomáš Komárek**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů**

Název tématu (česky): **Využití elektromobility v silniční nákladní dopravě**

Název tématu (anglicky): Use of electromobility in road freight transport

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Charakteristika silniční nákladní dopravy, statistiky přepravních a dopravních výkonů
- Charakteristika elektromobility, historický vývoj, současná situace, analýza dopravních prostředků pro zavádění elektromobility v nákladní dopravě, technické parametry (doba nabíjení, dojezd, náklady na údržbu, aj.), legislativa EU
- Infrastruktura - významný provozovatelé dobíjecích stanic v ČR, možnosti jejího využití silniční nákladní dopravě, pořízení vlastní dobíjecí stanice
- Analýza současného stavu vybrané dopravní společnosti, popis vozidlového parku, jeho využití pro vybrané trasy, návrh využití elektromobility pro vybrané segmenty dopravního trhu se zaměřením na užitkové vozy
- Ekonomické zhodnocení - kalkulace nákladů, úspor, hodnocení investice do elektromobility



- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Postránecký, M. Svítek, M. a kol.: Města budoucnosti. Nadatur, 2018  
Duchoň, B.: Inženýrská ekonomika. C.H. Beck, 2007  
Kunst, J., Eisler, E., Orava, F.: Ekonomika dopravního systému. Oeconomica, Praha, 2011

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Alexandra Dvořáčková, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2019**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **17. května 2021**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.

vedoucí

Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Tomáš Komárek

jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 3. prosince 2020

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli materiály a podklady pro vypracování této Diplomové práce. Zvláště bych pak rád poděkoval panu doc. Ing. Zdeňku Říhovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po dobu její tvorby. Dále pak děkuji paní Ing. Alexandře Dvořáčkové, Ph.D. za možnost dokončit diplomovou práci pod jejím vedením a za rady, které mi při dokončování práce poskytla. V neposlední řadě je také mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## Prohlášení

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

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

V Praze dne 9. srpna 2021



.....

podpis

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

## VYUŽITÍ ELEKTROMOBILITY V SILNIČNÍ NÁKLADNÍ DOPRAVĚ

diplomová práce

srpen 2021

Bc. Tomáš Komárek

### ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je ekonomické hodnocení možného využití elektromobility v silniční nákladní dopravě, konkrétně pro kategorii lehkých užitkových vozidel. První část práce se zabývá charakteristikami v dopravě, historickým vývojem, současnou situací, až po analýzu vybraných dopravních prostředků pro zavedení elektromobility v nákladní dopravě. V druhé části práce jsou vypočítány jednotkové náklady na provoz elektrovozidel a vozidel s konvenčním pohonem a následně jsou porovnány v několika variantách. Cílem práce je postup ekonomického hodnocení rentability provozu vozidel s elektrickým pohonem se zohledněním cen ropy či získání dotace na pořízení.

### KLÍČOVÁ SLOVA

elektromobilita, lehké užitkové vozy, pohonné hmoty, dotace, kurýrní společnosti

### ABSTRACT

The subject of this Diploma Thesis is an economic evaluation of the possible use of electromobility in road freight transport, specifically for the category of light commercial vehicles. The first part of the work deals with the characteristics in transport, historical development, the current situation, up to the analysis of selected means of transport for the introduction of electromobility in freight transport. In the second part of the work, the unit costs for the operation of electric vehicles and vehicles with conventional propulsion are calculated and then compared in several variants. The aim of the work is the procedure of economic evaluation of profitability of operation of electric vehicles taking into account oil prices or obtaining a subsidy for acquisition.

### KEYWORDS

electromobility, light commercial vehicles, fuels, subsidies, courier companies

# Obsah

<b>Obsah .....</b>	<b>5</b>
<b>Seznam použitých zkratek .....</b>	<b>7</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Nákladní doprava.....</b>	<b>9</b>
1.1 Charakteristika nákladní dopravy.....	9
1.1.1 Historie nákladní dopravy .....	9
1.1.2 Charakter činností v dopravě .....	10
1.1.3 Přepravní výkony v nákladní dopravě .....	13
<b>2 Elektromobilita a její charakteristiky .....</b>	<b>15</b>
2.1 Historický vývoj.....	15
2.2 Elektromobily .....	17
2.2.1 Elektromotory .....	17
2.2.2 Akumulátory.....	19
2.2.3 Dobíjení .....	22
2.3 Současná situace .....	25
2.3.1 Legislativa EU.....	26
2.4 Elektromobilita ve vybraných segmentech trhu .....	28
<b>3 Dobíjecí infrastruktura.....</b>	<b>31</b>
3.1 ČEZ .....	31
3.2 E.ON.....	33
3.3 PRE.....	34
3.4 Vlastní dobíjecí stanice .....	36
3.4.1 PRE .....	37
3.4.2 ČEZ .....	38
<b>4 Analýza současného stavu vybrané dopravní společnosti .....</b>	<b>39</b>
4.1 Popis vozového parku .....	40
4.1.1 Mercedes-Benz Sprinter .....	42
4.1.2 Renault Master .....	42
4.1.3 Ford Transit .....	43
4.1.4 Peugeot Boxer.....	43
4.2 Analýza vybraných dopravních prostředků kategorie N1.....	44
4.2.1 Mercedes-Benz eSprinter .....	44
4.2.2 Volkswagen e-Crafter .....	46
4.2.3 Renault Master Z.E.....	47
<b>5 Ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>49</b>

5.1	Výpočet jednotkových nákladů.....	49
5.1.1	Cena pohonných hmot a elektrické energie .....	49
5.1.2	Provozní náklady .....	51
5.1.3	Odpisy .....	55
5.2	Metodika výpočtu nákladů v dopravě .....	57
5.3	Porovnání výhodnosti vozidel podle variant dobíjení.....	60
5.3.1	Porovnání výhodnosti vozidel při domácím dobíjení .....	60
5.3.2	Porovnání výhodnosti vozidel při dobíjení u veřejných stanic.....	68
5.4	Čistá současná hodnota investice.....	74
5.4.1	Renault Master Z.E.....	75
5.4.2	Volkswagen e-Crafter .....	76
5.4.3	Mercedes-Benz eSprinter .....	78
<b>Závěr</b>	.....	<b>80</b>
<b>Použitá literatura a zdroje</b>	.....	<b>83</b>
<b>Seznam obrázků</b>	.....	<b>89</b>
<b>Seznam tabulek</b>	.....	<b>90</b>
<b>Seznam grafů</b>	.....	<b>91</b>



## Seznam použitých zkratek

ABB	Asea Brown Boveri
AC	Střídavý proud
CCS	Combined Charging Systém
CEF	Connecting Europe Facility
CNG	Stlačený zemní plyn
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
ČEZ	České energetické závody
ČKD	Českomoravská-Kolben-Daněk
ČSOB	Československá obchodní banka
DC	Stejnoseměrný proud
DPD	Direct Parcel Distribution
EP	Evropský parlament
EU	Evropská unie
HDO	Dobíjení v nízkém tarifu
LNG	Zkapalněný zemní plyn
NEDC	New European Driving Cycle
OPD	Operační program Doprava
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PMSM	Synchronní motor
PRE	Pražská energetika
PSA	Francouzský automobilový koncern
RFID	Radio Frequency Identification
USA	Spojené státy americké

## Úvod

V posledních letech je často zmiňována elektrická energie jako nový zdroj energie pro provoz automobilů. Z historického pohledu je to dokonce nápad starší než dnes nejrozšířenější pohon pomocí spalovacího motoru. Dnes je ovšem elektrický pohon významnou alternativou ke klasickým spalovacím agregátům, a to u osobních, lehkých užitkových i nákladních vozů. V dnešní době můžeme pozorovat rostoucí poptávku po vozech s hybridním nebo elektrickým pohonem, ovšem za tímto růstem stojí vysoký podíl ochrany globálního klimatu. Tato ochrana je ze strany EU nebo samotných vlád jednotlivých států reprezentována stále tvrdší regulací, zaměřenou proti konvenčním spalovacím motorům a dotacemi, podporujícími nákup vozidel s nízkoemisními pohony.

V současnosti je kladen důraz na dlouhodobý rozvoj elektromobility, jako na řešení ochrany globálního klimatu v podobě regulovaného automobilového průmyslu. V samotném důsledku jsou výrobci nuceni snižovat emise CO<sub>2</sub> u svých pohonných jednotek, a to tak dramaticky, že do svého portfolia musí zařadit vozy na elektrický pohon.

Diplomová práce se zabývá využitím elektromobility v silniční nákladní dopravě. Vzhledem k faktu, že komerční a dostupné dopravní prostředky jsou na českém trhu běžně dostupné pouze v kategorii N1, tedy v kategorii lehkých užitkových vozidel, jsem proto tuto práci vymezil pouze jen na tuto oblast. K objektivnímu výsledku práce jsem využil reálná data od společnosti působící v kurýrních službách na území hlavního města Prahy.

Práce se bude skládat ze strukturovaných kapitol, ve kterých budou popsány v širších aspektech charakteristiky využití elektromobility v silniční nákladní dopravě, současná situace v ČR a dále nebude chybět popis současné dobíjecí infrastruktury z pohledu nejvýznamnějších provozovatelů dobíjecích stanic v ČR.

Cílem práce je navrhnout, a za přispění získaných reálných dat od reálné přepravní společnosti ověřit, postup ekonomického hodnocení elektrických lehkých užitkových vozidel v nákladní dopravě oproti běžně používaným vozidlům na konvenční pohon. Lehká užitková vozidla se využívají ve velké míře obecně v city logistice; bude tedy nutné najít analýzou trhu vhodné elektrické protějšky k běžně používaným vozidlům a posoudit technické možnosti dobíjení vozidel provozovaných pro komerční účely. V neposlední řadě budou součástí práce výpočty jednotlivých nákladů na provoz těchto vozidel a následné porovnání zahrnující vliv cen paliv a energií a čistou současnou hodnotu investice.

# 1 Nákladní doprava

## 1.1 Charakteristika nákladní dopravy

Mezi ekonomikou dopravního systému a ekonomikou dopravního podniku samostatných druhů dopravy existují obdobné vztahy jako mezi mikroekonomií a makroekonomií. Dopravní systém tvoří jednotlivé druhy dopravy, z nichž některé tvoří součást podnikatelského subjektu, např. doprava pro vlastní potřebu, nebo se jedná o individuální motorismus, který v systému zaujímá specifické postavení, zejména ve způsobu úhrady provozních a pořizovacích nákladů [1].

Jednotlivé nároky na přepravu se liší přepravní vzdáleností, rozsahem a dalšími charakteristikami, jejichž zabezpečení je obvykle možné alternativními způsoby dopravy. Při vytváření dopravního systému je dominantní společenská potřeba, a proto je dopravní systém nadřazen a jeho řízení a organizace je určující pro ekonomiku dopravního podniku i druhu dopravy. Pro dopravní podnik je nejdůležitější podnikatelské hledisko, mezi které řadíme dosažení zisku a společenské požadavky [1].

### 1.1.1 Historie nákladní dopravy

Vznik jednotlivých druhů dopravy je z historického hlediska velmi cenná informace pro vytváření dopravního systému z pohledu státu v budoucnu. Železniční, silniční a další druhy dopravy mohly vzniknout v čase, kdy byla k dispozici adekvátní dopravní technika a byla vybudována tomu odpovídající dopravní infrastruktura [1].

V historii se po vzniku železnice stala dálková formanská doprava konkurenčně neschopnou a přirozeným vývojem se doprava soustředila na obsluhu železničních stanic a dopravu v území bez železničních tratí. Z formanství se postupem času stala zasilatelství, která soustřeďovala ve svých skladištích zboží přepravců a následně je předávala převážně k přepravě po železnici. Růst dopravy na kratší vzdálenosti vedl ke zdokonalení silničních komunikací a k výstavbě silnic nižších tříd. V polovině 19. stol. bylo na našem území přibližně 4 730 km zpevněných státních silnic [1].

Až začátkem 20. stol. se technický pokrok promítl do silniční osobní dopravy, a to zásluhou G. Daimlera a K. Benze, kteří dostali roku 1883 patent na spalovací motor. Dále zásluhou R. Diesela a jeho vznětového motoru, uvedeného do provozu roku 1886 a J. B. Dunlopa, který vynalezl nafukovací kaučukovou pneumatiku. Do první světové války byla silniční doprava zcela v rukou soukromých vlastníků [1].

Z dostupných informací vyplývá, že v následujícím období není reálné očekávat zásadní změny vývojových tendencí ve stávající dopravě. Lze ale z historie a vývoje ve 20. století konstatovat, že subjektivní zájmy uživatelů dopravních sítí jsou prioritní před potřebami společnosti. Pokud platí tvrzení, že „*bez poznání minulosti neporozumíš současnosti a nemůžeš plánovat budoucnost*“, zjistíme, že železniční doprava dosáhla v našich podmínkách vrcholu. V současnosti je za perspektivní považovat silniční dopravu, zejména pokud se podaří snížit externality vyvolané touto dopravou [1].

### 1.1.2 Charakter činností v dopravě

Provozní činnosti podniků v dopravě nabízí hned několik způsobů členění. Mezi základní způsob je možné považovat členění na procesy, které jsou [1]:

- **základní** (hlavní činnost, vedlejší činnost, doplňková a přidružená činnost),
- **pomocné** (např. vlastní výroba energie),
- **obslužné** (např. skladování a balení).

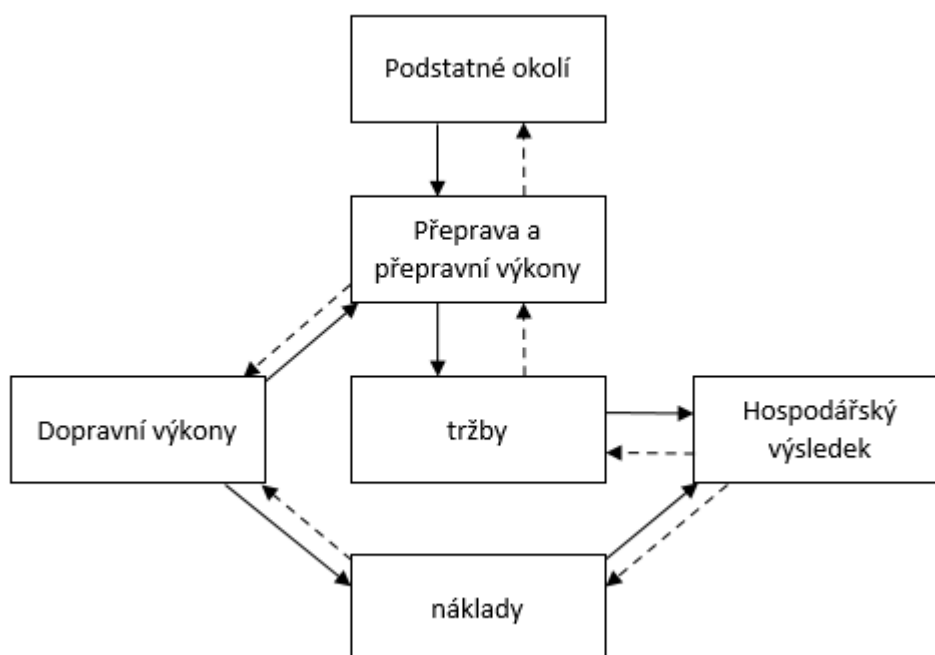
Základní proces obsahuje provozní činnost podniku, který poskytuje službu. Mezi tyto podniky řadíme i dopravní podniky a samotný proces dělíme do následujících bodů [1].

- **Hlavní činnost** – jsou výrobky nebo služby, kterou jsou hlavní náplní podniku.
- **Vedlejší činnost** – je činnost vycházející z hlavní činnosti, ale nemá charakter finálního výrobku či služby.
- **Doplňková činnost** – může být např. likvidace odpadu z hlavní činnosti či poskytování doplňkových služeb.
- **Přidružená činnost** – je činnost, která zpravidla nesouvisí s charakterem předcházejících činností.

V silniční nákladní dopravě je tedy hlavní činností přeprava zboží. Přepravní požadavky je především nutné zajistit dopravními prostředky s dostatečnou kapacitou, odpovídajícím počtem pracovníků a dopravními cestami. Přemísťovací požadavky přepravníků se vyjadřují za pomoci ukazatelů přepravy. Tyto ukazatele je pak nadále nutné převést a vyjádřit soustavou dopravních ukazatelů pro potřeby dopravních prostředků, dopravní kapacity a pracovníků daného podniku. Při takové analýze jakéhokoliv dopravního podniku dospějeme jednoduše k vyhranění jednotlivých subsystémů, kterou jsou pro dopravní činnost rozhodující a liší se jen svou náplní od obecných pravidel podnikové ekonomiky [1].

Provozně ekonomický systém dopravního podniku se z hlediska hlavních činností dělí na následující [1].

- **Přeprava a přepravní výkon** – je vstup požadavků zákazníka a jejich kvantifikace je výsledkem realizace potřeby přemístit zboží.
- **Dopravní proces** – vyjadřuje provedení požadavku na přemístění a je obdobou výrobního procesu u výrobních závodů. Z procesu vyplynou požadavky na zajištění provozu s dostatečnou kapacitou dopravních cest a dopravních prostředků včetně pracovníků a potřebným materiálem, jako jsou například pohonné hmoty či náhradní díly.
- **Náklady** – jsou zrcadlem dopravního procesu a výnosů, které navazují na přepravní požadavky. Porovnáním tržeb z hlavní činnosti podniku z přepravy a nákladů s tím souvisejících zjistíme provozní hospodářský výsledek jehož schéma je na obrázku 1



Obrázek 1 - Schéma ekonomického modelu dopravního modelu [1]

Mezi další činnosti, které se mohou vyskytovat v dopravním podniku, je činnost vedlejší. Ta může být například u dopravní společnosti provozování překladiště nebo skladování zboží. K doplňkovým činnostem lze počítat pronájem prostor, které jsou ve vlastnictví dopravce nebo poskytování doplňkových služeb, jako např. myčka nebo STK pro velké vozy. U dopravních podniků není přidružená výroba příliš typická [1].

V nákladní dopravě jsou hlavní činností dopravců přepravní a provozní procesy. Výklad ukazatelů popisujících přepravní proces je společný pro všechny druhy dopravy. Dopravou označujeme pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách a pokud jsou dopravní prostředky určeny pro dopravu zboží, hovoříme o nákladní dopravě [1].

**Přeprava** je v nákladní dopravě výsledkem činnosti dopravy zboží. Přeprava je pojem vyjadřující, kolik zboží bylo přemístěno, na jakou vzdálenost, za jakou cenu, v jaké lhůtě a za jakých dalších obchodních a právnických podmínek. Na základě toho se stanovují ukazatele popisující uvedené okolnosti.

**Přepravní proces** v nákladní dopravě je soubor činností, které začínají objednáním přepravy, vyplněním patřičných listin, podáním zboží k přepravě a proces končí vydáním zboží příjemci, včetně případných doplňkových služeb. S jednotlivými činnostmi přepravního procesu úzce souvisí i kvalita přemístění, která je dána v nákladní dopravě následujícími ukazateli.

- **Rychlost** – je čas potřebný k přemístění zboží v prostoru, který je dán technologickými a technickými vlastnostmi jednotlivých dopravních prostředků a dopravních cest.
- **Pravidelnost a přesnost** – úspora času je důležitý parametr jak pro přepravce, tak i pro cestující. V přepravě zboží může tato kvalita služeb nahradit skladování na straně odesílatele i příjemce. Z toho plyne menší potřeba zásob materiálu i hotových výrobků na skladě.
- **Bezpečnost** – není chápána jen jako snížení rizika nehody, ale i snížení rizika neporušení zásilek, což je důležitým parametrem pro výběr vhodného dopravce.
- **Dostupnost** – v nákladní dopravě znamená dobu od objednávky dopravního prostředku do doby jeho přistavení k nakládce.
- **Pohodlnost** – v nákladní dopravě pohodlnost znamená jakousi úvahu o použití vlastní dopravy či outsourcingu.
- **Optimalizace** – optimalizace zásob v nákladní dopravě znamená v současné době vznik většího prostoru na přepravním trhu pro mnoho drobných přepravců, protože je dnes obvykle požadováno přemístění menšího množství zboží jako náhrada za skladování většího množství zboží [1].

### 1.1.3 Přepravní výkony v nákladní dopravě

Nákladní silniční doprava se v zásadě dělí na dva základní druhy potřeby [1].

- Silniční nákladní doprava pro vlastní potřebu – zajišťuje podnikatelskou činnost, k níž je osoba provozující silniční dopravu oprávněna podle zvláštních právních předpisů a při níž nedochází ke vzniku závazkového vztahu.
- Silniční nákladní doprava pro cizí potřebu – při ní vzniká mezi provozovatelem silniční dopravy a osobou, jejíž přepravní potřeba má být uspokojena, závazkový vztah, a to i po splnění a ukončení přepravy.

Nároky na nákladní přepravu jsou s nepatrnými výjimkami závislé na struktuře a velikosti produkce hospodářství každého státu. Z hlediska území je celkový objem přepravy mezinárodní a vnitrostátní, který zahrnuje vývoz, dovoz a tranzit uskutečněný v infrastruktuře ČR [1]. Představu o kapacitních možnostech v nákladní přepravě poskytuje následující tabulka 1, která obsahuje informace o bývalém Československu za období 1937–1989.

**Tabulka 1 - Mezioborové srovnání přepravních výkonů nákladní dopravy 1937–1989 [1]**

Rok	železniční	silniční	vodní	sil. závodová	celkem (tis. tun)
1937	70 059	568	1 681	-	72 308
1948	74 432	3 927	927	-	79 286
1950	96 013	11 732	1 336	-	109 081
1960	19 5398	131 562	3 530	-	330 490
1970	237 646	226 011	4 465	296 839	764 961
1980	286 223	337 162	10 457	477 281	1 111 123
1984	299 229	349 979	13 374	906 791	1 569 373
1989	283 014	328 984	13 524	929 134	1 554 656

Pro období 1950–1989 byl charakteristický extenzivní vývoj ekonomiky, pro etapu po roce 1989 jsou typické intenzifikační procesy, které se promítly ve snížení nároku na přepravu na konci hospodářské recese [1].

Pro porovnání obsahuje tabulka 2 nejnovější dosažené hodnoty. Ty jsou známy jen do roku 2019 včetně, protože Ročenka dopravy zpravidla vychází v září následujícího roku, údaje za rok 2020 tak v době dokončení této práce nebyly dostupné.

**Tabulka 2 - Mezioborové srovnání přepravních výkonů nákladní dopravy 2014 – 2019 [2]**

Rok	železniční	silniční	vodní	letecká	ropovod	celkem (tis. tun)
2014	91 564	386 243	1 780	9	12 029	491 625
2015	97 280	438 906	1 853	6	11 040	549 085
2016	98 034	431 889	1 779	6	7 356	539 064
2017	96 516	459 433	1 568	6	13 453	570 976
2018	99 307	479 235	1 374	5	13 839	593 760
2019	98 804	504 099	1 735	4	14 177	618 819

Protože diplomová práce je zaměřena na silniční dopravu, jsou uvedeny i údaje o přepravních výkonech silniční dopravy v podrobnějším členění. Následující tabulka 3 vyobrazuje celkové přepravní výkony ve vnitrostátní silniční nákladní dopravě vykonané vozidly registrovanými v ČR. Výkony za období 2014 – 2019 jsou jednak uvedeny podle toho, zda šlo o dopravu pro vlastní nebo cizí potřeby, jednak jsou rozlišeny podle vzdálenostní kategorie. Z tabulky je evidentní neustále rostoucí trend přepravních výkonů v tkm.

**Tabulka 3 - Vnitrostátní nákladní silniční doprava (vozidla registrovaná v ČR) [2]**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Celkem (mil. tkm)	16 820	21 183	22 304	21 899	23 543	25 012
0 – 50 km	3 550	4 139	4 409	4 728	5 147	5 474
50 – 150 km	5 507	7 711	8 300	7 948	9 013	8 991
150 – 300 km	5 219	6 374	6 701	6 293	6 616	7 279
300 – 500 km	2 437	2 703	2 521	2 629	2 495	2 750
500 km a více	107	255	373	301	271	519
na cizí účet	13 518	16 760	17 440	16 950	18 449	19 433
na vlastní účet	3 302	4 423	4 864	4 949	5 093	5 580

Vzhledem k zaměření práce na uplatnění elektromobility v city logistice, kde náklad má častěji charakter balíků a zásilek, je zařazena i tabulka 4 uvádějící přehled přepravních výkonů vnitrostátní přepravy zásilek a balíků v ČR ve stejném období.

**Tabulka 4 - Vnitrostátní přeprava zásilek a balíků po silnici v České republice [2]**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Celkem (mil. tkm)	16 820	21 183	22 304	21 899	23 543	25 012
Zásilky, balíky (mil. tkm)	428	551	503	452	704	893
Zásilky, balíky (%)	2,545	2,601	2,255	2,064	2,990	3,570

Tabulka ukazuje, že i přes rostoucí trend celkových přepravených tkm nákladu se zásilky a balíky v procentuálním měřítku drží stále v intervalu 2,5 – 3 %.



## 2 Elektromobilita a její charakteristiky

Elektromobilita je dnes považována za velmi perspektivní oblast v rozvoji mobility, distribučních sítí a všeho, co s touto problematikou souvisí. Proto se pod pojmem elektromobilita často myslí celkový směr, kterým by se lidstvo, a především Evropa a Severní Amerika, mělo v budoucnu vydat.

Tato práce je ovšem zaměřena převážně na elektromobily, tedy na dopravní prostředky poháněné elektřinou, které tím spojují šetrnost k životnímu prostředí a ekonomickou výhodnost, což je nezbytným předpokladem pro udržitelný rozvoj. Elektromobil je ve skutečnosti jednodušší na výrobu a údržbu než klasický automobil se spalovacím motorem.

Elektromobilita není v historii lidstva ničím novým. Patří do lidské společnosti už více než sto let. Tramvaje, trolejbusy nebo současné vlaky jsou poháněny elektrickým proudem. V posledním desetiletí se k těmto dopravním prostředkům přidaly také elektromobily, elektrobuses, elektrokola a jiné volnočasové prostředky. Částečně pod tento pojem patří i provoz hybridních vozidel; tedy vozidel, které mají více než jednu pohonnou jednotku, přičemž jedna z nich je elektromotor poháněný baterií. Výhodou těchto vozidel je levný provoz, nízké lokální emise a nízká hlučnost.

### 2.1 Historický vývoj

Elektrický pohon u vozidel se obecně historicky člení na tři fáze [3].

1. **fáze** – První zmínka o elektromobilech sahá až do 19. století. Konkrétně do roku 1835, kdy Holanďan Sibrandus Stratingh s asistentem Christopherem Beckerem navrhli a postavili malý elektromobil.

Až o 50 let později vznikl první automobil se spalovacím motorem. Elektrické pohony měly na přelomu 19. a 20. století v automobilovém průmyslu takové postavení, že nejen v Americe byl počet vozů na elektrický pohon četnější než u vozů se spalovacím motorem. Důvodem byla hlavně velmi jednoduchá obsluha. Vozy nebylo nutné startovat klikou a také měly přibližně stejný dojezd, nízkou hlučnost a téměř stejnou pořizovací cenu, jako vozidla se spalovacím motorem. To vedlo v USA k vyrobení více než 35 000 elektrovozidel do roku 1915.

Taktéž první automobil, který pokořil hranici rychlosti 100 km/h, byl elektromobil „La Jamais Contente“ na obrázku 2, který postavil Belgičan Jenatzy.

V této době měl nemalý vliv na automobilovou elektrifikaci český vynálezce

Ing. František Křižík. Podle neověřených informací měl údajně Ing. Křižík postavit 3 až 4 automobily, ve kterých před koncem 19. století jezdil po Praze [3], [4].



Obrázek 2 - Elektromobil La Jamais Contente z roku 1889 [5]

Ing. Křižík postavil v roce 1895 svůj první elektromobil poháněný stejnosměrným elektromotorem o výkonu 3,6 kW. O několik let později postavil Ing. Křižík svůj druhý automobil, opatřený již dvěma elektromotory o výkonu 2,2 kW, z nichž každý poháněl jedno zadní kolo. Toto provedení bylo v té době často používáno, mimo jiné z důvodu nahrazení diferenciálu [5], [6].

