

Vysoká škola logistiky o.p.s.

Elektromobilita v silniční nákladní dopravě

(Diplomová práce)



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání diplomové práce

studentka

Bc. Kristýna Vitoslavská

studijní program

Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Elektromobilita v silniční nákladní dopravě**

Cíl práce:

Zhodnotit současnou situaci elektromobility v silniční nákladní dopravě a navrhnout postup přechodu z využívání vozidel se spalovacím motorem na elektromobily.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretická východiska elektromobility
2. Analýza elektromobility v silniční nákladní dopravě
3. Přechod na vozidla s elektrickým pohonem
4. Zhodnocení

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

AJANOVIC, Amela. Prospects for Electric Mobility: Systemic, Economic and Environmental Issues. Basel: MDPI, 2021. ISBN 978-3-0365-1419-2.

CELJAK, Ivo. Konstrukce, technické systémy a provoz elektricky poháněných automobilů. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018.

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.

LARMINIE, James a John LOWRY. Electric vehicle technology explained. Chichester: John Wiley and Sons Ltd, 2021. ISBN 978-1-119-94273-3.

LEAL FILHO, Walter a Richard KOTTER. E-Mobility in Europe: Trends and Good Practice. Cham: Springer, 2015. ISBN 978-3-319-13193-1.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.


Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2022

Datum odevzdání diplomové práce:

6. 5. 2023

Přerov 31. 10. 2022


Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

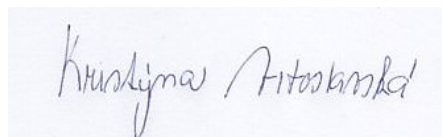
Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní, a že jsem ji vypracovala samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, a že jsem v práci neporušila autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb.; o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byla také seznámena s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byla poučena o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce a verze nahraná do informačního systému školy jsou totožné.

V Přerově, dne 6. 5. 2023



.....podpis.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Gabrielu Fedorkovi, PhD. za vstřícnost při konzultacích, odborné vedení a cenné rady při zpracování této diplomové práce. Děkuji také celé své rodině a příteli za podporu a trpělivost během studia.

Anotace

Diplomová práce se zabývá elektromobilitou v silniční nákladní dopravě. Práce je zaměřena na teoretická východiska elektromobility včetně charakteristiky elektromobilů a způsobů jejich nabíjení. Dále je provedena analýza současného stavu elektromobility v České republice i zahraničí. Část práce se věnuje automobilovým společnostem zabývajícím se výrobou elektrických nákladních vozidel. Ve třetí kapitole je navržen postup přechodu na vozidla s elektrickým pohonem v rámci přepravní společnosti EGT Express. V závěru jsou zhodnoceny náklady spojené s přechodem na elektromobilitu.

Klíčová slova

elektromobilita, elektromobil, nabíjecí stanice, elektrické nákladní vozidlo, dotace, přepravní společnost

Annotation

The diploma thesis deals with electromobility in road freight transport. The thesis is focused on the theoretical basis of electromobility, including the characteristics of electric vehicles and their charging methods. Furthermore, an analysis of the current state of electromobility in the Czech Republic and other countries is performed. Part of the thesis is focused on automotive companies engaged in the production of electric trucks. The third chapter deals with the transition to electric vehicles in the transport company EGT Express. In the conclusion, the costs associated with the transition to electromobility are evaluated.

Keywords

electromobility, electric vehicle, charging station, electric truck, subsidies, transport company

Obsah

Úvod.....	9
1 Teoretická východiska elektromobility	10
1.1 Charakteristika elektromobility.....	11
1.2 Základní definice elektromobilu	12
1.2.1 Typy elektrických vozidel	12
1.2.2 Konstrukce elektromobilu.....	15
1.2.3 Nabíjení elektromobilů	19
1.2.4 Typy konektorů.....	21
2 Analýza elektromobility v silniční nákladní dopravě	23
2.1 Vývoj elektromobility	23
2.2 Elektromobilita v ČR	23
2.3 Elektromobilita v zahraničí	26
2.4 Využití elektromobilů	27
2.5 Elektromobilita v silniční nákladní dopravě	31
2.5.1 Elektromobily společnosti Tesla.....	31
2.5.2 Elektromobily společnosti BYD.....	32
2.5.3 Elektromobily společnosti Nikola Motors	33
2.5.4 Elektromobily společnosti Volvo	34
2.6 Převážní společnosti využívající elektrická nákladní vozidla	36
2.6.1 Zásílatelská společnost DPD	37
2.6.2 Zásílatelská společnost DHL Freight.....	38
2.6.3 Zásílatelská společnost FedEx	39
2.7 Elektromobilita pomocí externího zdroje elektrické energie	39
2.8 Porovnání nákladů na provoz elektromobilu vs. dieselu	41

3	Přechod na vozidla s elektrickým pohonem	43
3.1	Představení společnosti EGT Express.....	43
3.2	Vozidlový park společnosti EGT Express	44
3.3	Návrh přechodu na elektromobily.....	48
3.3.1	Výběr vhodného typu vozidla na elektrický pohon	48
3.3.2	Výběr vhodného modelu elektrické dodávky	54
3.3.3	Vybudování dobíjecí stanice.....	60
3.3.4	Zaučení zaměstnanců	67
3.3.5	Pilotní provoz.....	67
3.3.6	Vyhodnocení.....	67
4	Zhodnocení	69
	Závěr	75
	Seznam zdrojů.....	77
	Seznam grafických objektů.....	86
	Seznam zkratk	88

Úvod

Elektromobilita patří v současné době mezi dynamicky se vyvíjející odvětví dopravy. Jedná se o intenzivně řešené téma, na které je kladen čím dál větší důraz. Důvodem je snaha o ekologičtější řešení přepravy, prostřednictvím kterého by bylo dosaženo lepšího životního prostředí. V souvislosti s tím dochází k postupnému omezování vozidel se spalovacími motory.

Tato skutečnost má zároveň výrazný dopad na automobilové společnosti, které jsou tímto vedeny k inovaci svých výrobních technologií. Výrazný podíl na celkových emisích má nákladní doprava, tudíž elektromobilita se netýká pouze osobních vozidel, ale také hromadné dopravy osob a silniční nákladní dopravy. Stále však v oblasti nákladní dopravy panuje nedůvěra k tahačům na elektrický pohon. Je snaha o odstranění těchto obav prostřednictvím vývoje stále dokonalejších technologií.

Tato diplomová práce se zabývá analýzou současného stavu elektromobility v oblasti silniční nákladní dopravy. I když se doposud jednalo o oblast, která nebyla vyvíjena v dostatečné míře, postupem času dochází i v oblasti nákladní dopravy k pokrokům. Výrobou elektrických tahačů se již zabývá řada známých automobilových společností. Ve většině případů se jedná o obměnu jimi vyráběných tahačů se spalovacími motory za elektrické.

Cílem této diplomové práce je zhodnotit současnou situaci elektromobility v silniční nákladní dopravě a navrhnout postup přechodu z využívání vozidel se spalovacími motory na elektromobily. Práce se věnuje teoretickým východiskům elektromobility. Velká část je zaměřena na analýzu elektromobility v České republice i zahraničí. Třetí kapitola se zabývá představením přepravní společnosti, kde je navrhován postup přechodu na elektrická nákladní vozidla. V rámci návrhu je provedena Saatyho metoda, která se používá pro analýzu řešení rozhodovacích úloh. Ta je založena na párovém srovnávání. Následně jsou navrženy kroky pro přechod společnosti na elektrická vozidla včetně doporučení konkrétních možností. Závěrem této práce jsou vyhodnoceny pořizovací a provozní náklady, které budou s porovnáním se současnými vozidly přechodem dosaženy. Důvodem výběru tématu diplomové práce je to, že pracuji v logistické společnosti. Mám tedy přibližnou představu o intenzitě nákladní dopravy, která má dopad na životní prostředí. Zároveň je mým zájmem zjistit, jaký potenciál má elektromobilita v nákladní dopravě.

1 Teoretická východiska elektromobility

Elektromobilita se v současné době dostala do popředí v rámci celého světa. Výrobou elektromobilů se zabývá velké množství automobilových společností. Velký podíl na tomto rozvoji má Evropská unie. V únoru 2023 bylo evropským parlamentem schváleno nové znění zákona, dle kterého by od roku 2035 nemělo být možné v celé EU zakoupit automobily se spalovacími motory, nebo na hybridní pohon. Budou dostupné pouze elektrické a vodíkové elektromobily. [1]

Zásadním důvodem, který vede k razantnímu omezení vozidel se spalovacími motory je především znečištění životního prostředí a hluk, který tato vozidla způsobují. Dále se jedná o spalování fosilních paliv, která jsou nenahraditelná. Zároveň dochází k produkci oxidu uhličitého do okolí, který způsobuje globální oteplování a tím i celkové změny klimatu. [2]

V souvislosti s touto skutečností došlo u výroby automobilů k tzv. technologickému převratu. Na počátku byla snaha o několik nepovedených pokusů uvést technologii elektromobilů na trh. Zásadní zlom nastal s příchodem Elona Muska, který rozpoutal fenomén dnešní doby v oblasti elektromobility. Po jeho několika úspěších dovedl i ostatní automobilové koncerny k zásadním technologickým investicím pro přerod jejich výrobních programů na čistou elektromobilitu.

Výroba elektromobilů se od výroby vozidel se spalovacími motory naprosto liší. Přejít na výrobní proces elektromobilu představuje velký objem investic. Pro některé automobilové společnosti je tento přechod nereálný. Existuje řada studií různých světových odborníků, kteří předpovídají zánik více jak dvou třetin automobilových značek a dominanci čínské a americké produkce na světovém trhu. Tento fakt potvrzují prodejní statistiky daných značek.

Faktorem, který negativně ovlivňuje zájem o koupi elektromobilů je jejich cena. Ty jsou na poměry naší společnosti stále velmi vysoké. Další příčinou může být i to, že infrastruktura dobíjecích stanic je v celé ČR, zejména ve městech, stále nedostatečná. Majitel elektromobilu bydlící v rodinném domě má možnost dobít si elektromobil prostřednictvím svého elektrického zdroje. Obyvatelé bytových domů tuto možnost nemají. Zásadním nedostatkem jsou tedy dobíjecí stanice, které by se nacházely

v blízkosti sídlišť. Tyto stanice by lidé mohli využívat pro nabíjení svých elektromobilů, například během noci.

Na vývoji elektromobilů se intenzivně pracuje, což směřuje k jejich postupnému zlevňování a dostupnosti soukromým osobám. V některých zemích již existuje vize, která se týká ukončení výroby spalovacích motorů. K dosažení tohoto cíle však bude třeba absolvovat náročnou cestu.

1.1 Charakteristika elektromobility

Elektromobilita je odvětví dopravy, které se stává čím dál důležitější pro naši společnost. Pro některé obyvatele může představovat pouze trend současné doby, avšak první elektromobil byl sestaven již mnohem dříve. Důvodů, proč je na vývoj elektromobility kladen čím dál větší důraz je mnoho. Mezi hlavní patří stav životního prostředí a snižování množství emisí a skleníkových plynů. Dále je to snaha o přeměrování ropy i do jiných odvětví. Je proto nutné najít jiná alternativní paliva.

Dle Celjaka [3, s.11] je definice elektromobility následující „*Elektromobilitou se rozumí úmyslný pohyb (jízda, plavba, let) dopravních zařízení pomocí elektrické energie (elektrickým pohonem)*“.

Elektromobilita je v oblasti silniční dopravy využívána jak v osobní, tak v nákladní dopravě. V osobní dopravě je vyvinuta ve větší míře, jelikož výrobou tohoto typu elektromobilu se v současné době zabývá již velké množství automobilových společností. V nákladní dopravě není rozvinuta v takové míře jako u osobních automobilů, ale i na jejich vývoji se intenzivně pracuje, jelikož emise způsobené nákladní dopravou mají výrazný podíl na míře znečištěného prostředí. [4]

Dle Celjaka [3, s.13] se dílčí cíl elektromobility týká především:

- a) „*Osobní dopravy občanů do zaměstnání z příměstských částí a z okolí měst (přibližně do 25 km od okraje města),*
- b) *Zásobování maloobchodní sítě ve městech s celkovým denním nájездem do 150 km,*
- c) *Hromadné dopravy v příměstských a městských částech (autobusy, městské vlaky),*
- d) *Kurýrní služby (pošta, rozvoz zásilek, tzv. „doprava na poslední míli“ – 1,6 km),*

- e) *Automobilů pro rozvoz jídel (každodenní distribuce jídel na objednávku),*
- f) *Dopravy v rámci systému státního dozoru, služeb a správy (policie, úředníci, banky, pojišťovny),*
- g) *Dopravy při údržbě a správě městské infrastruktury (parky, chodníky, veřejná zeleň, svoz odpadů apod.)“.*

Jedním ze zásadních zlomů vývoje v oblasti nákladní dopravy bylo uvedení prvního vozidla na trh. Jednalo se o první typ tahače s návěsem, jehož parametry plně vyhovovaly tomuto druhu dopravy. [4]

Výrobci elektromobilů deklarují úsporu paliva. Přínos v oblasti péči o kvalitu životního prostředí je nesporný.

1.2 Základní definice elektromobilu

Elektromobil neboli elektrovozidlo je dle Celjaka [3, s.13] definováno jako „*motorové vozidlo kategorie L, M, S nebo N (podle legislativy) poháněné trakčním elektromotorem (nebo více elektromotory) napájeným (i) ze zásobníku elektrické energie, umístěného ve vozidle nebo na jeho přívěsu“.*

Všechny typy elektromobilů mají společné to, že pro dosažení pohybu a požadované rychlosti využívají minimálně jeden nebo více elektromotorů. Pojem elektromobil však neznamená, že je vozidlo poháněné pouze elektrickou energií prostřednictvím nabíjecích baterií.

1.2.1 Typy elektrických vozidel

V současnosti existuje několik typů elektromobilů. Patří sem bateriové elektromobily, elektromobily s palivovými články a hybridní elektromobily. Uvedené typy elektromobilů lze dále dělit dle různých parametrů. Níže jsou jednotlivé druhy krátce definovány.

- a) Elektromobil na baterie

Elektromobil na baterie, značen zkratkou BEV (Battery Electric Vehicle) je poháněn elektrickou energií, která je uložena v akumulátoru. Tyto baterie zajišťují jak provoz elektromotoru, tedy pohon vozidla, tak i funkčnost jeho dalších částí. Baterii je třeba pravidelně dobíjet z elektrických sítí na veřejných dobíjecích stanicích, nebo doma

prostřednictvím běžné zásuvky. Nabíjení z klasické domácí zásuvky je více časově náročné. Je možnost si pořídit domácí stanici, tzv. wallbox, který zajistí podstatně rychlejší nabíjení. Vozidlo není vybaveno žádným jiným motorem. Výhodou plně elektrického elektromobilu jsou zcela nulové emise. Mírnou nevýhodou je dojezd vozidla. Tento problém je neustále řešen, a je snaha o vytvoření vysokokapacitních baterií. [5]

b) Hybridní elektromobil

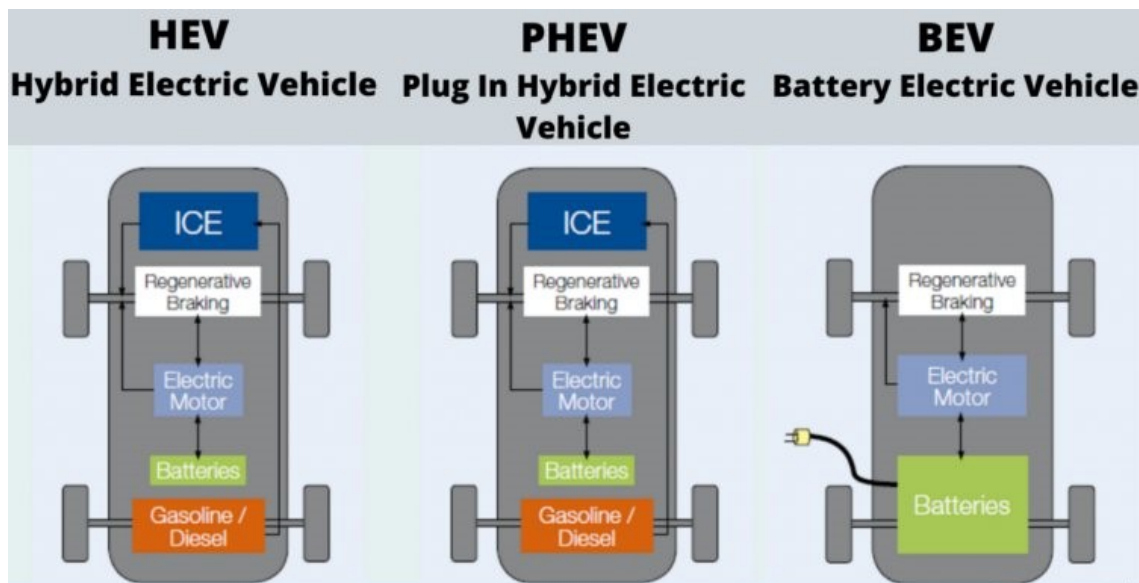
Hybridní elektromobil, značen HEV (Hybrid Electric Vehicle) je poháněn dvěma typy motorů, a to elektromotorem a spalovacím motorem. Touto kombinací motorů je dosaženo toho, že dochází ke snížení spotřeby paliva. Baterie se nedobíjí prostřednictvím externího zdroje, tak jako u bateriových elektromobilů. Nabíjení probíhá dvěma způsoby. Přes brzdový systém (rekuperací brzdné energie), kdy je elektrická energie opět shromažďována, nebo prostřednictvím spalovacího motoru. Existují tři typy hybridních vozidel. Jedná se o hybrid sériový, paralelní a kombinace těchto dvou koncepcí. Rozdíl mezi těmito typy spočívá v míře a způsobu využití jednotlivých motorů. Kromě toho jsou hybridní vozidla rozlišována dle míry využití elektrické energie. Z tohoto pohledu rozlišujeme Micro, Mild, Full a Plug-in hybrid. Startování hybridního elektromobilu probíhá za pomoci elektromotoru. Poté, co vozidlo dosáhne určité rychlosti, přebírá funkci spalovací motor. Funkce těchto dvou motorů je řízena prostřednictvím počítačového softwaru. [5][6]

c) Plug-in hybrid

Plug-in hybrid je značený PHEV (Plug-in Electric Vehicle). Vozidlo je poháněno stejným způsobem jako hybridní elektromobil, tedy elektrickou energií a spalovacím motorem. Liší se v možnostech dobíjení baterie. U HEV je baterie dobíjena regenerativním brzděním, případně prostřednictvím spalovacího motoru. Plug-in hybrid lze dobíjet jak uvedenými způsoby, tak i pomocí externího zdroje, tedy na dobíjecích stanicích, či z domácích zdrojů. [5] [6]

Je důležité podotknout, že koncepce Plug-in hybrid byla vyvinuta s jednoznačným účelem, kterým je snížení průměrné spotřeby paliva na 100 km provozu s ohledem na přijaté evropské ekologické normy. Plug-in hybrid je velmi technologicky náročný. To představuje velkou nevýhodu zejména při poruchovosti a údržbě těchto vozidel, kdy náklady na tyto potřeby mohou být velmi vysoké.

Na následujícím obrázku Obr. 1.1 jsou zobrazeny výše zmiňované druhy elektrických vozidel. Na levé straně se nachází hybridní elektromobil, uprostřed plug-in hybridní vozidlo a vedle něj po pravé straně je zobrazen elektromobil na baterie. Na obrázku lze vidět, že HEV a PHEV je vybaveno spalovacím motorem, elektromotorem, rekuperačním brzdovým systémem, baterií a palivem pro spalovací motor. Oproti tomu plně elektrické vozidlo je vybaveno pouze elektromotorem, akumulátorem a rekuperačním brzdovým systémem.



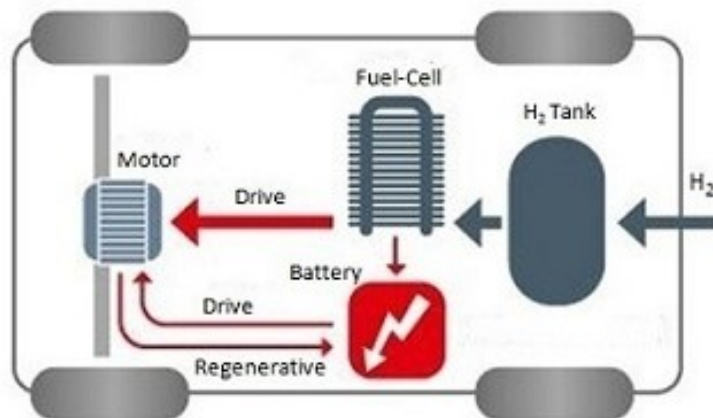
Obr. 1.1 Vozidla na alternativní paliva

Zdroj: [6]

d) Elektromobil s palivovými články

Elektromobil s palivovými články, značen FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) je poháněný pomocí elektromotoru. Vozidlo je vybaveno baterií, která je však mnohem menších rozměrů než u předchozích druhů elektromobilů. Jako palivo je v tomto případě využíván čistý vodíkový plyn. Následně v palivových člancích probíhá chemická reakce, při které dochází k tvorbě elektrické energie. Tento typ elektromobilu nevytváří žádné emise. Je však velmi náročný z hlediska konstrukce a také z hlediska vlastností vodíku. V souvislosti s vlastnostmi vodíku se jedná zejména o jeho distribuci a tankování na čerpacích stanicích, kdy může být ohrožena bezpečnost obsluhy vozidla i jeho okolí. Další nevýhodou těchto elektromobilů je cena za palivo, která je značně vyšší. [5]

Na obrázku Obr. 1.2 je zobrazen náčrt elektromobilu s palivovými články. Tento typ je vybaven vodíkovou nádrží, palivovým článkem, baterií a elektrickým motorem.



Obr. 1.2 Elektromobil s palivovými články

Zdroj: [7]

1.2.2 Konstrukce elektromobilu

Princip fungování spalovacího motoru a elektromotoru je značně rozdílný. Liší se i komponenty, které jsou potřebné pro jejich provoz.

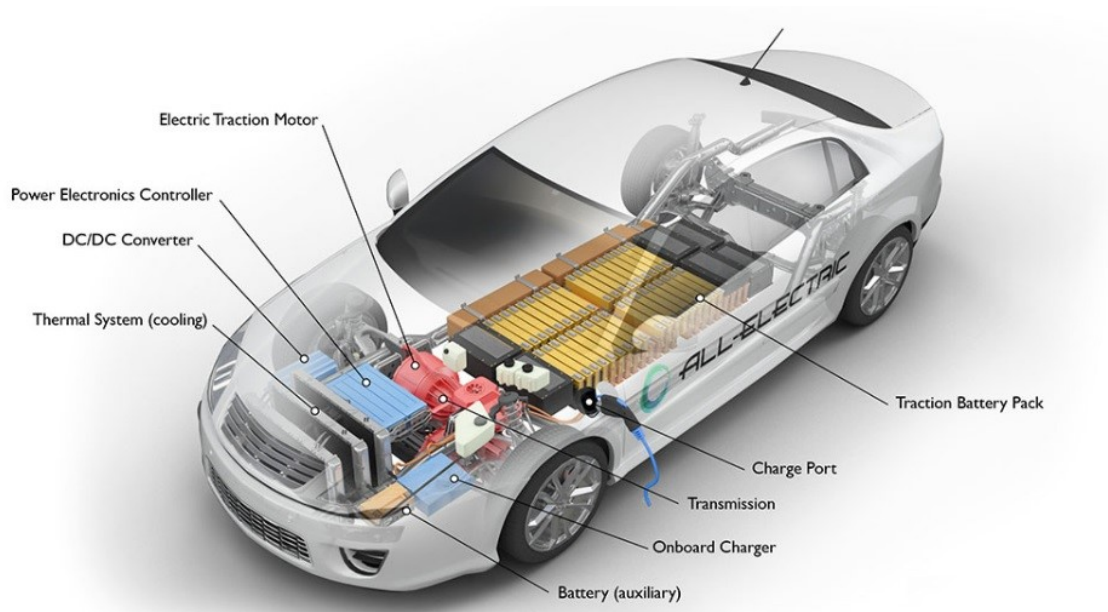
Konstrukce elektromobilu je značně jednodušší. Odpadá spousta přídavných pohonů a komponentů, jako jsou například turbodmychadla, karburátory, klasické a automatické převodovky, alternátory, chladicí sestavy a další. Naopak pro automobily se spalovacími motory jsou uvedené komponenty jejich nezbytnou součástí, bez kterých by nemohly fungovat. U elektromobilů je také snížena náročnost na údržbu a výměnu provozních kapalin. [8]

Nezpochybnitelným rozdílem je účinnost motorů. Elektrický motor dosahuje vysoké účinnosti při prakticky žádné údržbě. Naopak u spalovacího motoru je nízká.

Výhodou elektromobilů je mobilita softwaru, který ovládá jejich provoz. Většina výrobců světových značek využívá internetovou on-line komunikaci, (přes bezdrátové rozhraní LTE) prostřednictvím které zabezpečuje velmi dobrou diagnostiku vozidla na dálku. Rovněž je díky tomuto softwaru dosahováno neustálé hospodárnosti vozidla v oblasti režimu nabíjení, pohonu, jízdních vlastností a komfortu. Výrobci elektromobilů se snaží o neustálé zdokonalování vlastností autonomního řízení vozidel, kterými jsou např. dokonalá orientace vozidla v průběhu jeho provozu. Elektromobil je schopen při jízdě s tempomatem plynule regulovat rychlost, přizpůsobit se rychlosti pomalejších vozidel. V případě potřeby je může automaticky předjet s použitím směrových ukazatelů pro zajištění bezpečného předjíždění. Mezi další příklady schopnosti autonomního řízení

lze uvést skvělou vizualizaci a diagnostiku okolního provozu. Elektromobil je schopen rozpoznat cyklistu od motocyklisty, výborná je orientace na kruhovém objezdu a čtení světelných signalizací. Lze tedy říct, že v současné době elektromobily využívají všechny nejmodernější dostupné technologie. [9]

Na následujícím obrázku Obr. 1.3 jsou zobrazeny jednotlivé komponenty, které zajišťují funkčnost elektromobilu.



Obr. 1.3 Konstrukce osobního elektromobilu

Zdroj: [10]

Pohonný systém osobního elektrického vozidla se skládá z:

- řídicí soustavy – měnič, invertor,
- elektromotoru,
- výkonové elektroniky,
- soustavy pro uchování energie,
- přídatných komponentů. [3]

Definice měniče neboli invertoru a jeho hlavní úkol je následující „Mezi elektromotorem a akumulátorem se nachází invertor, který proměňuje napětí akumulátoru na napětí pro pohon elektromotoru. Kromě toho je invertor důležitý také pro řízení elektromotoru za jízdy, pro rekuperaci energie i při brzdění nebo uvolňování rychlostního pedálu“. Měnič tak zajišťuje ovládání motoru. [11]

Elektrický motor potřebuje pro svou funkci dvě čidla. Jedno je pro určování polohy rotoru, druhé je teplotní čidlo. Dalším rozdílem je umístění motoru. Zatímco spalovací motor se nachází převážně v přední části vozidla, elektromotor má díky nepotřebě sacího a výfukového potrubí i svým menším rozměrům, více možností jeho uložení. Každý výrobce preferuje jiné umístění, například u zadní nápravy. Někteří výrobci zůstávají u klasického umístění v přední části vozidla. [8]

Baterie představují nejdražší část elektromobilu. Na jejich vývoji se stále pracuje a technologie se zdokonalují. Tím je dosahována jejich větší životnost, nižší výrobní cena a delší dojezd. Základními parametry baterie je napětí, kapacita a vnitřní odpor. [12][13]

Pro majitele elektromobilu patří mezi důležité parametry zejména kapacita baterie, která se uvádí v jednotkách kWh. Tento parametr představuje, jaký maximální výkon je baterie schopna dodat po dobu jedné hodiny. Lze tedy říct, že čím menší bude kapacita baterie, tím bude mít elektromobil menší dojezd a naopak. Existují i vozidla, která nabízejí lepší kapacitu baterie. Dojezd může dosahovat i několikanásobně vyšších hodnot. Někteří výrobci uvádí kapacitu v jiných jednotkách než jsou kWh, a to v Ah. Tyto vozidla používají technologii, která má jako jednu z výhod poloviční hodnotu nabíjecího proudu, což znamená nižší náročnost na konstrukci dobíjecích stanic a rychlost nabíjení. [13]

Dojezd elektromobilu je však ovlivňován i počasím. V zimním období dochází ke snížení schopnosti baterie uchovávat energii. Dojezd je ovlivněn i hmotností, aerodynamikou vozidla, a především způsobem jízdy. Pokud je jízda razantnější a často dochází k akceleraci (neboli zrychlování), výrazněji tím stoupá spotřeba elektrické energie.

V současné době patří mezi standardní vybavení elektromobilů také funkce tzv. One pedal. Ta umožňuje komfortní řízení jedním pedálem s vysokým stupněm rekuperace. Jedná se o tzv. brzdění motorem, pomocí kterého vzniká elektrická energie, která je dodávána zpět do baterie. Efektivita rekuperace je vysoká, pohybuje se až kolem 80 %. Tento způsob dobíjení baterie je velmi výhodný zejména v městském provozu, kdy se jím prodlužuje dojezd elektromobilu. Rekuperační brzdění má také razantní vliv na snížení opotřebování brzdových destiček. [13][14]

Elektromobily vyšší úrovně jsou vybaveny kvalitním battery managementem. Bateriový systém pro správu baterií má za úkol kontrolovat aktuální stav a parametry baterie. Jeho cílem je ochránit baterii před jejím úplným vybitím či tzv. přebitím. Jsou stanovené

hodnoty, které nesmí stav baterie překročit, jinak by docházelo k jejímu postupnému poškozování. Mezi jeho funkce patří předehřívání baterie v případě chladnějšího počasí a chlazení, které je potřebné při rychlonabíjení. Tyto funkce prodlužují životnost celého battery packu. Existuje několik typů BMS. Rozlišujeme, zda je součástí baterie, nebo se nachází na nabíjecím systému vozidla. Dále se dělí na univerzální, nebo pro určitý počet článků. BMS se zabývá parametry baterie, bezpečností, rychlostí nabíjení a její životností. [15]

Akumulátor je opatřen tzv. bufferem, který představuje nevyužitou rezervu. Buffer je zapracován i ve spodní části kapacity baterie. Ta představuje 5 až 10 % zbývající kapacity, která není využita. Zajišťuje, aby nedocházelo k rychlému opotřebování baterie, které bývá způsobováno nabíjením baterie do plného nabití, nebo její vybíjení na nulu. I přes to, že tato nevyužitá rezerva existuje, majiteli automobilu se nezobrazuje. V podstatě tedy 0 kWh, kterou vidí řidič na infotainmentu je 7-10 % skutečné kapacity baterie a 100 % je reálně 93 % kapacity. [16]

Na základě zkušeností majitelů elektromobilů je ideální nabíjet vozidlo v takovém rozmezí, aby nebylo dosaženo nulové nebo naopak plné kapacity baterie. Pokud se baterie nabíjí pouze v mezích středních hodnot, bude docházet k nejmenší destrukci životnosti baterie.

V případě, že dojde ke ztrátě kapacity akumulátoru a jeho nevhodnosti pro další provoz elektromobilu, musí dojít k jeho výměně za nový. V současnosti již nedochází k tomu, že by se stará baterie znehodnotila, ale je využita pro tzv. druhý život. Nejčastěji slouží jako stacionární úložiště elektrické energie ve fotovoltaických sestavách. [12]

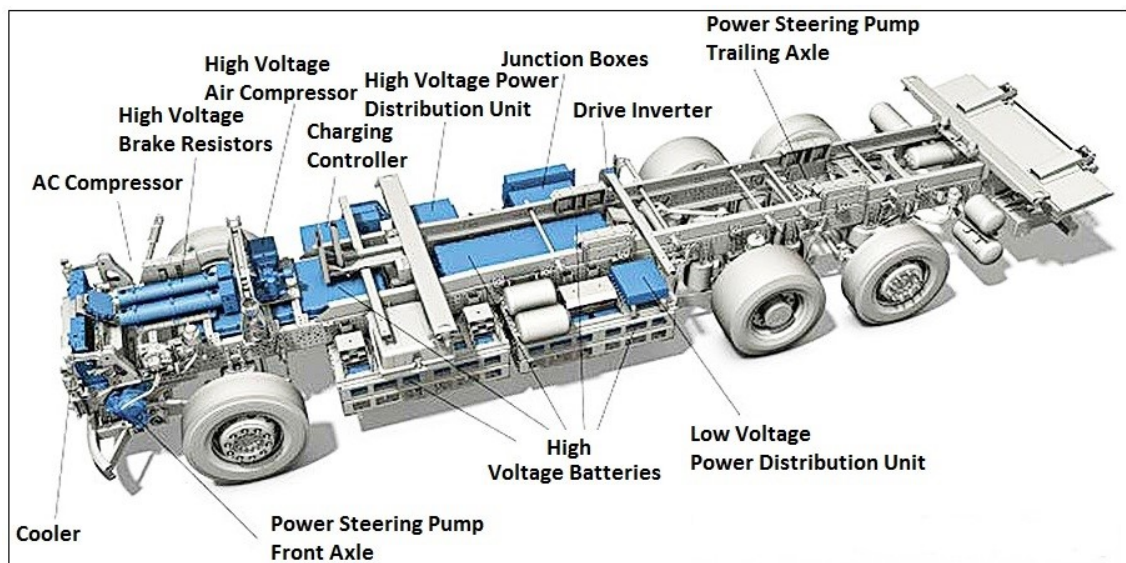
Posledním stupněm je recyklace. Recyklace baterií je poměrně složitý proces, který je časově náročný. Náklady na recyklaci jsou vysoké. To by se však mělo změnit s postupem času a s nárůstem počtu baterií, které jsou potřeba recyklovat. Existují dva nejčastější způsoby recyklace, a to za využití vysoké teploty a pomocí kyseliny. Problémem ovšem je, že oba tyto způsoby recyklace produkují vysoké emise a odpad. Recyklací baterií dochází k vytěžení jednotlivých materiálů akumulátoru, kterými jsou kobalt, měď, lithium, nikl a elektrolyt. [17][18]

Vývoj baterií je zaměřen i na usnadnění jejich následné recyklace. Díky neustálé snaze o zdokonalení tohoto procesu je postupně dosahováno výrazně jednodušší recyklace baterie s prakticky minimálním vlivem na životní prostředí.

Elektrická nákladní vozidla se skládají ze stejných základních komponent jako osobní elektromobily. Pro zajištění jejich dojezdu je však potřeba více vysokonapěťových baterií. Elektrické tahače se vyznačují tím, že řidičům nabízejí vysoký komfort. Poskytují prostornou kabinu, která je vybavena nejmodernějšími technologiemi. Samotný provoz elektrických tahačů vylepšuje několik prvků, například vzdálená diagnostika vozidla, bezdrátové aktualizace softwaru a podstatně menší počet pohyblivých součástí, které je třeba udržovat. Díky tomu budou provozovatelé trávit méně času v servisních střediscích, a naopak více času v samotném provozu.

Nákladní vozidla lze konstrukčně uzpůsobit pro jejich konkrétní využití, například pro distribuci zboží, svoz odpadu, stavebnictví a další. Na základě jejich specifického využití a odhadovaného denního výkonu v počtu kilometrů se upravují jejich technické parametry jako je kapacita baterie.

Na následujícím obrázku Obr. 1.4 je zobrazena konstrukce spodní části elektrického nákladního vozidla.



Obr. 1.4 Konstrukce elektrického nákladního vozidla

Zdroj: [19]

1.2.3 Nabíjení elektromobilů

Elektromobil je možné nabíjet jak v prostředí domova, tak i na veřejných nabíjecích stanicích. Možností a způsobů je v dnešní době již několik. Převážná část dobíjecích stanic, která představuje větší polovinu z celkového počtu, je tvořena stanicemi se střídavým proudem. Jednotlivé způsoby dobíjení elektromobilů jsou uvedeny níže.

a) Veřejné dobíjecí stanice

Jednou z možností dobíjení elektromobilů je prostřednictvím veřejných dobíjecích stanic. V současnosti je infrastruktura dobíjecích stanic na přijatelné úrovni. Jsou dostupné tři druhy nabíjení:

- pomalé,
- rychlé,
- ultrarychlé. [21]

Dobíjecí stanice se dále dělí na stanice se střídavým a stejnosměrným proudem. Na stanicích s pomalým nabíjením se nachází střídavý proud, požívá se pro něj označení AC. Dosažení plného nabití baterie na této stanici trvá i několik hodin. Výkon dobíjecích stanic se střídavým proudem je ovlivněn několika faktory. Patří mezi ně napětí, proud a počet zapojených fází. Výhodou těchto stanic je jejich dostupnost. Nachází se například u obchodních center, v blízkosti hotelů atd. Délka nabíjení je také ovlivněna výkonem palubní nabíječky. [20][21]

Na rychlonabíjecích stanicích je využíván stejnosměrný proud. Je označen zkratkou DC. Nabíjení je zde značně rychlejší. Během 30 minut může být baterie dostatečně nabitá pro provoz elektromobilu v závislosti na kapacitě a stavu baterie. [20]

Rychlost nabíjení je také ovlivňována kvalitou daného vozidla. S touto kvalitou souvisí nabíjecí režim a stupeň komunikace vozidla s dobíjecí stanicí. Nabíjecí režim závisí na konkrétním softwaru a hardwaru, kterým je vozidlo vybaveno. Možnost ovládat nabíjecí proces má také obsluha, která může zasahovat prostřednictvím mobilního telefonu, kde se zobrazuje stav nabití baterie a dojezdu.

Ultrarychlé nabíjení nemohou využívat všechny typy elektromobilů. Jsou určeny pouze pro elektromobily vyšší úrovně, ale je třeba výkonná dobíjecí stanice. Při dokonalejším rozplánování jízd elektromobilu lze u těchto stanic nabíjet i na 100 % kapacity s podmínkou okamžitého užití vozidla v provozu. To zvyšuje dojezd a komfort při cestování s těmito vozidly. [21]

Výhodou AC nabíjení je, že se jejím prostřednictvím dá nabít každý elektromobil. S DC nabíjecí stanicí to možné není, protože s ní nelze nabít starší typy vozidel. Majitelé elektromobilů často při nabíjení využívají kombinaci obou typů nabíjení. To probíhá tak, že nejprve využijí DC nabíjení a poté, co je dosaženo určitého procenta nabití, přepojí nabíjení na AC. [20]

Caisl [20] uvádí, že princip nabíjení by měl být následovný „*V rámci DC dobíjení probíhá komunikace mezi dobíjecí stanicí a vozem – vůz si sám upravuje výkon na vstupu dle potřeby, aby nedošlo k ohrožení baterie. Zároveň se uvádí, že díky teplotním rázům, ale i kvalitě řídicího systému dobíjecí stanice, může příliš časté DC dobíjení vést k rychlejšímu opotřebení a snížení kapacity baterie. Proto se obecně doporučuje AC a DC dobíjení střídát*“.

b) Soukromé dobíjení

Soukromé dobíjení elektromobilů probíhá v prostředí domova zpravidla během noci. Existují dvě možnosti nabíjení. Pomocí wallboxu nebo použitím klasické zásuvky. [20] Wallbox lze využívat pro nabíjení jakéhokoliv elektromobilu. Umožňuje až desetkrát rychlejší nabití, než které je možné s pomocí klasické zásuvky. Lze jej umístit ve vnitřním i venkovním prostoru. Připojení vozidla k nabíjecí stanici je možné dvěma způsoby. Jedním z nich je pomocí integrovaného kabelu. Častější způsob je přes zásuvku, do které je připojen kabel elektromobilu. Majitelé elektrických vozidel, kteří současně využívají fotovoltaiku, dosahují v souvislosti s wallboxem výrazného snížení nákladů za elektřinu. Nabíjení probíhá přes noc, protože je to nejdelší doba, kdy elektromobil není využíván. Nespornou výhodou jsou zlevněné noční tarify odběru elektrické energie. [22]

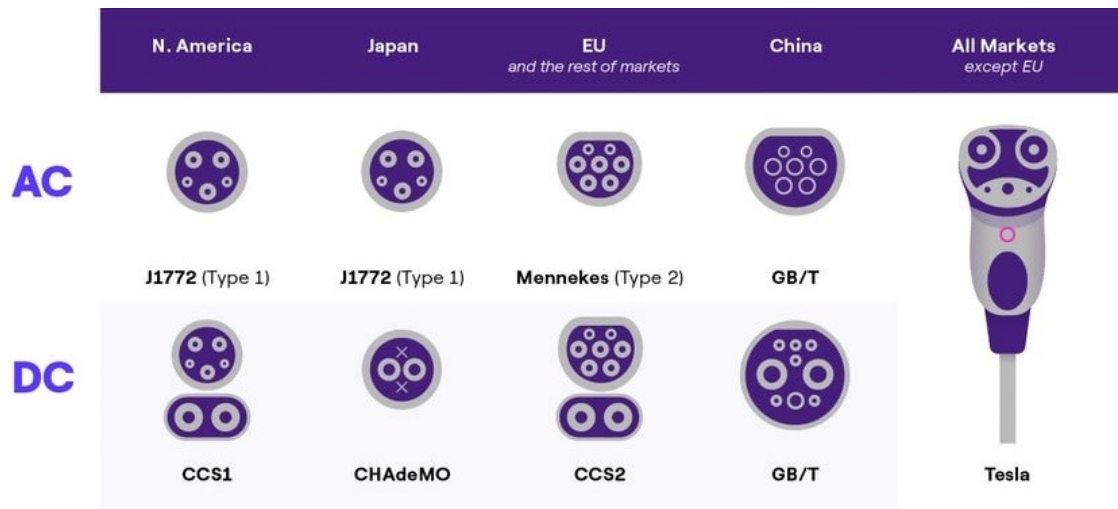
1.2.4 Typy konektorů

Existuje několik typů konektorů. Jejich použití závisí na typu nabíječky a na vstupním otvoru elektromobilu. V jednotlivých zemích jsou zavedeny různé standardní konektory. Rozdělují se na základě toho, pro jaký typ nabíjení se používají, zda pro střídavé nebo stejnosměrné. Pro zjednodušení dobíjení byly vytvořeny tzv. kombinované konektory pro AC i DC nabíjení. [23]

Mezi AC konektory patří Typ 1, Yazaki, který se nachází u automobilů vyrobených v USA a Japonsku. Dalším konektorem pro pomalé nabíjení je Typ 2 Mennekes, který byl schválen jako standard pro celou EU. Posledním konektorem pro AC nabíjení je GB/T. Tento standard je uplatňován na čínském trhu. [23]

Druhým typem jsou DC konektory. Patří sem CCS konektory (Combined charging system). Ten se dělí na dva typy – Typ 1 a Typ 2. CCS Typ 1 je používán pro rychlonabíjení v USA. Typ 2 je využíván elektromobily v Evropě. Dalším konektorem, který se užívá pro rychlonabíjení je konektor CHAdeMo. [23]

Na následujícím obrázku Obr. 1.5 jsou zobrazeny jednotlivé typy standardních konektorů pro pomalé a rychlé nabíjení.