Rozmach tehdy prosperujícího období elektromobilů na dlouhá desetiletí přerušil sled několika událostí. První událostí byl objev ropy. To vedlo fakticky ke snížení cen benzínu. Druhou událostí bylo zkonstruování spouštěče, které vedlo k výraznému zjednodušení startu spalovacího motoru. A třetím důvodem byl úspěšný start pásové výroby modelu „T“ firmy Ford, jež vedla ke snížení ceny vozidla se spalovacím motorem na 600 dolarů, přičemž odpovídající elektromobil stál v tu dobu přibližně 2000 dolarů [4], [3].

2. **fáze** – Při vzniku velkých strojírenských podniků jako například ČKD, Tatra, Škoda, došlo ve vnitropodnikové dopravě těchto podniků k jistému rozšíření elektrických vozidel. Jednalo se o vozidla napájená akumulátorem, určená pro přepravu materiálu v areálu podniku. K nabíjení docházelo v nočních hodinách, kdy byla vytíženost těchto vozidel nulová nebo velmi nízká [3].
3. **fáze** – Tato zatím poslední fáze nastala kolem roku 2000. Tu vyvolala především snaha zlepšit životní prostředí vzhledem k narůstajícím emisním škodlivinám v ovzduší, produkovaným spalovacími motory. Hlavně z tohoto důvodu se elektromobilitě dostává v mnoha zemích velké podpory. Mezi nejdiskutovanější témata patří míra standardizace, daňové úlevy a tvorba infrastruktury. Díky této podpoře je pokrok

v oblasti elektromobility značný a už dnes osobní vozy mají reálný dojezd kolem 400 km na jedno nabití, které za specifických podmínek může trvat pouhých 30 minut [3], [7].

## **2.2 Elektromobily**

Elektromobil je vozidlo, které plně využívá pro svůj pohyb jeden nebo více elektromotorů, jenž napájí elektrická energie uložená v akumulátorech. Dnes se vývojem nebo výrobou těchto vozidel zabývá téměř každá automobilka.

Avšak původně se jednalo o pouhé malosériové přestavby sériových automobilů se spalovacím motorem. Zcela jiná jednodušší koncepce pohonné jednotky a ukládání energie dovedla nakonec výrobce k vývoji zcela nových platform, určených pouze pro elektrovozidla. Mezi hlavní nedostatky elektromobilů můžeme zařadit nízkou kapacitu akumulátorů, které značně limitují dojezd oproti vozidlům se spalovacím motorem a rychlost dobíjení akumulátorů. V následujících kapitolách podrobněji rozeberu dnes nejpoužívanější motory, akumulátory v automobilovém průmyslu a způsoby nabíjení těchto vozidel.

### **2.2.1 Elektromotory**

Elektromobily jsou po stránce hnacího ústrojí v mnohém podobné vozidlům se spalovacím motorem. Hnací ústrojí obsahuje stejně motor, hnací hřídel, diferenciál s rozvodovkou a v některých případech i převodovkou. Nejčastěji se používá koncept centrálně umístěného elektromotoru na přední či zadní nápravě. Jako další z možných alternativ jsou tandemové hnací systémy se dvěma elektromotory a pohony kol umístěnými přímo v kolech automobilu [7].

U trakčních elektromotorů, které se nejčastěji používají v automobilové průmyslu, je velký důraz kladen na spolehlivost konstrukce a velký rozsah otáček s dostatečným výkonem pro provoz dopravního prostředků. Za velmi důležité se považuje i kompaktní stavba, vysoká účinnost při malé hmotnosti, krátkodobá přetížitelnost, nízká hladina hluku, a to vše při konkurenceschopné výrobní ceně [3]. V tabulce 5 jsou porovnány nejrozšířenější trakční elektromotory podle vlastností, kde nejlepší splněná vlastnost má ohodnocení číslem 10.

Tabulka 5 - Porovnání koncepcí trakčních elektromotorů [5]

motor	cena	účinnost	hmotnost	přetížitelnost	spolehlivost	stav vývoje
stejnoseměrný	10	7	6	10	7	10
asynchronní	8	8	6	10	9	9
synchronní	8	10	7	10	9	8
transversální	7	10	8	10	10	7
řízený reluktanční	9	6	7	10	9	5
stejnoseměrný bez kartáčů	8	10	10	9	10	8

Dnes se pro elektromobily používají výhradně motory bezkomutátorové, protože samotný komutátor je zdrojem poruch a vyžaduje pravidelnou údržbu. Bezkomutátorové motory zpravidla dělíme na synchronní a asynchronní, jež se liší hlavně samotnou konstrukcí rotoru a v tabulce 5 jsou zvýrazněny zelenou barvou.

### 2.2.1.1 Asynchronní motor

Dříve používané stejnosměrné motory jsou dnes u elektrovozidel nahrazeny motory střídavými. Oblibu si mezi výrobci automobilů zasloužily svou jednoduchou konstrukcí, a tím i vysokou spolehlivostí. Podstatná výhoda třífázových asynchronních motorů je dána absencí kotvy a kolektoru. Konstrukce rotoru u asynchronních motorů se zhotovuje v provedení kroužkového rotoru nebo klecového rotoru [5].

Motory pracují ve třech různých režimech práce [8].

- Motor – V tomto režimu motor pracuje nejčastěji. A to v případě, kdy se otáčky nacházejí v oblasti od nuly do synchronních otáček.
- Generátor – V režimu generátor se mechanicky roztáčí hřídel, a tím pádem celý rotor. Platí to jen v případech, kdy rotor má vyšší otáčky, než jsou otáčky synchronní.
- Brzda – V případě brzděného rotoru má napětí na něm frekvenci stejnou, jaká je frekvence napájecí sítě.

Asynchronní motor se také někdy nazývá indukční motor, protože v motoru probíhá tok energie mezi státorem a rotorem pomocí elektromagnetické indukce [4]. Oproti stejnosměrným motorům je při stejném výkonu asynchronní motor v základu lehčí a menší. Proto tyto motory dosahují výkonové hmotnosti okolo 1 kg/kW. Navíc se asynchronní motory vyznačují jednodušší a robustnější konstrukcí, jsou bezúdržbové a silně přetížitelné. Tato silná přetížitelnost třífázových asynchronních motorů umožňuje dosáhnout otáček až 20 000 ot.min<sup>-1</sup>. Při takto vysokých otáčkách se motor silně zahřívá a je nutné konstrukčně vyřešit dostatečné chlazení [7].

### 2.2.1.2 Synchronní motor

Synchronní motory našly širší uplatnění až po aplikaci permanentních magnetů ze speciálních slitin vzácných zemin. Pro tyto motory se také někdy používá označení PMSM [4].

Konstrukce synchronních motorů se skládá ze statoru a rotoru. Stator synchronního motoru má tvar dutého válce a je tvořen elektrotechnickými plechy naskládanými na sebe. Má tedy podobnou konstrukci jako motor asynchronní. Permanentní magnety jsou nejčastěji slitinou SmCo (Samarium-Kobalt) nebo NbFeB (Neodym-Železo-Bor), protože ve srovnání s běžně používaným feritem je magnetická indukce u těchto slitin až trojnásobná [3], [4].

Při vývoji synchronních motorů je kladen velký důraz na správný poměr délky a jeho průměru. Tento poměr ovlivňuje účinnost motoru, ta se obvykle pohybuje okolo 90 %. Kratší motor s větším průměrem se obvykle volí, pokud je dán limit na počet segmentů permanentních magnetů [4].

#### Výhody:

- menší objem, hmotnost a moment setrvačnosti,
- vlivem menšího objemu možnost pohonu bez převodovky,
- velká momentová přetížitelnost,
- vyšší účinnost [4].

#### Nevýhody:

- vyšší cena,
- složitější konstrukce a technologie výroby a oprav,
- nemožnost stroj odbudít (při zkratu pracuje jako generátor),
- vznik ztrát vířivými proudy při výběhu vlivem nemožnosti odbuzení [4].

### 2.2.2 Akumulátory

Akumulátory jsou technická zařízení pro opakované ukládání energie, obvykle elektrické. A aby ji bylo možné použít jako zdroj, je potřeba akumulátor nejdříve nabít. V automobilovém průmyslu si vydobily dominantní postavení akumulátory elektrochemické, avšak dnes se již vyvíjí akumulátory s pevným elektrolytem, a ty by měly v krátké budoucnosti nahradit dnes používané elektrochemické.

U akumulátorů jsou především důležité následující parametry [7].

- **Měrná energie [Wh/kg]** – Pro potřeby automobilového průmyslu, vykazují současné akumulátory nízkých hodnot této veličiny. Proto je potřeba využívat akumulátory s nejvyšší hodnotou měrné energie. Požadovaná hmotnost akumulátorů se získá z potřebného množství energie na dojezd automobilu.

- **Měrný výkon [W/kg]** – Měrný výkonu akumulátorů je totožný s měrným výkonem spalovacích motorů. Má přímý vliv na maximální rychlost a zrychlení vozu.
- **Životnost** – Závisí na způsobu vybíjení a dobíjení, údržbě apod. Výrazně ovlivňuje počet kilometrů, které je možné na jedno nabití najet.
- **Cena** – Jeden z nejdůležitějších parametrů u elektrovozidel. Cena akumulátorů značně ovlivňuje cenu vozidel, avšak je úzce spjata s ostatními parametry.
- **Nabíjecí doba** – Obvykle trvá několik hodin, ale je ovlivněna druhem baterie. Nabíjení lze zkrátit metodou Minit Charger, která spočívá v nabíjení akumulátoru vysokým proudem v krátkých pulsech. Vysokým proudem se akumulátor nabíjí jen do 80 % kapacity a poté napětí klesá pro nabití zbylých 20 %.
- **Údržba** – Životnost akumulátorů výrazně značně prodlužuje správná a pravidelná údržba.
- **Recyklace** – Nutný proces na konci životnosti akumulátorů, které obsahují mnoho látek škodících životnímu prostředí.

Porovnání prvních čtyř parametrů je uvedeno v tabulce 6. Zbylé parametry nelze jednoduše a přesně vyčíslit, proto jsou vynechány. Taktéž v tabulce 6 jsou zeleně zvýrazněny dva akumulátory, které jsou níže podrobněji popsány, poněvadž se jedná o jeden z nejrozšířenějších akumulátorů v automobilovém průmyslu a jeho pravděpodobného nástupce podle odborné veřejnosti.

Tabulka 6 - Přehled údajů jednotlivých typů baterií [5], [9]

typ baterie	hustota energie		výkonová hustota		životnost		cena
	Wh/kg	Wh/l	W/kg	W/l	cyklů	let	Eur/kWh
olovo	30-50	70-120	150-400	350-1000	50-1000	3-5	100-150
nikl-kadmium	40-60	80-130	80-175	180-350	>2000	3-10	225-350
nikl-metalhydrid	60-80	150-200	200-300	400-500	500-1000	5-10	225-300
sodík-niklchlorid	85-100	150-175	155	255	800-1000	5-10	225-300
lithium-iontová	90-120	160-200	300	300	1000	5-10	275
solid-state battery	250	600	-	-	1000	-	-
lithium-polymer	150	220	300	450	>1000	-	<225
zinek-vzduch	100-220	120-250	100	120	-	-	60
cílové hodnoty	80-200	135-300	75-200	250-600	600-1000	5-10	90-135

### 2.2.2.1 Akumulátor lithium-iontový (Li-Ion)

Lithium-iontové akumulátory jsou elektrochemické nabíjecí akumulátory. V tomto typu se lithium-ionty pohybují mezi anodou a katodou. Díky své vysoké hustotě energie vůči svému objemu je vhodná pro použití u dopravních prostředků. K výbornému poměru energie/hmotnost netrpí akumulátor paměťovým efektem a pomalým samovybíjením [4].

Mezi negativní vlastnosti lze zařadit zkrat nebo explozi při špatném používání akumulátoru. Z Li-Ion akumulátorů není možné získat na rozdíl od NiCd (Nikl-kadmiový) a NiMH (Nikl-metal) akumulátorů vysoký proud z důvodu vyššího vnitřního odporu. Z tohoto důvodu mohou v případě přehřátí zkratovat nebo v krajním případě i explodovat. Další nevýhodou těchto akumulátorů je poměrně rychlá ztráta kapacity, které je udávána kolem 20 % za rok při teplotě okolí kolem 20 °C. Při teplotě 4 °C je roční ztráta kapacity jen pouhé 4 % [4].

#### **Výhody:**

- málo toxické,
- velmi vysoká hustota energie (120 Wh/kg),
- možnost tvarovat baterii dle svých požadavků,
- absence paměťového efektu,
- nízké samovybití,
- vysoké nominální napětí,
- dobíjecí účinnost (80-90 %).

#### **Nevýhody:**

- reálná životnost 5 let, snížení kapacity o 20 % / rok při 20 °C,
- při zkratování a přebíjení je baterie explozivní,
- těžké oživení akumulátoru při úplné ztrátě energie.

#### **2.2.2.2 Polovodičové baterie (solid-state battery)**

Dnešní nejmodernější baterie založené na lithium-iontové technologii byly vyvinuty před téměř 25 lety, ale i přes tuto vyzrállost jsou poměrně těžké a mají tendenci k explozi [10]. Většina dnešních lithium-iontových baterií, které napájí téměř vše od automobilů po telefony, používají kapalný elektrolyt mezi anodou a katodou.

Kapalný elektrolyt je hlavní příčina tvorby dendritů, tedy krátkých a tenkých výběžků lithiového kovu, která vznikají na povrchu jedné z elektrod a pokud se odstanou až k druhé elektrodě, vytvoří zkrat, který způsobuje právě hořlavost a explozivnost těchto akumulátorů. Vývoj se tedy ubírá k polovodičovým akumulátorům s pevným elektrolytem, který je vyroben z keramiky nebo skla a eliminuje tak problémy hořlavosti, poněvadž zamezí růstu dendritů a následnému spojení elektrod [11].

Největší naděje se dnes upíná k elektrolytu ze skla. Vykazuje nejpřesvědčivější výsledky a lze u něj použít anody z alkalických kovů (lithium, sodík nebo draslík), které zvyšují hustotu energie katody a zajišťují dlouhou životnost. V laboratorních podmínkách bylo dosaženo více než 1 200 nabíjecích cyklů s velmi malou buněčnou resistencí. Navíc elektrolyt z pevného skla

má vysokou vodivost a umožňuje akumulátorům pracovat i při velmi nízkých teplotách kolem  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  [12].

Výhody a nevýhody v porovnání s Li-Ion akumulátory [10]:

**Výhody:**

- vyšší skladování energie,
- nižší hmotnost,
- nehořlavost,
- snášenlivost vysokých teplot.

**Nevýhody:**

- nová nevyzkoušená technologie,
- vyšší náklady.

V rámci Evropské unie byl 1. ledna 2020 spuštěn mezinárodní projekt SOLiDIFY, který se zaměřuje na baterie s pevným elektrolytem pro elektromobily. Tento projekt je vypsán na 4 roky a je financován z prostředků EU ve výši 7,8 mil eur, přičemž je do něj zapojeno třináct vědeckých a průmyslových institucí z šesti členských států. Například německý automobilový koncern Volkswagen hledá vlastní řešení a společně s partnerem QuantumScape hodlá spustit v roce 2023 zkušební výrobu vlastních polovodičových akumulátorů za účelem nižších nákladů na výrobu a prodloužení dojezdu. [14].

Mnozí vnímají technologii akumulátorů s pevným elektrolytem jako milník pro spuštění skutečné „e-revoluce“. Hlavním cílem projektu je vyvinout prototyp akumulátoru dosahujícího energetické hustoty  $1200\text{ Wh/l}$ , resp.  $400\text{ Wh/kg}$  se schopností nabití akumulátoru za 20 minut. V rámci vývoje bude zohledněn i vliv na životní prostředí, recyklovatelnost a náklady na výrobu [13].

### **2.2.3 Dobíjení**

Celkově dobíjení nejen elektrovozidel, ale i elektroskútrů a elektrokol je v podstatě jednodušší než tankování pohonných hmot do dopravních prostředků se spalovacím motorem. Dobíjecí stanice nejsou tolik svázány bezpečnostními předpisy a lze je instalovat výrazně svobodněji. Proto už dnes jsou často instalovány u obchodů, hotelů, restaurací nebo na parkovištích. Není ani výjimkou instalace dobíjecí stanice, tzv. wallboxu, doma.

Dobíjecí stanice se v základu dělí na stanice se střídavým a se stejnosměrným proudem. Často se lze také setkat v souvislosti s nabíjením se zkratkami AC a DC.



Rozdíl mezi dobíjecími stanicemi AC a DC je relativně jednoduchý [16].

- Střídavý proud (AC) pro nabíjecí stanice do 22 kW/32 A.
- Stejnoseměrný proud (DC) pro nabíjecí stanice nad 22 kW/32 A.

V elektrické přenosové soustavě je přenášen střídavý proud, a to až do běžné zásuvky o 230 V na frekvenci 50 Hz. Avšak většina dnešní elektroniky je postavena na integrovaných obvodech a bateriích, ty potřebují pro svou činnost proud stejnosměrný. Proto i například elektromobily nemůžeme nabíjet rovnou z elektrické zásuvky, ale potřebujeme nabíječku s napájecím zdrojem, který mění AC střídavý proud z elektrické sítě na proud DC stejnosměrný, který je následně ukládán do akumulátorů [15].

### **2.2.3.1 AC nabíjení**

U nabíjení střídavým proudem je rychlost nabíjení závislá na výkonové zatížitelnosti zásuvky nebo nabíjecí stanice a výkonu palubní jednotky ve vozidle, avšak hlavním omezujícím kritériem je maximální nabíjecí výkon 22 kW. Nabíjecí stanice po celou dobu nabíjení komunikují s řídicím systémem vozidla z důvodu zajištění maximální bezpečnosti pro vozidlo a obsluhu [15].

Při zamýšleném nabíjení pomocí střídavého proudu je klíčovým parametrem při koupi elektromobilu výkon instalované palubní nabíječky. Ta je při AC nabíjení limitujícím faktorem rychlosti nabíjení. Pokud je například elektromobil vybaven palubní nabíječkou o výkonu 3,7 kW, je zcela bezvýznamné, jak výkonná je veřejná nabíjecí stanice, protože palubní nabíječka nepustí do akumulátorů více než 3,7 kWh.






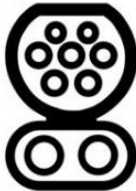
### **2.2.3.2 DC nabíjení**

Nabíjení pomocí stejnosměrného proudu je taktéž známo jako rychlonabíjení. K tomuto způsobu slouží DC nabíjecí stanice, které mění střídavý proud z přenosové soustavy na proud stejnosměrný, a ten je následně distribuován do akumulátorů. Při tomto způsobu je vynechána z procesu nabíjení často slabá palubní nabíječka, a to umožňuje podstatně rychlejší nabíjení akumulátorů [15].

Takové stanice jsou méně rozšířené než pomalé AC stanice, protože jsou podstatně složitější, dražší a z důvodu jejich nabíjecího výkonu vyžadují i dostatečně kapacitně výkonné odběrné místo. Nejrychlejší dnešní DC stanice jsou spíše příprava na budoucnost, protože jejich maximální nabíjecí výkon až 350 kW nejsou žádné z dnes prodávaných vozů schopné pojmout [15].

### 2.2.3.3 Konektory

Zatímco u tankování pohonných hmot pro spalovací motory jsme zvyklí na totožné tankovací pistole, lišící se jen nepatrně průměrem ústí tankovací pistole po celém světě, u elektromobility je situace poněkud odlišná. Používaných konektorů v elektromobilech je celá řada (obrázek 3) a celosvětově není v dohledu jednotná shoda výrobců automobilů na používání jednoho typu konektoru. Typ konektoru se tak stává jedním z dalších důležitých parametrů při výběru vozidla, protože počty podporovaných konektorů u veřejných dobíjecích stanic nejsou rovnoměrné.

Střídavý proud AC	Stejnoseměrný proud DC	Kombinovaný (CSS)
Typ 1 Yazaki (Japonsko/USA) 	CHAdeMO (Japonsko/USA) 	Typ 1 CSS (Japonsko/USA) 
Typ 2 Mennekes (Evropa) 	Tesla Supercharger (Japonsko/USA) 	Typ 2 CSS (Evropa) 

Obrázek 3 - Přehled používaných dobíjecích konektorů pro elektromobily [17]

V České republice jsou tři nejpoužívanější konektory Typ 2 "Mennekes", CHAdeMO a CCS Combo II [17], [18].

- **Typ 2 (Mennekes)** – Typ konektoru používaný u vozidel vyrobených či určených pro evropský trh. Konektor lze použít pro jednofázové i třífázové nabíjení střídavým proudem (AC). Další výhodou je spojení zásuvky typu 2 a zásuvky pro rychlé nabíjení stejnosměrným proudem (DC), které dohromady tvoří kombinovaný konektor CCS
- **CHAdeMO** – Jedná se o standard vyvinutý v Japonsku a je používán pro rychlonabíjení stejnosměrným proudem (DC). Do svých vozidel ho výhradně montují Japonští výrobci Nissan, Mitsubishi, Subaru a Toyota.
- **CCS Combo II** – Název je zkratkou pro Combo Charging System II. Jedná se o kombinovaný konektor pro rychlonabíjení stejnosměrným proudem (DC) až do nabíjecího výkonu 350 kW. Konektor se pomalu stává evropským standardem, má totiž podporu automobilek nebo koncernů a kladně se k tomuto standardu staví i EU.

## 2.3 Současná situace

Elektromobilita dnes patří mezi odvětví dopravy, které se v posledních letech dynamicky rozvíjí. Její globální rozvoj charakterizuje pět faktorů [19].

- **Regulace emisí CO<sub>2</sub>** – Regulace emisí je z pohledu EU jedním z klíčových parametrů a je i předmětem mezinárodních dohod (Kjótský protokol).
- **Zlepšování kvality ovzduší** – Zejména ve městech se postupem urbanizace, kdy celosvětově stále více obyvatel žije ve městech nebo městských aglomeracích, se problematika lokálních emisí a hladiny hluku stává jednou z politických priorit.
- **Bezpečnost dodávek ropy** – Za nejvýznamnější geopolitickou výzvu a cíl EU je snížení závislosti na dodávkách ropy, zejména z politicky nestabilních regionů.
- **Přístup zákazníků** – Nejen průzkumy, ale i reálné pozorování ukazují, že ke změně vnímání elektromobility dochází i na straně zákazníků. V posledních letech je znatelný zájem mezi obyvateli o řešení a produkty s nižším dopadem na životní prostředí, přičemž motivací nejsou jen regulatorní omezení nebo rostoucí ceny ropy.
- **Přípravenost dodavatelů** – Téměř všichni automobiloví výrobci či koncerny jsou dnes v oblasti elektromobility aktivní a jsou připraveni na rostoucí poptávku zareagovat. Technologickému pokroku se postupně daří dosáhnout akceptovatelné dojezdové vzdálenosti elektromobilu na jedno nabití.

Rozvoj elektromobility je v ČR stále v počátcích. Mezi hlavní důvody, bránící výraznějšímu rozšíření, patří níže vyjmenované [19].

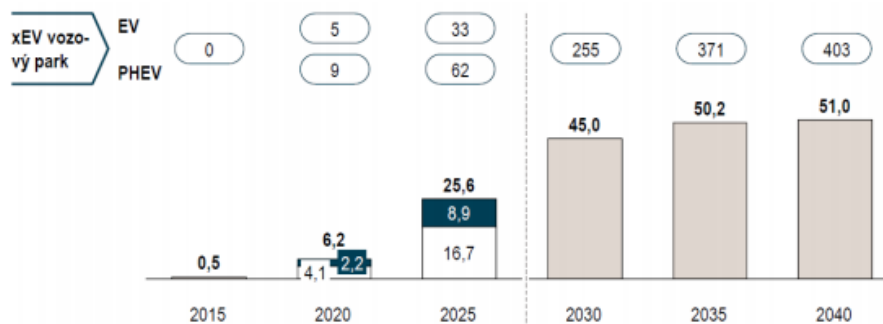
- Cena elektromobilu je výrazně vyšší ve srovnání s vozidly s konvenčními pohony. Vývoj baterií do budoucna slibuje odklon od drahých kovů, a tím snížení ceny baterií, tedy i elektromobilů.
- Absence regulačních opatření. Elektromobilita jako forma čisté mobility nebyla v ČR dosud předmětem podpory, výjimku tvoří pouze spotřební daň.
- Ekonomické důvody. Protože elektromobilita ještě není zcela komerční, vlády hledají optimální způsoby regulace a automobiloví výrobci investují finanční prostředky do tohoto segmentu jen velmi opatrně.
- Omezená nabídka modelů vozidel různých segmentů v širokém prodeji.
- Malá hustota dobíjecí infrastruktury, zejména rychlodobíjecích stanic na hlavních tazích a v místech krátkodobého parkování v městských oblastech.

- Předsudky a nedůvěra zákazníků k novým technologiím, které boří zaběhnuté zvyklosti a standardy.
- Stále poměrně nízká citlivost na ekologická témata, zejména snižování CO<sub>2</sub>.

Těchto sedm důvodů je považováno za hlavní příčiny nízkého prodeje vozidel na elektrický pohon v ČR, byť je v posledních letech patrný výrazný rostoucí trend. Například v roce 2020 se prodalo v ČR 2 866 osobních vozidel na čistě elektrický pohon (podíl 1,41 %) a 44 lehkých užitkových vozidel (podíl 0,26 %) [20].

Základní předpoklad rozvoje elektromobility vychází ze současné situace a jejího rozvoje, kdy zatím nedošlo ke komercializaci a ani není předmětem výrazné pozitivní regulace ze strany státu. Nekoordinovaně se zatím realizují ojedinělé projekty energetických společností a výrobců automobilů. Zájem běžných zákazníků o pořízení elektromobilu, jako běžné alternativy spalovacích motorů, je zatím také poměrně nízký.

Na základě scénářů rozvoje elektromobility a prozatímních prodejních čísel se očekává postupný nárůst prodejů vozidel na elektrický pohon s větším podílem PHEV, oproti vozidlům s čistě elektrickým pohonem. Potvrzuje se také, že rozvoj elektromobility bude v ČR oproti zemím západní Evropy o několik let opožděn. Obrázek 4 znázorňuje očekávaný scénář rozvoje elektromobility v ČR [19].



Obrázek 4 - Očekávaný scénář rozvoje elektromobility v ČR, tisíce ks vozidel [19]

### 2.3.1 Legislativa EU

Podporu, cíle a normy v oblasti elektromobility řeší i legislativní rámce EU. Mezi klíčové dokumenty legislativního rámce EU lze zařadit Směrnici EP a Rady 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva, stanovující minimální požadavky na vytvoření infrastruktury pro alternativní paliva a společné technické specifikace pro dobíjecí stanice.

Jedním z cílů Směrnice 2014/94/EU je začlenit její obsah do právních úprav členských států, tedy i do právní úpravy ČR a zajistit tak vypracování vnitrostátního rámce politiky ČR pro rozvoj trhu alternativních paliv v odvětví dopravy a zavádění infrastruktury. Legislativní dopady

směrnice si vyžádají změnu několika právních předpisů ČR. Jedná se především o požadavky směrnice ve vztahu k veřejným dobíjecím stanicím. V případě dobíjecích stanic musí členské státy zajistit, aby [19]:

- provozovatelé veřejných dobíjecích stanic mohli volně nakupovat elektřinu od jakéhokoliv dodavatele elektrické energie z EU,
- všechny veřejné dobíjecí stanice poskytovaly možnost dobíjení ad hoc (dobíjení i v situaci, kdy dotyčný elektromobilista nemá s dotyčným provozovatelem dobíjecí stanice nebo dodavatelem elektřiny uzavřenou žádnou smlouvu),
- ceny účtované provozovatelem dobíjecí stanice veřejnosti byly snadno a jasně porovnatelné s konkurencí, transparentní a nediskriminační,
- provozovatelé distribučních soustav spolupracovali na nediskriminačním základě se všemi osobami, které zřizují nebo provozují veřejné dobíjecí stanice,
- právní rámec umožňoval uzavřít smlouvu na dodávky elektrické energie pro dobíjecí stanici s jiným dodavatelem, než je dodavatel elektrické energie pro domácnost nebo firmu, kde je dobíjecí stanice umístěna.

Dále je provozovatel dobíjecí stanice nucen dodržovat požadavky na bezpečnost provozu a zároveň se při prodeji elektřiny řídit energetickým zákonem a další legislativou, spojenou s distribucí a prodejem elektřiny.

Důležitým východiskem Národního akčního plánu čisté mobility je legislativa EU v oblasti emisních norem CO<sub>2</sub> pro osobní a lehká užitková vozidla, která do značné míry determinuje budoucí výrobní politiku všech evropských výrobců automobilů. Do roku 2020 mají výrobci za povinnost snížit limity produkovaného CO<sub>2</sub> na úroveň 95 g/km u osobní vozidel a 147 g/km u lehkých užitkových vozidel.

Příčemž za překročení těchto limitů hrozí automobilkám vysoké až likvidační pokuty. Z těchto nařízení vyplývá výrazná motivace pro výrobce automobilů zařazovat od roku 2020 do svého portfolia vozy s nízkými nebo ultranízkými emisemi. Jedná se o systém superkreditů, který umožňuje výrobcům vozidel snížit výpočet průměrných emisí u nových vozidel [19].

Tyto limity nejsou v EU žádnou novinkou, jelikož je množství znečišťujících látek regulováno již delší dobu zavedeným systémem emisních norem EURO. Jedná se o Nařízení EP a rady č. 715/2007, o schvalování typu motorových vozidel z hlediska emisí z osobních vozidel a lehkých užitkových vozidel (Euro 5 a Euro 6) [21].

Dalším důležitým dokumentem je Směrnice EP a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, který má za stanovený cíl nahradit nejméně 10% energie v dopravě energií z obnovitelných zdrojů do roku 2020 [22].

V určité míře se čisté mobility dotýká také směrnice 2000/53/ES o vozidlech s ukončenou životností, která si klade za cíl omezit vznik odpadu z vozidel a posílit opětovné využití a recyklaci po ukončení životnosti vozidla a jeho součástí. V oblasti elektromobility mezi nejpálčivější součástky z pohledu ekologické recyklace, popřípadě likvidace, patří akumulátory [23].

## **2.4 Elektromobilita ve vybraných segmentech trhu**

Silniční doprava patří ze všech druhů dopravy pro svou pružnost a včasnost právem mezi nejrozšířenější. Jedná se o druh dopravy, využívaný pro všechny vzdálenostní alternativy od krátkých tratí po dlouhé. Hlavním benefitem, určujícím oblíbenost silniční dopravy, je možnost dodat zboží prakticky kamkoliv z důvodu rozvinuté silniční sítě téměř na celém světě. Právem tak silniční doprava nabízí nejširší pokrytí trhu ve srovnání s ostatními druhy. Všechna vozidla provozovaná na pozemních komunikacích jsou rozdělena do jednotlivých kategorií dle technických charakteristik. Nákladní vozidla jsou podle zákona č. 56/2001 Sb. zařazena do kategorie N. Jedná se o vozidla určená k přepravě nákladu a mají nejméně čtyři kola. Kategorii N se dělí na tři podkategorie podle nejvyšší povolené přípustné hmotnosti vozidla na [24]:

- N1 – vozidla, jejichž nejvyšší přípustná hmotnost nepřevyšuje 3 500 kg
- N2 – vozidla, jejichž nejvyšší přípustná hmotnost převyšuje 3 500 kg, ale nepřevyšuje 12 000 kg
- N3 – vozidla, jejichž nejvyšší přípustná hmotnost převyšuje 12 000 kg.

Dále lze provozování nákladních vozidel dělit dle způsobu užívání, respektive v jakých přepravních a provozních podmínkách bude využíváno. V tomto směru lze uvést dvě základní kategorie [25]:

**Extravilán** – Vozidla v tomto druhu provozu jsou provozována převážně mimo zastavěné území a pohybují se převážně po dálnicích nebo silnicích vyšších tříd.

**Intravilán** – Jedná se o zastavěné územní celky – vozidla v tomto druhu provozu jsou provozována převážně ve městech a obcích a jejich technické vlastnosti této skutečnosti musí odpovídat.

**Tabulka 7 - Vztah kategorie nákladních vozidel s jejich využitím [autor]**

	Městská	Státní	Mezinárodní
	Krátké	Střední	Dlouhé
<b>Kategorie N1</b>	O	O	X
<b>Kategorie N2</b>	O	O	O
<b>Kategorie N3</b>	X	O	O

Vozy kategorie N1 jsou lehké užitkové vozy, také nazývané dodávkové automobily, jejichž nejvyšší přípustná hmotnost nesmí přesáhnout 3 500 kg. Využívány jsou zpravidla pro přepravu zboží, zásilek nebo menšího množství materiálu na kratší vzdálenosti obvykle v městském prostředí.

V této kategorii nákladních vozidel jsou výrobci s elektrifikací nejúspěšnější, poněvadž na trhu je v prodeji již několik vozidel. Výběr těch nejzajímavějších a nejpodobnějších, po technické stránce běžných lehkých užitkových vozů, je podrobněji popsán v kapitole 4.2. Tato vozidla mají přibližný dojezd 150 km s možností dobítí baterie za 30 – 45 minut při využití rychlého stejnosměrného dobíjení.

Kategorie N2 jsou nákladní vozidla pro přepravu běžných nákladů. Maximální přípustná hmotnost musí být vyšší než 3,5 tuny a zároveň nižší než 12 tun. V této kategorii je poměrně velká variabilita, co se týče nástaveb. Rozšířené jsou skříňové, izotermické, mrazírenské, ale v nemalém množství známe i valníky a sklápěčky. Tento druh vozidla je ve velké míře provozován na regionální nebo národní úrovni, tedy z pohledu silniční dopravy na středně dlouhých tratích, v případě přítomnosti spací kabiny i v mezinárodní dopravě.

Velcí výrobci jako například MAN, Volvo, Mercedes se i v této kategorii zabývají elektrifikací. Nejedná se o zcela nová vozidla, ale stejně jako v kategorii N1 se jedná pouze o přestavby již ověřených vozidel se spalovacím pohonem. Tato vozidla ovšem mají velmi nízký dojezd

na jedno nabití, a to kolem 200 km a je tedy zřejmé, že mají využití jen ve velmi úzké a specifické části trhu.

Kategorie nákladních vozidel N3 je využívána převážně pro přepravu většího množství nákladu na dlouhé vzdálenosti, obvykle v mezinárodní dopravě. Maximální přípustná hmotnost musí být vyšší než 12 tun, ale tato hodnota se ještě dále specifikuje dle počtu náprav na daném vozidle. Tahače na elektrický pohon jsou dnes ve vývoji a jejich komerční prodej by měl začít v následujících letech. Společnost MAN vyvíjí nákladní vozidlo kategorie N3 s názvem City Truck, který má disponovat maximální přípustnou hmotností 18 tun a dojezdem pouze od 50 do 150 km [26]. Jistou nadějí lze vkládat do konceptu nákladního vozidla Semi Truck americké společnosti Tesla. Podle raných informací je toto vozidlo vyvíjeno pro dojezd 483 – 805 km při maximálním zatížení s dobou dobíjení 30 minut, pokud to samozřejmě umožní dobíjecí stanice [27].

Využití elektromobility v silniční nákladní dopravě tedy můžeme posoudit dle dvou základních parametrů, jak vyobrazuje tabulka 7, na základě dostupnosti elektrických vozidel v daných kategoriích a jejich dojezd na jedno nabití oproti očekávaným nebo vyžadovaným dopravním výkonům. Pokud posoudíme množství, parametry a dostupnost vozidel kategorií N na elektrický pohon a porovnáme je s nároky provozovatelů na tato vozidla, tak v současné době se jeví jako jediná smysluplná možnost na širší provozování kategorie vozidel N1.



### 3 Dobíjecí infrastruktura

Jeden z důležitých faktorů, ovlivňujících rozšíření elektromobility, je dostupnost dobíjecí infrastruktury, tedy hlavně počet dobíjecích stanic. Ta se v posledních letech mění. Např. na konci roku 2020 bylo na území ČR v provozu 700 veřejných dobíjecích stanic od různých provozovatelů. Největší zastoupení mají samozřejmě nejvýznamnější poskytovatelé energií v zemi, mezi které patří společnosti ČEZ, E.ON a PRE. Hustota elektromobilů v provozu na území České republiky je zatím velmi nízká, jejich počet je zhruba 7 000, ale pro rozšíření tohoto počtu je i nutné motivovat kupující kvalitní infrastrukтурой dobíjecích stanic [28]. Podle údajů z července 2021 je v Česku přibližně 1 125 dobíjecích míst.

#### 3.1 ČEZ

Skupina ČEZ patří mezi nejpodstatnější ekonomické subjekty v České republice a působí dále v zemích západní, střední a jihovýchodní Evropy. Mezi hlavní předměty podnikání patří výroba, distribuce, obchod a prodej v oblasti elektřiny a tepla. Skupina patří do první desítky energetických společností v Evropě, má přes 8 milionů zákazníků a více než 32 000 zaměstnanců. Nejvýznamnější akcionář mateřské společnosti ČEZ je Česká republika s podílem na základním kapitálu téměř 70 % (ke dni 31. 12. 2017) [29].

Skupina ČEZ začala s výstavbou veřejných dobíjecích stanic v roce 2012 a dnes je jejich největším provozovatelem v České republice. První AC, a později v roce 2012 DC, dobíjecí stanici společnost umístila před centrálou v Duhové ulici v Praze. V květnu 2021 měl ČEZ v provozu více než 300 stanic (obrázek 5) a svým rozsahem se dokonce vyrovná i největším řetězcům klasických čerpacích stanic. V síti stanic mají nadpoloviční většinu takzvané DC rychlonabíjecí stanice a trend ve výstavbě tohoto druhu stanic bude v následujících letech pokračovat.



Obrázek 5 - Mapa dobíjecích stanic společnosti ČEZ [30]

Stojany od firmy ABB, které skupina ČEZ výhradně používá, jsou uzpůsobeny pro nabíjení všech typů a značek elektromobilů. Stojany jsou vybaveny AC nabíjecím standardem Mennekes, umožňujícím nabíjení výkonem až 22 kW a DC konektory se standardy CHAdeMO a CCS. Před nedávnem byly u centrály společnosti v Duhové ulici v Praze postaveny nové stojany, umožňující dobíjet výkonem až 150 kW. V následujících 2,5 letech budou postupně tyto stojany přebírat roli infrastruktury pro rychlé okamžité dobíjení na hlavních silničních tazích a ve městech [31].

U dobíjecích stanic společnosti ČEZ nelze platit v hotovosti ani platební kartou, ale je nutné vlastnit RFID čipovou klíčenku nebo nainstalovanou aplikaci v mobilním telefonu. Čipovou klíčenku lze získat po uzavření smlouvy ve vybraných zákaznických centrech nebo uzavřením smlouvy on-line. Pokud zákazník nechce uzavírat smlouvu a chce platit přímo za jednorázové dobíjení, tak stačí stáhnout aplikaci ČEZ FUTUR/E/GO do chytrého mobilního telefonu [32].

**Tabulka 8 - Ceník dobíjení v síti dobíjecích stanic ČEZ [32]**

	taxi	obchodní cestující	víkendový řidič	„pay as you go“	neregistrovaný řidič
měsíční platba	1 750 Kč/měsíc	550 Kč/měsíc	200 Kč/měsíc	0 Kč	0 Kč
poplatek za odběr	3,50 Kč/kWh	4,50 Kč/kWh	5,50 Kč/kWh	7,50 Kč/kWh	9,50 Kč/kWh
předplacená spotřeba kWh	500 kWh „zdarma“	122 kWh „zdarma“	36 kWh „zdarma“	0	0

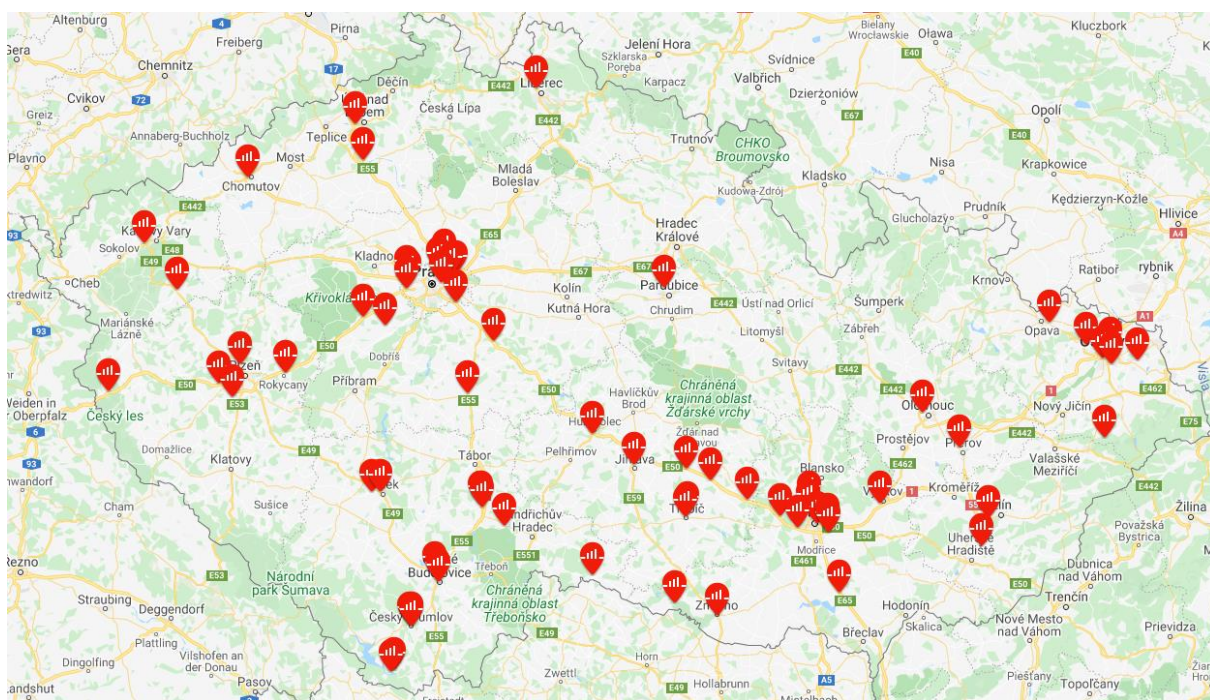
V dubnu 2020 vešel v platnost nový ceník, který je stále platný pro stávající a nové zákazníky a ukončil dřívější neomezené dobíjení za paušální platby. Nově se zpoplatňuje dobíjení na základě skutečně odebraných kWh. Celkem jsou v novém ceníku 4+1 tarify, které zohledňují využívání stanic.

Nové tarify mají motivační charakter více využívat dobíjecích stanic společnosti ČEZ, protože pak lze dosáhnout na tarify s nižší cenou za odebranou kWh. Jak vyplývá z tabulky 8, nejvyšší cenu za odebranou kWh zaplatí tzv. nesmluvní zákazníci. Součástí podmínek, vztahujících se k novému ceníku, je i penalizace za blokování nabíjecí stanice. Výše penalizace jsou 2 Kč za každou minutu po překročení 90 minut stání u rychlonabíječky (DC) a 480 minut u běžné AC nabíječky, a to dokonce i pokud elektromobil není plně nabitý [32].

Je nutné zmínit, že situace okolo cen a tarifů se s dynamickým rozvojem elektromobility velmi rychle mění a dál měnit bude, a proto se sice pro výpočty demonstrující navrhovaný způsob ekonomického hodnocení použily údaje z tabulky 8 platné od roku 2020, ale pro případná další hodnocení se stejně budou vždy používat aktuální ceny. Tzn. cílem práce nejsou ani tak ta konkrétní čísla, ale spíš metodika výpočtů.

### 3.2 E.ON

E.ON je mezinárodní energetická společnost se sídlem v Essenu, která zaměstnává více než 70 000 zaměstnanců. V oblasti energií se společnost řadí mezi světovou špičku s přibližně 33 miliony zákazníků. V rámci energetické skupiny v České republice má společnost na starosti provozování elektrické distribuční soustavy v jižních Čechách a na jižní Moravě. Skupina E.ON působí na českém energetickém trhu od roku 1998 a elektřinu dodává více než 1,2 milionu zákazníků, a to převážně v jižní části republiky [33].



Obrázek 6 - Mapa dobíjecích stanic společnosti E.ON [34]

V listopadu 2020 E.ON v České republice nainstaloval již svou 100. dobíjecí stanici, přičemž 70 stanic je čistě ve vlastnictví E.Onu a zbylých 30 stanic je zapojených v síti E.Onu jako partnerské. E.ON se snaží v budování nových stanic vybírat lokality co nejvhodnější pro elektromobilisty, což je evidentní z obrázku 6. U většiny dobíjecích stanic lze najít nejběžnější konektory pro rychlé i pomalé dobíjení typu Mennekes, CHAdeMO a CSS.

Tempo zprovoznování nových stanic u společnosti E.ON je vysoké a společnost tak splnila vlastní závazek zprovoznit v roce 2020 celkem 60 nových stanic, a tím překonat hranici 100 provozuschopných veřejných stanic. Většina stanic společnosti E.ON byla nebo je budována v rámci evropských projektů. Z Operačního programu Doprava získal E.ON dvě dotace na vybudování 50 AC a 125 DC rychlonabíjecích stanic. To představuje jen z tohoto programu 175 nových stanic do konce roku 2022 [34].

**Tabulka 9 - Ceník dobíjení v síti dobíjecích stanic E.ON Drive [35]**

	AC dobíjení	DC dobíjení	UFC dobíjení
Registrovaný zákazník	6,00 Kč/kWh	6,90 Kč/kWh	9,00 Kč/kWh
Neregistrovaný zákazník	9,00 Kč/kWh	11,00 Kč/kWh	13,00 Kč/kWh

E.ON má poměrně jednoduchý aktuální ceník (Tabulka 9), dle kterého dělí své zákazníky na registrované a neregistrované, a následně dle výkonu dobíjení. Registrovaný zákazník dostane zdarma RFID plastovou kartu propojenou s bankovním účtem zákazníka, sloužící k placení u dobíjecích stanic. Pokud se zákazník neregistruje a nepořídí si tak RFID kartu, může i tak dobíjet, protože u stanic E.ON lze platit i platební kartou, což je výhodné a praktické například pro cizince. Samozřejmě je tento druhý způsob značně cenově nevýhodný.

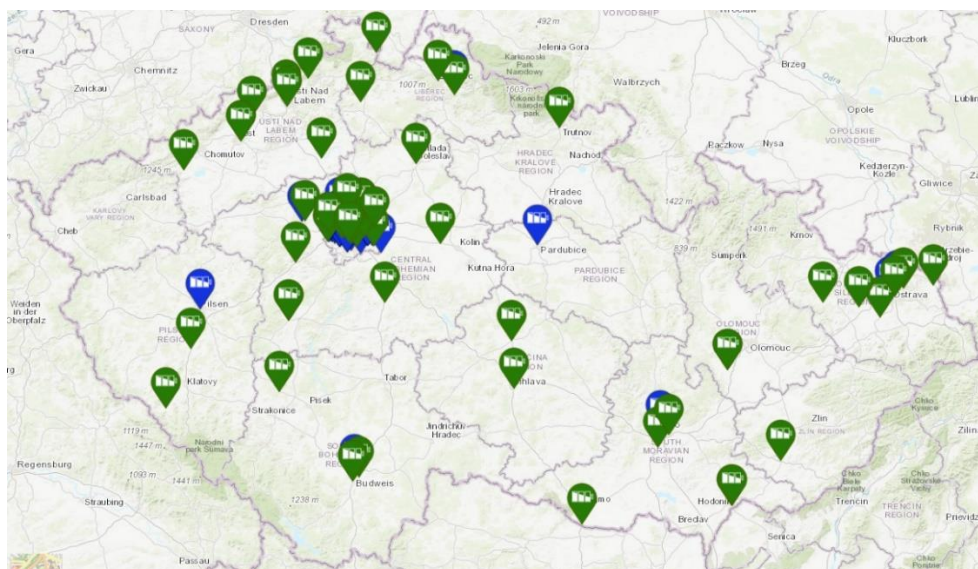
Z ceníku vyplývá zřejmá snaha motivovat elektromobilisty, aby se registrovali a navštěvovali právě dobíjecí stanice E.ONu. Alternativou v placení pro obě skupiny zákazníků je mobilní aplikace E.ON Drive dostupná pro nejrozšířenější mobilní platformy (Google, Apple), ze kterých mohou přímou platbu provádět registrovaní i neregistrovaní zákazníci. Mimo to obsahuje aplikace několik dalších doplňkových služeb od interaktivní mapy po informace o průběhu dobíjení vozidla [35].

### 3.3 PRE

Skupina PRE je významná energetická společnost s dlouhodobou tradicí na českém trhu a významný obchodník s energiemi. PRE je třetím největším dodavatelem elektřiny v České republice, protože dodává elektrickou energii na přibližně 800 tisíc odběrných míst. Hlavní aktivity společnosti PRE je prodej elektrické energie a plynu po celém území ČR, výroba a distribuce elektřiny a doplňkové energetické služby [36].

Společnost PRE se při budování nových dobíjecích stanic nejvíce zaměřuje na území hlavního města Prahy, zde si tak upevňuje dominantní postavení, nebo další větší česká města. Na konci roku 2019 měla společnost 85 aktivních dobíjecích stanic tzv PREpoint (Obrázek 7), u kterých se mohlo současně dobíjet 140 vozidel. Do konce roku 2021 se počítá s instalací

dalších přibližně 600 dobíjecích stanic. Většinu dobíjecích stanic financuje společnost z dotačních titulů OPD Metropolitní síť a OPD Páteřní síť. Pomocí druhého jmenovaného programu má PRE do tří let vybudovat 125 rychlodobíjecích stanic na všech dopravních uzlech v celé ČR [38].



Obrázek 7 - Mapa dobíjecích stanic PREpoint [37]

U dobíjecích stanic společnosti PRE jsou, stejně jako u konkurence, rozlišováni registrovaní a neregistrovaní zákazníci. Pokud chce zákazník dobít jako registrovaný zákazník, potřebuje se registrovat přes internet nebo v Centru služeb společnosti PRE na Praze 1. Na základě této registrace získá zákazník RFID čip nebo může využít dobíjení prostřednictvím pražské Lítačky a nově od 1.4.2021 lze využívat mobilní aplikaci PREcharge. Nový ceník platný od 1.4.2021 dělí registrované zákazníky na ty, kteří jsou již zákazníky skupiny PRE, anebo nejsou. Ti, kteří jsou již zákazníky skupiny PRE mají výhodnější poplatky u dobíjecích stanic, jak za odebranou energii, tak i za dobu blokování nabíjecího místa (Tabulka 10) a pořízení RFID čipu mají zdarma. Ceny jsou uváděny s DPH [38].

Tabulka 10 - Ceník dobíjení v síti stanic PREpoint pro registrované zákazníky [39]

Ceník pro registrované zákazníky			
	Cena za kWh	Cena za minutu	Volné minuty
AC	5,00 Kč	1,00Kč	120
DC 50/75 kW	6,00 Kč	2,00Kč	60
DC 150 kW+	8,00 Kč	2,00Kč	30
Ceník pro zákazníky Skupiny PRE			
	Cena za kWh	Cena za minutu	Volné minuty
AC	4,00 Kč	0,50 Kč	120
DC 50/75 kW	5,00 Kč	1,00 Kč	60
DC 150 kW+	7,00 Kč	2,00 Kč	30

Pro neregistrované zákazníky, nepoužívající čip nebo Lítačku pro dobíjení, je každá dobíjecí stanice vybavena QR kódy. Společnost PRE dbá na zajištění jednoduchosti při obsluze stanice. V tomto případě stačí vlastnit chytrý mobilní telefon s aktivovanými daty. QR kód umístěný na každém konektoru dobíjecí stanice se mobilním telefonem naskenuje a poté se otevře stránka s platební bránou. Následně vybere zákazník dobu, po jakou chce elektromobil nabíjet a vyplní několik údajů ze své platební karty. Jak vyplývá z tabulky 11, neregistrovaný zákazník platí na základě času nabíjení a použitého standardu dobíjení [38].

**Tabulka 11 - Ceník dobíjení v síti stanic PREpoint pro neregistrované zákazníky [39]**

Typ standardu	30 min.	1 hod.	2 hod.	3 hod.
AC		240 Kč	480 Kč	720 Kč
DC 50/75 kW	180 Kč	360 Kč	720 Kč	1 080 Kč
DC 150 kW+	240 Kč	480 Kč	960 Kč	1 440 Kč

### 3.4 Vlastní dobíjecí stanice

V domácím nebo privátním prostředí existují dva způsoby, jak začít den s plnou kapacitou baterie. Jedná se o dobíjení pomocí klasické elektrické zásuvky 230 V, nebo použití domácí dobíjecí stanice, tzv. wallboxu. Zda dobíjet jedním či druhým způsobem ovlivňuje několik faktorů.

Každý dnešní moderní elektromobil lze nabíjet ze standardní 230 V elektrické zásuvky, což je vlastně nejjednodušší způsob dobíjení. K tomuto způsobu dobíjení je využívána integrovaná nabíječka vozidla, která mění střídavý proud ze sítě na stejnosměrný. Limitujícím faktorem je velmi nízká hodnota proudu v zásuvce, obvykle se jedná o hodnotu 10 A. Při těchto hodnotách proudu se běžný automobil nabíjí do plné kapacity více než 10 hodin v závislosti na kapacitě akumulátorů [40].

Rychlejší, avšak nákladnější řešení je pořízení nástěnné dobíjecí stanice, častěji označované jako wallbox. Wallbox také pracuje se střídavým proudem, ale má lepší parametry než klasická zásuvka. Obvykle se jedná o třífázové zařízení s hodnotou proudu 32 A a dodávaným výkonem až 22 kW. Při dobíjení prostřednictvím wallboxu taktéž proud prochází integrovanou nabíječkou ve vozidle a zaleží tedy i na jejím výkonu. Pokud mají integrovaná nabíječka i wallbox maximální výkon 22 kW, tak je u běžného elektromobilu nabíjení téměř 10x rychlejší než z běžné zásuvky. Souvislost mezi kapacitou akumulátorů a nabíjecím výkonem je přehledněji znázorněn v tabulce 12 [40].

**Tabulka 12 - Doba dobíjení dle kapacity baterie a výkonu dobíjecí stanice [41]**

	Kapacita baterie [kWh ]									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
zásuvka 2,3 kW (10A)	4	9	13	17	22	26	30	35	39	43
WB 3,6 kW (16A)	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28
WB 5,7 kW (25A)	2	4	5	7	9	11	12	14	16	18
WB 7,3 kW (32A)	1	3	4	5	7	8	10	11	12	14
WB 11 kW (16A)	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
WB 17 kW (25A)	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6
WB 22 kW (32A)	0,5	1	1	2	2	3	3	4	4	5

### 3.4.1 PRE

Řešení privátní dobíjecí stanice určené pro firmy, družstva či jednotlivce obvykle dodává společnost PRE na míru konkrétním potřebám zákazníka. To znamená včetně zajištění dodávek elektřiny, úprav odběrného místa, připojení elektroinstalace, montáže a servisu. Na zákazníkovi je jen rozhodnutí, jak výkonný wallbox bude nejvhodnější pro jeho potřeby a zda chce nést finanční náklady na úpravy budoucího umístění wallboxu [42].