Obr. 1.5 Typy konektorů

Zdroj: [24]

2 Analýza elektromobility v silniční nákladní dopravě

Následující kapitola se zabývá analýzou elektromobility. Analýza se věnuje historii elektromobility, jejímu vývoji a současnému stavu. Následně jsou krátce popsáni významní výrobci elektrických nákladních vozidel. Zároveň jsou představeny některé přepravní společnosti, které již elektromobily využívají.

2.1 Vývoj elektromobility

Za první elektromobil je považováno vozidlo, který bylo sestaveno v roce 1835 v Holandsku. Jeho tvůrcem je Sibrandus Stratingh. I když neměl nabíjecí baterie, je přesto označován za první elektromobil na světě. Ke vzniku nabíjecích akumulátorů došlo téměř o dvacet pět let později. V roce 1881 sestavil vědec Gustave Trouvé první funkční elektromobil. Poté následoval vývoj elektromobilů, kdy se postupně dosahovalo vyšších rychlostí. Touto fází nastal konec první vlny elektromobility. [25]

V roce 1912 se ve Spojených státech amerických stalo téma elektromobility opět aktuální. Do provozu bylo dokonce uvedeno okolo 35 tisíc vozidel. Velkou zásluhu na daném vývoji měl T. Edison, který zdokonalil baterie kombinací niklu a železa. V tomto období nebyly požadavky na rychlost přepravy tak vysoké jako je tomu v současnosti. Dosahující rychlost vozidla se pohybovala okolo $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a dojezd do 70 km, což bylo pro tehdejší společnost zcela dostačující. Následný rozvoj spalovacích motorů tento směr vývoje opět zcela vychýlil. [26]

V roce 2008 došlo opětovně k výraznému obratu. Tesla uvedla na trh elektromobil Tesla Roadster s Li-ion baterií. V novodobé historii je tento krok vnímán jako počátek přelomu v automobilovém průmyslu. Tesla Roadster vyšel z koncepce vozu firmy General Motors, přičemž tato společnost nebyla schopna o deset let dříve uspokojit poptávku zákazníků. Na ukončení rozvoje, zejména sítě dobíjecích stanic, měla rozhodující vliv především rodina G. Bushe, která vlastní ropný těžařský koncern v Texasu.

2.2 Elektromobilita v ČR

V České republice bylo ke konci září roku 2022 registrováno 13 185 osobních elektromobilů. V rámci EU patří ČR mezi země s nejnižším počtem. Méně vozidel

na elektrický pohon má pouze Slovensko. Mezi země s největším počtem elektromobilů a plug-in hybridů v EU patří Nizozemsko a Švédsko. [27]

Hlavními iniciátory zavedení elektromobility v ČR jsou nejenom automobilové závody, ale také firmy. Pro firmy představuje zavedení elektromobility především snížení jejich emisní stopy a nákladů. Většina výrobců automobilů začala v posledních letech zaměřovat svůj vývoj a investice právě do této oblasti. Řada z nich zcela přerušila vývoj automobilů se spalovacími motory.

Jedním z hlavních důvodů, proč v ČR není elektromobilita vyvinuta v takové míře jako v ostatních zemích, je zejména poskytování dotací a ropná lobby. Automobilové koncerny rovněž nemají zájem vyvíjet a razantně měnit naprosto odlišnou technologii, která byla z počátku podpořena nedůvěrou k výrobnímu programu americké firmy Tesla.

Důležitá je skutečnost, že Tesla se stala průkopníkem tohoto výrazného pokroku. Zásadní změna nastala především uvedením vozidla Tesla Model 3 na světový trh. Tím došlo k obrovskému nárůstu jeho prodeje. Evropské automobilové společnosti tento vývoj doslova „zaspaly“.

V České republice nejsou v současnosti dotace na elektromobil pro fyzickou osobu poskytovány. Dle pojišťovny ČSOB [28] jsou dotace určeny pro:

- obce,
- kraje,
- dobrovolné svazky obcí,
- státní a národní podniky,
- správa železnic, státní organizace,
- státní příspěvkové organizace,
- veřejnoprávní instituce,
- městské části hl. města Prahy,
- školy, vysoké školy, školská zařízení a školské právnické osoby,
- nestátní neziskové organizace,
- registrované církve a náboženské společnosti,
- obchodní společnosti vlastněné veřejným subjektem,
- veřejné výzkumné instituce a organizace,
- příspěvkové organizace územních samosprávných celků.

Pro uvedené subjekty jsou dotace poskytovány jak na osobní elektromobily, tak i pro nákladní automobily, motorky, minibusy a další. Výše těchto dotací se odvíjí od typu konkrétního vozidla. Kromě dotací na elektromobily jsou v rámci rozvoje veřejného sektoru poskytovány příspěvky na dobíjecí stanice. Financuje je Evropská unie. [28]

V souvislosti s poskytováním dotací byla Ministerstvem životního prostředí vyhlášena výzva č. 3 k předkládání žádostí o poskytnutí podpory v rámci Národního programu Životní prostředí. Cílem této výzvy je podpora rozvoje infrastruktury pro vozidla na alternativní paliva, tedy elektromobily a automobily s vodíkovým pohonem. Součástí je také podpora nákupu těchto vozidel. Žádosti mohou být podávány v termínu od června roku 2022 do prosince 2023. Je stanoveno také období realizace pro projekty, které budou podpořeny. Termín realizace projektů je dán nejpozději do 30.6.2025. [29]

Podpora je poskytována z prostředků fondu následovně „*Podpora bude poskytována formou fixní dotace na daný typ vozidla/neveřejné dobíjecí stanice s maximální procentuální hranicí 50 % a to včetně projektů*“. Pro dotace je vymezeno celkem 600 milionů korun. Žadatel o dotace musí splnit určité podmínky pro jejich získání. Jednou z nich je zajištění udržitelnosti projektu po dobu 3 let po jeho ukončení. Automobil také nesmí obsahovat olovo, rtuť, šestimocný chrom a kadmium. Majitel vozidla je povinen sdílet veřejně spolufinancování projektu. [29]

Národní akční plán čisté mobility

Národní akční plán čisté mobility je dokument, jehož první verze vznikla v roce 2014 na základě požadavku směrnice Evropského parlamentu a Rady. V roce 2019 byla vydána aktualizovaná verze tohoto dokumentu, kde je uveden dosavadní posun v oblasti vozidel na alternativní pohony a nové požadavky, které byly vydány. NAP CM je částečně věnován i čisté mobilitě v ostatních druzích dopravy. [30]

V souvislosti s podporou čisté mobility byla přijata řada dokumentů např. Pařížská dohoda o změně klimatu. Dalšími důležitými strategickými dokumenty, které evropská komise přijala jsou dle NAP CM [30] „*Sdělení Komise „Evropská strategie pro nízkoemisní dopravu*“, *Sdělení Komise „Širší využívání alternativních paliv – Akční plán pro zavádění infrastruktury pro alternativní paliva podle čl. 10 odst. 6 směrnice 2014/94/EU*“ a *Sdělení Komise „Čistá planeta pro všechny: Evropská dlouhodobá vize prosperující, moderní, konkurenceschopné a klimaticky neutrální ekonomiky*“.

V NAP jsou pro jednotlivá alternativní paliva uvedeny cíle, kterých chce ČR v počtu vozidel a dobíjecích stanic dosáhnout. V souvislosti s plněním cílů jsou zde uvedeny i přínosy, které jsou s nimi spojené. Zároveň je charakterizován očekávaný vývoj a opatření pro jeho dosažení. Je zde okrajově zmiňována i čistá mobilita silniční nákladní dopravy. Dle NAP je hlavní podmínkou rozvoje elektromobility pro nákladní vozidla rozvoj ultrarychlé dobíjecí infrastruktury. Tato oblast je zároveň podporována tím, že elektrická vozidla nejsou povinna platit mýtné. [30]

2.3 Elektromobilita v zahraničí

Řada zemí v zahraničí poskytuje dotace na elektromobily i pro fyzické osoby. Příkladem může být Německo, kde o příspěvek mohou žádat i soukromé osoby. Dotace v této zemi nejsou poskytovány Evropskou unií, ale samotným státem. Jsou rozděleny na dvě části. Jedna je tvořena veřejnými penězi, druhá příspěvky samotných automobilových společností. Dotace se mohou pohybovat až okolo 6 000 EUR, přičemž další 3 000 EUR poskytuje automobilová společnost jako slevu na elektromobil. Je však stanovená podmínka, že cena elektromobilu nesmí překročit cenovou hranici 40 000 EUR. V Německu je stanoven balíček dotací, který po jeho vyčerpání bude ukončen. Od roku 2023 má dojít ke snižování dotací. Mají být zrušeny firmám a omezi se pouze pro fyzické osoby. [28]

Rakousko poskytuje dotace ve výši 5 000 EUR. Kromě toho je poskytován příspěvek na domácí dobíjecí stanice, a to 600 EUR. Je však brán ohled i na obyvatele bytových domů. Příspěvek je o něco vyšší, pohybuje se okolo 1 800 EUR. [28]

Významnou zemí v oblasti elektromobility je Norsko. Zde platí již od roku 1990 při nákupu elektromobilu osvobození od daně. Ta je v Norsku velmi vysoká, takže dochází k velké úspoře financí. Elektromobily jsou také osvobozeny od DPH. Další velkou výhodou je 50 % i menší úhrada veškerých poplatků za parkování, zpoplatněné silnice a další. [31]

Opakem je však Čína. Ta doposud poskytovala dotace, ale z důvodu velkého zájmu o elektromobily budou příspěvky nejprve sniženy a poté úplně zrušeny. Tato změna se nebude týkat pouze elektromobilů, ale také vozidel s hybridním a vodíkovým pohonem. Důvodem je vysoký zájem o nové elektromobily, který předčil očekávání. Čína stanovila plán, kde měl podíl vozidel na alternativní paliva činit 20 % z celkového počtu

prodaných vozidel do roku 2025. V současném tempu by však prodej dle odhadu dosáhl až 30 %. [32]

Další zemí, která omezila poskytování dotací je Švédsko. Prodej elektromobilů zde tvoří vysoký podíl na celkovém prodeji vozidel, a to až 46 %. Dotace byly poskytovány všem, kdo si pořídil vozidlo, které mělo emise CO₂ nižší než 60 g.km⁻¹. Nyní emise CO₂ musí být menší než 30 g.km⁻¹. Dotace jsou vypláceny až 6 měsíců po nákupu elektromobilu. Tím se mělo zabránit jeho prodeji. [33]

Na Slovensku nebyl z počátku velký zájem o elektromobily. I přes to, že byla pro podporu elektromobility vyhrazena velká část financí, nedošlo k jejímu vyčerpání a termín musel být prodloužen. Nyní v této zemi mohou dotace získat podnikatelé (fyzické i právnické osoby), veřejná správa, a také nepodnikající fyzické osoby. V roce 2019 byl stanoven balíček dotací, které byly poskytovány až do jejich vyčerpání. Zájem byl tak vysoký, že za necelé 4 minuty byl balíček vyčerpán. Nyní jsou vymezeny vyšší dotace na elektromobily z eurofondů, aby bylo umožněno všem zájemcům na ně dosáhnout. [34]

2.4 Využití elektromobilů

Elektromobilita je v silniční dopravě uplatňována ve všech směrech. Vozidla na elektrický pohon jsou využívána nejenom v individuální osobní dopravě, ale také v městské hromadné dopravě a silniční nákladní dopravě. Je snaha, aby jejich podíl byl co největší, jelikož emise vytvářené městskou hromadnou dopravou a nákladní dopravou tvoří výrazný podíl znečištění ovzduší.

Zároveň je snaha o neustálé zdokonalování elektromobility jak v ČR, tak i ve světě. Existuje řada projektů, na kterých se stále pracuje. Zkoumaným projektem je například bezkontaktní přenos elektřiny, která by byla do automobilu dodávána prostřednictvím silniční komunikace. Automobily by tak získávaly energii prostřednictvím indukčních cívek uložených v komunikaci.

Využívání elektromobilů přináší řadu výhod. V případě osobního vozidla je to nabíjení jak v prostředí domova, tak i v zaměstnání. Řada zaměstnavatelů tuto možnost již nabízí. V elektrických nákladních vozidlech řidiči oceňují prostornost a komfort, který jim je nabízen. Výrazná úspora času je získána možností dobíjení během čekání na nakládku, případně během samotné nakládky či vykládky. Společnými výhodami pro osobní i nákladní elektrická vozidla je ekonomická rentabilita, úspora nákladů na palivo, provoz

elektromobilu a neustálý přehled o stavu a vytíženosti vozidla. Velkým přínosem je snížení času, který vozidla tráví v servisech.

a) Elektromobilita v silniční nákladní dopravě

Pro silniční nákladní dopravu jsou kromě vozidel na spalovací motory vyráběny vozidla na alternativní pohon. Snahou je vyrábět elektrická vozidla s nejmenší možnou hmotností včetně komponentů, jelikož hmotnost ovlivňuje jejich výkon.

Průměrný dojezd elektrických kamionů se pohybuje okolo 300 km. Někteří výrobci využívají kapacitně největší akumulátory, které zajistí dojezd až 760 km na jedno nabití. Rychlost se pohybuje v rozmezí 70 až 90 km.h⁻¹. Je snaha o jejich neustálý vývoj, aby vyhovovaly všem oblastem silniční nákladní dopravy. Aby byly elektromobily výhodné a vyplatilo se jejich pořízení, je potřebná dostatečná infrastruktura dobíjecích stanic. Jak už bylo zmíněno, provoz vozidla na elektrický pohon představuje mnohem nižší náklady než na provoz a servis vozidel se spalovacími motory. Pořizovací cena vyšší, ale výrobci zaručují jejich návratnost během dvou let. [35]

Níže v tabulce Tab. 2.1 jsou uvedené počty registrovaných nákladních vozidel v Evropské unii, využívající různá alternativní paliva.

Tab. 2.1 Počet registrovaných vozidel na alternativní paliva

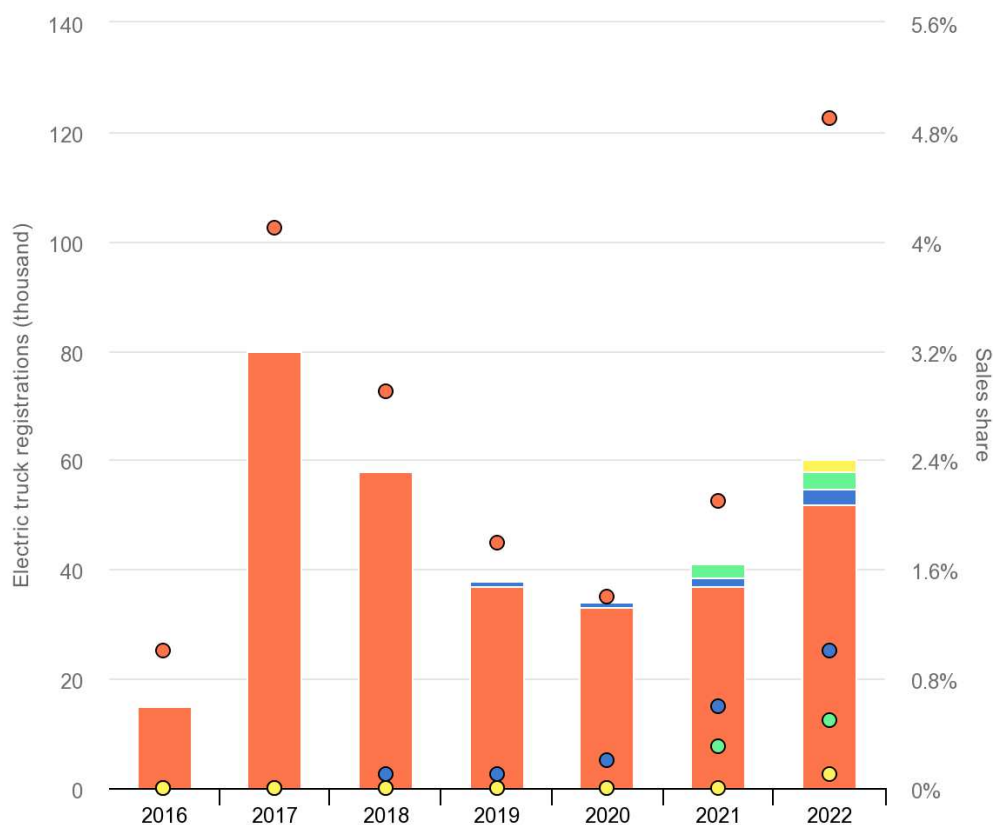
Category	BEV	PHEV	H2	LPG	CNG	LNG
2008	5			234	222	
2009	5			241	3999	
2010	6			244	4307	
2011	7			150	4757	
2012	8			228	6521	18
2013	47			8452	7511	80
2014	58			8510	5189	190
2015	71			8579	8088	331
2016	113	39	4	8855	6697	496
2017	145	40	6	8696	8505	1425
2018	222	40	5	8712	10748	2989
2019	594	38	7	8691	16129	4321
2020	984	29	9	9133	20038	6006
2021	1301	30	14	9392	22704	7361
2022	1967	67	55	9826	23607	8628

Zdroj: [36]

V tabulce Tab. 2.1 jsou uvedeny čistě elektrická vozidla (BEV), Plug-in hybridní vozidla (PHEV), vozidla na vodíkový pohon, stlačený zemní plyn (CNG), zkapalněný zemní plyn (LNG) a propan-butan (LPG). K roku 2022 bylo registrováno 23 607 nákladních vozidel na stlačený zemní plyn a 9 826 na propan-butan. Během posledních let také vzrostl počet registrovaných čistě elektrických nákladních vozidel, kterých bylo do provozu uvedeno 1967 v minulém roce.

Výrazně vzrůstá zájem o konkrétní značky elektrických nákladních vozidel, příkladem může být Scania. Tato společnost uvedla na trh v červnu roku 2022 své nové modely elektrických kamionů. Ke konci ledna roku 2023 Scania přijala přibližně 640 objednávek na tyto modely. Zájem provozovatelů nákladní dopravy se výrazně navyšuje. Snaží se o postupné nahrazování jejich vozidlových parků. [37]

Na následujícím grafu Graf 2.1 je zobrazen vývoj registrace a prodeje elektrických nákladních vozidel v letech 2016-2022.



Graf 2.1 Vývoj registrace a prodeje elektrických nákladních vozidel

Zdroj: [38]

V této oblasti dominuje Čína, která má 90 % podíl na celkovém počtu registrací a prodeji elektrických nákladních vozidel. Od roku 2017 docházelo však v této zemi k výraznému poklesu. V posledních letech začal postupně stoupat prodej a registrace vozidel v Evropě a Spojených státech. Narůstajících hodnot dosahuje od roku 2021 opět i Čína. Oranžovou barvou je v grafu zobrazena Čína, modře Evropa, zeleně Spojené státy americké a žlutě ostatní země.

b) Elektromobilita v hromadné dopravě

Elektromobilita v městské hromadné dopravě se týká nejenom elektrobuses, ale také trolejbusů a tramvají. Některá města v ČR jsou bohatě vybavena tramvajovými a trolejbusovými tratěmi. Další plánují jejich výstavbu. To by znamenalo, že tyto oblasti by se mohly stát klíčové pro uplatnění tramvají a trolejbusů na elektrický pohon. Tímto způsobem by mohlo být dosaženo zavedení bezemisní hromadné dopravy. [39]

Dle EuroEnergy [40] je nad elektrifikací autobusů v ČR uvažováno pouze v rámci MHD. Jednalo by se přibližně o 3 000 vozidel, které by byly využívány ve 21 městech. V řadě měst jsou již elektrobuses využívány. Průkopníkem v této oblasti je město Hradec Králové, které v roce 2013 zakoupilo několik elektrobuses. Jednalo se o model SOR EBN 9,5, který byl postupně nasazován do provozu na zkušební jízdy. Byly sledovány technické a provozní parametry. Následující roky pořídil Dopravní podnik města Hradce Králové další modely elektrobuses, a to SOR EBN 11 a nízkopodlažní elektrobuses značky SOR NS 12 ELECTRIC. Součástí těchto dodávek byly i dobíjecí infrastruktury pro rychlé a pomalé nabíjení elektrobuses. V současnosti je v DP v Hradci Králové polovina vozového parku tvořena naftovými a druhá polovina elektrickými autobusy. Hradec Králové po desetiletém využívání elektrobuses pocítuje výrazné změny v čistotě ovzduší. Došlo k poklesu škodlivých látek a ke zlepšení celkové životní úrovně v tomto městě. Na uvedeném zlepšení má podíl také snížení hluku, který v případě dopravní špičky je velmi rušivý a nepříjemný. [40][41]

Na jedno nabití je elektrobuses schopen ujet až 200 km. Spotřeba na jeden ujetý kilometr se přitom pohybuje pod 1 kWh. Elektrobuses jsou velmi dobře vybaveny a uzpůsobeny pro zajištění co největšího pohodlí pro cestující a řidiče. Akumulátor se na rozdíl od osobních elektromobilů nachází na střeše elektrobuses. Jednou z velkých výhod je malá náročnost na údržbu, díky čemuž výrazně klesají náklady na jejich provoz. [41]

2.5 Elektromobilita v silniční nákladní dopravě

Výrobě elektrických nákladních vozidel se věnuje čím dál více společností. Dle OEM [42] mezi sedm nejlepších výrobců nákladních vozidel na alternativní pohony patří:

- Tesla,
- BYD,
- Nikola Motors,
- Volvo,
- Daimler Trucks (Freightliner),
- Kenworth,
- Peterbilt.

2.5.1 Elektromobily společnosti Tesla

Průkopníkem elektromobility a zároveň nejznámějším výrobcem vozidel na elektrický pohon je Tesla. Tesla se zaměřuje nejenom na výrobu elektromobilů, ale také na řadu dalších produktů ovlivňujících čistotu a ochranu životního prostředí.

Tesla má několik výrobních továren. Nejvíce z nich se nachází v USA, konkrétně v Kalifornii, Nevadě, New Yorku a Texasu. Prvním výrobním závodem společnosti Tesla byla právě továrna ve Fremontu v Kalifornii. Vyrábí se zde elektrická vozidla, Model S, Model 3, Model X a Model Y. Jeden z největších závodů se nachází ve státě Nevada. Tam se zabývají výrobou elektromotorů, baterií a pohonných zařízení pro elektromobily Tesla. Oproti tomu tzv. Gigafactory, nacházející se v New Yorku, staví solární panely, Solar Roof a elektrické komponenty pro dobíjecí zařízení Supercharger. V nově zřízené továrně nacházející se v Texasu se zaměřují na výrobu Modelu Y. Je budoucím sídlem pro Cybertruck. [43]

Továrny společnosti Tesla se přesunuly i do jiných zemí. První z nich byla postavena v čínské městě Shanghai. Zde jsou zaměřeny na výrobu elektromobilů, a to Modelu 3 a Modelu Y. Další v zahraničí je první evropská továrna v německém Berlíně, kde se budou kromě výroby elektrických vozidel zabývat také bateriemi a dalšími produkty. [43]

Pro silniční nákladní dopravu nabízí tento automobilový koncern model Tesla SEMI, který je vybaven třemi nezávislými motory. Motory jsou rozmístěny do dvou míst, na druhou a třetí nápravu. Tesla SEMI zaručuje zrychlení z 0 na 100 km.h⁻¹ za 20 sekund.

Tento výkon je uveden při plném zatížení vozidla. Spotřeba energie se pohybuje pod 2 kWh na 1,6 km. Existují dvě verze Tesly SEMI, kdy se dojezd elektrického nákladního vozidla na jedno nabití pohybuje buď okolo 800 km, nebo 500 km. Plánovaná výroba byla stanovena na rok 2019. Jejich dodávky se posunuly až na rok 2023. První vozidla budou využita pro zkušební provoz v celosvětově známé firmě PepsiCo.[43]

Model Tesla SEMI je ukázán na obrázku Obr. 2.1 níže.



Obr. 2.1 Elektrické nákladní vozidlo Tesla SEMI

Zdroj: [43]

2.5.2 Elektromobily společnosti BYD

BYD je čínským výrobcem elektrických nákladních vozidel. Patří mezi největší výrobce elektromobilů na světě. Mimo to se zaměřuje také na výrobu autobusů, vysokozdvizných vozíků a vlaků. [42]

Společnost BYD nabízí několik modelů vozidel na elektrický pohon. Jedná se o nákladní vozidlo, tahač, popelářská vozidla a další. Konkrétní modely jsou:

- BYD 8R,
- BYD 8TT,
- BYD 8Y,
- Class 6 F,
- BYD 6R. [42]

BYD plánuje výstavbu nejméně jedné výrobní továrny v Evropě. Pro zvýšení efektivity prodeje pořídila své vlastní lodě, které jsou určeny pro přepravu elektromobilů z Číny do celého světa. Na konci roku 2022 dosáhla tato společnost výborného výsledku. Počet jimi vyrobených EV činil přesně tři miliony. Společnosti BYD se podařilo vyrobit milion elektromobilů během pouhého půl roku. [44]

BYD 8TT

BYD 8TT je vybaven nejmodernějšími bateriemi, prvky a motory. Kapacita baterie je 422 kWh. Doba nabíjení zabere 2,5 hodiny. BYD 8TT dosahuje maximální rychlost 120 km.h⁻¹. Velikost vozidla činí 3,085 m na výšku, 6,910 m na délku a šířku 2,5 m. Pohotovostní hmotnost vozidla je 11,5 tuny. [45]

BYD Class 6 F

BYD Class 6 F je stejně jako předchozí model vybaven moderními technologiemi. Dané vozidlo bylo vyrobeno v roce 2022. Dosahuje maximální rychlosti 115 km.h⁻¹. Kapacita baterie je 281 kWh. [45]

Na obrázku níže Obr. 2.2 se na levé straně nachází model BYD 8TT a vpravo BYD Class 6 F.



Obr. 2.2 Elektrický tahač Model BYD 8TT a BYD Class 6 F

Zdroj: [45]

2.5.3 Elektromobily společnosti Nikola Motors

Jedná se o amerického výrobce elektromobilů. V roce 2022 zahájila Nikola Motors výrobu tahačů, které se budou vyrábět ve dvou provedeních, a to Tre BEV a Tre FCEV.

Model Tre BEV je plně elektrický. Je určen spíše pro kratší trasy. Oproti tomu model Tre FCEV je vodíkové elektrické vozidlo s palivovými články, které je vhodné pro delší trasy. Nikola Motors se nezabývá výrobou pouze čistě elektrických vozidel, ale i vozidel s vodíkovým palivem a s palivovými články. [46]

Nikola vyrobila několik prototypů elektrických nákladních vozidel:

- Nikola One,
- Nikola Two,
- Nikola Tre. [42]

Nikola Tre BEV

Nikola Tre byl uveden na veletrhu v roce 2022. Tento tahač má dojezd 530 km na jedno nabití. Je vybaven devíti bateriovými moduly. Výrobce uvádí, že tento dojezd je ovlivněn několika faktory. Jedná se o použití vozidla, zatížení, počasí, zacházení řidiče s vozidlem a způsob jeho jízdy. Dále uvádí, že elektrický tahač je možné nabít na 80 % při 350 kWh za 90 minut. [46] Tento model je zobrazen na obrázku Obr. 2.3.



Obr. 2.3 Elektrický tahač Nikola Tre BEV

Zdroj: [46]

2.5.4 Elektromobily společnosti Volvo

V roce 1928 se Volvo začalo věnovat výrobě nákladních automobilů. Tato společnost se vypracovala tak vysoko, že se stala největším výrobcem nákladních automobilů v Evropě. V roce 2019 vyrobila své první elektrické vozidlo uzpůsobené pro sběr odpadu. Volvo stále pracovalo na vývoji. O dva roky později tato společnost uvedla na trh

elektrický tahač s dalekým dojezdem. Tímto krokem to pro Volvo nekončí, jelikož mají stanovené plány do roku 2040. [47]

Volvo nabízí několik modelů na různá alternativní paliva. Patří sem plynová a elektrická nákladní vozidla. Zároveň Volvo poskytuje širokou řadu systémů podpory pro řidiče. Jedná se například o systém pro zabránění bočním a čelním střetnutím s ostatními vozidly, kamery na straně spolujezdce, brzdu pro srovnání soupravy, tempomat pro jízdu z kopce a další. Modely elektrických nákladních vozidel, které Volvo nabízí jsou:

- Volvo FH Electric,
- Volvo FM Electric,
- Volvo FMX Electric,
- Volvo FE Electric,
- Volvo FL Electric. [48]

Níže jsou popsány modely Volvo FH Electric, Volvo FM Electric a Volvo FL Electric.

Volvo FH Electric

Tento typ elektrického nákladního vozidla je doporučován pro přepravu zboží mezi městy. Nabízí dva až šest akumulátorů s kapacitou 180-540 kWh. Dojezd vozidla je 300 km. Při využití rychlonabíjecí stanice je vozidlo nabito za 2,5 hodiny do plného nabití. Celková hmotnost soupravy se pohybuje okolo 44 tun. [48] Volvo FH Electric se nachází na obrázku Obr. 2.4.



Obr. 2.4 Elektrický tahač Volvo FH Electric

Zdroj: [48]

Volvo FM Electric

Model Volvo FM Electric je určen pro přepravu velkokapacitní dodávky potravin, přepravu kontejnerů, jeřábové služby a ostatní. Hmotnost 44 tun je stejná jako u předchozího modelu. Shoduje se dojezd vozidla, rychlost nabíjení, možný počet a kapacita akumulátorů. Vozidlo je možné vybavit dvěma až třemi elektromotory. [48]

Volvo FL Electric

Volvo FL Electric je vhodné pro distribuci nákladu do měst. Má i druhou verzi, kdy je uzpůsobeno pro sběr odpadků. Jeho hmotnost činí 16,7 tuny. Vozidlo lze vybavit třemi až šesti akumulátory o kapacitě 200-395 kWh. Doba nabíjení střídavým proudem činí 1,5 hodiny. Je vybaven jedním elektromotorem a dvourychlostní převodovkou. [48]

Na levém obrázku Obr. 2.5 se nachází model Volvo FM Electric. Na pravé straně je model Volvo FL Electric.



Obr. 2.5 Elektrický tahač Volvo FM Electric a Volvo FL Electric

Zdroj: [48]

2.6 Přepravní společnosti využívající elektrická nákladní vozidla

Řada přepravních společností již obměňuje své vozidlové parky. Nahrazují nákladní vozidla se spalovacími motory za elektrická. Pro doručování zásilek ve městech a jejich okolí jsou využívány zejména elektrické dodávky. Pro dálkovou přepravu naopak elektrické kamiony. Níže jsou uvedené společnosti, které již zavádějí ve svých provozech elektromobily.

2.6.1 Zásilatelská společnost DPD

DPD je jednou z přepravních společností, která do svého provozu uvedla elektrická nákladní vozidla. V roce 2021 slovenská pobočka DPD vlastnila 60 vozidel s elektrickým pohonem. Plánuje i nadále obměňovat svůj vozidlový park. V souvislosti s pořízením elektrických dodávek se pracuje na výstavbě elektrifikovaného depa, které bude vybaveno 136 dobíjecími stanicemi. Tato výstavba je rozdělena do čtyř etap. První z nich byla zrealizována v roce 2021. Pro DPD představuje elektromobilita budoucnost nejen z pohledu ekologického, ale i ekonomického. Dle zpravodajského webu [49] existuje několik ekonomických výhod „Do ekonomických úvah DPD zahrnuje vedle nájezdu vozidel spotřebu elektřiny na 100 kilometrů, optimalizaci kurýrních tras, náklady na pravidelnou údržbu a tankování a zároveň počítá s šestiletou životností e-vozidla ve svých službách“.

Dalším typem dodávky na elektrický pohon, kterou DPD pořídila je model BattSwap Big Cargo. Ta má dojezd 150 km. Je charakteristická tím, že by místo zdouhavého nabíjení baterie dochází k výměně vybité baterie za plně nabitou. Tento proces by měl trvat pouze pár minut. [50]

Jedním z modelů, které DPD pořídila pro švýcarskou pobočku je Futuricum FM Logistics 18E na obrázku Obr. 2.6. Jedná se o vozidla, která jsou vybavena největší baterií v Evropě. Ta má kapacitu 680kWh, díky čemuž je možný dojezd až okolo 760 km. Kapacita baterie má však vliv i na její hmotnost, čímž bude ovlivněna i nosnost těchto vozidel. Elektrická nákladní vozidla jsou využívána na trase mezi švýcarskými městy Möhlin a Buchs. DPD spolu s výrobcem elektrických kamionů Futuricum dosáhli v roce 2021 světového rekordu. Zvládli ujet 1099 km bez dobíjení baterie v průběhu cesty. [51]



Obr. 2.6 Elektrický tahač Futuricum 18 E

Zdroj: [51]

2.6.2 Zasiřatelská společnost DHL Freight

DHL Freight uzavřela společně s Volvo truck partnerství, kterým chtějí napomoci rychlejšímu uvedení elektrických nákladních vozidel do běžného provozu přepravních společností. Snaží se zavést daná vozidla zejména pro dálkovou přepravu. Pro tento projekt bylo zvoleno elektrické nákladní vozidlo Volvo FH Electric. Daný model je od března minulého roku uveden do provozu ve Švédsku mezi dvěma terminály společnosti DHL Freight. Délka této trasy je cca 150 km. V souvislosti s elektromobilitou byl ve Švédsku pro DHL vytvořen projekt, kdy zákazníci platí při objednání zásilky poplatek, který je využit na podporu vývoje elektromobility. [52]

V České republice byla do Prahy a Brna pořízena elektrická vozidla e-Crafter. Po zkušebním provozu se došlo k závěru, že tato vozidla mají určité výhody i nevýhody. Výhodou je jejich schopnost plnit stejný účel jako vozidla se spalovacím motorem. Dále je to jejich vybavenost vyhovující kapacitou a automatickou převodovkou. Nevýhodou je jejich maximální rychlost, která je 90 km.h⁻¹. Ta je při jízdě mimo město nedostačující a omezující. Dojezd těchto dodávek je přibližně 173 km. [53]

DHL patří mezi dopravní společnosti, které se snaží dosáhnout nulových emisí. Mezi hlavní cíle, které si stanovila, patří elektrifikace 60 % jejich flotily dodávek, což představuje přibližně 80 000 vozidel. Zároveň tato společnost dokázala od roku 2007 snížit své emise o 35 %. [52] Na obrázku Obr. 2.7 je zobrazen elektrický kamion společnosti DHL.



Obr. 2.7 Elektrický kamion společnosti DHL

Zdroj: [52]

2.6.3 Zásilatelská společnost FedEx

V roce 2022 společnost FedEx obdržela dodávku 150 elektrických dodávkových vozidel pro rozvoz zásilek. Výrobce těchto vozidel je společnost Bright Drop. Jedná se o model Bright Drop Zevo 600, který má dojezd okolo 402 km. Zároveň jsou vybaveny nejnovějšími asistenčními systémy. Během jejich testovacího provozu byl odhadován výkon $2,9 \text{ km} \cdot \text{kWh}^{-1}$ na 560 km. S tímto modelem bylo dosaženo rekordu v počtu najetých 418 kilometrů elektrickou dodávkou na jedno nabití. V následujících letech je plánováno, že FedEx pořídí okolo 2 500 modelů elektrických dodávek Zevo 600. [54]

FedEx plánuje do roku 2024 obměnit celý svůj vozidlový park pro svoz a rozvoz zásilek za plně elektrický. Na podporu provozu těchto dodávek FedEx rozšířil svoji nabíjecí infrastrukturu.

Mimo elektrické dodávky si tato společnost zarezervovala 20 elektrických nákladních vozidel od společnosti Tesla, konkrétně model Tesla SEMI. Dle Alvazere [55] přepraní společnost uvedla následující skutečnost „*Podle FedEx společnost od roku 2008 ušetřila přibližně 158 milionů galonů paliva díky přijetí vozidel, která využívají palivové články, zemní plyn, hybridní motory a elektrické pohony*“.

2.7 Elektromobilita pomocí externího zdroje elektrické energie

Elektrická energie může být do silničního vozidla dodávána také prostřednictvím externího zdroje. Jedním ze způsobů je, že nákladní vozidla fungují na principu lokomotiv, tramvají a trolejbusů. Tento typ silniční nákladní dopravy v současnosti již existuje. První elektrifikovaná silnice na světě vznikla ve Švédsku. Měří okolo 2 km a nachází se na švédské dálnici E16. Pro uvedený způsob dopravy musela být sestavena speciální elektrifikovaná vozidla, která byla do Švédska dodána společností Scania. Tato nákladní vozidla jsou v horní části za kabinou vybavena pantografovými sběrači. Pomocí nich je elektrická energie potřebná pro provoz dodávána vozidlům prostřednictvím trolejového vedení. Napojení na elektrické vedení je možné během jízdy. Pro provoz jsou využívána nákladní vozidla, která na těchto elektrifikovaných silnicích fungují jako elektrická vozidla. Během toho, co vozidlo sjíždí z elektrifikované silnice, se pantograf sám odpojí a pokračuje na hybridní pohon. Následně je kamion poháněn spalovacím motorem nebo elektromotorem. Nejlepší kombinací je v tomto případě elektromotor, prostřednictvím kterého je dosaženo celkových nulových emisí. Švédsko

se uvedeným způsobem snaží mít vozidlový park bez fosilních paliv do roku 2030. Tato technologie by však představovala značné investice ve městech a jejich okolí, které nejsou vybaveny nadzemním elektrickým vedením. [56]

Švédsko je v oblasti elektromobility velmi vyspělou zemí. Realizuje další projekt, který se týká výstavby elektrifikovaných silnic. Ty však nebudou vybaveny nadzemním vedením, ale kolejemi zabudovanými v silnicích. Prostřednictvím kolejí je elektrická energie dodávána do osobních a nákladních elektromobilů. Tím dojde k nabíjení jejich baterií. Elektrická energie je předávána přes pohyblivé rameno, které je umístěno na spodní části vozidla. Při najetí vozidla na kolej se rameno samo připojí. Elektrifikované silnice by musely být od sebe vzdáleny maximálně takovou trasou, jakou by byly elektromobily schopné ujet na jedno nabití. Náklady na výstavbu silnic s kolejemi by byly výrazně nižší než výstavba nadzemního vedení. Další výhodou je možnost napojení nejen nákladních, ale i osobních elektrických vozidel. Tento projekt by měl přispět ke stále řešenému problému dobíjení elektromobilů. [57]

Na následujícím obrázku Obr. 2.8 je zobrazena elektrifikovaná dálnice, kde je nákladní vozidlo napojeno prostřednictvím pantografů k elektrickému vedení.



Obr. 2.8 Nákladní vozidlo poháněné externím zdrojem

Zdroj: [56]

2.8 Porovnání nákladů na provoz elektromobilu vs. dieselu

Dle ICCT [58] měla silniční nákladní doprava téměř 20 % podíl na celkové tvorbě emisí skleníkových plynů. Je vyžadováno, aby všichni výrobci nákladních automobilů postupně obměňovali výrobu vozidel s dieselovými motory za vozidla s nulovými emisemi. Je stanoveno, aby do roku 2025 díky výrobě vozidel na alternativní paliva snížily emise svého vozového parku o 15 % a do roku 2030 o 30 %.

V souvislosti s porovnáním elektrických a dieselových nákladních vozidel byla společností ICCT [58] provedena následující analýza, která porovnává celkové náklady související s jejich provozem. Jsou zde porovnávány dva modely vozidel, které mají velmi podobné technické parametry. Jedním z nich je Ford Transit 350E s dieselovým motorem, druhým vozidlem je StreetScooter WORK XL, které využívá například přepravní společnost DHL. Technické parametry obou vozidel jsou uvedeny níže v tabulce Tab. 2.2.

Tab. 2.2 Parametry vozidel Ford Transit 350E a StreetScooter WORK XL

	Diesel delivery truck ^{a)}	Battery-electric delivery truck ^{b)}
Axle configuration	4x2	4x2
Gross vehicle weight (kg)	4,490	4,050
Unladen weight (kg)	2,482	2,775
Maximum payload (kg)	2,008	1,275
Powertrain rated power (kW)	114	90
Transmission	6-speed manual gearbox	Single speed + differential
Engine size (Liters)	2.2	-
Battery size (kWh)	-	76 kWh
Energy efficiency	9.5 l/100 km (0.95 kWh/km)	0.3 - 0.4 kWh/km
CO ₂ emissions ^{c)}	250 g/km	0 g/km

Zdroj: [58]

Vozidla jsou použita za stejných provozních podmínek. V provozu jsou 12 hodin, následně se vrací do depa, kde se zbylých 12 hodin nabíjejí. Trasa, kterou vozidlo ujede činí 40 až 60 km. Celková maloobchodní cena elektrického vozidla je 51 634 EUR. Tato cena zahrnuje náklady na baterii, pohonné ústrojí, podvozek, nepřímé náklady a další. U dieselového vozidla se maloobchodní cena pohybuje okolo 30 000 EUR. Odhaduje se, že pořizovací náklady budou v následujících letech snižovány. Je předpoklad, že do roku 2030 se rozdíl mezi maloobchodními cenami sníží na 6 000 EUR. [58]

Provozní náklady jsou náklady, které souvisí s počtem najetých kilometrů, spotřebou paliva a údržbou vozidel. V případě elektrického vozidla se uvažuje nad nabíjecími náklady, kde záleží především na aktuální ceně za elektřinu, dále na síťové ceně (cena za dodávku elektřiny), daních a odvodech. Tato cena se uvádí bez DPH a pomocí propočtů bylo zjištěno, že se cena bude pohybovat mezi 8 a 21 ct. kWh⁻¹. Daně a poplatky se v různých městech liší. Může se pohybovat okolo 0,4 až 9,64 ct. kWh⁻¹. [58]

V případě diesellového vozidla je významným provozním nákladem nafta. Z pohonných hmot se provozovatelům vrací DPH a některé spotřební daně. Cena bez DPH se pohybuje okolo 1,17 až 1,61 EUR.litr⁻¹. Průměrné náklady na údržbu diesellového vozidla jsou odhadovány na 11 EUR.100 km⁻¹. Oproti tomu náklady na údržbu elektrického nákladního vozidla činí 7,5 EUR.100 km⁻¹. [58]

Výhodou elektrických nákladních vozidel je poskytování dotací. Tyto dotace jsou v jednotlivých zemích a městech odlišné. Některé poskytují například fixní příspěvek na elektromobil bez ohledu na cenu a typ vozidla, jiné přispívají určité procento z pořizovacích nákladů vozidla. Existují však i jiné přístupy v poskytování dotací, než které jsou zde uvedeny. [58]

Nevýhodou pro diesellová vozidla je fakt, že některá evropská města zavádějí v jejich centrech nízkoemisní nebo bezemisní zóny. Cílem je zlepšení životního prostředí v těchto oblastech. V současnosti existuje v Evropě okolo 250 nízkoemisních zón. Vjezd je umožněn pouze vozidlům, která splňují emisní klasifikaci. V některých případech je umožněn vjezd do nízkoemisních zón i vozidlům, která nespádají do této klasifikace, avšak za daný poplatek. V tomto případě se počítá, že by se denní poplatek pohyboval mezi 2 až 6 EUR/den. To by představovalo významné navýšení nákladů. [58]

Při porovnání nákladů na elektřinu a naftu se u vozidel jedná o velmi proměnlivou a nevyzpytatelnou oblast. S ohledem na zvyšování cen během roku 2022 lze říci, že cena za naftu ve srovnání s rokem 2021 vzrostla o 50-70 %. Cena za elektřinu během tohoto období rovněž vzrostla o dvojnásobek. V tomto případě bylo zjištěno, že elektrická nákladní vozidla jsou méně citlivá na takové razantní zvyšování cen, jelikož spotřeba energie na jeden kilometr je nižší než spotřeba nafty. [58]

Lze tedy říci, že elektrická nákladní vozidla mají velký potenciál. I když je jejich pořizovací cena výrazně vyšší, předpokládá se, že bude během následujících let klesat. Provozní náklady na elektromobily jsou nižší než u diesellových nákladních vozidel.