Mezi hlavní výhody pořízení wallboxu u společnosti PRE patří [42]:

- nízká cena,
- optimalizace nákladů na nabíjení,
- dodávka elektřiny s dvoutarifem PREekoproud na dva roky s podpisovou premii 2 000 Kč,
- vlastní řešení pro firmy a družstva s velkou flotilou elektromobilů,
- nabíjení bez čekání,
- čip pro dobíjení elektromobilů u veřejných nabíjecích stanic PRE.

PRE má ve své nabídce celou řadu nástěnných dobíjecích stanic v cenovém intervalu 13 000 – 46 000 Kč, přičemž uvedená cena zahrnuje montáž na stávající elektrické rozvody a dopravu po Praze a Rožtokách. Další nutné úpravy na elektroinstalaci, navýšení kapacity jističe, zapojení HDO nebo regulace nabíjení v závislosti na jmenovitém zatížení hlavního jističe, jsou považovány za vícenáklady a nevztahují se k ceně Wallboxu. Stejně tak za dopravu mimo Prahu a Rožtoky je účtován poplatek 18,15 Kč/km s DPH [42].

Mezi hlavní volitelné funkce wallboxů, které ovlivňují pořizovací cenu, patří [42]:

- výše maximálního výstupního proudu od 1x16 A do 3x32 A,
- regulace v závislosti na jmenovitém zatížení hlavního jističe s přerušením v případě rizika,
- nabíjení v režimu HDO, zablokování nabíjení v době platnosti vysokého tarifu,
- vzdálený monitoring provozu (spotřeby, technického stavu apod.),
- vybavení zásuvkou nebo kabelem (obvykle Typ 2 Mennekes).

### 3.4.2 ČEZ

Nabídka Wallboxů je u všech poskytovatelů obdobná a není tomu jinak ani u společnosti ČEZ. Stejně jako konkurence má ČEZ v nabídce několik wallboxů, aby obsáhl co nejširší požadavky zákazníků. Ceny wallboxů v e-shopu jsou v rozmezí 19 000 – 138 000 Kč a opět cenu určuje vybavenost jednotlivých dobíjecích stanic. Zpravidla jde o výši maximálního výstupního výkonu, způsobu ovládání ve smyslu ručního nebo bezdrátového dálkového ovládání. Některé domácí stanice od ČEZu mají integrovaný elektroměr pro snadnější kontrolu spotřebované elektřiny při dobíjení elektrovozidel [43].

Objednávka instalace wallboxu u společnosti ČEZ má čtyři definované kroky [43].

- 1) Pro začátek je nutné učinit on-line objednávku přes konfigurátor na webových stránkách ČEZu, kde si zákazník vybere především konkrétní wallbox, základní instalaci od ČEZu za 5 900 Kč, vhodný tarif dodávané energie a způsob financování instalace.
- 2) V dalším kroku dojde do třech dnů k potvrzení objednávky a telefonickému posouzení obtížnosti instalace.
- 3) Následuje předběžná návštěva technikem, která není součástí základní ceny a slouží k definování rozsahu stavebních a elektroinstalačních prací pro instalaci wallboxu. Po zhodnocení nutných úprav je zákazníkovi předložena cenová nabídka, na základě, které se může rozhodnout, zda si úpravy nechá provést společností ČEZ.
- 4) V posledním kroku se nejdříve provedou vícepráce, pokud jsou nutné, a následně dojde k samotné instalaci wallboxu, zprovoznění, parametrizaci a zaškolení obsluhy.



## 4 Analýza současného stavu vybrané dopravní společnosti

Cílem práce je navrhnout způsob hodnocení ekonomické výhodnosti provozu užitkových vozidel kategorie N1 na elektrický pohon v rámci city logistiky. Aby práce nevycházela jen z teoretických poznatků, zajistil jsem pro předvedení možností navrhovaného postupu reálná data od dopravní společnosti působící v Praze. Prvním krokem pro zpracování praktické části tedy je upřesnění, o jakou společnost se jedná, respektive charakteristika dopravní společnosti, která posloužila jako předloha pro následné kalkulace v této práci.

Výměnou za poskytnutá reálná data a možnost nahlédnout do vnitřních dokumentů a dokladů, je nutnost zachovat anonymitu zvolené společnosti. Tato skutečnost, s ohledem na dané téma, práci nikterak neuškodí, protože se nezabývá využitím elektromobility v konkrétní společnosti, nýbrž je ukázkou hodnocení ekonomické výhodnosti využití elektromobility v city logistice. Po konzultaci s majitelem společnosti a vedoucím diplomové práce jsme se rozhodli dále v textu uvádět jméno společnosti jako Anonymní, s.r.o.

Společnost Anonymní, s.r.o. byla majitelem založena v Praze už v polovině roku 1996 a podle živnostenského zákona má zapsán předmět podnikání jako silniční nákladní doprava dle klasifikace ekonomických činností s počtem 6–9 zaměstnanců. Společnost začínala jako dopravce pouze s jedním vozem u mezinárodní kurýrní společnosti DPDgroup v jedné doručovací oblasti ve Středočeském kraji s vozidlem Fiat Ducato, zakoupeném na leasing z druhé ruky. Časem společnost začala svůj vozový park postupně rozšiřovat tak, jak rostl objem přepravovaných zásilek v prostředí e-commerce.

V současnosti společnost stále působí jako subdodavatel zmíněné kurýrní společnosti a provozuje celkem 10 vlastních vozidel, která využívá pro obsluhu několika lokalit, aktuálně v severní části hlavního města Prahy. Pokud společnost jezdí pod hlavičkou DPDgroup, musí ctít její hodnoty a vzít je za své. DPD odpovědně přemýšlí a zvažuje, jak balíčky doručí rychle a spolehlivě a zároveň šetrně s ohledem na životní prostředí. Proto program společenské odpovědnosti má několik pilířů:

- Emise CO<sub>2</sub> snížit na nulu,
- neustále inovovat,
- být zodpovědný zaměstnavatel.

Společnost DPD se snaží, aby doprava zásilek skrze najaté dopravce byla uhlíkově neutrální. Je to ostatně jeden z pilířů společenské odpovědnosti. Od roku 2013 se neustále snaží o uhlíkově neutrální přepravu zásilek, a to bez vícenákladů pro odesílatele a příjemce. Emise

nevyhnutelně vzniklé při přepravě zásilek společnost kompenzuje investicemi do projektů v oblasti obnovitelných zdrojů. V roce 2019 globálně skrze své dopravce najela 16 milionů kilometrů s nízkými emisemi a dodala více než miliardu uhlíkově neutrálních balíků [44].

Podobné zelené smýšlení je evidentní i u jiných dopravních či kurýrních společností. Důvodem mohou být i politické postoje států a samospráv směřující k úplnému zákazu vjezdu vozidel se spalovacími motory do center velkých metropolí. Dnes to může znít poměrně nereálně, ale za podpory Evropské unie, která schvaluje stále přísnější emisní limity, chtějí představitelé konkrétních evropských měst prosadit nejpozději do roku 2030 úplný zákaz vjezdu vozidel s konvenčním pohonem.

Mezi tato města lze zařadit Paříž, jenž prosazuje zákaz vjezdu benzínových motorů od roku 2030 a u naftových dokonce už od roku 2024, stejně jako italský Řím [45]. Německý Berlín chystá od roku 2030 zákaz vozidel se spalovacím motorem do vnitřní části města a o pět let později hodlá zákaz rozšířit na celé katastrální území města [46]. I jiná evropská města, jako Barcelona, Londýn či Stuttgart, smýšlí podobně. Je tedy evidentní, že některé segmenty trhu se budou dříve či později muset otázkou elektromobility ve svém podnikání zabývat.

Sám majitel je aktivním zaměstnancem. Proto v současnosti na zbylý počet vozů z vozového parku společnost zaměstnává 9 pracovníků, kteří se v maximální míře snaží zákazníkům poskytnout kvalitní, spolehlivé a rychlé služby, popřípadě i vyhovět specifickým požadavkům klienta a v nemalé míře dobře reprezentovat kurýrní společnost, pod jejíž hlavičkou jezdí. Hlavním cílem společnosti do budoucna je zefektivnění veškerých nastavených procesů, minimalizace nákladů nebo zkvalitnění a zároveň zrychlení expedice svěřených zásilek zákazníkům.

## **4.1 Popis vozového parku**

Společnost Anonymní, s.r.o. v současnosti provozuje deset užitkových vozidel kategorie N1 celkem čtyř továrních značek. Konkrétně jde o následující modely:

4x Mercedes Sprinter

3x Renault Master

2x Ford Transit

1x Peugeot Boxer

Vozidla jsou kupována jako zcela nová a k financování využívá vlastní prostředky. Od roku 1996, kdy se v této oblasti podnikání majitel pohybuje, nasbíral dostatek zkušeností s opotřebením vozidel tak, že stanovil maximální dobu provozu jednotlivých vozidel ve své

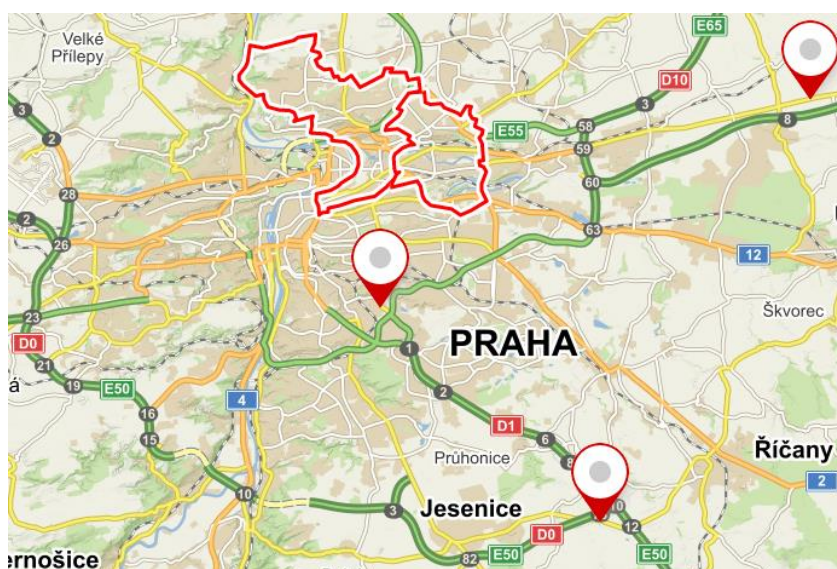
společnosti na 6 let. Po uplynutí této doby jsou vozidla odprodána za tržní hodnotu nebo poskytnuta na protiúčet za nový vůz k umoření části pořizovací ceny.

Mezi nejčastější prvky příplatkové výbavy vozidel využívaných ve společnosti patří rádio, mlhová světla, centrální zamykání a alarm. Příplatková výbava se ovšem vůz od vozu liší a nelze ji tak zobecňovat. V této práci proto budu pracovat pouze s cenami vozidel v základní výbavě z důvodu eliminace negativního či pozitivního ovlivnění pořizovací ceny a následně i výsledku.

Většina kurýrních společností, a DPDgroup není výjimkou, požaduje u vozidel dopravců bílou barvu a následně nechá vozy na své náklady opatřit polepy dle firemní grafické identity. Společnost pořizuje vozy s přibližně stejně objemným nákladovým prostorem okolo 13 m<sup>3</sup>, aby jeho velikost byla opět v souladu s požadavky kurýrních společností, které vyžadují prostor 9–15 m<sup>3</sup>.

Vozový park je převážně využíván pro rozvoz a svoz balíkových zásilek od zákazníků kurýrní společnosti v severní části hlavního města Prahy. Kurýrní společnost DPDgroup má pro oblast Prahy celkem tři depa, z toho jedno slouží jako centrální překladiště pro Českou republiku. Vozidla kurýrních společností jezdí podle stanovených oblastí, nikoliv podle předem stanovených tras, ty explicitně stanovují doručovací a svozové adresy.

Umístění pražských dep společnosti DPDgroup a obsluhovaná oblast společnosti Anonymní, s.r.o. jsou zobrazeny na obrázku 11.



Obrázek 8 - Městské obvody Prahy 8 a 9 a depa DPD [mapy.cz; autor]

Z dat, která mi byla poskytnuta, vyplývá průměrný roční nájezd vozidel společnosti Anonymní, s.r.o. na 32 000 km. Obecně to znamená služební denní výkon 100–110 km a neslužební 15–25 km z důvodu přepravy řidičů do a z místa bydliště. S těmito daty budu v následujících kapitolách, zabývajících se ekonomickým zhodnocením, kalkulovat.

#### 4.1.1 Mercedes-Benz Sprinter

Referenční společnost má ve svém vozovém parku celkem čtyři užitkové vozy Mercedes-Benz Sprinter ve středně dlouhém provedení s vysokou střechou, které dosahují maximálního objemu nákladového prostoru 14 m<sup>3</sup>. Celková hmotnost vozidla je omezena na hranici 3 500 kg, a to při použití 2,1 litrového naftového motoru o výkonu 84 kW umožňuje provozovateli využít maximální užitečné zatížení do výše 1 141 kg. Při této konfiguraci je výrobcem udávána kombinovaná spotřeba v hodnotě 8,2 litrů motorové nafty na 100 km. Stručný přehled technických specifikací je shrnut v tabulce 13.

**Tabulka 13 - Tech. specifikace vozu Mercedes-Benz Sprinter [47]**

Celková hmotnost	3 500 kg
Užitečná hmotnost	1 141 kg
Objem nákladového prostoru	14 m <sup>3</sup>
Výkon motoru	84 kW
Objem motoru	2 143 ccm
Kombinovaná spotřeba	8,2 l / 100 km
Cena	992 200 Kč

#### 4.1.2 Renault Master

Užitkové vozy Renault Master mají provedení kabiny typu Furgon, která je primárně určena pro přepravu zboží a je výhradně dodávána s pohonem na zadní nápravu. Tato koncepce vozidla se dodává s využitelným objemem nákladového prostoru 12,4 – 17 m<sup>3</sup> a se stanovenou celkovou maximální hmotností 3 500 kg, jak je v kategorii N1 obvyklé.

Referenční společnost Anonymní, s.r.o. má ve svém vozovém parku verzi s objemem nákladového prostoru 12,4 m<sup>3</sup>, která disponuje maximální užitečnou hmotností 1 434 kg. Všechna tři vozidla jsou vybavena 2,3 litrovým naftovým motorem o výkonu 96 kW, který je pro poměrně lehké balíkové zásilky a městský provoz zcela dostatečný. Avšak kombinovaná spotřeba, udávaná výrobcem, je ze všech čtyřech modelů ve vozovém parku nejvyšší. Jak lze vyčíst z technických specifikací v tabulce 14.

**Tabulka 14 - Tech. specifikace vozu Renault Master [48]**

Celková hmotnost	3 500 kg
Užitečná hmotnost	1 434 kg
Objem nákladového prostoru	12,4 m <sup>3</sup>
Výkon motoru	96 kW
Objem motoru	2 298 ccm
Kombinovaná spotřeba	8,6 l / 100 km
Cena	962 555 Kč

#### 4.1.3 Ford Transit

Lehké užitkové vozy Ford Transit má společnost ve dvou exemplářích. Jedná se o vozidla s vysokou střechou a dlouhým rozvorem, které Ford označuje v technických specifikacích jako L3H3.

Obě vozidla mají dvoulitrové vznětové motory EcoBlue pohánějící pouze přední nápravu. Motory disponují celkovým výkonem 96 kW a při kombinovaném charakteru jízdy udává výrobce spotřebu 8,4 l na 100 km. Při takto zvolené délce a výšce je objem nákladového prostoru 13 m<sup>3</sup> a užitečná hmotnost vozidla 1 275 kg. Stručný přehled technických specifikací je shrnut v tabulce 15.

**Tabulka 15 - Tech. specifikace vozu Ford Transit [49]**

Celková hmotnost	3 500 kg
Užitečná hmotnost	1 275 kg
Objem nákladového prostoru	13 m <sup>3</sup>
Výkon motoru	96 kW
Objem motoru	1995 ccm
Kombinovaná spotřeba	8,4 l / 100 km
Cena	1 021 428 Kč

#### 4.1.4 Peugeot Boxer

Vozidlo francouzského výrobce Peugeot, který je součástí skupiny PSA, bylo zakoupeno do vozového parku společnosti na dlouhodobý test jako případná náhrada za vozy Renault Master. Jedná se o vozidlo s karosářskou konfigurací L3H2, tedy s dlouhým rozvorem 4 035 mm a světlou výškou vozidla 2 522 mm.

Tato konfigurace má, stejně jako většina vozidel ve vozovém parku, objem nákladového prostoru 13 m<sup>3</sup> a stanovená maximální užitečná hmotnost je 1 450 kg. Jedná se o nejvyšší hmotnost z vlastněných vozidel, a to díky téměř 2,2 litrovému vznětovému motoru s výkonem

88 kW. Velmi zajímavá je u tohoto vozidla spotřeba, kterou výrobce v kombinované variantě udává na rovných 7,4 litrů na 100 km, jak je přehledně shrnuto s ostatními údaji v tabulce 16.

**Tabulka 16 - Tech. specifikace vozu Peugeot Boxer [50]**

Celková hmotnost	3 500 kg
Užitečná hmotnost	1 450 kg
Objem nákladového prostoru	13 m <sup>3</sup>
Výkon motoru	88 kW
Objem motoru	2 179 ccm
Kombinovaná spotřeba	7,4 l / 100 km
Cena	979 132 Kč

## **4.2 Analýza vybraných dopravních prostředků kategorie N1**

Práce je zaměřena na využití elektromobility v silniční nákladní dopravě v oblasti city logistiky, konkrétně pro vozidla, jejichž nejvyšší přípustná hmotnost nepřevyšuje 3500 kg, tedy kategorie N1. Výrobci si této kategorie vozidel určených převážně pro city logistiku, začali všimnout v souvislosti s elektromobilitou relativně nedávno. Přestože na trhu je nabídka lehkých užitkových vozidel široká, tak jejich elektrické ekvivalenty jsou mnohdy stále ve vývoji a jen málo výrobcům se povedlo začít komerčně nabízet modely lehkých užitkových vozidel s elektrickým pohonem. Nejvhodnější modely pro tuto práci blíže popíší v následujících kapitolách.

### **4.2.1 Mercedes-Benz eSprinter**

Společnost Mercedes-Benz byla založena v roce 1926 po spojení firem Daimler Motoren Gesellschaft a Benz & Cie., zakladateli společností byli Gottlieb Daimler a Karl Benz. Dnes společnost Mercedes-Benz AG s více než 173 000 zaměstnanci po celém světě zařizuje dvě společnosti, kterými jsou Mercedes-Benz Cars a Mercedes-Benz Vans. Hlavní zaměření společnosti je vývoj, prodej a výroba osobních automobilů, lehkých užitkových vozidel a služeb. Nově byla do portfolia zařazena značka EQ pro technologii elektrické mobility [51].

Do roku 2039 chce automobilka Mercedes-Benz Cars transformovat celou řadu osobních automobilů na uhlíkově neutrální. Mezi hlavní aspekty patří suroviny a dodavatelský řetězec, výroba vozidel, fáze používání a koncepce recyklace. S technologickou značkou EQ se Mercedes-Benz Cars posouvá vpřed v systematickém vývoji alternativních pohonů s cílem elektrizovat celé portfolio do roku 2022. S modely eVito a eSprinter dává výrobce jasně najevo posun k alternativním pohonům v segmentu lehkých užitkových vozidel [51].



**Obrázek 9 - Mercedes-Benz eSprinter [52]**

Mercedes-Benz eSprinter (obrázek 9) vychází z již vyráběné verze se spalovacím motorem a je nabízen pouze jako skříňové lehké užitkové vozidlo s vysokou střešou, bez možnosti zakoupení jiné varianty. Celková hmotnost je omezena hranicí 3 500 kg a maximální objem nákladového prostoru je 11 metrů krychlových. Prostor pro baterie pod podlahou nákladového prostoru umožňuje určitou míru variability.

Mercedes-Benz proto nabízí dvě různé varianty kapacity baterií. První jsou čtyři bateriové jednotky o kapacitě 47 kWh, u které je případný dojezd 168 km s maximální užitečnou hmotností 891 kg. Druhá varianta obsahuje pouze tři bateriové jednotky o kapacitě 35 kWh s případným dojezdem 120 km. Logicky je tak oproti první variantě vyšší maximální užitečná hmotnost, a to o 154 kg, na rovných 1 045 kg [52], [53]. Stručný přehled technických specifikací obou variant je přehledně shrnut v tabulce 17.

**Tabulka 17 - Tech. specifikace vozu Mercedes-Benz eSprinter var. I a II. [52]**

	Varianta I.	Varianta II.
Celková hmotnost	3 500 kg	3 500 kg
Užitečná hmotnost	891 kg	1 045 kg
Objem nákladového prostoru	11 m <sup>3</sup>	11 m <sup>3</sup>
Výkon elektromotoru	85 kW	85 kW
Točivý moment elektromotoru	295 Nm	295 Nm
Kapacita baterií	47 kWh	35 kWh
Dojezd	168 km	120 km
Doba dobíjení	25 min. (10-80 %)	25 min. (10-80 %)
Cena	1 913 615 Kč	1 698 840 Kč

Dobíjet vozidlo je možné přes zástrčku CCS umístěnou pod logem značky v přední masce vozidla. Standard CCS, podrobněji popsán v kapitole 2.2.3.3, umožňuje nabíjet vozidlo u rychlonabíjecích stanic stejnosměrným proudem, při němž dobítí vozidla v intervalu kapacity od 10 % do 80 %, trvá přibližně 25 minut. Je ovšem možné nabíjet i doma nebo ve firmě pomocí nástěnné dobíjecí stanice pomalým střídavým proudem, u něhož se doba nabití v intervalu 0-100 % udává na 6 hodin, respektive 8 hodin u vyšší kapacity baterií [52].

#### 4.2.2 Volkswagen e-Crafter

Volkswagen AG nebo také VW je německá automobilka, založená v roce 1937, se sídlem ve Wolfsburgu. Dnes se jedná o skupinu zaštiťující mnoho značek a způsobů podnikání [54].

V minulém roce dosáhl prodej lehkých užitkových vozidel u Volkswagenu hranice 500 000 automobilů [55]. Přesto v rámci strategie „TOGETHER 2025 +“ byla v roce 2018 v Hannoveru představena celá řada opatření pro zlepšení kvality života. Mezi první reálný výsledek patří užitkové vozidlo e-Crafter, jenž se stal důležitou součástí produktové řady automobilů v Hannoveru. Následně byla mezi produkty zařazena další dvě čistě elektricky poháněná vozidla e-Caddy ABT a e-Transporter ABT [55].

Volkswagen sám propaguje e-Crafter (obrázek 10) coby vozidlo vyvinuté pro všechny společnosti, které operují v centrech velkých měst jako kurýrní a jiné logistické služby, řemeslníky, taxislužby, dodavatele energií či maloobchodníky.



Obrázek 10 - Volkswagen e-Crafter [56]

Vozidlo není vyvinuto zcela nově pro potřeby elektromobility, ale vychází z již existujícího modelu se spalovacím motorem Crafter. Jeden z rozdílů se nachází v motorovém prostoru, kde je umístěn kompaktní, a tudíž podstatně lehčí elektromotor. Maximální výkon motoru je 100 kW / 136 PS a rovnoměrný kroutící moment je 290 Nm v celém rozsahu otáček, přičemž



je velmi tichý a velmi nenáročný na údržbu. Druhým rozdílem oproti verzi se spalovacím motorem je umístění akumulátorů úsporně pod podlahou vozidla. Jedná se o lithium-iontové akumulátory o kapacitě 35 kWh, které při plném nabití zajišťují dojezd 173 km. Avšak kombinace výkonu elektromotoru a kapacity lithium-iontových baterií při hustotě energie 90-120 Wh/kg je vykoupena nižší nabízenou užitečnou hmotností vozidla, stanovenou na 975 kg. Nejdůležitější technické údaje jsou přehledně shrnuty v tabulce 18 [56], [57].

**Tabulka 18 - Tech. specifikace vozu Volkswagen e-Crafter [56]**

Celková hmotnost	3 500 kg
Užitečná hmotnost	975 kg
Objem nákladového prostoru	10,7 m <sup>3</sup>
Výkon elektromotoru	100 kW
Točivý moment elektromotoru	290 Nm
Kapacita baterií	35 kWh
Dojezd	173 km
Doba dobíjení	45 min. (0-80 %)
Cena	1 556 643 Kč

Volkswagen u svých vozidel používá kombinovaný nabíjecí systém CCS a lithium-iontové baterie. Lze tedy nabíjet jak stejnosměrným, tak i střídavým proudem u veřejných rychlonabíjecích stanic, či z vlastních firemních či domácích nástěnných nabíječek (wallboxů). Při použití veřejné rychlonabíjecí stanice je možné při nabíjecím výkonu 40 kW nabít baterii na 80 % její kapacity za 45 min. U domácího či firemního wallboxu o běžném výkonu nabíjení 7,2 kW se baterie na 100 % nabije během 5 hodin 20 minut. Tato varianta je logicky využitelná pro noční nabíjení, respektive v době, kdy není vozidlo využíváno [56], [57].

#### **4.2.3 Renault Master Z.E.**

Renault je mezinárodní skupina s francouzskými kořeny založená roku 1898 se zastoupením ve 128 zemích světa. Vytváří, vyrábí a prodává vozy tří značek, mezi které patří Renault, Dacia a RSM. [58].

Co se týče udržitelné mobility, byla skupina Renault prvním výrobcem, který se zavázal omezit uhlíkovou stopu. Do roku 2016 automobilka omezila emise oxidu uhličitého o 18,2 % a cíl je do roku 2022 dosáhnout snížení o 25 %.

Již nyní má Renault v nabídce širší řadu elektromobilů s reálným dojezdem okolo 300 km. V kategorii lehkých užitkových vozidel má Renault dnes dva modely. Malý Renault Kangoo Z.E. s reálným dojezdem 270 km a velký elektrický užitkový vůz Renault Master Z.E. na obrázku 11 [59].



**Obrázek 11 - Renault Master Z.E. [60]**

Renault Master se vyrábí od roku 1981 a nyní na trh přichází už jeho čtvrtá generace. Tato generace je samozřejmě evolučním skokem ve všech oblastech, ale navíc přichází i v provedení s elektrickým pohonem.

Zcela nový motor ve spojení s bezstupňovou automatickou převodovkou má výkon 57 kW a neměnný točivý moment 225 Nm. Vozidlo tak dosahuje maximální omezené rychlosti 100 km/h. Potřebnou energii motoru dodává lithium-iontová baterie s kapacitou 33 kWh, a tím je dán podle metodiky NEDC dojezd 172 km. Výrobce nezávisle na metodice udává i svou vlastní reálnou hodnotu, která se v závislosti na zatížení pohybuje okolo 120 km. Výrobce nabízí ve skříňové variantě hned několik velikostí od 8 do 13 m<sup>3</sup>, a to při celkové hmotnosti vozidla 3 100 kg přímo určuje maximální užitečnou hmotnost. Tato hmotnost je u nejmenší varianty 1 078 kg a u největšího provedení rovných 925 kg. Přehledněji jsou parametry v tabulce 19 [60].

Renault u modelu nepodporuje rychlé nabíjení stejnosměrným proudem, proto nezávisle na místě nabíjení je možné vozidlo plně nabít za 6 hodin, nebo 60 minutovým dobitím prodloužit dojezd o 25 km [60].

**Tabulka 19 - Tech. specifikace vozu Renault Master Z.E. [61]**

Celková hmotnost	3 100 kg
Užitečná hmotnost	925–1078 kg
Objem nákladového prostoru	10,8 m <sup>3</sup>
Výkon elektromotoru	57 kW
Točivý moment elektromotoru	225 Nm
Kapacita baterií	33 kWh
Dojezd	172 km
Doba dobíjení	6 hod. (0-100 %)
Cena	1 827 100 Kč

## 5 Ekonomické zhodnocení

Pro budoucnost alternativních pohonů u vozidel bude rozhodujícím bodem cena pohonných hmot a zároveň vývoj nových technologií. Z ekonomického hlediska dojde k přirozenému rozvoji elektromobility v dopravě v okamžiku, kdy budou náklady spojené s jejím využíváním v dopravě nižší, než náklady na provoz vozidel se spalovacími motory.