3 Přejchod na vozidla s elektrickým pohonem

Následující kapitola se zabývá přechodem na vozidla s elektrickým pohonem. Tento proces je navržen pro konkrétní přepravní společnost, která v současné době využívá pouze vozidla se spalovacími motory. V první části je představena samotná společnost a její vozidlový park. Poté je navržen a popsán proces přechodu na vozidla s elektrickým pohonem v rámci společnosti.

3.1 Představení společnosti EGT Express

EGT Express je mezinárodní logistická společnost, která poskytuje řadu komplexních přepravních a logistických služeb. Své služby poskytuje v celé Evropě, Rusku, Středním východě a Asii. Doručení zásilek zajišťují kromě silniční přepravy také prostřednictvím letecké, železniční a námořní přepravy. Silniční doprava je však v této společnosti dominující. [59]

Společnost byla založena v roce 1995 jako celní agentura. O dva roky později se začala zabývat přepravními službami. Během uplynulých let společnost EGT Express pracovala na budování svých přepravních linek. Začínala v Evropě, a následně se přesunula i do dalších destinací. V roce 2009 rozšířila své služby do Arménie, Ázerbájdžánu, Běloruska, Kazachstánu, Kyrgyzstánu, Ruska, Moldávie, Tádžikistánu a Uzbekistánu. Poté zavedla pravidelné sběrné služby i v Balkánských státech a Mongolsku. Destinace, kde poskytuje své přepravní služby neustále rozšiřuje. [59]

V roce 2010 začala společnost budovat své pobočky i v jiných zemích, nejen v České republice. Jedná se o Bulharsko, Arménii, Ázerbájdžán, Bělorusko, Rusko, Gruzii, Litvu, Turkmenistán, Ukrajinu a Uzbekistán. [59]

Pro silniční nákladní dopravu nabízí tyto přepravní služby:

- LTL,
- FTL,
- sběrné služby,
- specializovaná přeprava – např. nadrozměrné zásilky,
- expresní přeprava,
- ADR. [59]

Kromě přepravy nabízí i jiné logistické služby, zejména skladování zboží, celní služby a pojištění. Co se týká skladování je poskytována služba Cross-docking a Pick and Pack. Firma podporuje také zpětnou logistiku. [59]

3.2 Vozidlový park společnosti EGT Express

Vozidlový park se skládá z moderních vozidel, přičemž všechna nově pořízená splňují emisní normu EURO 6. Pro přepravu zásilek jsou nabízeny následující typy vozidel:

- standardní návěsy,
- tandemová jízdní souprava,
- soupravy s chladicí jednotkou,
- nízkopodlažní návěsy,
- valníková vozidla (19,12 a 7,5 tunová),
- dodávky s plachtovou nástavbou (3,5 tuny),
- skříňové dodávky (3,5 tuny),
- dodávky s chladicí jednotkou,
- standardní dodávky (3,5 tuny). [59]

Pro svou činnost využívá EGT Express jak vlastní vozidla, tak i vozidla dopravců, se kterými spolupracuje. Níže jsou krátce charakterizovány vybrané typy vozidel:

a) Standardní návěsy

Standardní návěsy umožňují nakládku a vykládku dvěma způsoby, boční nebo horní částí. Jedná se o plachtové návěsy, které jsou vybaveny dvojitou podlahou. Jsou vhodné pro přepravu téměř každého zboží. Zároveň patří mezi nejvyužívanější druh návěsu. [59] Jeho rozměry a nosnost jsou uvedeny v následující tabulce Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Parametry standardního návěsu

Celková délka:	16.50 m	Vnitřní délka:	13.65 m
Celková šířka:	2.55 m	Vnitřní šířka:	2.48 m
Celková výška:	4.00 m	Vnitřní výška:	2.70 m
Celková váha:	42,000 Kg	Nosnost:	24,000 Kg
Kapacita:	90 m3	Množství palet:	33 Euro / 26 UK Std

Zdroj: [59]

Na obrázku Obr. 3.1 níže je nalevo zobrazena kompletní souprava se standardním návěsem společnosti EGT Express. Na druhé straně je návěs s teplotním režimem.



Obr. 3.1 Standardní návěs EGT a návěs s teplotním režimem

Zdroj: [59]

b) Tandemová jízdní souprava

Tandemová jízdní souprava umožňuje přepravu velkého množství zboží. Jejím prostřednictvím lze uskutečnit společnou přepravu zboží, které by za normálních podmínek nemohlo být přepravováno na jednom kamionu. Tato možnost je reálná, jelikož poskytuje dva oddělené celní prostory. Nabízí přepravu až 38 palet. [59]

Níže v tabulce Tab. 3.2 jsou uvedeny parametry vozidla.

Tab. 3.2 Parametry tandemové jízdní soupravy

Celková délka:	18.75 m	Vnitřní délka:	15.40 m
Celková šířka:	2.55 m	Vnitřní šířka:	2.48 m
Celková výška:	4.00 m	Vnitřní výška:	3.00 m
Celková váha:	44,000 Kg	Nosnost:	24,000 Kg
Kapacita:	120 m ³	Množství palet:	38 Euro / 28 UK Std

Zdroj: [59]

c) Valníková vozidla

Další možnost, kterou společnost EGT Express nabízí, jsou valníková vozidla značky Mercedes a DAF. Ta jsou k dispozici v provedení 19 tun, 12 tun a 7,5 tuny. Nejčastěji jsou využívána pro expresní přepravu především po Evropě a pro vnitrostátní přepravu. Jsou vybavena hydraulickou manipulační plošinou, která usnadňuje nakládku a vykládku

zboží. V tabulce Tab. 3.3 jsou uvedeny rozměry a kapacita pro 19 tunová valníková vozidla. [59]

Tab. 3.3 Parametry valníkového vozidla

Celková délka:	10.43 m	Vnitřní délka:	7.90 m
Celková šířka:	2.55 m	Vnitřní šířka:	2.45 m
Celková výška:	4.00 m	Vnitřní výška:	2.70 m
Celková váha:	19,000 Kg	Nosnost:	10,900 Kg
Kapacita:	48 m3	Množství palet:	19 Euro / 14 UK Std

Zdroj: [59]

Na následujícím obrázku Obr. 3.2 je zobrazeno valníkové vozidlo, které je vybaveno hydraulickou plošinou určenou pro nakládku a vykládku zboží.



Obr. 3.2 Valníkové vozidlo společnosti EGT Express

Zdroj: [59]

d) Dodávky s plachtovou nástavbou 3,5 tuny

Dodávky s plachtovou nástavbou jsou rovněž určeny pro vnitrostátní přepravu, po Evropě a expresní přepravu. Tento druh vozidla umožňuje jednoduchou manipulaci se zbožím při nakládce. Jsou vybaveny bezpečnostními prvky proti krádežím. Umožňují přepravu 8 palet o hmotnosti 1 000 kg. Níže je uvedená tabulka Tab. 3.4 s parametry plachtové dodávky. [59]

Tab. 3.4 Parametry plachtové dodávky

Celková délka:	6.70 m	Vnitřní délka:	4.20 m
Celková šířka:	2.15 m	Vnitřní šířka:	2.05 m
Celková výška:	2.70 m	Vnitřní výška:	2.20 m
Celková váha:	3,500 Kg	Nosnost:	1,000 Kg
Kapacita:	18 m3	Množství palet:	8 Euro / 6 UK Std

Zdroj: [59]

e) Standardní dodávky 3,5 tuny

Standardní dodávky jsou v rámci Evropy a Balkánu využívány pro expresní přepravu a převoz cenného a drahého zboží. Dodávka je uzpůsobena pro náklad uložený na 5 paletách. Její nosnost činí 1 000 kg. V následující tabulce Tab. 3.5 jsou uvedeny celkové rozměry a nosnost dodávky. [59]

Tab. 3.5 Parametry standardní dodávky

Celková délka:	6.36 m	Vnitřní délka:	3.80 m
Celková šířka:	2.05 m	Vnitřní šířka:	1.55 m
Celková výška:	2.70 m	Vnitřní výška:	2.00 m
Celková váha:	3,500 Kg	Nosnost:	1,000 Kg
Capacity:	12 m3	Množství palet:	5 Euro / 3 UK Std

Zdroj: [59]

Na obrázku Obr. 3.3 je vyobrazena standardní dodávka využívaná společností EGT Express.



Obr. 3.3 Standardní dodávka společnosti EGT Express

Zdroj: [59]

3.3 Návrh přechodu na elektromobily

Nahrazení nákladních vozidel poháněných spalovacími motory za elektrická je složitý proces, který není otázkou krátké doby. Jak bylo uvedeno u přepravních společností výše, které na obměně vlastní flotily již pracují (např. DPD, DHL), tento proces musí probíhat postupně v několika fázích.

Stále existuje několik negativních stránek spojených s elektromobilitou. Jedná se o cenu elektromobilů, jejich náchylnost na chladnější počasí, nedostačující infrastrukturu, dojezd vozidel a další. To by se však dle dat získaných prostřednictvím analýzy mělo v průběhu několika let zlepšovat. Odhaduje se, že by měla postupně klesat pořizovací cena elektromobilů. Také se neustále pracuje na vývoji baterií s většími dojezdy, rozšiřuje se síť dobíjecích stanic atd. Všechny tyto aspekty by měly přispět k většímu zájmu o elektromobily.

V případě přechodu na elektrická nákladní vozidla v přepravní společnosti EGT Express bude tento proces podobně složitý. Jedná se o finančně náročnou cestu, která bude otázkou několika let. Před samotnou realizací je nutné provést návrh a uvážení v jaké míře je možné tento přechod provádět. Také je důležité brát ohled na dojezd elektromobilů a námi požadované trasy. Zároveň musí být bráno v potaz, že společnost EGT Express využívá nejenom svá vlastní vozidla, ale také vozidla od jiných dopravců.

Přechod na elektrická nákladní vozidla by se měl realizovat v následujících krocích:

1. Výběr vhodného typu vozidla na elektrický pohon
2. Výběr konkrétního modelu vozidla
3. Vybudování dobíjecí stanice
4. Zaučení zaměstnanců
5. Pilotní provoz
6. Vyhodnocení

3.3.1 Výběr vhodného typu vozidla na elektrický pohon

Prvním krokem je výběr konkrétního typu vozidla, u kterého bude v rámci společnosti EGT Express prováděna obměna. Důvodem tohoto výběru je, že není reálné provést obměnu všech vozidel ve firmě najednou. Je nutné stanovit požadavky, která na vozidla budeme klást. Na základě daných požadavků bude zváženo, které vozidlo je pro tento

proces vhodné. Je nutné brát ohled i na současný provoz společnosti, aby přechodem na elektromobily nedošlo k jeho narušení.

Pro výběr vozidla byla zvolena Saatyho metoda. Ta se používá pro řešení rozhodovacích úloh. Je založena na párovém srovnávání. Napomáhá vybrat variantu z námi uvedených možností, která nejvíce splňuje stanovené požadavky. Pro tuto metodu je třeba stanovit varianty a kritéria, která se následně párově mezi sebou porovnávají. [60]

Bylo zjištěno, že v rámci vícekritériální analýzy by bylo vhodné se rozhodovat pouze mezi vozidly, která jezdí krátké trasy převážně na území ČR. Nelze provádět testovací provoz pro dálkovou přepravu, která je náročná. S tím souvisí fakt, že není možné nasadit elektrická nákladní vozidla do destinací, kde síť dobíjecích stanic není dostatečná. Prostřednictvím krátkých přeprav dojde také k využití a tím i otestování vlastní dobíjecí stanice, jelikož zde budou pravidelně dobíjeny baterie vozidel. Na základě toho bylo rozhodnuto, že nebude uvažováno nad návěsovými soupravami, které jsou využívány převážně v dálkových přepravách.

Dále nemůže být vybíráno mezi vozidly, která tvoří výraznou část flotily. V případě, že by obměna byla prováděna u velkého počtu vozidel, jednalo by se o velice riskantní situaci v případě jakéhokoliv problému či neúspěchu. Je nutné se zaměřit na vozidla, kterých je méně a zároveň jsou dostatečně využívána. Tím by došlo k jejich řádnému otestování v plnohodnotném provozu.

Na základě těchto podmínek bylo usouzeno, že výběr bude prováděn mezi valníkoviými vozidly, dodávkami s plachtou a standardními dodávkami. Prvním kritériem, které je stanoveno jako důležité při tomto výběru je stáří vozidel. Jelikož firma začínala s podnikáním v tuzemsku, tak jako první byla pořízena menší vozidla. Postupem času se s rostoucí poptávkou rozšiřoval vozidlový park pro mezinárodní kamionovou dopravu. Dalším kritériem, které zároveň souvisí se stářím vozidel jsou jejich emisní normy. Společnost z velké části disponuje vozidly, která splňují emisní normu EURO VI. Dále se zde nacházejí vozidla s emisní normou horší, než je EURO VI. V některých evropských městech se již stává, že je zakázán průjezd vozidlům, která nesplňují určitou normu. Jejich vjezd do města může být zpoplatněn. Na vozidla v souvislosti s horšími emisními normami je uvalena ekologická daň. Uvedené poplatky představují další provozní náklady, které firma může vážně pocítit.

Posledním kritériem, které bylo stanoveno pro rozhodování, jsou výkony vozidel. Jak již bylo uvedeno, je třeba zvolit taková vozidla, která jsou využívána převážně pro svoz a rozvoz zboží na území České republiky.

Prostřednictvím vícekritériálního hodnocení jsou v několika krocích porovnávána zvolená kritéria pro jednotlivá vozidla. V tabulce níže Tab. 3.6 jsou v prvním sloupci zapsány typy vozidel, mezi kterými bude výběr prováděn. Jedná se o valníková vozidla, plachtové dodávky a standardní dodávky. K nim jsou v dalších sloupcích uvedeny hodnoty týkající se jejich průměrného stáří a počtu kilometrů, které přibližně ujedou během jednoho měsíce. V prostředním sloupci je zapsán počet vozidel mající nižší emisní normu, než je norma EURO VI.

V rámci výběru vozidla v tabulce Tab. 3.6 není vycházeno z reálných dat dané firmy.

Tab. 3.6 Kritéria pro výběr vozidla

Typ vozidla	Stáří vozidel	Emisní třída nižší než EURO 6	Výkon vozidel (km)
Valníková vozidla	6,7	2	8 283
Dodávka s plachtou	8,3	2	7640
Standardní dodávka	9,5	3	6512

Zdroj: vlastní zpracování.

Prvním krokem je provedení párového srovnávání, při kterém se zjišťují preference vztahu dvojic kritérií. Následně tedy byla vytvořena tabulka, kde se jednotlivé řádky a sloupce označily písmenem k, která značí stanovené podmínky. Ty jsou v obou směrech uvedena ve stejném pořadí. Následně jsou na základě preferencí jednotlivé dvojice mezi sebou postupně vyhodnocovány. Velikost těchto preferencí se určuje číselně. Bodová stupnice, která byla využita je následující:

- 1 - stejná preference,
- 3 – slabě preferované,
- 5 – silně preferované,
- 7 – velmi silně preferované,
- 9- absolutně preferované.

V následující tabulce Tab. 3.7 jsou stanoveny preference uvedených kritérií.

Tab. 3.7 Preference kritérií pro výběr vozidla

		Stáří vozidel	Emisní třída nižší než EURO 6	Výkon vozidel
		k1	k2	k3
Stáří vozidel	k1	1	1	3
Emisní třída nižší než EURO 6	k2	1	1	5
Výkon vozidel	k3	0,33	0,2	1

Zdroj: vlastní zpracování.

Po stanovení bodů je třeba zjistit váhu kritérií. Následuje tedy výpočet geometrického průměru, který je spočítán pro každý řádek zvlášť. Ten získáme pomocí následujícího vzorce (3.1).

$$x_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i} \quad (3.1)$$

Po získání jednotlivých geometrických průměrů a následně i celkového GP následuje výpočet váhy pro jednotlivá kritéria. Ty jsou získány dosazením hodnot do následujícího vzorce (3.2).

$$v_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (3.2)$$

V tabulce níže Tab. 3.8 jsou zobrazeny výsledky těchto výpočtů. Největší váhu 48,06 % získal počet vozidel s nižší emisní třídou než EURO VI. Druhou největší váhu získalo stáří vozidel, které činí o něco méně, tedy 40,54 %. Nejmenší význam má počet najetých kilometrů za měsíc.

Tab. 3.8 Preference a váhy kritérií pro výběr vozidla

	k1	k2	k3	GP	Váhy kritérií
k1	1	1	3	1,442	40,54 %
k2	1	1	5	1,710	48,06 %
k3	0,33	0,20	1	0,405	11,40 %
			Celkem	3,558	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Následuje ohodnocení jednotlivých variant vozidel mezi sebou. Pro každé kritérium je vytvořena samostatná tabulka, kde jsou v jednotlivých řádcích a sloupcích uvedeny typy vozidel označené písmenem V. Označení V1 je pro valníková vozidla, V2 patří plachtovým dodávkám a V3 značí standardní dodávky. Následně byly k vozidlům přiřazené hodnoty dle předchozí tabulky Tab. 3.8. Poté se opět preferenčně obodovaly jednotlivé hodnoty. Pro každý řádek byl vypočítán geometrický průměr a váhy kritérií. V níže uvedené tabulce Tab. 3.9 je bodování a následné výpočty pro stáří vozidel.

Tab. 3.9 Preference z hlediska stáří vozidel

Stáří vozidel		6,7	8,3	9,5		
		V1	V2	V3	GP	Váha
6,7	V1	1	0,33	0,14	0,362	8,10 %
8,3	V2	3	1	0,20	0,843	18,84 %
9,5	V3	7	5	1	3,271	73,06 %
Celkem					4,477	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Zde bylo zjištěno, že na základě stáří vozidel je výrazně preferovaná varianta standardních dodávek, u kterých je nejvyšší celkový průměr stáří vozidel 9,5 let. Váha pro standardní dodávky vzrostla až na 73,06 %. Nižší zvýhodnění mají plachtové dodávky, které mají váhu 18,84 %. Nejméně upřednostňované jsou valníková vozidla s váhou pouhých 8,10 %, jejichž průměrné stáří je nejnižší 6,7 let. V následující tabulce Tab. 3.10 jsou ohodnoceny emisní třídy vozidel jejichž emisní norma je nižší než EURO VI.

Tab. 3.10 Preference z hlediska emisní třídy nižší než EURO 6

Emisní třída nižší než EURO 6		2	2	3		
		V1	V2	V3	GP	Váha
2	V1	1	1	0,33	0,693	20,00 %
2	V2	1	1	0,33	0,693	20,00 %
3	V3	3	3	1	2,080	60,00 %
Celkem					3,467	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Z pohledu emisních norem získaly největší přednost opět standardní dodávky, které mají největší počet vozidel s emisními normami horšími, než je EURO VI. Váha dosáhla 60 %. Valníková vozidla a plachtové dodávky u tohoto kritéria dosáhly stejné váhy 20 %, jelikož mají totožný počet vozidel s nevyhovujícími normami. V tabulce Tab. 3.11 jsou body přiděleny měsíčnímu výkonu vozidel včetně výpočtů.

Tab. 3.11 Preference z hlediska výkonu vozidel

Výkon vozidel		8 283	7 640	6 512		
		V1	V2	V3	GP	Váha
8 283	V1	1	0,33	0,20	0,405	11,04 %
7 640	V2	3	1	3,00	2,080	56,66 %
6 512	V3	5	0,33	1	1,186	32,30 %
Celkem					3,671	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

V případě výkonu vozidel dosáhly největší prioritu plachtové dodávky, které dosáhly hodnocení 56,66 %. Důvodem byl nejvíce vyhovující denní nájezd kilometrů. Nižší preference mají standardní dodávky se 32,30 %. Nejméně upřednostňovaná jsou valníková vozidla s váhou 11,04 %, jelikož jejich denní nájezd je nejvyšší z uvedených možností. Získané výsledky jednotlivých kritérií byly dosazeny do společné tabulky ke konkrétním typům vozidel. Pomocí funkce skalárního součinu bylo dosaženo celkového hodnocení konkrétních vozidel, které můžeme vidět v tabulce Tab. 3.12.

Tab. 3.12 Výsledné hodnocení pro výběr vozidla

Váha	40,54 %	48,06 %	11,40 %	Výsledné hodnocení
Výsledek	k1	k2	k3	
k1	0,081	0,200	0,110	14,15 %
k2	0,188	0,200	0,567	23,71 %
k3	0,731	0,600	0,323	62,14 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Vozidlo, které se stalo vítězné, je zvoleno na základě celkové výsledné preference. V uvedené tabulce je nejvíce upřednostněna varianta standardní dodávky, která má váhu 62,14 %, čímž se stává výhodnější variantou. Prioritou je tedy průměrné stáří vozidel 9,5 let, z pohledu emisních norem je zvolen nejvyšší počet, který je tři vozidla. Lze si všimnout, že se nejedná o typ vozidla s nejvíce najetými kilometry. I přes to se nejedná o problém, jelikož uvedené kritérium nepatří mezi nejvíce preferované.

Na základě Satyyho metody bylo vyhodnoceno, že by se obměna vozidel za elektrická měla jako první týkat standardních dodávek. Samotný nákup vozidel by měl být realizovaný v několika etapách, jelikož budou využity v rámci zkušebního provozu, kdy bude testováno, jak se daná vozidla pro provoz hodí a zda nám vyhovují. Další etapy by se odvíjely od výsledků pilotního projektu, financí společnosti, stáří a stavu současných vozidel. V případě úspěšnosti tohoto projektu by mohla následovat obměna i ostatních typů vozidel.

3.3.2 Výběr vhodného modelu elektrické dodávky

Jelikož bylo prostřednictvím stanovených kritérií dosaženo rozhodnutí, kterého typu vozidla se bude návrh týkat následuje výběr konkrétního modelu, který bude pro plánovaný provoz vhodný. V současné době nabízí elektrické nákladní dodávky téměř každá větší automobilová společnost, jako je například Ford, Mercedes, DAF, Renault, MAN a další. Často se jedná o přeměnu jejich současných modelů se spalovacími motory za elektromotory. Vozidlový park společnosti EGT Express tvoří z velké většiny automobilová značka Fiat, DAF a Mercedes. Z tohoto důvodu byl výběr

zaměřen právě na použití stejných značek. Modely elektrických dodávek, které budou porovnány jsou představeny níže.

a) Ford E-Transit

První model e-dodávky, který byl zvolen je z automobilové společnosti Ford, jehož elektrické dodávky jsou v současnosti nasazeny do provozu několika kurýrních společností jako je DHL. Konkrétně se jedná o model Ford E-Transit. Je to první typ e-dodávky této značky, který je vyráběn ve dvou výškách a třech délkách. Rozměry byly zvoleny v kombinaci L2H2. Celková délka vozidla je 5 531 mm a šířka 2 747 mm. Je vybavena moderními technologiemi, kterými je např. ukazatel dojezdu, asistenční systémy pro bezpečnou jízdu atd. Dále nabízí palubní nabíjení, které umožňuje poskytování energie z akumulátoru do různých zařízení. Využívání energie je však monitorováno a umožňuje nastavení, aby byla energie čerpána pouze v takovém rozsahu, při kterém je zachován potřebný dojezd. [61]

b) Fiat E-Ducato

Jako druhý typ elektrické dodávky je Fiat E-Ducato. Tato dodávka je vyráběna ve třech provedeních. Nabízí dvě konfigurace baterií, přičemž je vozidlu umožněno pokračovat v jízdě, i když dojde k selhání jednoho z modulů. Konkrétně je zvolen Van L2H2 se třemi moduly baterií. Délka dodávky je 5 413 mm a maximální šířka 2 050 mm. Fiat zároveň nabízí několik asistenčních systémů pro řidiče napomáhající zajistit co největší bezpečnost během jízdy. Patří sem detekce křížení dráhy za vozidlem, brzdový asistent a monitoring mrtvého úhlu. [62]

c) Mercedes eSprinter

Třetím typem elektrické dodávky je Mercedes eSprinter. Tento model je dostupný se standardní délkou A2. Nabízí dva druhy vysokonapěťových akumulátorů, a to se třemi nebo čtyřmi paralelně zapojenými lithium-iontovými akumulátory. Nákladový prostor dodávky není nijak omezený a jeho objem je 11 m³. Vozidlo má rozměry 6 088 mm na délku a na šířku 2 175 mm se sklopenými zrcátky. [63]

Níže je uveden postup výběru vhodného typu dodávky na základě preferencí. Ten je proveden pomocí Saatyho metody jako v prvním případě.

V tabulce Tab. 3.13 jsou uvedeny vybrané modely elektrických dodávek, a to Fiat E-Ducato, Ford E-Transit a Mercedes eSprinter. Pro jednotlivé e-dodávky jsou

ve sloupcích zapsány hodnoty týkající se jejich dojezdu, užitečné nosnosti, doby nabíjení pomocí DC nabíjecích stanic a spotřeby proudu v kWh.100 km⁻¹.

Tab. 3.13 Kritéria pro výběr modelu e-dodávky

Model e-dodávky	Nosnost (kg)	Spotřeba proudu v kWh.100 km ⁻¹	Dojezd (km)	Doba nabíjení DC (min.)
Fiat E-Ducato	1135	31	167	30
Ford E-Transit	1684	26,8	309	31
Mercedes eSprinter	1045	37,1	120	20

Zdroj: vlastní zpracování dle [61][62][63].

Následně bude pomocí vícekritériálního hodnocení vybrána varianta, která nejvíce splňuje stanovené požadavky na elektrickou dodávku. Postup je stejný jako u porovnání typů nákladních vozidel. Prvním krokem bude párové porovnání kritérií mezi sebou. Ty jsou zapsána do sloupců a řádků ve stejném pořadí, kdy k1 značí dojezd (km), k2 nosnost (kg), k3 dobu nabíjení (min.) a k4 spotřebu proudu v kWh. Hodnotí se bodově podle priorit, které jim přiřkládáme. Bodová stupnice je stejná. Číslo 1 značí stejnou preferenci a číslo 9 nejvyšší.

Po přidělení bodového hodnocení ke kritériím jsou vypočítány geometrické průměry pro každý řádek, následně i celkový GP. Z nich jsou vypočítány jednotlivé váhy kritérií. V následující tabulce Tab. 3.14 je uveden postup a výsledky, které byly propočty získány.

Tab. 3.14 Preference a váhy kritérií pro výběr modelu e-dodávky

	k1	k2	k3	k4	GP	Váhy kritérií
k1	1	1	3	3	1,732	39,50 %
k2	1	1	3	1	1,316	30,01 %
k3	0,33	0,33	1	1	0,577	13,17 %
k4	0,33	1	1	1	0,760	17,33 %
				Celkem	4,385	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Výpočtem bylo zjištěno, že nejvíce preferovanou podmínkou je dojezd vozidel, tedy počet kilometrů, které jsou schopna e-dodávky ujet na jedno nabití. Druhým

největším zvýhodněním je nosnost vozidel, které má váhu 30,01 %. Nejmenší preferenci je doba nabíjení s váhou 13,17 %. V dalších krocích budou spočítány váhy pro každé kritérium zvlášť. Jako první je hodnocen dojezd v tabulce Tab. 3.15. Ke každému sloupci a řádce jsou připsány hodnoty podle původní tabulky.

Tab. 3.15 Preference z hlediska dojezdu

Dojezd (km)		167	309	120		
		D1	D2	D3	GP	Váha
167	D1	1	0,14	5	0,894	18,40 %
309	D2	7	1	7	3,659	75,31 %
120	D3	0,20	0,14	1	0,306	6,29 %
Celkem					4,859	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Největší preferenci má dodávka Ford E-Transit, jejíž dojezd je 309 km. Ta byla hodnocena sedmi body, které znamenají, že je velmi silně zvýhodňována. Na základě toho dosáhl tento typ dodávky váhu 75,31 %. Za ní se umístil Fiat E-Ducato, který má 18,40 %. Nejméně upřednostňována je samozřejmě dodávka s nejmenším dojezdem, a to Mercedes eSprinter se 120 km. Ta měla hodnocení pouhých 6,29 %. Níže v tabulce Tab. 3.16 je vyhodnocována nosnost vozidla.

Tab. 3.16 Preference z hlediska nosnosti

Nosnost (kg)		1135	1684	1045		
		D1	D2	D3	GP	Váha
1135	D1	1	0,20	3	0,843	18,84 %
1684	D2	5	1	7	3,271	73,06 %
1045	D3	0,33	0,14	1	0,362	8,10 %
Celkem					4,477	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Ze získaných výsledků lze vidět, že největší preferenci opět získala dodávka Ford E-Transit s nosností 1 684 kg. Druhou nejvyšší preferenci získala dodávka Fiat E-Ducato s váhou 18,84 %. Nejnižší hodnocení má stejně jako u dojezdu Mercedes eSprinter.

V následující tabulce Tab. 3.17 jsou porovnány hodnoty pro dobu nabíjení elektrických dodávek.

Tab. 3.17 Preference z hlediska doby nabíjení

Doba nabíjení		30	31	20		
		D1	D2	D3	GP	Váha
30	D1	1	3	0,20	0,843	20,21 %
31	D2	0,33	1	0,20	0,405	9,72 %
20	D3	5	5	1	2,924	70,07 %
Celkem					4,173	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

V případě dobíjení elektromobilů získala nejvyšší váhu 70,07 % dodávka Mercedes eSprinter. Její doba nabíjení DC 10-80 % je nejkratší z uvedených možností, a to 20 minut. Nejmenší preferenci 9,72 % má dodávka Ford E-Transit, jejíž doba nabíjení je nejvyšší, tedy 31 minut. Posledním kritériem pro porovnání je spotřeba proudu v kWh.100 km⁻¹. To je provedeno v tabulce Tab. 3.18.

Tab. 3.18 Preference z hlediska spotřeby energie

Spotřeba energie		31	26,8	37,1		
		D1	D2	D3	GP	Váha
31	D1	1	0,33	5	1,186	27,90 %
26,8	D2	3	1	7	2,759	64,91 %
37,1	D3	0,20	0,14	1	0,306	7,19 %
Celkem					4,250	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Na základě výpočtů bylo dosaženo výsledku, že nejvyšší hodnocení 64,91 % má z pohledu spotřeby energie dodávka Ford E-Transit. Ta má nejnižší spotřebu, která činí 26,8 kWh.100 km⁻¹. Nejnižší váhu 7,19 % má dodávka Mercedes eSprinter se spotřebou 37,1 kWh.100 km⁻¹.

Výsledné váhy pro jednotlivá kritéria jsou shrnuty a dosazeny v následující tabulce Tab. 3.19 ke konkrétním typům dodávek. Pomocí funkce skalárního součinu bylo

dosaženo celkových výsledků pro jednotlivé elektrické dodávky. Na základě toho bude vyhodnoceno, která dodávka je vhodnější.

Tab. 3.19 Výsledné hodnocení pro výběr modelu e-dodávky

Váha	39,50 %	30,01 %	13,17 %	17,33 %	Výsledné hodnocení
Výsledek	k1	k2	k3	k4	
k1	0,184	0,188	0,202	0,279	20,42 %
k2	0,753	0,731	0,097	0,649	64,20 %
k3	0,063	0,081	0,701	0,072	15,39 %

Zdroj: vlastní zpracování.

V přiložené tabulce je vítězná dodávka zvolena na základě celkové výsledné preference. Nejvíce preferovanou variantou je elektrická dodávka Ford E-Transit, která má váhu 64,20 %, čímž se stává vhodnou variantou pro nahrazení současných dodávek. Její dojezd je 309 km a nosnost 1 684 kg. Nelze si nevšimnout, že se jedná o dodávku s nejdelší dobou nabíjení. Spotřeba energie je však opět nejlepší z nabízených možností 26,8 kWh.100 km⁻¹. I když se jedná o dodávku s nejdelší dobou nabíjení, nečiní to zásadní problém, jelikož dané kritérium má nejnižší hodnocení.

Elektrická dodávka Ford E-Transit je uvedena na následujícím obrázku Obr. 3.4.



Obr. 3.4 Elektrická dodávka Ford E-Transit

Zdroj: [61]

3.3.3 Vybudování dobíjecí stanice

V souvislosti s elektromobily musí být uvažováno nad jejich dobíjením, bez kterého by se jejich provoz neobešel. Nabíjení je možné dvěma způsoby. Prostřednictvím veřejné či soukromé dobíjecí stanice. Řada provozovatelů elektrických nákladních vozidel mohou uvažovat nad vybudováním vlastního dobíjecího centra. Dané rozhodnutí se odvíjí od řady podmínek např. velikosti flotily elektrických vozidel a efektivity této investice.

V případě, že je uvažováno nad výstavbou vlastní dobíjecí stanice, je nutné nejprve provést výběr konkrétního typu. S výstavbou dobíjecích stanic však souvisí řada dalších pořizovacích a provozních nákladů. Pořizovací náklady budou zahrnovat např. náklady na výstavbu a připojení k síti, hardware a software nabíjecí stanice. Provozní náklady tvoří elektřina, údržba a další. Dobíjecí stanici je nutné vybírat na základě zvoleného elektrického vozidla. Pro společnost EGT Express je nejvíce preferovaná elektrická dodávka model Ford E-Transit. Dále by se u dobíjecích stanic mělo řešit především umístění, počet a rychlost nabíjení. Pro dobíjení elektrických nákladních vozidel prostřednictvím drátových nabíjecích stanic lze uvažovat nad třemi nejběžnějšími typy, které se liší jejich účelem použití, rychlostí nabíjení a výkonem. Nejběžnějším způsobem nabíjení je pomocí DC nabíjení. Jedná se o nabíjení elektromobilů přes noc, rychlé a ultra rychlé příležitostné nabíjení. Jednotlivé typy jsou krátce charakterizovány:

Nabíjení elektromobilů přes noc

Jedná se o typ nabíjení elektromobilů, který z hlediska nákladů na elektrickou energii patří mezi nejlevnější. Důvodem je nižší cena za elektřinu v nočních hodinách, která v případě většího odběru představuje výrazný cenový rozdíl. Tyto stanice se obvykle vybavují levnějšími a pomalejšími nabíjecími stanicemi, které disponují nižšími výkony pohybující se okolo 50-150 kW. Při takovém výkonu je doba nabíjení 6-8 hodin, které je zcela dostačující, jelikož odpočinkový cyklus je dostatečně dlouhý. Tento typ dobíjecí stanice zároveň tedy představuje nižší pořizovací náklady. Nevýhodou nočního nabíjení elektrického vozidlového parku je skutečnost, že je vyžadována obsluha personálu, která zajistí připojení a odpojení k nabíjecí stanici a další manipulaci s vozidly. To by naopak představovalo náklady navíc pro zajištění potřebného personálu pro noční směnu. Nabíjení je však rozloženo pro daný počet vozidel přes noc. To představuje výraznou úsporu času, jelikož řidič vozidla se nezdržuje v průběhu dne nabíjením. Využití nočního nabíjení je však vhodné pouze u vozidel, která mají dostatečně velkou

kapacitu baterie, která je dostačující pro jejich plánovaný denní nájezd kilometrů. Zároveň tyto vozidla musí být v provozu pouze přes den. [64][65]

Rychlé nabíjení elektromobilů

Druhou možností je výstavba nabíjecích stanic pro rychlé nabíjení. Tento způsob by byl uplatňován pro nabíjení elektrických nákladních vozidel během celého dne. Nevýhodou by však představovaly celkové pořizovací náklady, které by byly vyšší než pro stanice na noční nabíjení. Nabíjecí stanice disponují výkonem 150-400 kW, který by umožnil nabití baterie za 0,5 až 2 hodiny. Tím by se dal využít vícesměnný provoz u vozidel. Nabíjení by bylo možné realizovat v průběhu nakládek, vykládek a povinných přestávek řidičů. Zároveň by si nabití vozidla mohl obstarat každý řidič vozidla sám, čímž by došlo k úsporám za náklady na další pracovní sílu. Jelikož by tento typ dobíjecí stanice byl využíván kdykoliv v průběhu celého dne, znamenalo by to i vyšší provozní náklady na elektrickou energii. Výhodou by však byla možnost nabití většího množství vozidel za velmi krátký čas. Tím by došlo k většímu využití vozidel během dne. [64][65]

Ultra rychlé nabíjení elektromobilů

Posledním běžným způsobem dobíjení elektrických nákladních vozidel je prostřednictvím ultra rychlého nabíjení. Tento způsob představuje nabití baterie během pouhých 30-45 minut. Jedná se o nabíjecí stanice s výkonem, který se pohybuje od 750 kW až 3 MW. Výkony dosahující několika MW jsou stále ve vývoji. Rychlost nabití umožňuje jejich využití ve vytíženém vozovém parku, kde by docházelo k nabití několika vozidel v průběhu celého dne. Tento typ je také vhodný pro umístění v blízkosti dálnic pro nabíjení na dlouhé vzdálenosti. Tím by bylo umožněno nabíjení vozidel během krátkých pauz řidičů. S jejím výkonem se však pojí i velmi vysoké pořizovací náklady, které se pohybují v rozmezí 231 700 EUR až 615 800 EUR. [64][65]

Výběr nabíjecích stanic pro společnost EGT Express bude probíhat mezi výše uvedenými možnostmi. Musí být vybrána stanice, která bude vyhovovat vozidlovému parku elektrických vozidel. V souvislosti s tím je nutné uvažovat i nad možností, že budou do budoucna nakoupeny i jiné typy vozidel, než jsou e-dodávky, případně, že nabíjecí stanice využijí vozidla i jiných dopravců. Jedním z kritérií, které je rozhodující pro tento výběr je výkon dobíjecích stanic. Bude-li stanice využívána vozidly s rozdílnými výkony palubních nabíječek, je potřeba vybírat podle jejich nejvyššího výkonu. Další podmínkou je doba nabíjení potřebná pro nabití baterie do plné kapacity. Posledním kritériem jsou

pořizovací náklady. Ty se pohybují v různém rozmezí, které se odvíjí od jejich výkonů a rychlosti nabíjení.

Následně byla pomocí Saatyho metody porovnána kritéria stanovená pro výběr nabíjecích stanic. V tabulce níže Tab. 3.20 jsou v prvním sloupci uvedeny jednotlivé typy stanic. Patří sem noční, rychlé a ultra rychlé nabíjení. K nim jsou v ostatních sloupcích uvedené hodnoty týkající se jejich výkonu, doby potřebné pro nabití baterií a odhadovaných pořizovacích nákladů.

Tab. 3.20 Kritéria pro výběr nabíjení

Typ nabíjení	Výkon	Doba nabíjení	Pořizovací náklady
Noční nabíjení	50-150 kW	6-8 hod.	44 700 - 91 700 €
Příležitostné rychlé	150-400 kW	30 min. - 2 hod.	91 700 - 231 700 €
Příležitostné ultra-rychlé	750 kW - 3 MW	30-45 min.	231 700 - 615 800 €

Zdroj: vlastní zpracování dle [64][65].

Následně je provedeno jejich párové porovnání. V tabulce Tab. 3.21 byla pro jednotlivé řádky a sloupce přidělena kritéria ve stejném pořadí, přičemž k1 značí výkon, k2 přibližnou dobu nabíjení a k3 náklady na zařízení dobíjecí stanice. Poté byla dle priorit číselně ohodnocena. Následně byl vypočítán geometrický průměr a váhy pro každé kritérium zvlášť.

Tab. 3.21 Preference a váhy kritérií pro výběr nabíjení

	k1	k2	k3	GP	Váhy kritérií
k1	1	1	0,20	0,585	15,62 %
k2	1	1	0,33	0,693	18,52 %
k3	5	3	1	2,466	65,86 %
			Celkem	3,744	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Bylo vyhodnoceno, že pro výběr nabíjecí stanice mají největší váhu pořizovací náklady. Ta představuje 65,86 %. I přes to, že jsou na dobíjecí stanice poskytovány dotace, budou náklady na jejich pořízení poměrně vysoké. Zároveň je mezi nimi výrazný cenový rozdíl, který se pohybuje v řádě stovek EUR. Z toho důvodu je na výši pořizovacích nákladů

brán velký ohled. Velmi podobně jsou na tom zbylé dvě podmínky, kdy výkon má váhu 18,52 % a doba nabíjení 15,62 %.

Postupně byla stejným způsobem porovnána jednotlivá kritéria. Pro každou byla vytvořena samostatná tabulka. V tabulce Tab. 3.22 je zobrazeno hodnocení pro výkony vozidel.

Tab. 3.22 Preference z hlediska výkonu dobíjecích stanic

Výkon		50-150 kW	150-400 kW	750 kW – 3MW	GP	Váha
		N1	N2	N3		
50-150 kW	N1	1	1	3	1,442	42,86 %
150-400 kW	N2	1	1	3	1,442	42,86 %
750 kW – 3MW	N3	0,33	0,33	1	0,481	14,29 %
Celkem					3,365	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Bylo zjištěno, že z pohledu výkonu mají stejnou preferenci noční a rychlé nabíjecí stanice, které mají váhu 42,86 %. Nejmenší váhu získala stanice s ultra rychlým nabíjením. V následující tabulce Tab. 3.23 jsou uvedeny hodnoty pro čas potřebný pro dobití akumulátorů.

Tab. 3.23 Preference z hlediska doby nabíjení

Doba nabíjení		6-8 h.	30 min. - 2 h.	30-45 min.	GP	Váha
		N1	N2	N3		
6-8 hod.	N1	1	0,20	0,14	0,306	7,19 %
30 min. - 2 h.	N2	5	1	0,33	1,186	27,90 %
30-45 min.	N3	7	3	1	2,759	64,91 %
Celkem					4,250	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Z hlediska doby nabíjení získala výrazné upřednostnění 64,91 % stanice s ultra rychlým nabíjením. Druhou největší váhu získala stanice s rychlým nabíjením, která má 27,90 %. Nejmenší preferenci z tohoto pohledu má stanice s nočním nabíjením. Čas potřebný

pro nabití vozidla je faktor, který výrazně ovlivňuje celkový provoz vozidla a jeho využití. Je tedy žádoucí, aby tato doba byla co možná nejkratší.