Při použití vozidel na elektrický pohon se mění nejen náklady na pohonné hmoty, ale i na údržbu dopravního prostředku, které jsou výrazně nižší. Na druhou stranu se liší i pořizovací cena, která je naopak obvykle vyšší.

### 5.1 Výpočet jednotkových nákladů

V základu je hlavním předpokladem ekonomiky podniku efektivní rentabilita. Tu lze vyčíslit jako poměr nákladů, které je třeba vynaložit k uskutečnění daného výkonu a následně dosaženého zisku. Výkonem, objemem produkce bývá množství jednotek pojmenovaných jako kalkulační jednice. V silniční dopravě je za tuto jednici nejčastěji považován 1 kilometr, a to výkonový či nevýkonový. Popřípadě je za jednici považována i 1 hodina provozu vozidla.

*Říha a Tichý říkají, že je nejprve nutné určit, jaké náklady resp. jaké druhy nákladů při dané činnosti vznikají. Náklady, jenž jsou jednoznačně spojené s danou kalkulační jednicí, dělíme na přímé a nepřímé náklady [62].*

Pro účely této práce však není nutné stanovovat úplné jednotkové náklady. Pro porovnání, zda je výhodnější provoz vozidla na naftový nebo elektrický pohon, stačí porovnat ty náklady, které se liší podle druhu pohonu. Například je potřeba rozlišovat, zda je vozidlo a řidič vnímán jako jeden nerozdělitelný celek, nebo ve skutečnosti je dané vozidlo využíváno více řidiči a jsou tedy vnímání odděleně. Jelikož ve firmě Anonymní s.r.o. na mzdové náklady nemá fakticky vliv, zda řidič řídí vozidlo na elektrický či na spalovací pohon, jde o položku zcela nezávislou na pohonu vozidla a mohou tak tyto náklady v následujících kalkulacích vynechat.

#### 5.1.1 Cena pohonných hmot a elektrické energie

Cena pohonných hmot a elektrické energie je pro výpočet jednotkových nákladů na jeden ujetý kilometr velmi zásadní. Jedná se o nákladovou položku, u které je provozovatel silniční dopravy velmi omezen ve smyslu praktické nemožnosti ovlivnění její ceny. Cena těchto pohonných hmot či energií je závislá na cenách na světových, popřípadě domácích trzích a daních jednotlivých států. Levnější alternativa pro výrazné ušetření na této nákladové položce není.

Jelikož cena motorové nafty v roce 2020 a první polovině roku 2021 byla výrazně ovlivněna světovou pandemií, stanovil jsem pro účel této práce cenu motorové nafty z dlouhodobého průměru od února 2019 do února 2021 dle ČSÚ na hodnotu 29,60 Kč [63], která více odpovídá dlouhodobým hodnotám.

$$C_D = 29,60 \text{ Kč/l}$$

$C_D$  ... průměrná cena motorové nafty

U cen elektrické energie se dramatické výkyvy pro koncové zákazníky nekonají, a proto zde použiji ceny aktuální dle platného ceníku. Pro účely této práce jsou uvažovány dva typy dobíjení podle reálných možností referenční společnosti. První uvažovanou možností je dobíjení v domácnosti, zpravidla u svěřené osoby, kde vozidlo stojí přes noc. Pro domácí dobíjení vozidel budu volit běžný tarif od společnosti ČEZ, a to distribuční sazbu Standard D02d s úvazkem na dva roky. V této distribuční sazbě je cena odebrané elektřiny 4.17 Kč/kWh [64]. Je to poměrně běžný tarif volený zákazníky, kteří nemají na svém odběrném místě speciální požadavky na distributora, podle nichž si pak volí jiné tarify. Nejedná se o nejlevnější řešení, avšak parkování u zaměstnanců doma je poměrně běžné a naproti tomu spousta dopravců ani nedisponuje parkovací plochou, kde by přes noc vozidla stála a dobíjela se. Za těchto okolností je varianta nočního domácího dobíjení poměrně reálná.

$$C_2^E = 4,17 \text{ Kč/kWh}$$

$C_2^E$  ... cena elektrické energie pro domácnost s dvouletým úvazkem

V případě možnosti dobíjet u veřejných dobíjecích stanic budu v následujících kalkulacích používat data z ceníku společnosti ČEZ (kapitola 3.1), která má jednu z nejrozšířenějších sítí veřejných dobíjecích stanic v ČR a pro registrované zákazníky má nejpříznivější ceník. Distributoři obvykle cenově diferencují podle frekvence a dalších charakteristik dobíjení. Při každodenním dobíjení lehkého užitkového vozidla u veřejných dobíjecích stanic se vyplatí předplatit tarif taxi z tabulky 8. Poněvadž v závislosti na vozidle se přibližně za 14 dobití/dní vyčerpají předplacené kWh, poplatek za odběr jedné kilowatthodiny tak činí 3,50 Kč a stejně tak cena jedné předplacené kWh.

$$C_{\text{ČEZ}}^E = 3,50 \text{ Kč/kWh}$$

$C_{\text{ČEZ}}^E$  ... cena elektrické energie u veřejných dobíjecích stanic ČEZ

### 5.1.2 Provozní náklady

Provozní náklady souvisejí přímo s provozem daného vozidla a závisejí na typu jeho pohonu. Spadají do nich náklady na pneumatiky, údržba, STK, platba za povinné a havarijní pojištění a v neposlední řadě silniční daň. Pro pozdější kalkulace je potřeba všechny nákladové položky, které budou níže popsány, sečíst podle vztahu (1) a získat tak celkové provozní náklady spojené s naftovým či elektrickým pohonem.

$$n_P = n_{PNEU} + n_{STK} + n_{DAŇ} + n_{POJ} + n_{ÚDRŽBA} \quad (1)$$

$n_P$  ... celkové provozní náklady (Kč/km)

#### 5.1.2.1 Pneumatiky

Z údajů od referenční společnosti vyplývá, že na svých vozech používá pneumatiky letní i zimní a v pravidelných zákonných intervalech je přezouvá. V minulosti byla snaha za náklady na návštěvu pneuservisu ušetřit zakoupením a používáním celoročního obutí, ale nájezdová životnost těchto pneumatik je na velmi nízké úrovni. Proto se společnost vrátila k běžnému modelu používání dvou sad pneumatik na jednom vozidle.

Obvykle se na užitková vozidla nazouvají pneumatiky o rozměrech 205/75 R16 nebo 215/65 R16, jejichž cena se za letní verzi značky Barum pohybuje v průměru na částce 2 373 Kč. U zimních pneumatik značky Hankook je průměrná cena nepatrně vyšší, a to 2 536 Kč za jeden kus. Jedna návštěva pneuservisu za účelem přezutí pneumatik a jejich vyvážení stojí 620 Kč.

Obě sady pneumatik na vozech společnosti vydrží tři sezony a pak je nutné zakoupit nové. Při výpočtu jednotkových nákladů je tedy nutné počítat s osmi kusy pneumatik a šesti návštěvami pneuservisu na přezutí a vyvážení po dobu tří let.

Jednotkové náklady související se spotřebou pneumatik získáme ze vztahu (2).

$$n_{PNEU} = \frac{(8 * C_{PNEU}) + (6 * C_{SERVIS})}{3 * L} \quad (2)$$

$n_{PNEU}$  .... jednotkové náklady na pneumatiky (Kč/km)

$C_{PNEU}$  .... cena jedné pneumatiky (Kč)

$C_{SERVIS}$  .. cena přezutí a vyvážení pneumatik (Kč)

$L$  ..... roční nájezd vozidla (km)

### 5.1.2.2 STK

Mezi další položky provozních nákladů patří technická kontrola vozidla. Pravděpodobně po úhradě povinného ručení se technická kontrola řadí mezi nejdůležitější povinnosti majitele vozu.

Na technické kontrole se mimo samotného technického stavu vozidla měří i emise výfukových zplodin a dělá se evidenční kontrola výrobních čísel a technického průkazu, která je součástí ceny za technickou kontrolu. Přepočet těchto nákladů na ujetý kilometr je vyjádřen vztahem (3).

$$n_{STK} = \frac{(C_{TK} + C_{EMISE}) * 2}{6 * L} \quad (3)$$

$n_{STK}$  ..... jednotkové náklady na STK (Kč/km)

$C_{TK}$  ..... cena technické kontroly (Kč)

$C_{EMISE}$  ... cena za měření emisí (Kč)

$L$  ..... roční nájezd vozidla (km)

V případě nových vozů je povinnost navštívit STK až za čtyři roky a od této lhůty je standardní doba pro opakování návštěvy 2 roky. V případě vzorové dopravní společnosti, která obměňuje vozový park po šesti letech, se tedy jedná o dvě návštěvy. Proto je ve vztahu (3) pro výpočet jednotkových nákladů cena STK vynásobena dvěma a podělena průměrným nájezdem za šest let.

Majitel firmy, která poskytla data pro účel této práce, jezdí s vozy na STK do společnosti ČSAD POLKOST, spol. s r.o., kde technická kontrola pro vozy kategorie N1 stojí 850 Kč a cena za změření emisí pro stejnou kategorii vozidel je stanovena na 800 Kč, ovšem ty pouze u vozidel se spalovacím motorem.

### 5.1.2.3 Silniční daň

Silniční daň je další nákladová položka, kde je rozdíl mezi vozy se spalovacím motorem a vozy na alternativní paliva. Mimo jiné dle zákona č. 16/1993 Sb., o dani silniční, jsou vlastníci vozidel na elektrický pohon, používaných k podnikání, osvobozeni.

Předmětem této daně jsou všechna vozidla používaná k podnikání. Poplatníkem a plátcem je majitel vozidla zapsaný v technickém průkazu. Sazba daně se u užitkových vozidel stanovuje z celkové hmotnosti vozidla a počtu náprav. Jelikož se sazba v čase mění, je i důležité, v jakém roce bylo vozidlo poprvé přihlášeno k provozu. Výši daně, se kterou budu v této práci pracovat, jsem stanovil z průměru daní pro vozidla přihlášená do provozu v letech

2015-2021. Bude tak vystihovat věkový mix vozidel ve společnosti a je pro aktuální období ve výši 2 160 Kč [65].

$$C_{DA\check{N}} = 2\,160 \text{ Kč}$$

Hodnotu jednotkových nákladů získáme ze vztahu (4) podílem výše daně s ročním nájездem vozidla.

$$n_{DA\check{N}} = \frac{C_{DA\check{N}}}{L} \quad (4)$$

$n_{DA\check{N}}$  ..... jednotkové náklady na silniční daň (Kč/km)

$L$  ..... roční nájезд vozidla (km)

#### 5.1.2.4 Pojistka

V rovině pojištění odpovědnosti z provozu vozidla fakticky nejsou rozdíly, zda je vozidlo pro soukromé účely nebo pro podnikání. Povinnost zřídit si pojištění odpovědnosti upravuje zákon č. 168/1999 Sb. Havarijní pojištění slouží ke krytí škody vzniklé na vozidle provozovatele a je oproti pojištění odpovědnosti dobrovolné.

Havarijní pojištění je na rozdíl od povinného ručení nepovinné a kryje škody vzniklé na vašem vozidle. Pokud se jedná o vozidlo firemní, se kterým jezdí zaměstnanec, popřípadě zaměstnanci, je lepší mít havarijní pojištění sjednané. To znamená, že při dopravní nehodě uhradí škodu příslušná pojišťovna a zaměstnanec bude zatížen jen úhradou spoluúčasti, obvykle stanovenou na částku 5 000 Kč.

V případě vozidel na elektrický pohon je velmi nízké pojištění odpovědnosti vypočítávaného z objemu spalovacího motoru, který elektromobil nemá a je tak obvykle kalkulováno z nejnižší možné sazby. Tuto výhodu dorovná a převýší havarijní pojištění, které je u elektromobilů vysoké z důvodu vysokých pořizovacích cen vozidel. Výše poplatků za pojistky u vozidel se spalovacím motorem jsou získané od vzorové společnosti. Ceny pojistek vozidel na elektrický pohon byly získány z online formuláře na webu ČSOB pro dosažení relevantních údajů. Kilometrový náklad na pojistky získáme ze vztahu (5).

$$n_{POJ} = \frac{C_{RU\check{C}} + C_{HAV}}{L} \quad (5)$$

$n_{POJ}$  ..... jednotkové náklady na pojištění vozidla (Kč/km)

$C_{RU\check{C}}$  ..... cena povinného ručení (Kč)

$C_{HAV}$  ..... cena havarijního pojištění (Kč)

$L$  ..... roční nájезд vozidla (km)

### 5.1.2.5 Údržba

Mezi náklady na údržbu lze řadit obecně všechny provozní náplně nebo součástky běžné spotřeby a další nezbytnosti. Nejběžnější položkou je motorový olej, brzdové obložení, náplně do ostřikovačů, ramínka stěračů a nakonec náklady na mytí vozidel, která mají být dle standardů společnosti navenek čistá, aby dobře reprezentovala kurýrní společnost.

Olej a jeho včasná výměna patří mezi jednu z nejdůležitějších položek u vozidel se spalovacím motorem, kterou se z dlouhodobého hlediska nevyplácí opomíjet. Běžná životnost motorového oleje u vozidel s naftovým pohonem je nájezd 20 000 km, přičemž stejnou životnost vykazuje i filtr motorového oleje, který se mění vždy současně. Pro výpočet jednotkových nákladů je tedy nutné, jak ukazuje vztah (6), podělit celkový nájezd na jednu náplň cenou oleje, cenou filtru a samozřejmě náklady na výměnu.

$$n_{OLEJ} = \frac{C_{OLEJ} + C_{FILTR} + C_{SERVIS}}{L_{OLEJ}} \quad (6)$$

$n_{OLEJ}$  ..... jednotková náklady na motorový olej (Kč/km)

$C_{OLEJ}$  ..... cena jedné olejové náplně (Kč)

$C_{FILTR}$  ... cena olejového filtru (Kč)

$C_{SERVIS}$  .. cena výměny oleje (Kč)

$L_{OLEJ}$  ..... životnost olejové náplně (km)

Pořízení nebo výměnu zbylých položek nelze přesně plánovat či dokonce předvídat. Záleží na mnoha okolnostech, jako je počasí nebo řidič samotný. Z interních podkladů referenční dopravní společnosti nicméně plyne celková spotřeba na jedno vozidlo ročně v průměrné výši:

$$C_{SPOTŘEBA} = 8\,800 \text{ Kč}$$

Konkrétně se jedná o náklady na mytí vozidel, brzdové obložení, náplně do ostřikovačů nebo na pořízení ramínek stěračů. A jednotkové náklady na jeden ujetý kilometr získáme ze vztahu (7) podílem celkové částky na vozidlo a ročním nájezdem vozidla.

$$n_{SPOTŘEBA} = \frac{C_{SPOTŘEBA}}{L} \quad (7)$$

$n_{SPOTŘEBA}$  ... jednotková náklady za pořízení spotřebního materiálu (Kč/km)

$C_{SPOTŘEBA}$  ..... průměrná roční spotřeba na jedno vozidlo (Kč/rok)

$L$  ..... roční nájezd vozidla (km)



Náklady na celkovou údržbu je tedy možné vyjádřit vztahem (8) jako součet výše uvedených položek.

$$n_{\text{ÚDRŽBA}} = n_{\text{OLEJ}} + n_{\text{SPOTŘEBA}} \quad (8)$$

$N_{\text{ÚDRŽBA}}$  .... jednotková náklady na celkovou údržbu vozidla (Kč/km)

### 5.1.3 Odpisy

Další položkou potřebnou pro výpočet ekonomické efektivity je odpisová cena vozidla. Tato veličina představuje skutečné náklady společnosti způsobené opotřebením vozidla. V obvyklých nákladových kalkulacích tuto roli plní oprávkami jako souhrn všech uplatněných odpisů.

Vzhledem k běžné praxi společnosti po uplynutí 6 let provozu vozy odprodávat, je však část opravek kompenzována inkasovanou cenou za tento prodej. Protože se dá předpokládat jiná prodejní cena opotřebeného vozidla s běžným a s elektrickým pohonem, je vhodné tento faktor v propočtech zohlednit. Proto je místo opravek použita tzv. odpisová cena, čímž rozumíme rozdíl mezi pořizovací cenou, která se rovná oprávkám, a příjmem z prodeje vozidla.

Pokud uvažujeme odpisovou cenu vozidla se spalovacím motorem, je její zjišťování z důvodu letitého působení referenční společnosti na trhu poměrně snadné. Z interních dat společnosti vyplývá, že prodejní ceny vozidel po 6 letech jsou na úrovni 25 – 31 % původních pořizovacích cen. Obdobných dat docílíme analýzou cen již existujícího a velmi rozvinutého sekundárního trhu.

Například na serveru Sauto.cz lze běžně nalézt vozidlo Mercedes-Benz Sprinter přibližného stáří a stavu tachometru, při kterém i referenční společnost své vozy odprodává, za cenu 349 000 Kč [66]. Při pořizovací ceně 992 200 Kč (tabulka 13) a přičtení přibližně 200 000 Kč za příplatkovou výbavu, kterou disponují i modely na Sauto.cz, získáme tak hodnotu prodejní ceny na úrovni 29,2 % z celkové pořizovací ceny. Lze tedy konstatovat a kalkulovat s průměrnou prodejní cenou vozidel N1 se spalovacím motorem na hodnotě 28 % z původní pořizovací ceny.

U vozidel na elektrický pohon je situace zcela opačná, obzvláště u vozidel kategorie N1, kde prakticky sekundární trh neexistuje. Elektrovozidla se v této kategorii po dobu 6 let fakticky nevyrábí a pokud ano, tak v objemech prodeje a provedeních, která se pro tento odhad cen nehodí. Pro pokračování této práce bylo nutné se rozhodnout, zda do matematické kalkulace zahrnout pouze pořizovací cenu nebo se co nejpřesněji pokusit odhadnout budoucí zůstatkovou cenu uvažovaných elektrovozidel, a tím získat skutečnou odpisovou cenu.

Rozhodl jsem se tedy pro druhou možnost a co nejpřesněji odhadnout budoucí zůstatkovou cenu.

Situace v blízkém segmentu osobních vozidel může být vhodným příkladem, kde vozidel s elektrickým pohonem na sekundárním trhu je už dostatek a ukazují se rozdílné ceny mezi těmito vozidly a vozidly se spalovacím pohonem. Jsem tedy přesvědčen, že odhad prodejní ceny podá reálnější výsledek, než zahrnutí jen pořizovacích cen.

Jediný sekundární trh vozidel na elektrický pohon je v kategorii osobních vozů. Například osobní vůz Tesla model S P85D se po šesti letech se stavem tachometru 144 000 km prodává za cenu 1 190 000 Kč [68] při jeho původní pořizovací ceně okolo 2 980 000 Kč [69] včetně středně velké výbavy. Nebo elektrický ekvivalent VW Golf se na Sauto.cz s nájazdem 100tis km a rokem výroby 2015 prodává obvykle za cenu 329 900 Kč [70]. Nový e-Golf se jako nový s obvyklou výbavou, kterou musíme připočíst, protože ty bazarové modely jí disponují taktéž, prodával za 1 200 000 Kč [71]. U modelu S od společnosti Tesla je po šesti letech a poměrně vysokém kilometrovém nájazdu prodejní cena na hodnotě 39,9 % oproti původní pořizovací a u e-Golfu na 27,5 %. Je tedy zřejmý velký rozptyl, který obvykle přirozeně určuje trh, ve smyslu oblíbenosti daného modelu nebo jeho nedostatkivosti na sekundárním trhu.

U elektrovozidel je evidentní mírně pomalejší morální zastarání v průběhu času proti vozidlům se spalovacím pohonem. Nejčastější obavy kupujících se vztahují na životnost baterií, na které například společnost Mercedes-Benz dává záruku u svých vozidel kategorie N1, 8 let resp. na ujetí prvních 160 000 km [67]. Vzhledem k faktu, že většina prodávaných vozidel jako celek má záruku 2 respektive 5 let, je dle mého tato záruka zcela dostatečná i pro bezstarostný provoz ve firemní flotile. Průměrná procentuální hodnota prodejních cen elektrických vozidel popsaných výše je tedy 33,7 % z pořizovacích nákladů na nová vozidla. Tuto hodnotu tedy použiji v následujících kalkulacích pro výpočet prodejních cen elektrických užitkových vozidel porovnávaných v této práci.

#### **5.1.3.1 Dotace**

Dotace na pořízení jsou ve světě poměrně častou formou státní podpory elektromobility. Dotace na pořízení výrazně ovlivní faktickou pořizovací cenu vozidla a prostřednictvím odpisů i provozní náklady. Proto je vhodné v případě využití dotace do výpočtů zahrnout její vliv.

Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky dne 2.12.2019 vyhlásilo už pátou výzvu programu „Nízkouhlíkové technologie – Elektromobilita“ OP PIK 2014 až 2020. Cílem tohoto programu je podpora konkurenceschopnosti podniků a udržitelnost za pomoci zavádění inovativních technologií v oblasti elektromobility. Hlavně se jedná o efektivnější a spolehlivější

využití nízkouhlíkových technologií. Výstupem projektů je zvýšení inovačního potenciálu ČR rozšířením dobíjecí infrastruktury a zvýšení počtu elektromobilů v provozu.

Plánovaná alokace byla původně pro rok 2020 zamýšlena na částku 50 mil. Kč, ale pro velký zájem a nedočerpání alokace z předchozí výzev byla částka později navýšena na 150 mil. Kč.

Jeden ekonomický subjekt může v rámci této výzvy podat maximálně 10 žádostí o podporu. Mimo to musí být projekt realizován či provozován na území ČR, kromě NUTS 2 Praha, která je z dotačního programu vyjmuta. Rozhodující pro posouzení přijatelnosti není sídlo žadatele, ale skutečné místo realizace projektu, tedy reálné místo dopadu z hlediska přínosů do příslušného regionu. Dále je příjemce povinen zachovat v případě malého a středního podniku investici po dobu tří let.

Míra podpory u osobních vozidel kategorie L, M2, M3, N1, N2 je 40 % pro malé podniky, 35 % pro střední podniky a 20 % pro velké podniky ze způsobilých výdajů projektu. Určujícím faktorem, zda je podnik malý a střední, je definováno v Příloze I. Nařízení Komise (EU) č. 651/2014.

Dotace se přiděluje pouze na nový vůz, resp. první osobou zapsanou v technickém průkazu musí být žadatel o dotaci a na poskytnutí dotace se vztahuje diseminační povinnost. Úspěšný žadatel musí na svůj elektromobil umístit nálepkou o velikosti A6, která dává na vědomí, že nákup vozidla byl spolufinancován z fondů EU a dále o projektu musí informovat např. na webu firmy [72].

Referenční společnost, která poskytla potřebná data pro tuto práci, realizuje svou činnost hlavně na území hlavního města Prahy a byla by tak z tohoto dotačního programu vyloučena. Nicméně přesto v některých matematických kalkulacích ekonomické efektivity provedu i výpočty vycházející z předpokladu získání plné výše dotace pro malé podniky v hodnotě 40 % z pořizovací ceny elektrovozidla. To z důvodu názorné ukázky, jak do rozhodovacího procesu pořízení elektrovozidla a hodnocení ekonomické výhodnosti může případná dotace zasáhnout a nastítnit výhodnost či nevýhodnost přidělování dotací pro rozvoj elektromobility.

## **5.2 Metodika výpočtu nákladů v dopravě**

V předchozí kapitole jsou podrobně popsány hodnoty cen paliv a energií, jednotlivé položky provozních nákladů a odpisové ceny vozidel. Jedná se tak o jednotlivé položky potřebné pro správné dosazení do vzorců pro výpočet ekonomické efektivity, které jsou níže podrobně popsány.

V prvé řadě nás při výpočtu ekonomické efektivity musí zajímat celkové jednotkové náklady na provoz vozidla s daným druhem pohonu. Ty získáme jednoduchým dosazením příslušných hodnot do vztahů (9) a (10) [73], [74].

$$n_D = C_D * S_D + n_P^D + \frac{N_{ODP}^D}{T_{\check{z}}^D * L_D} \quad (9)$$

$$n_E = C_E * S_E + n_P^E + \frac{N_{ODP}^E}{T_{\check{z}}^E * L_E} \quad (10)$$

- $n_D$  ..... jednotkové náklady provozu vozidla s naftovým pohonem (Kč/km)
- $n_E$  ..... jednotkové náklady provozu vozidla s elektrickým pohonem (Kč/km)
- $C_D$  ..... cena nafty (Kč/l)
- $S_D$  ..... spotřeba nafty (l/km)
- $n_P^D$  ..... provozní náklady spojené s naftovým pohonem (Kč/km)
- $n_{ODP}^D$  .. odpisovaná cena vozidla na naftový pohon (Kč/vůz)
- $T_{\check{z}}^D$  ..... doba životnosti (doba provozu) naftového vozidla (roky/vůz)
- $L_D$  ..... nájezd naftového vozidla (km/rok)
- $C_E$  ..... cena elektrické energie (Kč/kWh)
- $S_E$  ..... spotřeba elektrické energie (kWh/km)
- $n_P^E$  ..... provozní náklady spojené s elektrickým pohonem (Kč/km)
- $n_{ODP}^E$  .. odpisovaná cena vozidla na elektrický pohon (Kč/vůz)
- $T_{\check{z}}^E$  ..... doba životnosti (doba provozu) elektrického vozidla (roky/vůz)
- $L_E$  ..... nájezd elektrického vozidla (km/rok)

Z celkových jednotkových nákladů lze získat prostřednictvím vztahu (11) celkovou finanční ztrátu či zisk za dobu používání vozidla na alternativní pohon.

$$n_{CELK} = (n_D - n_E) * L * T_{\check{z}} \quad (11)$$

- $n_D$  ... jednotkové náklady provozu vozidla s naftovým pohonem (Kč/km)
- $n_E$  ... jednotkové náklady provozu vozidla s elektrickým pohonem (Kč/km)
- $L$  ..... nájezd vozidla (km/rok)
- $T_{\check{z}}$  .... doba životnosti (doba provozu) vozidla (roky/vůz)

Aby bylo možné provést výpočet ekonomické efektivity provozu vozidel s alternativním pohonem z pohledu cen paliv, je nutné vzorce ze vztahu (9) a (10) spojit do jednoho vztahu (12) a následně upravit do podoby vztahu (13) [73], [74].

$$C_D * S_D + n_P^D + \frac{N_{ODP}^D}{T_{\dot{z}}^D * L_D} = C_E * S_E + n_P^E + \frac{N_{ODP}^E}{T_{\dot{z}}^E * L_E} \quad (12)$$

$$C_D * S_D - C_E * S_E = n_P^E - n_P^D + \frac{N_{poř}^E}{T_{\dot{z}}^E * L_E} - \frac{N_{poř}^D}{T_{\dot{z}}^D * L_D} \quad (13)$$

Pro zjednodušení výpočtu lze zavést následující pojmy ze vztahu (14) a (15), pomocí kterých diferencujeme provozní náklady a odpisované ceny vozidel, vyjádřené v korunách za kilometr ze vztahu (13).

$$d_P = n_P^E - n_P^D \quad (14)$$

$$d_{ODP} = \frac{N_{poř}^E}{T_{\dot{z}}^E * L_E} - \frac{N_{poř}^D}{T_{\dot{z}}^D * L_D} \quad (15)$$

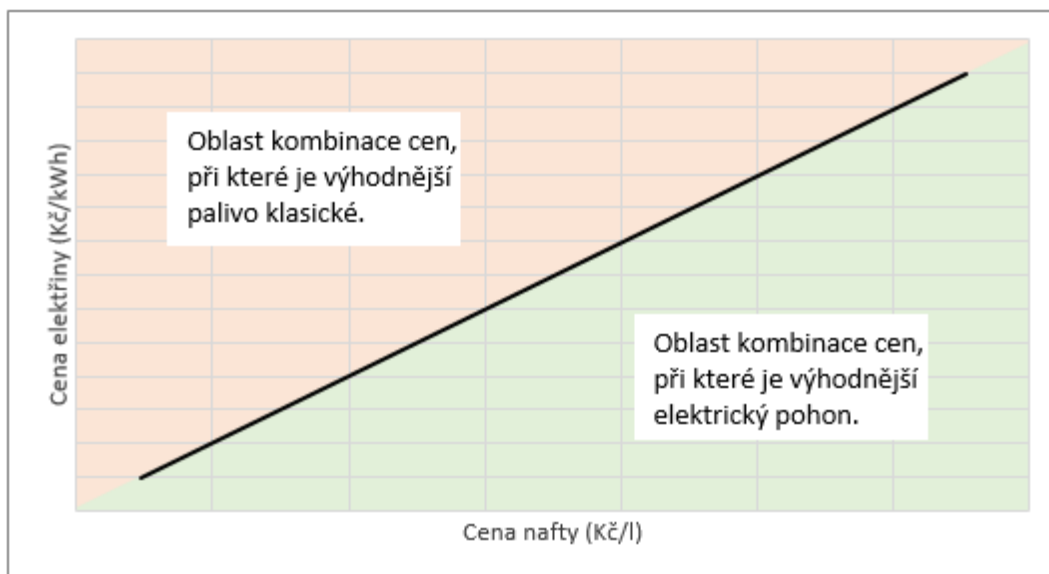
$d_P$  ..... diference provozních nákladů (Kč/km)

$d_{ODP}$  .. diference odpisovaných cen vozidel (Kč/km)

Výsledkem úprav je získání pojmu ze vztahu (16). Po dosažení příslušných hodnot, včetně aktuální či očekávané ceny motorové nafty, získáme cenu alternativního paliva, v tomto případě elektrické energie za kWh, pro něž bude platit, že se celkové náklady při použití alternativního paliva rovnají celkovým nákladům při použití motorové nafty [73], [74].

$$C_E = \frac{C_D * S_D - (d_P + d_{ODP})}{S_E} \quad (16)$$

Následně můžeme tyto kombinace cen paliv nebo energií, při kterých se celkové náklady na provoz rovnají, nazývat body zvratu a vynést je v grafu prostřednictvím přímky, jak vyplývá z obrázku 12. Tato přímka pak dělí oblast grafu na dvě oblasti, které určují výhodnost jednoho či druhého paliva z pohledu aktuálních cen posuzovaných paliv, jak jsou určeny dle kapitoly 5.1.1.