Posledním porovnávaným kritériem jsou pořizovací náklady vozidel. Jeho výsledky jsou zapsány v tabulce Tab. 3.24.

Tab. 3.24 Preference z hlediska pořizovacích nákladů

Pořizovací náklady		44 700- 91 700 €	91 700- 231 700 €	231 700- 615 800 €	GP	Váha
		N1	N2	N3		
44 700-91 700 €	N1	1	7	9	3,979	76,08 %
91 700-231 700 €	N2	0,14	1	7	1,000	19,12 %
231 700-615 800 €	N3	0,11	0,14	1	0,251	4,80 %
Celkem					5,230	100 %

Zdroj: vlastní zpracování.

V případě pořizovacích nákladů získala přednost s výraznou převahou stanice na noční nabíjení se 76,08 %. Jedná se o nejlevnější typ dobíjecí stanice. V porovnání s ostatními typy se může jednat o rozdíl až v řádu milionů korun. Druhou největší váhu získala stanice s rychlým nabíjením.

Získané výsledky jednotlivých hodnocení byly dosazeny do společné tabulky. Zde bylo provedeno celkové hodnocení konkrétních typů dobíjecích stanic. Toho bylo dosaženo prostřednictvím funkce skalárního součinu. Výsledné hodnocení je zobrazeno v následující tabulce Tab. 3.25.

Tab. 3.25 Výsledné hodnocení pro výběr nabíjení

Váha	15,62 %	18,52 %	65,86 %	Výsledné hodnocení
Výsledek	k1	k2	k3	
k1	0,429	0,072	0,761	58,13 %
k2	0,429	0,279	0,191	24,45 %
k3	0,143	0,649	0,048	17,42 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Nejvíce preferovanou dobíjecí stanicí je stanice pro noční nabíjení. Jedná se o stanici s nejnižšími pořizovacími náklady, které se pohybují v rozsahu 44 700 – 91 700 EUR. Zároveň provozní náklady budou v tomto případě nejmenší, jelikož bude využita nižší sazba za elektřinu během noci. Zároveň však poskytuje výkon v rozmezí 50–150 kW a doba nabití se bude pohybovat mezi 6-8 hodinami. Jelikož společnost bude prozatím využívat pouze elektrické dodávky, které se budou pravidelně vracet do areálu, jsou tyto hodnoty dostačující. Elektrické dodávky budou mít dostatek času během noci pro jejich nabití.

Umístění dobíjecích stanic

Nabíjecí stanice rozlišujeme dle jejich umístění. Rozhodnutí, kam nabíjecí stanici umístíme, záleží především na velikosti a uspořádání prostor, které máme k dispozici.

V případě, že máme pro výstavbu nabíjecí stanice k dispozici dostatečné prostory může se uvažovat o instalaci nabíjecí stanice na zemi. Tyto stojany mohou být umístěny na parkovištích či na jakémkoli jiném místě v areálu. Je-li v místě nakládacích ramp dostatečný prostor, lze je umístit i do těchto míst. Tyto nabíjecí stojany mohou být využity jak pro rychlé, tak i pro noční nabíjení. Zároveň můžeme zvolit daný typ nabíjecího stojanu dle toho, zda z něj chceme nabíjet pouze jeden elektromobil či dva. Při výběru stojanu se dvěma dobíjecími kabely je možnost nastavení tzv. nabíjecího rozvrhu, který je založen na postupném nabíjení více vozidel v daném čase. Nevýhodou je větší zastavení prostoru. [66]

Je-li prostor v místě stání elektromobilů omezený, může být využito umístění nabíjecích stanic na podstavci, na zdi či v podobě mobilní stanice. Dle společnosti ABB [66] lze tyto typy dobíjecích stanic využít na noční nabíjení. Mobilní stanice umožňují nabíjení téměř kdekoli v areálu. Výhodou je úspora místa, a v případě mobilních stanic jejich libovolné přemístění dle potřeby.

Třetí možností umístění dobíjecí stanice je nad samotnými elektromobily. Jedná se o ideální umístění v případě omezeného prostoru kolem vozidla. Je navrženo pro nadzemní konstrukce a vybaveno systémem pro zatahování kabelu zpět, čímž zabráňuje tomu, aby kabel ležel na zemi. Jedná se o cenově dostupnější variantu, která však umožňuje pouze noční nabíjení. Výhodou je úspora místa včetně lepší manipulace s kabely. Na následujícím obrázku Obr. 3.5 je zobrazena nadzemní dobíjecí stanice. [66]



Obr. 3.5 Nadzemní nabíjecí stanice

Zdroj: [66]

V případě společnosti EGT Express je možné umístit dobíjecí stanice dle dostupných prostor dvěma způsoby. Areál společnosti je vybaven velkou asfaltovou plochou, kde parkují nákladní vozidla před samotnou nakládkou či po ní, případně zde tráví řidiči svoji povinnou pauzu. Jednou z možností je tedy umístění dobíjecí stanice v místech, kde stávají po dobu, která by byla dostačující pro nabití baterie. Zde by v případě potřeby a využití mohlo být umístěno více dobíjecích stanic.

Druhou možností by bylo umístění dobíjecí stanice u nakládacích ramp, kde by se během nakládky či vykládky mohl elektromobil připojit k dobíjecí síti. V případě delší nakládky, která by trvala alespoň hodinu, by bylo možné pomocí rychlonabíjecí stanice nabít baterii na 100 % v závislosti na stavu baterie. Společnost EGT Express je vybavena šesti nakládacími rampami. U každé z nich by tedy mohl být umístěn jeden stojan. Následně ihned po nakládce by se vozidlo mohlo vydat na cestu.

Na základě plánované obměny bude společnost využívat prozatím pouze elektrické dodávky. Jedná se o vozidlo, u kterého nakládka ani vykládka neprobíhá prostřednictvím nakládacích ramp. Je tedy nutné zvolit první možnost umístění dobíjecích stanic přímo u parkovací plochy. Zde bude možné nabíjet všechny typy elektrických nákladních vozidel.

Jelikož e-dodávky nevyužívají nakládací rampy, je umístění u nakládacích ramp nevhodné. S touto variantou však lze uvažovat do budoucna v případě, že by došlo k obměně návěsových souprav a dalších typů nákladních vozidel, které bývají na těchto rampách obsluhovány.

3.3.4 Zaučení zaměstnanců

Nezbytnou součástí přechodu na elektrické dodávky je zaučení zaměstnanců, kteří s nimi budou pracovat. Řidiči musí být zaškoleni na jejich obsluhu a řízení. Zároveň je nutné seznámení s obsluhou asistenčního systému, které se pravděpodobně ve starších vozidlech se spalovacími motory nenacházely, tudíž s nimi nemají zkušenosti. Kromě samotného řízení vozidla musí být seznámeni s obsluhou dobíjecích stanic, a to jak soukromých, které se budou nacházet přímo ve společnosti, tak na veřejných stanicích. Nemělo by chybět také školení řidičů týkající se plánování cest. Řidič musí být schopen provést správný odhad, aby zvládl naplánovat takovou trasu, kde se bude v případě potřeby nacházet dostatek dobíjecích stanic. Zároveň by pro firmu bylo vhodné, kdyby si řidiči zvládli, pokud to bude možné, naplánovat v co největší míře noční dobíjení pomocí firemní stanice.

3.3.5 Pilotní provoz

Po zaučení zaměstnanců následuje fáze zahájení pilotního provozu. Ten slouží pro zjištění nedostatků a chyb, na kterých se následně intenzivně pracuje a je snaha o jejich odstranění.

V rámci prvního pilotního provozu budou využívány elektrické dodávky konkrétně Ford E-Transit, který byl na základě dosažených výsledků pomocí multikriteriálního rozhodování určen jako vhodný pro zahájení přechodu na elektromobilitu v rámci společnosti EGT Express. V průběhu tohoto pilotního projektu bude sledováno několik faktorů, jako je například provoz elektrických dodávek, v jaké míře bude efektivní, a zda elektrické dodávky budou zvládat dlouhodobé zatížení, které je ve společnosti vyžadováno.

Pokud dojde v průběhu pilotního provozu k odhalení nějakých nedostatků a chyb, neprodleně se pracuje na jejich odstranění. Po uplynutí stanovené doby pro pilotní projekt následuje poslední fáze, a to vyhodnocení.

3.3.6 Vyhodnocení

Posledním krokem je vyhodnocení provozu elektrických dodávek. Je třeba identifikovat nedostatky, které se nacházejí. Součástí této fáze je také získání potřebných informací pro rozhodnutí, zda pokračovat v provozu elektrických dodávek. Také je nutné se zaměřit

na otázku, jestli bude výhodné rozšiřovat vozidlový park nejen elektrických dodávek, ale postupně i ostatních typů vozidel, které se ve společnosti nachází.

V případě zjištění, že je provoz e-dodávek nevyhovující, následoval by proces, kdy by se hledala jiná možnost pro provoz vozidel na elektrický pohon v podobě výběru jiného vozidla pro obměnu apod.

4 Zhodnocení

Poslední kapitola diplomové práce se věnuje zhodnocení pořizovacích a provozních nákladů vozidel. Porovnání se týká dvou dodávek na různý pohon, které je provedeno v rámci společnosti EGT Express. Jedním z porovnávaných vozidel je standardní dodávka Fiat Ducato se spalovacím motorem, která je v současnosti společností využívána. Druhým z nich je elektrická dodávka Ford E-Transit, která byla vybrána jako vhodné vozidlo pro obměnu vozidlového parku.

Fiat Ducato

Požizovací náklady pro naftovou dodávku značky Fiat se nyní pohybují v rozmezí 787 900 Kč až 932 900 Kč. Konečná cena se odvíjí od výkonu motoru a výbavy vozidla. V případě servisních nákladů se u vozidel se spalovacími motory jedná o mnohem náročnější a nákladnější oblast. Tato vozidla musí podstupovat pravidelnou výměnu kapalin, filtrů, svíček a dalších částí. Dále obsahují komponenty, které v souvislosti s opotřebením a následnými závadami je třeba opravit či vyměnit. Může se jednat např. o součásti motoru. Často dochází v souvislosti se stářím vozidel k nákladnějším investicím, které je nutné vynakládat. [67]

Z hlediska provozních nákladů je třeba věnovat pozornost také poplatkům týkajících se parkovného a úseků silnic, které jsou zpoplatněny. Jelikož společnost EGT Express pravidelně využívá trasy zahrnující cestu po dálnicích, jedná se o každoroční výdaje. Roční dálniční poplatek pro dodávku nyní činí 1 500 Kč. Dále jsou povinny platit silniční daň a povinné ručení vozidel, cena se odvíjí dle objemu motoru.

Výrazným a hlavním provozním nákladem je spotřeba paliva, která je uváděna na sto ujetých kilometrů. Naftová dodávka Fiat má spotřebu 7 litrů na 100 km. Spotřebu však ovlivňuje mnoho faktorů, zejména hmotnost nákladu a způsob jízdy řidiče. Cena pohonných hmot se pohybuje v současné době okolo 35 Kč za litr.

Ford E-Transit

Náklady na pořízení elektrické dodávky jsou stále vysoké. U modelu Ford E-Transit se pohybují okolo 1 764 664 Kč až 1 912 708 Kč. Stejně jako u dieselových dodávek se cena liší na základě zvolené výbavy a výkonu elektromotoru.

Na elektromobily jsou poskytované dotace. V případě elektrické dodávky dosahují až 500 000 Kč. Je nutné podotknout, že pro dosažení dotace musí být však splněny podmínky dané Ministerstvem životního prostředí. [62]

V porovnání vozidel se spalovacím motorem většina servisních potřeb u elektromobilů nenastávají. Tím dochází k velké úspoře nákladů. V případě servisu vozidla na elektrický pohon je věnována pozornost především brzdám, brzdové kapalině a pneumatikám. Riziko, které však hrozí, je poškození baterie. Jelikož se jedná o jeden z nejdražších komponentů elektromobilů, došlo by v souvislosti s její závadou k vysokým výdajům majitele vozidla. Na baterie však výrobci poskytují záruku, která může být až 8 let. U některých výrobců se záruka odvíjí od počtu najetých kilometrů a kapacity baterie.

Elektromobil je zcela osvobozen od poplatků silniční daně a dálniční známky. Povinné ručení je pro tyto typy vozidel upraveno tak, že platí nejnižší sazbu. Rovněž neplatí za vjezd do nízkoemisních zón. Z tohoto pohledu vozidla na elektrický pohon uspoří výrazné množství provozních nákladů.

Spotřeba elektrické dodávky je cca 30 kWh.100 km⁻¹. Ta je ovlivněna několika faktory např. hmotností nákladu a mírou využití klimatizace či topení. [62]

U elektromobilů existuje několik možností, jak nabít baterii. Z hlediska umístění se jedná o soukromé a veřejné dobíjení. Dále se dělí podle toho, zda se jedná o pomalé nebo rychlé dobíjecí stanice. V případě, že jsou trasy dobře plánovány, může být dosaženo úspor.

V případě firemního dobíjení je jednou z možností vlastní dobíjecí centrum. U společnosti EGT Express je plánovaná výstavba dobíjecí stanice s nočním nabíjením. V souvislosti s tímto typem je firmám od dodavatelů elektřiny poskytován tarif C27d. Jedná se o snížený tarif, který nabízí poskytovatelé elektrické energie za stanovených podmínek. Tuto sazbu mohou využívat majitelé elektromobilů, a to jak malé firmy, tak i podnikatelé. Časový úsek, kdy je tento tarif platný, je přesně vymezen. Jeho cena se pohybuje okolo 4,5 Kč. kWh⁻¹.

V případě veřejného dobíjení existují pomalé a rychlé dobíjecí stanice. Každá z nich může mít stanoveny různé ceny za kW v závislosti na konkrétním poskytovateli. Jsou dostupné stanice, kde lze čerpat energii zcela zdarma. Takové se nacházejí např. v blízkosti nákupních center.

Průměrná cena za pomalé nabíjení na veřejné stanici se pohybuje okolo 8 Kč. kWh⁻¹. Co se týká rychlého nabíjení, tam se jedná v průměru o cenu 12 Kč. kWh⁻¹. Obě uvedené

ceny platí pro neregistrované zákazníky. Registrovaní zákazníci získávají zvýhodněné ceny, které dosahují cca 6 Kč. kWh⁻¹ za pomalé a 10 Kč. kWh⁻¹ za rychlé nabíjení. [68]

V následující tabulce Tab. 4.1 jsou shrnuty průměrné ceny za elektřinu u dobíjecích stanic a naftu.

Tab. 4.1 Ceny za elektrickou energii a naftu

	Registrovaní zákazníci	Neregistrovaní zákazníci
Veřejná dobíjecí stanice – AC	6 Kč. kWh ⁻¹	8 Kč. kWh ⁻¹
Veřejná dobíjecí stanice – DC	10 Kč. kWh ⁻¹	12 Kč. kWh ⁻¹
Soukromá dobíjecí stanice (tarif C27d)	4,5 Kč. kWh ⁻¹	
Nafta	35 Kč. litr ⁻¹	

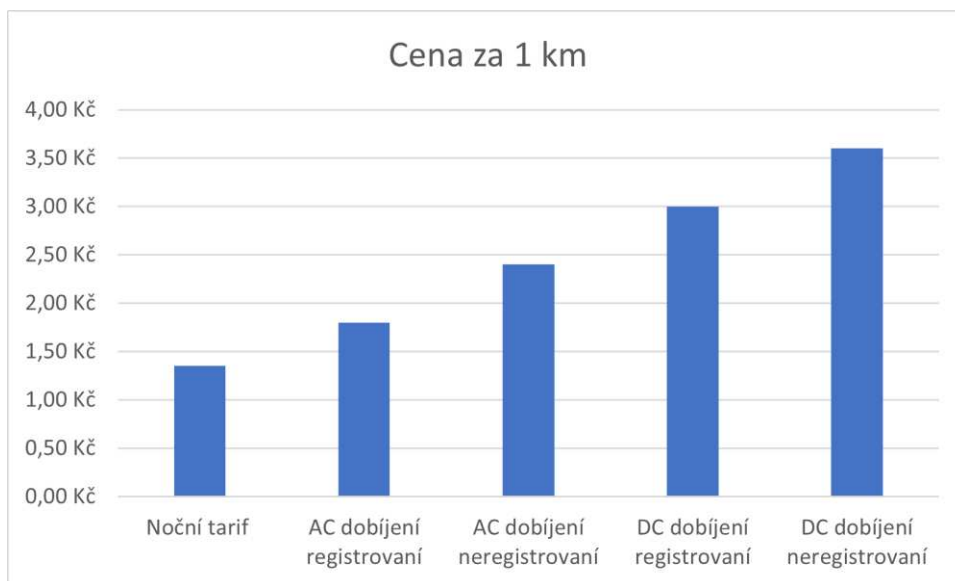
Zdroj: vlastní zpracování dle [68].

Náklad na jeden kilometr se odvíjí od spotřeby paliva. V případě elektromobilu se jedná o 30 kWh.100 km⁻¹. Jelikož společnosti EGT Express bylo navrženo zřízení soukromé dobíjecí stanice, budou náklady počítány nejprve pro tento způsob dobíjení. Zároveň se počítá s tím, že bude využíván výhodný tarif C27d, který se v průměru pohybuje okolo 4,5 Kč. kWh⁻¹. Poté co se vynásobí cena za elektřinu (kWh) spotřebou elektromobilu, je získána cena 135 Kč na 100 km. Z toho lze usoudit, že cena na jeden kilometr bude činit 1,35 Kč.

Může však dojít k situaci, že elektrická dodávka bude absolvovat takovou trasu, při které bude nezbytné její dobití mimo firemní nabíjecí stanici. V případě, že je zákazník neregistrovaný a využívá pomalé veřejné dobíjecí stanice, se ceny pohybují okolo 8 Kč. kWh⁻¹. Při dobití elektrické dodávky Ford E-Transit bude činit 2,4 Kč. Pokud by tento zákazník nabíjel dodávku na stanici s rychlým nabíjením, cena za km by byla 3,6 Kč.

U registrovaných zákazníků jsou ceny za dobíjení výhodnější. Zde by se cena na jeden kilometr pohybovala 1,8 Kč pro AC dobíjecí stanice. Pro DC by cena byla 3 Kč.km⁻¹.

Ceny za 1 km za elektrickou energii pro jednotlivé druhy nabíjení se nacházejí v následujícím grafu Graf 4.1. Z grafu je zřejmé, že cenově výhodné je noční nabíjení, kde se uplatňuje levnější tarif.



Graf 4.1 Cena elektrické energie na 1 km

Zdroj: vlastní zpracování.

Dodávky Fiat Duster se spalovacím motorem mají spotřebu 7 litrů na 100 km. Cena za diesel je nyní 35 Kč. l⁻¹. Vynásobením spotřeby se současnou cenou činí 245 Kč.100 km⁻¹. Náklady na jeden kilometr budou tedy 2,45 Kč.

Je však nutné brát ohled i na to, že dochází k nečekaným nárůstům cen nafty, ale i elektřiny. Příkladem může být nečekaný nárůst cen v roce 2022, kdy cena motorové nafty dosahovala cca 50 Kč. litr⁻¹. Tento razantní skok se týkal také elektřiny. V následující tabulce Tab. 4.2 jsou shrnuty nejdůležitější náklady na provoz vozidla na elektrický pohon a naftu.

Tab. 4.2 Porovnání nákladů elektrické a naftové dodávky

	Elektrická dodávka	Naftová dodávka
Servis	Nižší množství komponentů	O 35 % vyšší než u e-dodávky
Palivo (cena za 1 km)	1,35 Kč	2,45 Kč
Povinné ručení	Nejnižší sazba	Sazba dle objemu motoru
Silniční daň	0	Sazba dle objemu motoru
Dálniční známka	0	1 500 Kč

Zdroj: vlastní zpracování dle [69]

Z pohledu pořizovacích nákladů je elektrická dodávka Ford E-Transit stále dražší variantou oproti nákupu dodávky na motorovou naftu Fiat Ducato.

Dle údajů uvedených v tabulce vyplývá, že náklady na provoz e-dodávky jsou nižší než u naftové. Z hlediska dobíjení elektrické dodávky byla v tomto porovnání zvažována varianta, že e-dodávka bude nabíjena prostřednictvím firemní dobíjecí stanice s nejnižším tarifem za kWh. Bylo zjištěno, že v nákladech za palivo vychází levněji elektromobil. Zároveň většina ostatních provozních nákladů u elektromobilu odpadá, tudíž z dlouhodobého hlediska je na tom lépe elektromobil.

Kdyby však bylo uvažováno nad nabíjením e-dodávky prostřednictvím veřejných dobíjecích stanic, výhodnou variantou by bylo pouze dobíjení na AC stanicích, a to pro registrované i neregistrované zákazníky. V případě využití DC nabíjecích stanic by z pohledu cen za elektrickou energii bylo nabití dražší než palivo pro naftové dodávky. Finální porovnání provozních nákladů na palivo dodávek je zobrazeno na následujícím příkladech. Budou propočítány náklady za jeden měsíc.