Obrázek 12 - Nákladové porovnání pro naftu a el. energii [autor], [73]

### 5.3 Porovnání výhodnosti vozidel podle variant dobíjení

V této kapitole je u porovnávání jednotlivých vozidel se spalovacím motorem a elektrickým pohonem uvažováno dobíjení vozidel v místě nočního parkování. Jak plyne z poskytnutých dat od vzorové společnosti, denní dopravní výkon vozidel nedosahuje dojezdu jednotlivých uvažovaných elektrických vozidel, a proto lze počítat s jedním dobíjením přes noc v době, kdy není vozidlo využíváno. Obvykle to bývá na odstavném parkovišti firmy nebo v místě bydliště řidičů, pokud s vozem jezdí domů.

#### 5.3.1 Porovnání výhodnosti vozidel při domácím dobíjení

Doba dobíjení běžného užitkového vozidla ze standardní domácí zásuvky při obvyklém osazení jističem 3 x 16 A nebo 3 x 25 A se pohybuje v řádu 7 – 11 hodin, jak již víme z tabulky 12. Tato doba je dostačující pro plné nabití, protože vozidla jsou téměř vždy nevyužita mezi 17. – 6. hodinou.

##### 5.3.1.1 Porovnání vozidel Mercedes-Benz Sprinter a Mercedes-Benz eSprinter

Do prvního porovnání jsem zvolil téměř identické vozy stejné značky a modelu, které se liší pouze v typu pohonné jednotky a některými technickými parametry, jak vyplývá z tabulek 13 a 17. Aby bylo vůbec možné co nejpřesněji určit jednotkové náklady na provoz naftového vozidla a vozidla na elektrický pohon, je nutné co nejpřesněji určit spotřebu a cenu jednotlivých nákladových položek. V následující tabulce 20 jsou tyto položky rozděleny do třech částí z pohledu nákladů na pohonné hmoty, provozní náklady a náklady spojené s odpisem vozidla.

Tabulka 20 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Mercedes Sprinter a eSprinter [autor]

	Mercedes Sprinter	Mercedes eSprinter
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>4,17 Kč/kWh</b>
Spotřeba PHM a el. energie	0,082 l/km	0,280 kWh/km
Pneumatiky	0,243 Kč/km	
STK	0,017 Kč/km	0,009 Kč/km
Silniční daň	0,068 Kč/km	0 Kč
Pojištění	1,299 Kč/km	1,396 Kč/km
Ostatní náklady	0,335 Kč/km	0,275 Kč/km
<b>Provozní náklady</b>	<b>1,962 Kč/km</b>	<b>1,923 Kč/km</b>
Pořizovací cena	992 200 Kč	1 913 615 Kč
Prodejní cena	265 000 Kč	644 888 Kč
<b>Odpisovaná cena</b>	<b>727 200 Kč</b>	<b>1 268 727 Kč</b>
<b>Doba životnosti</b>	<b>6 roků</b>	
<b>Dopravní výkon</b>	<b>32 000 km</b>	

Při výpočtu jednotkových nákladů provozu pomocí vztahu (9) a (10) získáme celkové náklady na jeden ujetý kilometr ve výši 8,18 Kč v případě vozidla se spalovacím motorem Mercedes-Benz Sprinter a hodnotu 9,70 Kč na jeden ujetý kilometr v případě elektrické verze vozidla stejného obchodního označení.

$$n_D = 8,18 \text{ Kč/km}$$

$$n_E = 9,70 \text{ Kč/km}$$

Při uvažovaném šestiletém užívání s ročním nájezdem 32 000 km tak činí celková ztráta ve vynaložených nákladech na provoz vozidla s elektrickým pohonem 292 405 Kč.

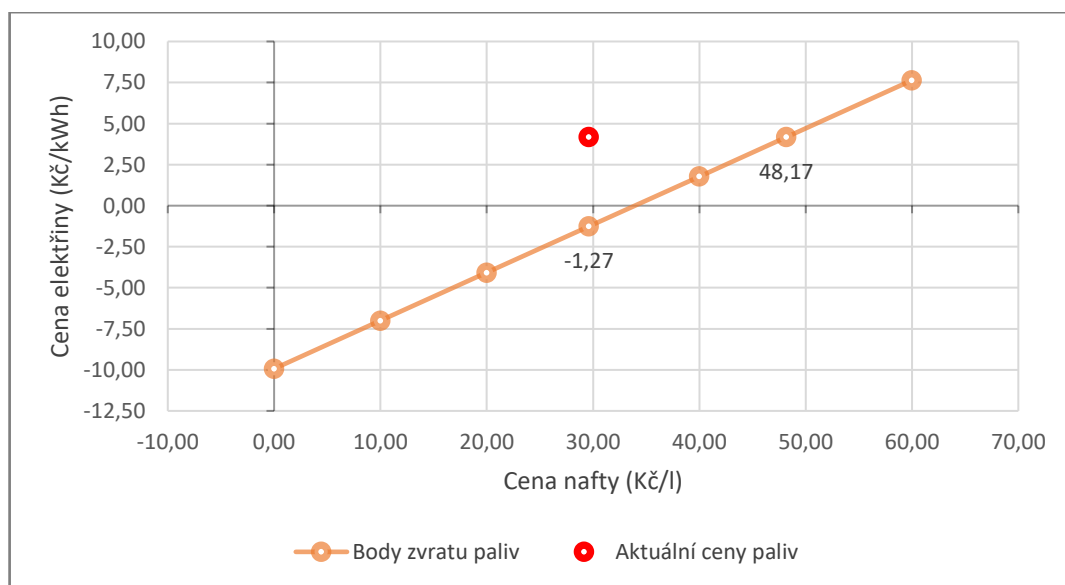
$$n_{CELK} = -292\,405 \text{ Kč}$$

Pokud dosadíme hodnoty z tabulky 20 do matematického vztahu (16) a zvolíme si ceny motorové nafty, získáme tak body zvratu pro konkrétní dva dopravní prostředky. Body zvratu nám poskytnou informaci, jaká má být cena kWh elektrické energie při zvolené ceně motorové nafty, aby se celkové náklady na provoz zvolených vozidel rovnaly.

Tabulka 21 - Vybrané body zvratu: Sprinter a eSprinter získaný bez dotace [autor]

Nafta	El. energie
0,00 Kč/l	-9,93 Kč/kWh
10,00 Kč/l	-7,01 Kč/kWh
20,00 Kč/l	-4,08 Kč/kWh
<b>29,60 Kč/l</b>	-1,27 Kč/kWh
40,00 Kč/l	1,78 Kč/kWh
48,17 Kč/l	<b>4,17 Kč/kWh</b>
60,00 Kč/l	7,64 Kč/kWh

Z tabulky 21 vyplývá, že pokud je průměrná cena motorové nafty za poslední dva roky 29,60 Kč/l a chtěli bychom docílit stejných celkových nákladů na provoz u obou Mercedesů, musela by cena jedné kWh elektřiny být na hodnotě -1,27 Kč. Z opačného úhlu pohledu při současné ceně 4,17 Kč/kWh, za kterou poskytuje společnost ČEZ elektrickou energii pro koncové zákazníky, by se celkové náklady na provoz obou vozů rovnaly při ceně 48,17 Kč/l motorové nafty.



Graf 1 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Sprinter a eSprinter) [autor]

Pro lepší pochopení jsou jednotlivé body zvratu z tabulky 21 vyneseny do přímky v nákladovém porovnání grafu 1. Aktuální cenu paliva a elektrické energie 29,60 Kč/l a 4,17 Kč/kWh reprezentuje v grafu červený bod. V tomto konkrétním případě porovnání obou vozidel, zakoupených za plné maloobchodní ceny, je bod reprezentující aktuální ceny umístěn v oblasti cen, při kterých je výhodnější palivo klasické. Je tedy v tomto porovnání zřejmá výhodnost vozidla se spalovacím motorem.



### 5.3.1.2 Porovnání vozidel Renault Master a Renault Master Z.E.

V pořadí u druhého porovnání se, stejně jako v předchozím kapitole, jedná o téměř identické vozy. První je Renault Master, druhé nejzastoupenější vozidlo u vzorové společnosti a jako druhé v porovnání je elektrický ekvivalent Renault Master Z.E. Rozdíly mezi vozidly jsou prakticky minimální, jak plyne z tabulek technických specifikací 14 a 19. V tabulce 22 jsou pro oba porovnávané vozy potřebné nákladové položky. Provozní náklady jsou kromě položek pojištění prakticky neměnné, ale mění se samozřejmě spotřeba PHM, elektrické energie a samozřejmě i odpisová cena. Tabulka na první pohled může slibovat zajímavý výsledek pro vysokou spotřebu motorové nafty a nízkou spotřebu elektrické energie.

Tabulka 22 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Renault Master a Master Z.E. [autor]

	Renault Master	Renault Master Z.E.
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>4,17 Kč/kWh</b>
Spotřeba PHM a el. energie	0,086 l/km	0,192 kWh/km
Pneumatiky	0,243 Kč/km	
STK	0,017 Kč/km	0,009 Kč/km
Silniční daň	0,068 Kč/km	0 Kč
Pojištění	0,909 Kč/km	1,171 Kč/km
Ostatní náklady	0,335 Kč/km	0,275 Kč/km
<b>Provozní náklady</b>	<b>1,572 Kč/km</b>	<b>1,698 Kč/km</b>
Požizovací cena	962 555 Kč	1 827 100 Kč
Prodejní cena	255 000 Kč	615 733 Kč
<b>Odpisovaná cena</b>	<b>707 555 Kč</b>	<b>1 211 367 Kč</b>
Odpisovaná cena (dotace 40%)		480 527 Kč
<b>Doba životnosti</b>	<b>6 roků</b>	
<b>Dopravní výkon</b>	<b>32 000 km</b>	

Pro výpočet jednotkových celkových nákladů  $n_D$  a  $n_E$  je použit vztah (9) a (10). Už tyto výsledky ukazují, že vysoká spotřeba motorové nafty a nízká spotřeba energie není jediným výrazným prvkem. Rozdíl v celkových jednotkových nákladech je více než jedna koruna ve prospěch vozidla na motorovou naftu.

$$n_D = 7,80 \text{ Kč/km}$$

$$n_E = 8,81 \text{ Kč/km}$$

Pokud uvažujeme o životnosti vozidla u společnosti 6 let, je celková ztráta na pořízení a provoz vozidla s elektrickým pohonem Master Z.E. 193 116 Kč. Velmi příznivý poměr spotřeby nedokáže kompenzovat vysoký nepoměr v pořizovacích cenách obou vozidel s rozdílným pohonem.

$$n_{CELK} = -193\,116 \text{ Kč}$$

Pokud by dopravce měl nárok a splňoval všechny aspekty pro získání maximální možné výše dotace 40 % na pořízení vozidla s alternativním pohonem, byly by jednotkové provozní náklady výrazně na straně Masteru Z.E. Nákladově by se cena na jeden ujetý kilometr snížila z 8,81 Kč na 5,00 Kč. Na kompenzaci ztráty na pořízení a provoz elektrického vozidla by v tomto případě stačila dotace ve výši 10,6 %.

$$n_D = 7,80 \text{ Kč/km}$$

$$n_E = 5,00 \text{ Kč/km}$$

Při zvolení cen motorové nafty, které dosadíme do matematického vztahu (16), získáme body zvratu. Ty jsou znázorněny v tabulce 23 a poskytnou přehledně informaci, při jakých cenách elektrické energie a motorové nafty by se náklady na provoz vozidel rovnaly.

**Tabulka 23 - Vybrané body zvratu: Master a Master Z.E. získaný bez dotace [autor]**

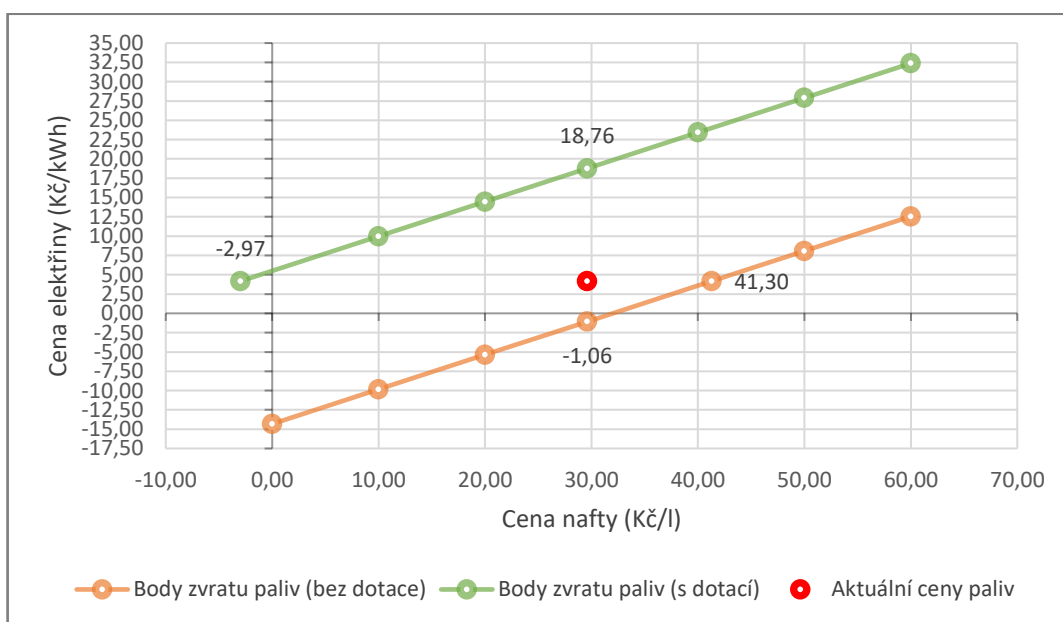
Nafta	El. energie
0,00 Kč/l	-14,32 Kč/kWh
10,00 Kč/l	-9,84 Kč/kWh
20,00 Kč/l	-5,36 Kč/kWh
<b>29,60 Kč/l</b>	-1,06 Kč/kWh
41,30 Kč/l	<b>4,17 Kč/kWh</b>
50,00 Kč/l	8,07 Kč/kWh
60,00 Kč/l	12,55 Kč/kWh

Spotřeba elektrické verze Masteru je velmi příznivá, ale to stejné nelze napsat o pořizovací ceně tohoto vozidla. Proto je možné vyčíst z tabulky 23, že při ceně motorové nafty 29,60 Kč/l by se celkové náklady na provoz rovnaly na hodnotě elektrické energie -1,06 Kč/kWh. Nejenže je tato hodnota o 5,23 Kč nižší, než za kterou letos distribuuje společnost ČEZ energii domácnostem při dvouletém úvazku, ale je hlavně záporná. Situace v tomto případě je tedy obdobná jako v přechozí kapitole s Mercedesy a nepomohla ani velmi příznivá spotřeba elektrického Masteru. Při výše uvažovaném získání maximální hodnoty dotace 40 %, by se dle tabulky 24 celkové náklady na provoz u elektrovozidla výrazně snížily. U současné ceny elektrické energie pro domácnosti je bod zvratu pro motorovou naftu výrazně v záporných hodnotách.

Tabulka 24 - Vybrané body zvratu: Master a Master Z.E. získaný s dotací [autor]

Nafta	El. energie
-2,97 Kč/l	<b>4,17 Kč/kWh</b>
10,00 Kč/l	9,98 Kč/kWh
20,00 Kč/l	14,46 Kč/kWh
<b>29,60 Kč/l</b>	<b>18,76 Kč/kWh</b>
40,00 Kč/l	23,42 Kč/kWh
50,00 Kč/l	27,90 Kč/kWh
60,00 Kč/l	32,38 Kč/kWh

Body zvratu z tabulek 23 a 24 vyneseny do přímek grafu 2 jasně potvrzují již napsané v této kapitole. V případě získání maximální výše dotace na pořízení nového Renaultu Master Z.E. je bod kombinující současnou hodnotu elektrické energie a motorové nafty hluboko v oblasti výhodnosti provozu vozidla na elektrický pohon. V případě nedotovaného vozidla je jen nepatrně ve výhodě motorová nafta.



Graf 2 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Master a Master Z.E.) [autor]

### 5.3.1.3 Porovnání vozidel Ford Transit a Volkswagen e-Crafter

Poslední srovnání v této kapitole slibuje nejzajímavější získané výsledky. Užitkové vozidlo Ford Transit je ve vzorové společnosti ve dvou exemplářích a celkově je to rozšířené vozidlo na našich silnicích, proto by zde nemělo chybět. Ze všech provozovaných vozidel je co do pořizovacích nákladů nejdražší. Proti Fordu bude v porovnání Volkswagen e-Crafter, který má z uvažovaných elektrovozidel poměrně nízkou spotřebu energie a je ze všech

zmiňovaných vozidel s elektrickým pohonem nejlevnější. V tabulce 25 jsou stejně jako v přechozích kapitolách veškerá potřebná data pro příslušné kalkulace.

**Tabulka 25 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Ford Transit a VW e-Crafter [autor]**

	<b>Ford Transit</b>	<b>VW e-Crafter</b>
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>4,17 Kč/kWh</b>
Spotřeba PHM a el. energie	0,084 l/km	0,202 kWh/km
Pneumatiky	0,243 Kč/km	
STK	0,017 Kč/km	0,009 Kč/km
Silniční daň	0,068 Kč/km	0 Kč
Pojištění	0,880 Kč/km	1,149 Kč/km
Ostatní náklady	0,335 Kč/km	0,275 Kč/km
<b>Provozní náklady</b>	<b>1,543 Kč/km</b>	<b>1,676 Kč/km</b>
Pořizovací cena	1 021 428 Kč	1 556 643 Kč
Prodejní cena	240 000 Kč	524 589 Kč
<b>Odpisovaná cena</b>	<b>781 428 Kč</b>	<b>1 032 054 Kč</b>
<b>Doba životnosti</b>	<b>6 roků</b>	
<b>Dopravní výkon</b>	<b>32 000 km</b>	

Při dosazení potřebných hodnot do příslušných vztahů získáme celkové jednotkové náklady na provoz porovnávaných vozidel. V tomto konkrétním případě kvůli menšímu rozdílu pořizovacích cen jsou i bez dotace celkové náklady na provoz vozidla s elektrickým pohonem nižší než u vozidla se spalovacím motorem. U Fordu Transit vychází nákladově jeden ujetý kilometr na 8,10 Kč a v případě Volkswagenu je tato hodnota 7,89 Kč/km, tedy o celých 0,21 Kč/km méně.

$$n_D = 8,10 \text{ Kč/km}$$

$$n_E = 7,89 \text{ Kč/km}$$

Zvažujeme-li stejný počet let užívání se stejným dopravním výkonem jako v předešlých kapitolách, je celková nákladová úspora při provozování elektrického VW e-Crafter téměř 40 tisíc Kč.

$$n_{CELK} = 39\,346 \text{ Kč}$$

Z vybraných bodů zvratu v tabulce 26 je poměrně zřejmě docílena rovnost v celkových jednotkových nákladech, při například průměrné ceně motorové nafty 29,60 Kč za litr a ceně elektrické energie 5,19 Kč/kWh. Je to o více než 1 Kč vyšší hodnota, než za jakou je schopen

v domácích podmínkách energii odebírat běžný zákazník, avšak záleží na zvoleném tarifu. Pokud se na problematiku podíváme z opačného pohledu, tedy ceny elektrické energie, tak v případě porovnání těchto vozů je prostor pro levnější motorovou naftu. Při ceně 4,17 Kč/kWh si celkové náklady na provoz u porovnávaných vozů budou rovny u ceny 27,16 Kč za litr motorové nafty. Pod touto hodnotou byla cena motorové nafty v ČR podle ČSÚ naposledy v květnu 2016, kdy se prodávala průměrně za 26,91 Kč/l [63], pokud zanedbáme výrazný pokles cen pohonných hmot způsobený pandemií v letech 2020 a 2021.

**Tabulka 26 - Vybrané body zvratu: Transit a e-Crafter [autor]**

Nafta	El. energie
0,00 Kč/l	-7,12 Kč/kWh
10,00 Kč/l	-2,96 Kč/kWh
20,00 Kč/l	1,20 Kč/kWh
27,16 Kč/l	<b>4,17 Kč/kWh</b>
<b>29,60 Kč/l</b>	5,19 Kč/kWh
40,00 Kč/l	9,51 Kč/kWh
50,00 Kč/l	13,67 Kč/kWh

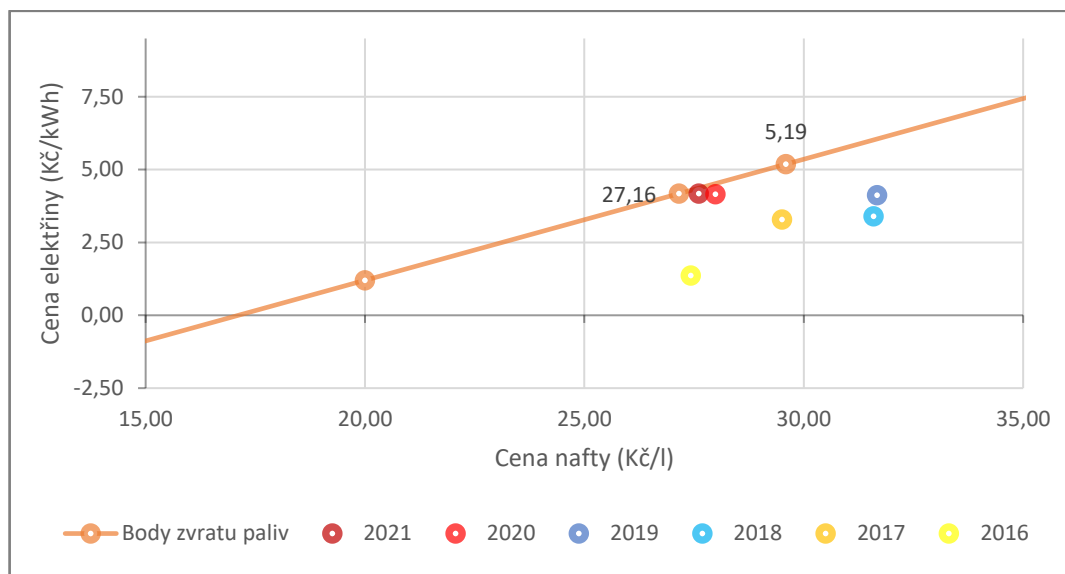
V této kapitole nebude v následujícím grafu použit bod aktuálních cen paliv, nýbrž celkem šest bodů reprezentujících ceny pohonných hmot či energií, a to za roky 2016 – 2021. V tabulce 27 je ve druhém sloupci zapsána průměrná cena motorové nafty dle statistik ČSÚ [63] pro každý rok a ve třetím sloupci ceny jednoho kilowattu odebrané elektrické energie od společnosti ČEZ [64]. Stejně jako u ostatních kapitol jsou ceny dle ceníku „elektřina na 2 roky“ v obchodní a distribuční sazbě Standard D02d, či jejich dřívějších ekvivalentů.

**Tabulka 27 - Ceny motorové nafty a el. energie 2016-2021 [autor]**

	Nafta	El. energie
<b>2021</b>	27,61 Kč/l	4,17 kWh
<b>2020</b>	27,99 Kč/l	4,15 kWh
<b>2019</b>	31,67 Kč/l	4,12 kWh
<b>2018</b>	31,60 Kč/l	3,39 kWh
<b>2017</b>	29,51 Kč/l	3,28 kWh
<b>2016</b>	27,43 Kč/l	1,36 kWh

Všechna data z tabulek 26 a 27 jsou vynesena v grafu 3. Z grafu jasně plyne, že při cenách paliv a energií za posledních šest let jsou pro porovnávaná vozidla všechny body v oblasti výhodnosti alternativního paliva. Cílem grafu 3 je nastínit výhodnost elektromobility v trendu vývoje cen motorové nafty a elektrické energie v průběhu let. Vývoj je pro posuzované alternativní palivo spíše negativní, protože ceny motorové nafty spíš stagnují a v průběhu

světové pandemie v letech 2020 – 2021 dokonce výrazně poklesly. Proti tomu ceny elektrické energie každoročně nepatrně rostou a proto se body v čase přibližují k přímce bodů zvratu, a tím se tedy výhodnost celkově snižuje.



Graf 3 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Transit a e-Crafter) [autor]

### 5.3.2 Porovnání výhodnosti vozidel při dobíjení u veřejných stanic

V následujících kapitolách porovnání vozidel se spalovacím motorem a elektrickým pohonem bude posuzováno dobíjení vozidel u veřejných dobíjecích stanic. Při pravidelném odebírání energie je výhodné disponovat uzavřenou smlouvou s jedním či více poskytovateli. Pro další kalkulace budu uvažovat o dobíjení u dobíjecích stanic společnosti ČEZ (kapitola 3.1) a (kapitola 5.1.1), protože její síť je se společnostmi PRE na území hlavního města Prahy nejrozšířenější. Na většině dobíjecích bodech v hlavním městě Praze, kde se nejčastěji pohybují vozidla referenční společnosti, jsou instalovány DC dobíjecí stanice pouze o výkonu 50 kW; to udává reálné dobíjení vozidla podle kapacity obsažených baterií v době od 40 – 55 minut. Tato doba je poměrně dlouhá oproti tankování běžných pohonných hmot, obzvláště v době, kdy má vozidlo vytvářet dopravní výkon, ale provozování vozidla zcela jiného konceptu s sebou jistě rozdíl logicky musí přinést. Proto bude jedním z aspektů pro úspěšné provozování vozidel na alternativní pohon ve firemní sféře nutná změna zaběhlých návyků a napříč celým odvětvím nalezení konsenzu pro vytvoření vhodných podmínek, obzvláště z pohledu dobíjení v době pracovní činnosti.

#### 5.3.2.1 Porovnání vozidel Mercedes-Benz Sprinter a Mercedes-Benz eSprinter

Při dobíjení u veřejných dobíjecích stanic jsem, stejně jako v přechodí kapitole zabývající se dobíjením v domácích podmínkách, zařadil nejrozšířenější model u vzorové společnosti

Mercedes-Benz Sprinter a jeho elektrický protějšek. U dobíjecích stanic ČEZ je cena za jednu odebranou kWh 3,50 Kč a dále cena za dobíjení 2,00 Kč/min. Cenu za dobíjení nemusíme do kalkulací zohledňovat, poněvadž se účtuje až po prvních 90 minutách a vzorové vozidlo eSprinter je na 50 kW DC stanici plně dobíto přibližně za 55 minut. Data v tabulce 28 se prakticky, kromě ceny odebrané elektrické energie, neliší od tabulky 20 srovnávající stejná vozidla.

**Tabulka 28 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Mercedes Sprinter a eSprinter II. [autor]**

	<b>Mercedes Sprinter</b>	<b>Mercedes eSprinter</b>
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>3,50 Kč/kWh</b>
Spotřeba PHM a el. energie	0,082 l/km	0,280 kWh/km
Pneumatiky	0,243 Kč/km	
STK	0,017 Kč/km	0,009 Kč/km
Silniční daň	0,068 Kč/km	0 Kč
Pojištění	1,299 Kč/km	1,396 Kč/km
Ostatní náklady	0,335 Kč/km	0,275 Kč/km
<b>Provozní náklady</b>	<b>1,962 Kč/km</b>	<b>1,923 Kč/km</b>
Pořizovací cena	992 200 Kč	1 913 615 Kč
Prodejní cena	265 000 Kč	644 888 Kč
<b>Oepisovaná cena</b>	<b>727 200 Kč</b>	<b>1 268 727 Kč</b>
Oepisovaná cena (dotace 40%)		503 281 Kč
<b>Doba životnosti</b>	<b>6 roků</b>	
<b>Dopravní výkon</b>	<b>32 000 km</b>	

Výsledky jednotkových nákladů na provoz obou vozidel získáme ze vztahu (9) a (10). Náklad na jeden ujetý kilometr v případě vozidla se spalovacím motorem je 8,18 Kč/km, a to je oproti 9,51 Kč/km v případě elektrické verze Sprinteru výrazně méně. Už v tomto bodě je tedy zřejmá výhodnost vozidla se spalovacím motorem.

$$n_D = 8,18 \text{ Kč/km}$$

$$n_E = 9,51 \text{ Kč/km}$$

Pokud stále zvažujeme šestiletý provoz vozidel s celkovým dopravním výkonem 192 000 km, je celková ztráta v nákladech na provoz elektrické verze 256 176 Kč. Dnešní snahy pro rozšíření elektromobility často směřují ke kompenzaci ztrát vzniklých z provozu těchto vozů prostřednictvím dotace. V tomto konkrétním případě by ztrátu kompenzovala dotace ve výši 13,4 % z pořizovací ceny vozidla na elektrický pohon.

$$n_{CELK} = -256\,176 \text{ Kč}$$

Stejně jako v jedné z předchozích kapitol o domácím dobíjení i zde bude jedno porovnání, kde budou spočítány celkové náklady na provoz v případě získání maximální výše dotace 40 %, vypsané pro malé podniky v roce 2020. Tyto náklady jsou zahrnuty jen pro obecnou představu o posunu přímky bodů zvratu v grafu, pokud má dopravce nárok a získá příslušnou dotaci. U vozidla eSprinter by tato dotace jeho jednotkové rozdílové náklady za dobu provozu u společnosti snížila na 5,52 Kč/km, tedy výrazně pod hodnotu, za jakou lze provozovat stejné vozidlo se spalovacím pohonem.

$$n_D = 8,18 \text{ Kč/km}$$

$$n_E = 5,52 \text{ Kč/km}$$

**Tabulka 29 - Vybrané body zvratu: Sprinter a eSprinter získaný bez dotace II. [autor]**

Nafta	El. energie
0,00 Kč/l	-9,93 Kč/kWh
10,00 Kč/l	-7,01 Kč/kWh
20,00 Kč/l	-4,08 Kč/kWh
<b>29,60 Kč/l</b>	-1,27 Kč/kWh
45,87 Kč/l	<b>3,50 Kč/kWh</b>
50,00 Kč/l	4,71 Kč/kWh
60,00 Kč/l	7,64 Kč/kWh

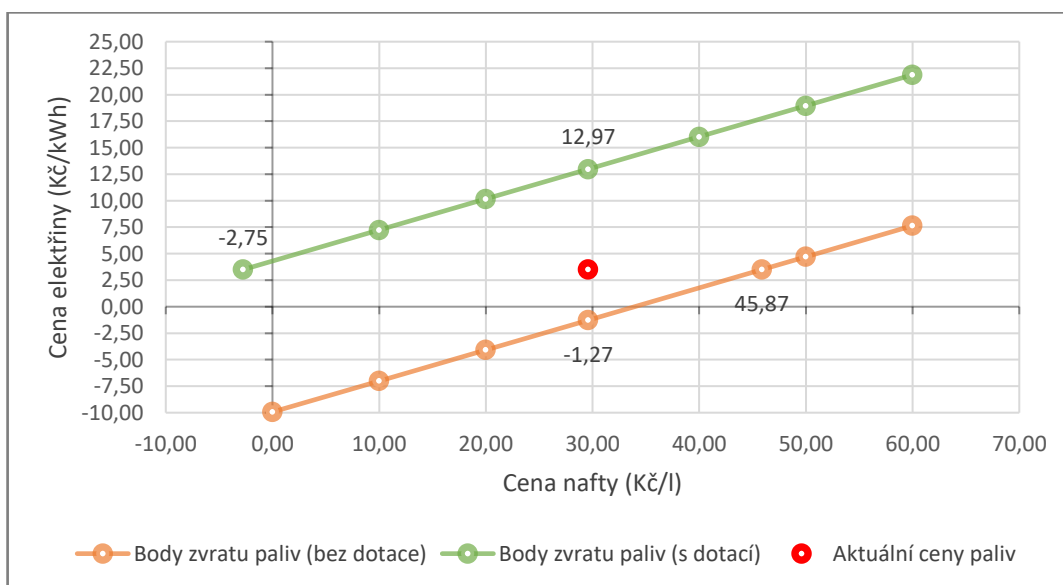
Po dosažení správných hodnot a náhodných cen motorové nafty do matematického vztahu (16), získáme ceny elektrické energie, při které se budou kilometrové náklady na provoz jednotlivých vozidel rovnat. Tyto body zvratu jsou obsaženy v tabulce 29 pro nedotované vozidlo s alternativním pohonem a v tabulce 30 pro vozidlo získané s dotací. V případě zakoupení vozidla bez dotace a dobíjení u veřejné stanice za 3,50 Kč/kWh, by náklady na provoz byly rovny s vozidlem Sprinter při ceně motorové nafty 45,87 Kč/l. Zakoupením vozidla při získané maximální výši dotace se samozřejmě hodnoty výrazně změní a porovnávané vozidlo s naftovým pohonem nemůže v celkových nákladech konkurovat. Pouze v případě, pokud by cena nafty byla v záporných číslech, což je samozřejmě nereálné.



Tabulka 30 - Vybrané body zvratu: Sprinter a eSprinter získané s dotací II. [autor]

Nafta	El. energie
-2,75 Kč/l	<b>3,50 Kč/kWh</b>
10,00 Kč/l	7,23 Kč/kWh
20,00 Kč/l	10,16 Kč/kWh
<b>29,60 Kč/l</b>	<b>12,97 Kč/kWh</b>
40,00 Kč/l	16,02 Kč/kWh
50,00 Kč/l	18,95 Kč/kWh
60,00 Kč/l	21,88 Kč/kWh

Data z tabulek 29 a 30 jsou přehledně vyobrazena v grafu 4 pro lepší pochopení souvislostí. Současnou cenu nafty 29,60 Kč/l a elektrické energie 3,50 Kč/kWh u veřejných stanic ČEZ reprezentuje v grafu červený bod. Je tak poměrně snadné z přímek v grafu odvodit hodnoty cen paliv, při kterých se celkové náklady na provoz budou rovnat. U motorové nafty za 29,60 Kč/l se v tomto konkrétním srovnání náklady rovnají při ceně -1,27 Kč/kWh u elektrického vozu zakoupeného bez dotace a 12,97 Kč/kWh u vozu získaného s dotací.



Graf 4 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Sprinter a eSprinter) II. [autor]

### 5.3.2.2 Porovnání vozidel Peugeot Boxer a Volkswagen e-Crafter

Vozidlo Peugeot Boxer je ve vzorové společnosti pouze jako jeden exemplář, ale přesto si v zájmu zahrnutí co nejširšího spektra kombinací vozidel porovnání zaslouží. Elektrická verze užitkového vozu Peugeot Boxer bude v prodeji v průběhu roku 2021 a dodnes nejsou známy bližší specifikace. Proto bude toto vozidlo se spalovacím motorem porovnáno s vozidlem

VW e-Crafter. Následující tabulka 31 obsahuje ceny pohonných hmot a energií potřebné pro tuto konkrétní kalkulaci, celkové provozní náklady a odpisy.

Tabulka 31 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Peugeot Boxer a VW e-Crafter [autor]

	Peugeot Boxer	VW e-Crafter
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>3,50 Kč/kWh</b>
Spotřeba PHM a el. energie	0,074 l/km	0,202 kWh/km
Pneumatiky	0,243 Kč/km	
STK	0,017 Kč/km	0,009 Kč/km
Silniční daň	0,068 Kč/km	0 Kč
Pojištění	0,869 Kč/km	1,149 Kč/km
Ostatní náklady	0,335 Kč/km	0,275 Kč/km
<b>Provozní náklady</b>	<b>1,532 Kč/km</b>	<b>1,676 Kč/km</b>
Požizovací cena	979 132 Kč	1 556 643 Kč
Prodejní cena	250 000 Kč	524 589 Kč
<b>Odpisovaná cena</b>	<b>729 132 Kč</b>	<b>1 032 054 Kč</b>
<b>Doba životnosti</b>	<b>6 roků</b>	
<b>Dopravní výkon</b>	<b>32 000 km</b>	

Jednotkové náklady na provoz získáme dosazením vstupních hodnot z tabulky 31 do matematických vztahu (9) a (10). V případě naftového vozidla Peugeot Boxer jsou náklady na jeden ujetý kilometr 7,52 Kč a u elektrické verze Volkswagenu Crafter jsou náklady blízko na hodnotě 7,76 Kč/km.

$$n_D = 7,52 \text{ Kč/km}$$

$$n_E = 7,76 \text{ Kč/km}$$

Prakticky stejné jednotkové náklady na provoz u obou porovnávaných vozidlech se odráží i v celkové ztrátě z provozu vozidla Peugeot Boxer ve výši 45 758 Kč za celkovou dobu investice. Jako v předešlých porovnáních bereme v úvahu šestiletý provoz vozidel s dopravním výkonem 32 000 km ročně.

$$n_{CELK} = -45 758 \text{ Kč}$$

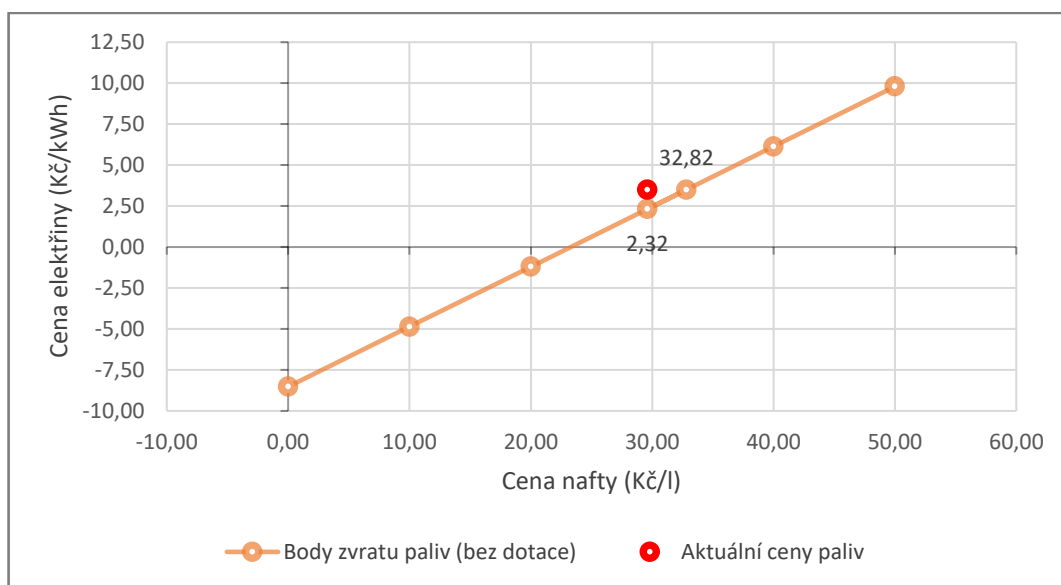
Ceny motorové nafty byly jako v přechozích kapitolách zvoleny tak, aby do dosazení do matematického vztahu (16) bylo možné vytvořit v následujícím grafu 5 souvislou přímku bodů zvratu. Současné ceny energií nebo průměrné ceny motorové nafty (kapitola 5.1.1) jsou v tabulce 32 zvýrazněny zeleným pozadím, včetně výše cen druhého paliva, při které se budou

celkové náklady na provoz rovnat. Tabulka 32 jasně znázorňuje vyrovnanost v nákladech na provoz obou vozidel, protože nákladové rovnosti by šlo docílit jen velmi malým pohybem cen PHM a energií, v řádu několika desítek haléřů až korun.

**Tabulka 32 - Vybrané body zvratu: Boxer a e-Crafter [autor]**

Nafta	El. energie
0,00 Kč/l	-8,52 Kč/kWh
10,00 Kč/l	-4,86 Kč/kWh
20,00 Kč/l	-1,20 Kč/kWh
32,82 Kč/l	<b>3,50 Kč/kWh</b>
<b>29,60 Kč/l</b>	2,32 Kč/kWh
40,00 Kč/l	6,13 Kč/kWh
50,00 Kč/l	9,79 Kč/kWh

Z grafu 5 je zřejmá vyrovnanost vozidel se spalovacím motorem a elektrickým pohonem. Při pohledu na oranžovou přímkou, reprezentující body zvratu v případě porovnání nedotovaného VW Crafter, je po zanesení červeného bodu vyjadřujícího současnou cenu paliv zřejmé, že je výhodnější vozidlo poháněné klasickým spalovacím motorem. Ale jak již naznačila tabulka 32, rozdíl není nikterak velký, a ne zcela nereálný pohyb cen paliv nebo elektrické energie by mohl nevýhodnost vozidla na alternativní pohon změnit.



**Graf 5 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Boxer a e-Crafter) [autor]**

## 5.4 Čistá současná hodnota investice

Výpočet čisté současné hodnoty patří mezi nejpoužívanější metody analýzy investic. Čistá současná hodnota investice bere v potaz hodnotu každého dílčího peněžního toku investice a tyto hodnoty se diskontují tak, aby výpočet odrážel časovou hodnotu peněžních toků. Při kladné hodnotě čisté současné hodnoty, tedy vyšší než 0, je investice přijatelná. Pokud je čistá současná hodnota investice menší než 0, je investice považována za nepřijatelnou. V takovém případě jsou investiční náklady vyšší než úspora plynoucí z investice [75].

Čistou současnou hodnotu investice vypočteme podle vztahu (17):

$$\check{S}HI = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - IN \quad (17)$$

$\check{S}HI$  .. současná hodnota cash flow

$CF_t$  ..... hodnota cash flow v daném roce

$k$  ..... diskontní sazba, neboli náklady na kapitál

$t$  ..... rok

$n$  ..... očekávaná životnost investice

$IN$  ..... investiční náklady

V této kapitole je vypočítána čistá současná hodnota investice pro Renault Master Z.E., Mercedes eSprinter a Volkswagen e-Crafter. Pro běžné výpočty současné hodnoty cash flow je nutné znát peněžní tok (příjem) z uvažované investice, jaký nám provoz vozidla na elektrický pohon přinese a investiční náklady.

V případě hodnocení ekonomické efektivnosti přechodu na elektromobilitu je na místě investičních nákladů použít rozdíl z pořizovacích cen dvojice porovnávaných vozidel, tedy vozidla na elektrický pohon a vozidla se spalovacím motorem. Cash flow (příjmy) zde představuje roční úspora, kterou elektromobil poskytne z provozních nákladů včetně spotřeby PHM a energií, jež jsou u vozidel na elektrický pohon nižší, s vyloučením odpisů. Protože odpisy vycházejí z pořizovací ceny, která je ve výpočtu čisté současné hodnoty už zahrnuta do investičních nákladů, musely být z úspory provozních nákladů eliminovány. Tato úspora se tedy liší od úspor nebo ztrát vypočtených v předcházející části práce, které byly založeny na porovnání celkových přímých provozních nákladů včetně odpisů. Jako diskontní sazba je ve výpočtu čisté současné hodnoty použita hodnota 5 %, obvyklá u dopravních investic.

### 5.4.1 Renault Master Z.E.

Jako první vozidlo na zhodnocení investice si určíme Renault Master Z.E. z kapitoly 4.2.3, které již bylo porovnáno v jedné z předchozích kapitol čistě z pohledu nákladů na provoz se zřetelem na ceny paliv a energií. Toto porovnání bylo provedeno s jeho stejnojmenným ekvivalentem se spalovacím motorem. Zde budu v tomto nastoleném směru pokračovat a ČSHI vypočteme s ohledem na tyto dva stejnojmenné vozy.

Tabulka 33 - Vstupní hodnoty ČSHI pro Renault Z.E. [autor]

	Renault Master	Renault Master Z.E.	Renault Master Z.E.
Způsob dobíjení		domácí	
Dotace		ne	ano
Cena PHM a el. energie	29,60 Kč/l	4,17 Kč/kWh	4,17 Kč/kWh
Spotřeba PHM a el. energie	0,086 l/km	0,192 kWh/km	0,192 kWh/km
Provozní náklady (bez odpisů)	4,12 Kč/km	2,50 Kč/km	2,50 Kč/km
Roční náklady na provoz (bez odpisů)	131 763,20 Kč	79 956,48 Kč	79 956,48 Kč
CF (roční úspora bez odpisů)	x	51 806,72 Kč	51 806,72 Kč
Odpisovaná cena	707 555 Kč	1 211 367 Kč	480 527 Kč
Investiční náklady (rozdíl poř. cen)	x	503 812,30 Kč	-227 027,70 Kč
ČSHI	x	-240 857,34 Kč	489 982,66 Kč
Závěr	x	NE	ANO
	Renault Master	Renault Master Z.E.	Renault Master Z.E.
Způsob dobíjení		veřejné	
Dotace		ne	ano
Cena PHM a el. energie	29,60 Kč/l	3,50 Kč/kWh	3,50 Kč/kWh
Spotřeba PHM a el. energie	0,086 l/km	0,192 kWh/km	0,192 kWh/km
Provozní náklady (bez odpisů)	4,12 Kč/km	2,37 Kč/km	2,37 Kč/km
Roční náklady na provoz (bez odpisů)	131 763,20 Kč	75 840,00 Kč	75 840,00 Kč
CF (roční úspora bez odpisů)	x	55 923,20 Kč	55 923,20 Kč
Odpisovaná cena	707 555 Kč	1 211 367 Kč	480 527 Kč
Investiční náklady (rozdíl poř. cen)	x	503 812,30 Kč	-227 027,70 Kč
ČSHI	x	-219 963,36 Kč	510 876,64 Kč
Závěr	x	NE	ANO

V předchozích kapitolách byly kalkulace vždy provedeny jednotlivě podle způsobu dobíjení a způsobu pořízení, respektive zda je vozidlo pořízeno s nebo bez dotace. Čistou současnou hodnotu investice si pro přehlednost vypočítáme pro všechny varianty.

V tabulce 33 máme veškeré potřebné údaje pro následující výpočty. Přehledně jsou v tabulce vykalkulovány roční náklady na provoz při dopravním výkonu 32 000 km, potřebné k výpočtu cash flow. Dále je pak přítomna i odpisová cena vozidel, kterou rozumíme rozdíl mezi pořizovací cenou a příjmem z prodeje vozidla, jenž poslouží pro získání hodnot investičních nákladů. Čistou současnou hodnotu investice získáme jednoduše dosazením potřebných dat z tabulky 33 do matematického vztahu (17). Následující výpočet demonstruje variantu investice do Renaultu Master Z.E. získaného zcela bez dotace a s předpokladem dobíjení v domácích podmínkách oproti provozu verze se spalovacím motorem.

$$\begin{aligned} \check{S}HI &= \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - IN = \frac{51\,806,72}{(1+0,05)^1} + \frac{51\,806,72}{(1+0,05)^2} + \frac{51\,806,72}{(1+0,05)^3} + \frac{51\,806,72}{(1+0,05)^4} \\ &+ \frac{51\,806,72}{(1+0,05)^5} + \frac{51\,806,72}{(1+0,05)^6} - 503\,812 = -240\,857 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Všechny varianty ČSHI jsou přehledně v tabulce 33 i s verdiktem, zda se danou variantu vyplatí přijmout či nikoliv. Je poměrně průkazné, že v případě rozhodování mezi těmito modely lze investici přijmout jen v případě získání dotace (5.1.3.1). Jako vždy byla u dotace použita maximální možná výše 40 %, a to z důvodu představy v jakých mantinelech se lze při získání či nezískání dotace pohybovat. Vcelku jednoznačně je vidět nejvyšší ztráta při investici do vozidla zcela ze svých zdrojů a dobíjení v relativně nevýhodném domácím prostředí a nejvyšší úspora při získání dotace a dobíjení při výhodném tarifu u veřejných stanic.

#### 5.4.2 Volkswagen e-Crafter

Druhým vozidlem s alternativním pohonem v této práci je Volkswagen e-Crafter. Stejně jako v přechodím případě vypočítáme zhodnocení investice, a to vůči Fordu Transit, tedy dvojici vozidel z kapitoly 5.3.1.3. Zde se bude stejně jako u Renaultu Master Z.E. jednat o porovnávací výpočty čtyř různých variant. Bude to kombinace variant dle způsobu dobíjení a způsobu financování vozidla.

Stejně jako v minulé kapitole spočítáme čistou současnou hodnotu investice pro vozidlo VW e-Crafter dosazením údajů z tabulky 34 do matematického vztahu (17). Toto konkrétní srovnání slibuje nejzajímavější výsledky, protože v případě Fordu Transit se jedná o druhé nejdražší vozidlo se spalovacím motorem popsáním v této práci. Naproti tomu je Volkswagen e-Crafter, který je oproti svým konkurentům výrazně levnější, a to v řádu stovek tisíc korun.

Tabulka 34 - Vstupní hodnoty ČSHI pro VW e-Crafter [autor]

	Ford Transit	VW e-Crafter	VW e-Crafter
<b>Způsob dobíjení</b>		<b>domácí</b>	
<b>Dotace</b>		<b>ne</b>	<b>ano</b>
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>4,17 Kč/kWh</b>	<b>4,17 Kč/kWh</b>
<b>Spotřeba PHM a el. energie</b>	0,084 l/km	0,202 kWh/km	0,202 kWh/km
Provozní náklady (bez odpisů)	4,03 Kč/km	2,52 Kč/km	2,52 Kč/km
Roční náklady na provoz (bez odpisů)	128 940,80 Kč	80 586,88 Kč	80 586,88 Kč
CF (roční úspora bez odpisů)		<b>48 353,92 Kč</b>	<b>48 353,92 Kč</b>
Odpisovaná cena	781 428 Kč	1 032 054 Kč	409 397 Kč
Investiční náklady (rozdíl poř. cen)	x	<b>250 626,31 Kč</b>	<b>-372 030,89 Kč</b>
<b>ČSHI</b>	<b>x</b>	<b>-5 196,70 Kč</b>	<b>617 460,50 Kč</b>
<b>Závěr</b>	<b>x</b>	<b>NE</b>	<b>ANO</b>
	Ford Transit	VW e-Crafter	VW e-Crafter
<b>Způsob dobíjení</b>		<b>veřejné</b>	
<b>Dotace</b>		<b>ne</b>	<b>ano</b>
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>3,50 Kč/kWh</b>	<b>3,50 Kč/kWh</b>
<b>Spotřeba PHM a el. energie</b>	0,084 l/km	0,202 kWh/km	0,202 kWh/km
Provozní náklady (bez odpisů)	4,03 Kč/km	2,38 Kč/km	2,38 Kč/km
Roční náklady na provoz (bez odpisů)	128 940,80 Kč	76 256,00 Kč	76 256,00 Kč
CF (roční úspora bez odpisů)	x	<b>52 684,80 Kč</b>	<b>52 684,80 Kč</b>
Odpisovaná cena	781 428 Kč	1 032 054 Kč	409 397 Kč
Investiční náklady (rozdíl poř. cen)	x	<b>250 626,31 Kč</b>	<b>-372 030,89 Kč</b>
<b>ČSHI</b>	<b>x</b>	<b>16 785,51 Kč</b>	<b>639 442,71 Kč</b>
<b>Závěr</b>	<b>x</b>	<b>ANO</b>	<b>ANO</b>

Úspora z provozu elektrovozidla není nejvyšší v této práci, avšak jak zmíněno výše, největším benefitem je zde velmi příznivá cena. Rozdíl investičních nákladů mezi porovnávanými vozy je pouhých 251 tis. Kč, a to je proti ostatním srovnáním přibližně polovina.

Z přehledné tabulky 34 je zřejmá výhodnost u vozidel pořízených s dotací a u vozidla pořízeného bez dotace, za předpokladu dobíjení a získání výhodného tarifu, jako je uvažovaný tarif „taxi“ u veřejných dobíjecích stanic společnosti ČEZ. Avšak i při dobíjení s méně výhodným tarifem lze dojít k zajímavým hodnotám, a to jen k nepatrné nevýhodnosti investice do elektrovozidla o pouhých 5 197 Kč.

### 5.4.3 Mercedes-Benz eSprinter

Jako poslední a v řadě třetí vozidlo s alternativním pohonem je Mercedes-Benz eSprinter. V této kapitole půjde tedy o výpočet zhodnocení investice vozidla z kapitol 5.3.1.1 a 5.3.2.1 a jako u všech předchozích výpočtů ČSHI bude porovnáno v kombinacích z pohledu investičních nákladů a způsobu financování. Výstupem bude informace, zda se vyplatí či nevyplatí pořídit a provozovat elektrický Mercedes-Benz eSprinter ve srovnání s investicí do stejného modelu se spalovacím motorem.

Všechna data jsou přehledně znázorněna v tabulce 35 a z důvodů vysoké pořizovací ceny elektrického Mercedesu a následně nejvyšších investičních nákladů, nelze očekávat příliš příznivé výsledky. K předešlému poznatku lze přičíst i poměrně vysoké provozní náklady elektrického Mercedesu.

Tabulka 35 - Vstupní hodnoty ČSHI pro Mercedes eSprinter [autor]

	Mercedes Sprinter	Mercedes eSprinter	Mercedes eSprinter
<b>Způsob dobíjení</b>		<b>domácí</b>	
<b>Dotace</b>		<b>ne</b>	<b>ano</b>
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>4,17 Kč/kWh</b>	<b>4,17 Kč/kWh</b>
<b>Spotřeba PHM a el. energie</b>	0,082 l/km	0,280 kWh/km	0,280 kWh/km
Provozní náklady (bez odpisů)	4,39 Kč/km	3,09 Kč/km	3,09 Kč/km
Roční náklady na provoz (bez odpisů)	140 454,40 Kč	98 899,20 Kč	98 899,20 Kč
CF (roční úspora bez odpisů)	<b>x</b>	<b>41 555,20 Kč</b>	<b>41 555,20 Kč</b>
Odpisovaná cena	727 200 Kč	1 268 727 Kč	503 281 Kč
Investiční náklady (rozdíl poř. cen)	<b>x</b>	<b>541 526,75 Kč</b>	<b>-223 919,26 Kč</b>
<b>ČSHI</b>	<b>x</b>	<b>-330 605,35 Kč</b>	<b>434 840,65 Kč</b>
<b>Závěr</b>	<b>x</b>	<b>NE</b>	<b>ANO</b>
	Mercedes Sprinter	Mercedes eSprinter	Mercedes eSprinter
<b>Způsob dobíjení</b>		<b>veřejné</b>	
<b>Dotace</b>		<b>ne</b>	<b>ano</b>
<b>Cena PHM a el. energie</b>	<b>29,60 Kč/l</b>	<b>3,50 Kč/kWh</b>	<b>3,50 Kč/kWh</b>
<b>Spotřeba PHM a el. energie</b>	0,082 l/km	0,280 kWh/km	0,280 kWh/km
Provozní náklady (bez odpisů)	4,39 Kč/km	2,90 Kč/km	2,90 Kč/km
Roční náklady na provoz (bez odpisů)	140 454,40 Kč	92 896,00 Kč	92 896,00 Kč
CF (roční úspora bez odpisů)	<b>x</b>	<b>47 558,40 Kč</b>	<b>47 558,40 Kč</b>
Odpisovaná cena	727 200 Kč	1 268 727 Kč	503 281 Kč
Investiční náklady (rozdíl poř. cen)	<b>x</b>	<b>541 526,75 Kč</b>	<b>-223 919,26 Kč</b>
<b>ČSHI</b>	<b>x</b>	<b>-300 134,95 Kč</b>	<b>465 311,05 Kč</b>
<b>Závěr</b>	<b>x</b>	<b>NE</b>	<b>ANO</b>



Po dosazení hodnot z tabulky 35 do příslušného matematické vztahu, získáme potřebná data ČSHI, která se v tomto případě vyvinula podle již předem známých faktů. V případě získání elektrického Mercedesu bez dotace je investice nejztrátovější ze všech předešlých kalkulací, a to v hodnotě více než 300 tisíc Kč při obou variantách uvažovaného dobíjení. Jistotou rentability investice je, jako v každém z předešlých srovnání, získání dotace, pokud na ni subjekt má nárok, poněvadž i za předpokladu nepříznivých vstupních hodnot tak lze dosáhnout výhodnosti investice.

## Závěr

Elektromobilita obecně je v poslední době dramaticky rozvíjející se odvětví, a to nejen na půdě Evropské unie, ale i na území České republiky. Důkazem je například ambiciózní plán Evropské komise nazvaný Zelená dohoda, který bude mít výrazný dopad na automobilový průmysl. Dohoda si mj. bere za cíl přezkoumat již dříve přijatá pravidla pro snižování emisí CO<sub>2</sub> všech nově prodávaných automobilů, a dále nutnost do roku 2025 vybudovat až 1 milion nových veřejných dobíjecích stanic. Omezování dopravy produkující lokální emise CO<sub>2</sub> nejde jenom na vrub Evropské unie, ale i evropských metropolí. Mnoho měst chce v následujících deseti letech zakázat, popřípadě omezit vjezd vozidel se spalovacím motorem do vnitřních částí, jako například Řím, Berlín, Londýn, Barcelona, Stuttgart, a další budou následovat.

Cílem práce bylo na základě kalkulace nákladů, úspor a hodnocení investic, navrhnout postup pro ekonomické posouzení výhodnosti přechodu na elektromobilitu pro firmu působící v silniční nákladní dopravě. Proto byly v této práci nejprve vybrány a charakterizovány ty náklady, které se liší podle druhu pohonu vozidla, a byl stanoven postup kalkulace jednotkových přímých nákladů na provoz. Dále je v práci popsán způsob vyčíslení úspory nebo ztráty vyplývající z přechodu na elektromobilitu podle očekávaných dopravních výkonů.

Významnými faktory, které ovlivňují ochotu k přechodu na elektromobilitu, jsou ceny pohonných hmot a elektřiny a pořizovací ceny vozidel na elektrický pohon. Proto je v této práci vytvořen kalkulační postup, který na základě bodu zvratu umožní najít takovou kombinaci cen PHM a elektřiny, kdy jsou náklady na provoz srovnatelné. Tento postup, při zohlednění konkrétních podmínek firmy, včetně předpokládaného dopravního výkonu nebo využití případných dotací na pořízení, umožní firmě posoudit vhodnost přechodu na elektromobilitu podle aktuálních cenových podmínek.

Vzhledem k výše očekávanému vývoji omezení vozidel se spalovacími motory a vlastnostem vozidel na elektrický pohon, se dá přechod na elektromobilitu v silniční nákladní dopravě čekat nejdříve v city logistice. Proto byly vytvořené kalkulační postupy předvedeny s využitím údajů od reálné dopravní společnosti působící na území hlavního města Prahy s několika vozidly pro zahraniční kurýrní společnost.

S tématem práce úzce souvisela analýza trhu vhodných vozidel na elektrický pohon, která by byla vhodná jako protiklad k vozidlům provozovaným referenční společností. Přibližné parametry, jaké vozy mají mít, stanovují samotné kurýrní firmy. Z aktuálně dostupných modelů s nákladovým prostorem požadovaného objemu 9-15 m<sup>3</sup> byla vybrána tři vozidla: Mercedes-Benz eSprinter, Renault Master Z.E. a Volkswagen e-Crafter.

V části práce, týkající se ekonomického zhodnocení, jsou vozidla porovnávána z pohledu nákladů na celkový nájezd vozidel. Porovnány mezi sebou byly čtyři vozy se spalovacím pohonem kategorie N1 vůči třem vozidlům na elektrický pohon. Pro tyto automobily byly výpočty porovnávající daný model s vozem se spalovacím motorem provedeny variantně podle způsobů dobíjení. Pro firmy typově podobné referenční společnosti jsou nejčastěji používány hlavně dva. První způsob je dobíjet u veřejných dobíjecích stanic a způsobem druhým je dobíjení v domácích nebo soukromých podmínkách, např. v domácnosti řidiče.

Další varianty výpočtů zohledňují využití případné dotace na pořízení vozidel na elektrický pohon podle podmínek poslední dotační výzvy. Výsledkem těchto výpočtů je posouzení, zda je z posuzované dvojice vozidel za daných podmínek výhodnější vůz se spalovacím motorem, nebo na elektrický pohon. Toto doporučení je dále ověřeno standardní metodou posuzování ekonomické efektivity investic, výpočtem čisté současné hodnoty uvažované investice. Výsledky porovnání každé uvažované dvojice vozidel jsou uvedeny v přehledných tabulkách v kapitole 5.4.

Výsledky jasně ukázaly, že co se týče dojezdu na jedno nabití, jsou dnešní elektrovozy kategorie N1 pro city logistiku zcela dostačující, jak například pro kurýrní služby, tak pro řemeslníky, případně drobný městský rozvoz. Při současných tarifech je dobíjení u veřejných dobíjecích stanic zpravidla cenově výhodnější, obzvláště při uzavření smlouvy s provozovatelem konkrétní sítě dobíjecích stanic. Ale naproti tomu je limitujícím faktorem prostoj při samotném získávání energie okolo 40–55 minut, a to v době, kdy má vozidlo pracovat.

Výsledky porovnání dále jasně prokazují, že vozidla kategorie N1 ve většině případů nelze provozovat levněji než jejich protějšky se spalovacími motory. Výrazně v jejich prospěch hovoří celkové provozní náklady, hlavně cena elektrické energie a její spotřeba, ale pokud firma hodlá provozovat relativně mladý vozový park, nelze při šestileté životnosti a nájezdu cca 200 000 km provozními náklady kompenzovat pořizovací náklady vozidel. Ty jsou u elektrického vozidla výrazně vyšší a tento nedostatek mohou v některých případech částečně ovlivnit dotace.

Jediné vozidlo, které by mohlo být pro firmu ekonomicky výhodně, je Volkswagen e-Crafter jako náhrada za Ford Transit. I to platí jen z pohledu celkových nákladů na provoz, pokud ovšem zohledníme časovou hodnotu peněz, je již v drobné nevýhodě. Při posouzení čisté současné hodnoty investice lze investici doporučit buď v případě získání dotace pro každý z posuzovaných modelů, nebo bez dotace za velmi specifických podmínek. Tyto podmínky jsou dány kombinací nižší pořizovací ceny, úsporného provozu a příznivého tarifu elektrické

energie. Tuto kombinaci v práci představuje levný a úsporný elektromobil VW e-Crafter, jenž lze za daných podmínek výhodně provozovat i při vlastním financování za předpokladu dobíjení u veřejné dobíjecí stanice.

Z práce samotné je tedy patrné, že v současnosti z pohledu samotného provozu jsou elektrovozidla výrazně levnější, avšak tuto výhodu anulují vysoké pořizovací náklady vozidel na elektrický pohon. Ceny elektrické energie sice každoročně nepatrně stoupají, ale není to z pohledu nákladů nikterak dramatická překážka. Ovšem pro výraznější rozšíření elektromobility je hlavně nutné snížit náklady na investici do těchto vozidel buď dotacemi na pořízení, nebo snížením nákladů na jejich výrobu v důsledku výrazného zvýšení poptávky.

Diplomová práce se zabývala posouzením výhodnosti elektromobility z pohledu firmy. Podmínky dotací ani pořizovací ceny elektrovozidel firmy jako zákazníci neovlivní. Jedinými faktory, kterými mohou firmy ovlivnit výhodnost přechodu na elektromobilitu, jsou výběr vhodného modelu vozidla, výběr vyhovujícího tarifu pro dobíjení a míra využití vozidla po dobu jeho předpokládané životnosti. Tato diplomová práce přináší kalkulační postupy, které může firma využít při svém rozhodování právě na základě těchto faktorů. Proto věřím, že tato práce mi může v budoucnu profesně pomoci a zároveň může posloužit i majitelům menších dopravních firem, kteří o této problematice nemají mnoho informací, a přesto uvažují o provozu elektrického lehkého užitkového vozidla.

## Použitá literatura a zdroje

- [1] EISLER, Jan, Jaromír KUNST a František ORAVA. *Ekonomika dopravního systému*. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1759-9.
- [2] *Ročenky dopravy České republiky* [online]. 2021 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: [https://www.sydos.cz/cs/rocenka\\_pdf/Rocenka\\_dopravy\\_2019.pdf](https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2019.pdf)
- [3] KAMEŠ, Josef. *Hybridní a elektrický pohon automobilů*. 2. vydání. Praha: Josef Kameš, 2015.
- [4] FRYBERT, Jan. *Alternativní pohony*. Brno: Integrovaná střední škola automobilní, [2015]. ISBN 978-80-260-7548-6.
- [5] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [6] *Z dějin silniční dopravy*. Praha: Národní technické muzeum, 2005. Rozpravy Národního technického muzea v Praze. ISBN 80-7037-140-4.
- [7] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.
- [8] *Asynchronní stroje - konstrukce, princip funkce a řízení* [online]. 2017 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrarny-cr/asynchronni-stroje-konstrukce-princip-funkce-a-rizeni>
- [9] *Solid electrolyte batteries – the next big thing?!* [online]. 2.8.2019 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.electrive.com/2019/08/02/solid-electrolyte-batteries-the-next-big-thing>
- [10] *Solid-state batteries inch their way toward commercialization* [online]. 20 November 2017 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://cen.acs.org/articles/95/i46/Solid-state-batteries-inch-way.html>
- [11] *Study suggests route to improving rechargeable lithium batteries* [online]. 12 July 2017 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://news.mit.edu/2017/solid-electrolyte-improving-rechargeable-lithium-batteries-0713>
- [12] *Lithium-Ion Battery Inventor Introduces New Technology for Fast-Charging, Noncombustible Batteries* [online]. 28 February 2017 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://news.utexas.edu/2017/02/28/goodenough-introduces-new-battery-technology>
- [13] *„EÚ“ začala pracovať aj na vývoji „revolučných“ solid-state batérií pre autá* [online]. 16 Február 2020 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.teslamagazin.sk/solid-state-baterie-solidify>
- [14] *VW a QuantumScape pracujú na polovodičové baterii* [online]. 1 srpna 2018 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: [https://www.tyden.cz/rubriky/auta/aktuality/vw-a-quantumscape-pracuji-na-polovodicove-baterii\\_490967.html](https://www.tyden.cz/rubriky/auta/aktuality/vw-a-quantumscape-pracuji-na-polovodicove-baterii_490967.html)

- [15] *AC / DC nabíjení* [online]. 2020 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/rady-a-tipy-zajimavosti-novinky-informace-evexpert/elektromobilita/ac-dc-nabijeni>
- [16] *Vše, co potřebujete vědět o nabíjení elektromobilů* [online]. 3.1.2018 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/vse-o-nabijeni-elektromobilu>
- [17] *Konektory* [online]. 2020 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://www.autonabijeni.cz/konektory-2/>
- [18] *Koncepce nabíjecích stanic města Přerova* [online]. Březen 2019, 13-14 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://www.prerov.eu/filemanager/files/52582.pdf>
- [19] *Národní akční plán čisté mobility* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista\\_mobilita\\_seminar/\\$FILE/SOPSPZ-NAP\\_CM-20160105.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/SOPSPZ-NAP_CM-20160105.pdf)
- [20] *Svaz Dvozců Automobilů: Registrace nových OA v ČR 1-12/2020* [online]. 2021 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <http://portal.sda-cia.cz/stat.php?m#str=nova>
- [21] *EUR-Lex - 32007R0715 - EN - EUR-Lex* [online]. 29.6.2007 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32007R0715>
- [22] *EUR-Lex - 32009L0028 - EN - EUR-Lex* [online]. 23.4.2009 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>
- [23] *EUR-Lex - 32000L0053 - EN - EUR-Lex* [online]. 18.9.2000 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0053>
- [24] *56/2001 Sb. Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích* [online]. [cit. 2020-08-01]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-56>
- [25] Kleprlík, J. *Silniční doprava*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2011. ISBN 978-80-7395-451-2
- [26] *MAN City Truck: Koncept tahače poháněný elektřinou* [online]. 2016 [cit. 2020-08-01]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/man-city-truck-koncept-tahace-pohaneny-elektřinou-99018>
- [27] *Elon Musk ukázal kamion Tesla Semi i nový Tesla Roadster* [online]. 2017 [cit. 2020-08-01]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/elon-musk-odhalil-elektricky-tahac-tesla-semi-i-sportovni-auto-tesla-roadster>
- [28] *Standardních čerpaček je v Česku nejvíce v historii. Rychle přibývají plničky CNG, výrazně pak dobíjecí stanice* [online]. 2021 [cit. 2021-06-18]. Dostupné z: <https://www.elogistika.info/standardnich-cerpacek-je-v-cesku-nejvice-v-historii-rychle-pribyvaji-plnicky-cng-vyrazne-pak-dobijeci-stanice/>
- [29] *Skupina ČEZ: Profil ČEZ | Skupina ČEZ - O Společnosti* [online]. 2019 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/profil-cez>

- [30] *Elektromobilita.cz: Mapa dobíjecích stanic* [online]. květen 2021 [cit. 2021-06-18]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita.cz/file/edee/elektromobilita/dobijeci-stanice/aktualni-mapa-dobijecich-stanic.pdf>
- [31] *Skupina ČEZ - O Společnosti: Tiskové zprávy* [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy>
- [32] *Elektrické vozy.cz: Konec neomezeného nabíjení elektroaut u ČEZ. Jaké jsou nové tarify?* [online]. 26.11.2019 [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/konec-neomezeneho-nabijeni-elektroaut-u-cez-jake-jsou-nove-tarify>
- [33] *E.ON: E.ON Česká republika, s.r.o.* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/o-nas/o-skupine-eon/eon-v-ceske-republice/eon-ceska-republika-s-r-o>
- [34] *Kde nabíjet: E-mobilita, vaše energie na cestách.* [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.kdenabijet.cz/>
- [35] *E.ON od února zdraží nabíjení pro elektromobily. AC bude za 6 Kč* [online]. 17.12.2020 [cit. 2021-05-22]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/eon-od-unora-zdrazi-nabijeni-pro-elektromobily-ac-bude-za-6-kc-6287>
- [36] *PRE: O nás* [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/profil-spolecnosti/o-nas/>
- [37] *PREmobilita: Mapa dobíjecích stanic PREpoint* [online]. [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/mapa-dobijecich-stanic-prepoint/>
- [38] *PRE: Tiskové zprávy* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/profil-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/>
- [39] *PREmobilita: Chci dobíjet na PREpoint* [online]. [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/dobijeni-na-prepoint/chci-dobijet-na-prepoint/>
- [40] *E.ON Energy Globe: Wallbox nebo zásuvka? Co se vyplatí a proč?* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/wallbox-nebo-zasuvka-co-se-vyplati-a-proc>
- [41] *E-shop PREměření* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://eshop.premereni.cz/elektromobily-dobijeni2/>
- [42] *PREmobilita: Wallboxy PRE - nabíjení doma i ve firmě* [online]. [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/wallboxy-pre/>
- [43] *ČEZ Elektromobilita: Konfigurator* [online]. [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/elektromobilita/konfigurator>
- [44] *Program společenské odpovědnosti Driving Change | DPD* [online]. 2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.dpd.com/cz/cs/o-nas/spolecenska-odpovednost/>

- [45] *Další evropská města plánují zákaz spalovacích motorů* [online]. 2019 [cit. 2020-07-02]. Dostupné z: [https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/pro-ridice/dalsi-evropska-mesta-planuji-zakaz-spalovacich-motoru\\_47135.html](https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/pro-ridice/dalsi-evropska-mesta-planuji-zakaz-spalovacich-motoru_47135.html)
- [46] *Berlín chystá stopku autům se spalovacím motorem. V roce 2035 nebudou moci do města* - Euro.cz [online]. 2020 [cit. 2020-07-02]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/udalosti/berlin-chysta-stopku-autum-se-spalovacim-motorem-v-roce-2035-nebudou-moci-do-mesta-1480711>
- [47] *Skříňová dodávka Sprinter | Mercedes-Benz Transporter* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.cz/vans/cs/sprinter/panel-van>
- [48] *Nový MASTER | Užítkové vozy | Renault Česká republika* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.renault.cz/uzitkove-vozy/master.html>
- [49] *Nový Ford Transit Van* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.ford.cz/uzitkove-vozy/transit>
- [50] *PEUGEOT Boxer | Vyzkoušejte užítkový vůz pro profesionály* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.peugeot.cz/modelova-rada/vyber-vozu/boxer-furgon.html>
- [51] *Mercedes-Benz AG: About us* [online]. 2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.com/en/company/?owda=misc>
- [52] *Electrified segment founder: the new Mercedes-Benz eSprinter* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Electrified-segment-founder-the-new-Mercedes-Benz-eSprinter.xhtml?oid=45225215>
- [53] *V Düsseldorfu se začal vyrábět elektrický Sprinter* [online]. 12. 12. 2019 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/v-dsseldorfu-se-zacal-vyrabet-elektricky-sprinter-4702>
- [54] *Volkswagen Konzern* [online]. 2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.volkswagenag.com/de/group.html>
- [55] *Volkswagen Nutzfahrzeuge | Marken & Modelle im Volkswagen Konzern* [online]. 2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.volkswagenag.com/de/brands-and-models/volkswagen-commercial-vehicles.html>
- [56] *e-Crafter | Volkswagen Užítkové vozy* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.vw-uzitkove.cz/e-crafter>
- [57] *Volkswagen e-Crafter zamířil na český trh. Cena činí 1,6 milionu a dojezd 173 km* [online]. 16. 11. 2018 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/volkswagen-e-crafter-zamiril-na-cesky-trh-cena-cini-16-milionu-a-dojezd-173-km-2998>
- [58] *Skupina Renault | Renault Česká republika* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.renault.cz/skupina-renault.html>
- [59] *Udržitelná mobilita podle Renaultu* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.chambre.cz/cs/aktuality/n/news/udrzitelna-mobilita-podle-renaultu.html>



- [60] *RENAULT TRUCKS ZAHAJUJE PRODEJ MODELU RENAULT MASTER Z. E.* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.renault-trucks.cz/aktuality/renault-trucks-zahajuje-prodej-modelu-renault-master-z-e.html>
- [61] *New MASTER Z.E. - Dimensions & Specifications - Renault UK* [online]. 2019 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.renault.co.uk/electric-vehicles/master-ze/specifications.html>
- [62] *Kalkulace orientačních minimálních nákladů v taxislužbě v Praze* [online]. 2015 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: [https://www.fd.cvut.cz/veda-vyzkum-rozvoj/dokumenty/metodika/2015\\_AKTaxi\\_studie.pdf](https://www.fd.cvut.cz/veda-vyzkum-rozvoj/dokumenty/metodika/2015_AKTaxi_studie.pdf)
- [63] *Ceny pohonných hmot od roku 2001.* ČSÚ [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/ceny-pohonných-hmot-od-roku>
- [64] *Ceníky | Podpora | Skupina ČEZ* [online]. 2021 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2021/moo/web-new-cenik-elektrina-na-2-roky-moo-2020-12-cezdi.pdf>
- [65] *Kalkulačka silniční daň – výpočet silniční daně za rok 2020* [online]. 2020 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kalkulacka/silnicni-dan/>
- [66] Mercedes-Benz Sprinter 313 2,2 CDi/S KA. *Sauto.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.sauto.cz/uzitkova/detail/mercedes-benz/sprinter/19020257>
- [67] *Skříňová dodávka eSprinter | Dodávkové vozidlo Mercedes-Benz* [online]. 2020 [cit. 2020-07-26]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.cz/vans/cs/sprinter/e-sprinter-panel-van>
- [68] Tesla Model S Performance P85D. *Sauto.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.sauto.cz/osobni/detail/tesla/model-s/19133864>
- [69] Tesla Model S P85D – Tohle je budoucnost. *Auto.cz* [online]. 2015 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/tesla-model-s-p85d-tohle-je-budoucnost-87792>
- [70] Volkswagen Golf e-golf. *Sauto.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.sauto.cz/osobni/detail/volkswagen/golf/18966746>
- [71] Test Volkswagen e-Golf – Černý kůň elektromobility. *FDrive.cz* [online]. 2017 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/test-volkswagen-e-golf-cerny-kun-elektromobility-1482>
- [72] *Firmy mohou získat podporu na rozšiřování nabíjecí infrastruktury a pořízení elektromobilů* [online]. 2019 [cit. 2020-07-23]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/aktualni-informace/firmy-mohou-ziskat-podporu-na-rozsirovani-nabijeci-infrastruktury-a-porizeni-elektromobilu--251128/>
- [73] Říha, Z., Tichý, J., Smíšek, O. Utilization of CNG and LNG in Transportation. 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2016, book 5: Ecology, Economics, Education and Legislation. Sofia: Bulgarian Academy of Sciences, 2016, s. 901-907. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7105-66-7.

- [74] Říha, Z., Tichý, J. The Costs Calculation and Modelling in Transport. Transport Means 2015 - Proceedings of the International Conference. Kaunas: Technical University, 2015, s. 388-391. ISSN 1822-296X.
- [75] *Metoda čisté současné hodnoty* [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/4\\_teorie.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/4_teorie.html)

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma ekonomického modelu dopravního modelu [1].....	11
Obrázek 2 - Elektromobil La Jamais Contente z roku 1889 [5].....	16
Obrázek 3 - Přehled používaných dobíjecích konektorů pro elektromobily [17].....	24
Obrázek 4 - Očekávaný scénář rozvoje elektromobility v ČR, tisíce ks vozidel [19] .....	26
Obrázek 5 - Mapa dobíjecích stanic společnosti ČEZ [30] .....	31
Obrázek 6 - Mapa dobíjecích stanic společnosti E.ON [34].....	33
Obrázek 7 - Mapa dobíjecích stanic PREpoint [37] .....	35
Obrázek 8 - Městské obvody Prahy 8 a 9 a depa DPD [mapy.cz; autor] .....	41
Obrázek 9 - Mercedes-Benz eSprinter [52] .....	45
Obrázek 10 - Volkswagen e-Crafter [56] .....	46
Obrázek 11 - Renault Master Z.E. [60].....	48
Obrázek 12 - Nákladové porovnání pro naftu a el. energii [autor], [73].....	60

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Mezioborové srovnání přepravních výkonů nákladní dopravy 1937–1989 [1]....	13
Tabulka 2 - Mezioborové srovnání přepravních výkonů nákladní dopravy 2014 – 2019 [2]..	14
Tabulka 3 - Vnitrostátní nákladní silniční doprava (vozidla registrovaná v ČR) [2].....	14
Tabulka 4 - Vnitrostátní přeprava zásilek a balíků po silnici v České republice [2] .....	14
Tabulka 5 - Porovnání koncepcí trakčních elektromotorů [5].....	18
Tabulka 6 - Přehled údajů jednotlivých typů baterií [5], [9] .....	20
Tabulka 7 - Vztah kategorie nákladních vozidel s jejich využitím [autor] .....	29
Tabulka 8 - Ceník dobíjení v síti dobíjecích stanic ČEZ [32].....	32
Tabulka 9 - Ceník dobíjení v síti dobíjecích stanic E.ON Drive [35].....	34
Tabulka 10 - Ceník dobíjení v síti stanic PREpoint pro registrované zákazníky [39].....	35
Tabulka 11 - Ceník dobíjení v síti stanic PREpoint pro neregistrované zákazníky [39].....	36
Tabulka 12 - Doba dobíjení dle kapacity baterie a výkonu dobíjecí stanice [41].....	37
Tabulka 13 - Tech. specifikace vozu Mercedes-Benz Sprinter [47] .....	42
Tabulka 14 - Tech. specifikace vozu Renault Master [48] .....	43
Tabulka 15 - Tech. specifikace vozu Ford Transit [49] .....	43
Tabulka 16 - Tech. specifikace vozu Peugeot Boxer [50].....	44
Tabulka 17 - Tech. specifikace vozu Mercedes-Benz eSprinter var. I a II. [52].....	45
Tabulka 18 - Tech. specifikace vozu Volkswagen e-Crafter [56] .....	47
Tabulka 19 - Tech. specifikace vozu Renault Master Z.E. [61].....	48
Tabulka 20 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Mercedes Sprinter a eSprinter [autor].....	61
Tabulka 21 - Vybrané body zvratu: Sprinter a eSprinter získaný bez dotace [autor].....	62
Tabulka 22 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Renault Master a Master Z.E. [autor].....	63
Tabulka 23 - Vybrané body zvratu: Master a Master Z.E. získaný bez dotace [autor] .....	64
Tabulka 24 - Vybrané body zvratu: Master a Master Z.E. získaný s dotací [autor] .....	65
Tabulka 25 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Ford Transit a VW e-Crafter [autor] .....	66
Tabulka 26 - Vybrané body zvratu: Transit a e-Crafter [autor].....	67
Tabulka 27 - Ceny motorové nafty a el. energie 2016-2021 [autor].....	67
Tabulka 28 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Mercedes Sprinter a eSprinter II. [autor]....	69
Tabulka 29 - Vybrané body zvratu: Sprinter a eSprinter získaný bez dotace II. [autor].....	70
Tabulka 30 - Vybrané body zvratu: Sprinter a eSprinter získaný s dotací II. [autor].....	71
Tabulka 31 - Vstupní hodnoty kalkulace vozidel Peugeot Boxer a VW e-Crafter [autor].....	72
Tabulka 32 - Vybrané body zvratu: Boxer a e-Crafter [autor] .....	73
Tabulka 33 - Vstupní hodnoty ČSHI pro Renault Z.E. [autor] .....	75
Tabulka 34 - Vstupní hodnoty ČSHI pro VW e-Crafter [autor] .....	77
Tabulka 35 - Vstupní hodnoty ČSHI pro Mercedes eSprinter [autor].....	78

## Seznam grafů

Graf 1 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Sprinter a eSprinter) [autor] .....	62
Graf 2 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Master a Master Z.E.) [autor] .....	65
Graf 3 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Transit a e-Crafter) [autor] .....	68
Graf 4 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Sprinter a eSprinter) II. [autor] .....	71
Graf 5 - Nákladové porovnání při referenční ceně nafty (Boxer a e-Crafter) [autor] .....	73