Dodávka Fiat Ducato měsíčně ujede v průměru okolo 5 500 km. V případě dodávky se spalovacím motorem je spotřeba 7 l.100 km⁻¹. Cena za litr nafty je 35 Kč. Pro výpočet je použita rovnice (4.1) [70].

$$\text{Měsíční náklady} = \frac{\text{Spotřeba vozidla}}{100} \cdot \text{cena paliva} \cdot \text{měsíční nájezd km} \quad (4.1)$$

Po dosazení do rovnice je získán výsledek, že měsíční náklady na palivo činí 13 475 Kč. Elektrická dodávka najede měsíčně stejný počet kilometrů, tedy 5 500. Má spotřebu 30 kWh.100 km⁻¹ a cenu 4,5 Kč za kWh. Nejprve je nutné spočítat spotřebu kWh podle vzorce (4.2) [70].

$$\text{Celkové kWh} = \text{Nájezd ve stovkách km} \cdot \text{Spotřeba kWh na 100 km} \quad (4.2)$$

Dosazením získáme hodnotu celkové spotřeby 1 650 kWh. Pomocí vzorce (4.3) jsou získány celkové měsíční náklady za elektrickou energii [70].

$$\text{Měsíční náklady} = \text{Celkové kWh} \cdot \text{Cena za nabíjení} \quad (4.3)$$

Prostřednictvím vzorce (4.3) bylo dosaženo výsledku, že celkové měsíční náklady pro elektrickou dodávku Ford E-Transit budou činit 7 425 Kč.

Současně využívaná dodávka se spalovacím motorem má měsíční výdaje na naftu 13 475 Kč. V případě elektrické dodávky by cena za nabíjení prostřednictvím soukromé firemní dobíjecí stanice byla 7 425 Kč měsíčně.

Zhodnocením bylo dosaženo závěru, že z dlouhodobého hlediska by pořízení elektrických dodávek mělo vést nejen ke zlepšení emisí firmy, ale také k úspoře nákladů na vozidlo. V průběhu jednoho měsíce by došlo téměř k poloviční úspoře provozních nákladů za elektrickou energii. Kromě toho by společnost ušetřila za řadu ostatních poplatků, kterým elektromobily nepodléhají.

Závěr

V rámci diplomové práce bylo zjištěno, že se na vývoji elektromobility velmi intenzivně pracuje a je snaha o její vývoj a zdokonalování poskytovaných řešení. Důraz je kladen především na zlepšování technických vlastností elektromobilů. Zároveň je snaha o rozšiřování dobíjecích stanic. Stále se ale nachází několik překážek, které způsobují, že je koupě elektromobilu pro některé občany nedostupná.

První část této práce byla věnována teoretické charakteristice elektromobility pro získání základních znalostí o elektromobilitě, čeho se týká a proč je ze strany vlády a dalších organizací na ni kladen takový nátlak. Byl charakterizován elektromobil, jeho základní konstrukce a typy, které rozeznáváme. Následně byly představeny druhy nabíjecích stanic, bez kterých se provoz elektromobilu neobejde.

Cílem této diplomové práce je analýza současné situace elektromobility v silniční nákladní dopravě. Ta byla provedena v rámci České republiky i zahraničí. Věnovala se vývoji elektromobility a oblastem, kde jsou vozidla na elektrický pohon využívány. Následně byl definován Národní akční plán čisté mobility a dotace, které jsou v rámci tohoto programu poskytovány. Byly představeni významní výrobci zabývající se výrobou elektrických nákladních vozidel. Ve zkratce byly uvedeny některé zasílatelské společnosti, které se již aktivně účastní obměny svých vozidlových parků. V rámci elektromobility existuje řada alternativních řešení týkají se například jiných způsobů dobíjení baterie. Některé z nich jsou krátce popsány.

V rámci cíle diplomové práce byl proveden návrh na postup přechodu z využívání vozidel se spalovacími motory na elektromobily. Na základě toho byla představena společnost EGT Express včetně vozidlového parku, pro který je tento přechod navrhován. Jako první došlo ke stanovení kroků, které jsou potřebné pro uskutečnění tohoto přechodu. Následně bylo prostřednictvím Saatyho metody provedeno párové srovnávání, na jehož základě je získáváno řešení rozhodovacích úloh. Tato metoda byla aplikována pro výběr vhodného typu vozidla, konkrétního modelu vozidla a typu nabíjecí stanice. Po vyhodnocení získaných dat bylo dosaženo výsledku, které varianty jsou pro společnost nejvíce preferované. Bylo tedy dosaženo závěru, že přechod na elektrická vozidla by se měl týkat standardních dodávek, a to konkrétně modelu Ford E-Transit. Z pohledu výstavby dobíjecích stanic je vhodná stanice pro noční dobíjení, která by byla umístěna v okolí parkovacích míst. Během celého návrhu bylo myšleno na to, aby navrhovaný postup

nenarušil současný provoz a aby byl co nejplynulejší. Obměna vozidel musí však probíhat v několika fázích, přičemž je nutné sledovat jejich průběh. Jakýkoliv problém je nutné ihned řešit.

V závěru práce bylo provedeno zhodnocení uvedeného návrhu, kde byly porovnány pořizovací a provozní náklady vozidel. To se týkalo naftové a elektrické dodávky. Zde se došlo k závěru, že by v rámci návrhu mělo být nasazením elektrické dodávky dosaženo úspory provozních nákladů. Hlavním důvodem je jejich nenáročnost z hlediska provozu a ceny za elektrickou energii. Z pohledu pořizovacích nákladů to však naopak přinese pro někoho až nereálné náklady, jelikož elektromobily jsou stále velmi drahé. Počáteční výdaje na pořízení elektrických dodávek včetně nabíjecích stanic by představovaly velké investice.

Zhodnocením všech faktorů bylo dosaženo závěru, že elektromobilita má budoucnost. Bude však nezbytné přizpůsobit jejich ceny možnostem běžného občana. Toho by mohlo být dosaženo především získáním dotací pro fyzické osoby i soukromé společnosti a dalším zdokonalením elektromobilů a dobíjecích stanic.

Seznam zdrojů

- [1] DVORÁK, František. Europarlament definitivně schválil povinné nulové emise aut od roku 2035. In: *idnes.cz* [online]. Praha: MAFRA, a.s., 14.2.2023. [2023-02-16]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/elektromobil-europarlament-2035.A230214_133117_automoto_fdv
- [2] LARMINIE, James a John LOWRY. *ELECTRIC VEHICLE TECHNOLOGY EXPLAINED*. Vydání: druhé. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2012. ISBN 978-1-119-94273-3.
- [3] CELJAK, Ivo. *Konstrukce, technické systémy a provoz elektricky poháněných automobilů: Interní učební text pro doplnění přednášek 3. ročníku bakalářského studia* [online]. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018. [2022-12-21]. Dostupné také z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2019/02/Skripta-Konstrukce-a-provoz-elektromobil%C5%AF_v4.pdf
- [4] TOMAN, Pavel. Elektromobilita pro těžká vozidla přichází. In: *logistika.ekonom.cz* [online]. Praha: Economia, a.s., 4. 5. 2022. [2022-12-22] Dostupné z: <https://logistika.ekonom.cz/c1-67063560-elektromobilita-pro-tezka-vozidla-prichazi>
- [5] AUTOCENTRUM JAN ŠMUCLER. *Vyznejte se v elektromobilech a hybridních pohonech* [online]. Plzeň: © Autocentrum Jan Šmucler, s.r.o., 2022. [2022-12-22]. Dostupné z: <https://www.smucler.cz/blog/vyznejte-se-v-elektromobilech-a-hybridnich-pohonech-670.html>
- [6] AARGO EV SMART. Blogs: *What are the types of electric vehicles?* [online]. Mathura: © AARGO EV SMART, 2021. [2022-12-22]. Dostupné z: <https://aargoev.com/what-are-the-types-of-electric-vehicles/>
- [7] OMAZAKI GROUP. *Types of Electric Cars and Working Principles* [online]. Tangerang: Omazaki Group, © 2023. [2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.omazaki.co.id/en/types-of-electric-cars-and-working-principles/>
- [8] DEVINN: Inovacemi měníme svět automotive a energetiky. *Konstrukce elektromobilu* [online]. Jablonec nad Nisou: DEVINN s.r.o., © 2019. [2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.devinn.cz/blog/konstrukce-ele>

- [9] TESLA. Funkce vozu a nabíjení: *Autopilot* [online]. Tesla, © 2023. [2023-01-06]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_cz/support/autopilot
- [10] SCHMIDT, Bridie. Some traditional auto companies won't survive EV transition, S & P says. In: *thedriven.io* [online]. Mullumbimby: The Driven, 22.2.2019. [2023-01-06]. Dostupné z: <https://thedriven.io/2019/02/22/transition-to-electric-cars-will-pressure-auto-parts-suppliers-report-says/>
- [11] SKUPINA ČEZ. Jak funguje elektromobil a jaké jsou jeho výhody? In: *cez.cz* [online]. Praha: ČEZ a.s., 4.1.2021. [2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/clanky/jak-funguje-elektromobil-a-jake-jsou-jeho-vyhody-148953>
- [12] EV EXPERT. *Elektromobily, jejich baterie a jak nabíjet* [online]. Olomouc: EVEXPERT.cz, © 2022. [2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/elektromobily-a-jejich-baterie>
- [13] DEVINN: Inovacemi měníme svět automotive a energetiky. *BATERIE ELEKTROMOBILU – ZÁKLADNÍ PARAMETRY* [online]. Jablonec nad Nisou: DEVINN s.r.o., © 2022. [2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.devinn.cz/blog/baterie-elektromobilu>
- [14] BERGMANN, Petr. Co je to rekuperace, jak funguje a proč je v elektromobilu natolik důležitá? In: *elektrickevozy.cz* [online]. Praha: Elektrickevozy.cz, 1.7.2022. [2023-01-08]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/co-je-to-rekuperace-a-jak-funguje-u-elektromobilu>
- [15] EV EXPERT. *Systém správy baterie elektrických vozidel* [online]. Olomouc: EVEXPERT.cz, © 2022. [2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/bms>
- [16] MOKŘÍŠ, Jakub. Jaká je kapacita baterií elektromobilu? A k čemu je buffer? In: *portalridice.cz* [online]. Pardubice: Portalridice.cz, 1.11.2022. [2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/jaka-je-kapacita-baterie-elektromobilu-a-k-cemu-je-buffer>
- [17] BERGMANN, Petr. Co se stane s baterií, když doslouží v elektromobilu? S recyklací to není tak jednoduché. In: *elektrickevozy.cz* [online]. Praha: Elektrickevozy.cz, 16. 8. 2022. [2023-01-08]. Dostupné z:

<https://elektrickevozy.cz/clanky/co-se-stane-s-baterii-kdyz-doslouzi-v-elektromobilu-s-recyklaci-to-neni-tak-jednoduche>

[18] VOMÁČKA, Petr. Podívali jsme se podrobně na recyklaci baterií z elektromobilů. In: fdrive.cz [online]. Praha: 24net s.r.o., 16.1.2023. [2023-01-18]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/podivali-jsme-se-podrobne-na-recyklaci-baterii-z-elektromobilu-10099>

[19] CAR ANATOMY. *Car Construction: Electric truck* [online]. Car Construction, © 2023. [2023-01-18]. Dostupné z: <https://www.newkids-car.com/electric-car/electric-truck/>

[20] CAISL, Petr. Nabíjení elektromobilů. Zatížení sítě a řízení výkonu – část I., typy nabíjení. In: *energetika.tzb-info.cz* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 16.7.2020. [2023-02-02]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/20937-nabijeni-elektromobilu-zatizeni-site-a-rizeni-vykonu-cast-i>

[21] BĚHAL, Bart. Možností nabíjení pro elektromobily je celá řada. Některé jsou levné, jiné stále úplně zadarmo. In: *autosalon.tv* [online]. Praha: FTV Prima, spol. s.r.o., 29.7.2022. [2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/moznosti-nabijeni-pro-elektromobily-je-cela-rada-nektere-jsou-levne-jine-stale-uplne-zdarma>

[22] GENIUS FVE. Blog: *Co je to wallbox a v čem je lepší než obyčejná zásuvka* [online]. Horoměřice: Genius FVE s.r.o., © 2022. [2023-02-06] Dostupné z: <https://geniusfve.cz/2022/02/06/co-je-to-wallbox-a-v-cem-je-lepsi-nez-obycejna-zasuvka/>

[23] EV EXPERT. *Typy konektorů pro nabíjení EV ve světě* [online]. Olomouc: EVEXPERT.cz, © 2022. [2023-02-06]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/typy-konektoru-pro-nabijeni-ev-ve-svete>

[24] ENEL X WAY. *The different EV charging connector types* [online]. San Carlos: Enel X Way, USA, LLC, 2019. [2023-02-06]. Dostupné z: <https://www.enelxway.com/us/en/resources/blog/ev-charging-connector-types>

[25] MOKŘÍŠ, Jakub. Historie elektromobilů aneb vývoj elektroaut. In: *portalridice.cz* [online]. Pardubice: Portalridice.cz, 9.8.2022. [2023-02-11]. Dostupné z:

<https://www.portalridice.cz/clanek/historie-elektromobilu-vite-jak-se-vyvijela-elektricka-auta>

[26] WAGENKNECHT, Martin. Historie elektromobilů: 1.díl – úsvit elektromobilů. In: *fdrive.cz* [online]. Praha: 24nets s.r.o., 20.9.2016. [2023-02-11]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/1-era-elektromobilu-185>

[27] HYBRID.CZ. *Elektromobily: v Česku jich jezdí už 13 185, nabíjejí u 2 600 nabíječek* [online]. Brandýs nad Labem: Chamanne s.r.o., 2022. [2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/elektromobily-v-cesku-jich-jezdi-uz-13-185-nabijeji-u-2-600-dobijecek/>

[28] ČSOB POJIŠŤOVNA. Blog: *Dotace na elektromobil v ČR: Kdo má na ně nárok?* [online]. Pardubice: ČSOB Pojišťovna, 2022. [2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.csobpoj.cz/blog/dotace-na-elektromobil-v-cr-kdo-na-ne-ma-narok>

[29] STATNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Výzva č. 3/2022 k předkládání žádostí o poskytnutí podpory* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí, 2022. [2023-02-13]. Dostupné z: [https://www.narodniprogramzp.cz/files/documents/storage/2022/08/02/1659433723_1659361797_Vyzva_NP%C5%BDP_%20NPO_3_2022_1.%20aktualizace_s%20dovetkem%20v_r_20220728%20\(1\).pdf](https://www.narodniprogramzp.cz/files/documents/storage/2022/08/02/1659433723_1659361797_Vyzva_NP%C5%BDP_%20NPO_3_2022_1.%20aktualizace_s%20dovetkem%20v_r_20220728%20(1).pdf)

[30] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2019. [2023-02-13]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/\\$FILE/OPZPUP-Aktualizace_NAP_CM-20200609.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/OPZPUP-Aktualizace_NAP_CM-20200609.pdf)

[31] MOKŘÍŠ, Jakub. Dotace na elektromobily v zahraničí. In: *portalridice.cz* [online]. Pardubice: Portalridice.cz, 31.7.2022. [2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/dotace-na-porizeni-elektromobilu-v-zahranici>

[32] HORÁČEK, Filip. Elektromobilů přibývá moc rychle, Čína proto zastaví dotace. In: *seznamzpravy.cz* [online]. Praha: Seznam Zprávy, a.s., 31.12.2021. [2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-elektromobilu-pribyva-moc-rychle-cina-proti-zastavi-dotace-184556>

- [33] ŠIDLÁK, Martin. Švédsko zrušilo dotace na bateriové vozy, ze dne na den. In: *idnes.cz* [online]. Praha: MAFRA, a.s., 15.11.2022. [2023-02-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/svedsko-dotace-elektromobil.A221113_211857_automoto_fdv
- [34] SIVÁKOVÁ, Lenka. Štátna dotácia na hybrid a elektromobil – až 8 000 € na nové auto. In: *setrisova.sk* [online]. Poprad: TotalMoney s.r.o., 4.4.2023. [2023-04-13]. Dostupné z: <https://setrisova.sk/magazin/pzp/statna-dotacia-na-elektromobil-a-hybrid>
- [35] MÁRA, Ondřej. Elektrické nákladáky s největšími bateriemi v Evropě. Váží tuny. In: *auto.cz* [online]. CZECH NEWS CENTER a.s., 19.6.2020. [2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/elektricke-nakladaky-s-nejvetsimi-bateriemi-v-evrope-vazi-tuny-134861>
- [36] EUROPEAN COMMISSION. *European Alternative Fuels Observatory: Vehicles and fleet* [online]. Brussels: European Commission, 2022. [2023-02-14]. Dostupné z <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/european-union-eu27/vehicles-and-fleet>
- [37] EKOLOGICKÁ AUTA.CZ. *Velký zájem o regionální elektrická vozidla: Scania má stovky objednávek* [online]. Hustouň: AutoMotoZpravy.cz, 2023. [2023-02-15]. Dostupné z: <https://ekologickaauta.cz/velky-zajem-o-regionalni-elektricka-vozidla-scania-ma-stovky-objednavek/>
- [38] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Global EV Outlook 2022: Trends in electric heavy-duty vehicles* [online]. France: IEA, 2023. [2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-electric-heavy-duty-vehicles>
- [39] SOUKENÍKOVÁ, Eva. Hromadná doprava přechází na elektrický pohon, naráží ale na finanční i estetické problémy. In: *euractiv.cz* [online]. Praha: euractiv.cz, 19.12.2022. [2023-02-17]. Dostupné z: <https://euractiv.cz/section/doprava/news/hromadna-doprava-prechazi-na-elektricky-pohon-narazi-ale-na-financni-i-esteticke-problemy/>
- [40] EURO ENERGY. *Aktualizace predikce vývoje elektromobility v ČR do roku 2045* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2021. [2023-02-17]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2022/2/Elektromobilita_predikce-do-2045.pdf

- [41] DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA HRADCE KRÁLOVÉ. *Elektrobusy MHD v Hradci Králové ujely již čtyři miliony kilometrů* [online]. Hradec K.: Dopravní podnik města Hradce Králové, a.s., 2022. [2023-02-17]. Dostupné z: https://www.dpmhk.cz/articles/908/Elektrobusy_MHD_v_Hradci_Kralove_ujely_jiz_ctyri_miliony_kilometru/
- [42] OEM NEWS. *Industry: Electric Truck Market & Top 7 EV Truck Manufacturers in the Industry* [online]. OEM NEWS by Vibhaga Group, 2022. [2023-02-28]. Dostupné z: <https://oem.news/industry/automotive/electric-truck-market-top-7-ev-truck-manufacturers-in-the-industry/>
- [43] TESLA. *Electric Cars, Solar & Clean Energy* [online]. Tesla, © 2023. [2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/>
- [44] KUHUDZAI, Remeredzai Joseph. 3 Milion NEVs, Its Own Ships, & More: BYD Ready To Spread Its Footprint Across The World. In: *cleantechnica.com* [online]. Clean Technica, © 2023. [2023-02-28]. Dostupné z: <https://cleantechnica.com/2022/11/16/3-million-nevs-its-own-ships-more-byd-ready-to-spread-its-footprint-across-the-world/>
- [45] BYD USA. *Products: Trucks* [online]. Pasadena: BYD Motors Inc., © 2023. [2023-02-28]. Dostupné z: <https://en.byd.com/truck/>
- [46] NIKOLA MOTORS. *Semi-Trucks* [online]. Phoenix: Nikola Corporation, © 2023. [2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.nikolamotor.com/>
- [47] VOLVO TRUCKS. *O nás: Elektromobilita* [online]. Goteborg: AB Volvo, © 2023. [2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.volvotrucks.cz/cs-cz/about-us/elektromobilita.html>
- [48] VOLVO TRUCKS. *Modely* [online]. Goteborg: AB Volvo, © 2023. [2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.volvotrucks.cz/cs-cz/trucks.html>
- [49] ZDOPRAVY. *Elektrododávky nám dávají smysl, říká slovenská DPD a buduje plně elektrifikované depo v Bratislavě* [online]. Praha: Avizer Z, s.r.o., 2021. [2023-03-08]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/elektrododavky-nam-davaji-smysl-rika-slovenska-dpd-a-buduje-plne-elektrifikovane-depo-v-bratislave-97616/>
- [50] EKONOM. *Logistika. DPD testuje novou dodávku s elektrickým pohonem. Staví na rychlé výměně baterie místo dlouhého dobíjení* [online]. Praha: Economia, a.s., 2018. [2023-03-08]. Dostupné z:

<https://logistika.ekonom.cz/c1-66153760-dpd-testuje-novou-dodavku-s-elektrickym-pohonem-stavi-na-rychle-vymene-baterie-misto-dlouheho-dobijeni>

[51] HÁJEK, Martin. Elektrický tahač pokořil svým dojezdem světový rekord, jehož smysl postrádáme. In: *elektrovozy.cz* [online]. Praha: Elektrickevozy.cz, 13.9.2021. [2023-03-08]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/futuricum-logistics-18e-prekonal-svetovy-rekord-dojezdu>

[52] DHL. *Sustainability: The road to fossil-free transport* [online]. Bonn: Deutsche Post AG, 2021. [2023-03-09]. Dostupné z: <https://www.dhl.com/global-en/delivered/sustainability/volvo-electric-trucks.html>

[53] FLOTILA MAGAZÍN. *VW E-Crafter rozšířil vozový park DHL Express v Praze a Brně. Pomáhá tak snižovat emise v logistice* [online]. Praha: Technika s.r.o., 2020. [2023-03-09]. Dostupné z: <https://www.e-flotila.cz/2020/08/17/vw-e-crafter-rozsiril-vozovy-park-dhl-express-v-praze-a-brne-pomaha-tak-snizovat-emise-v-logistice/>

[54] GITLIN, Jonathan M. Our first impressions after driving FedEx's new electric delivery van. In: *arstechnica.com* [online]. New York: CONDÉ NAST, 2022. [2023-03-09]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/cars/2022/04/our-first-impressions-after-driving-fedexs-new-electric-delivery-van/>

[55] ALVAREZ, Simon. FedEx places order for 20 Tesla Semi electric trucks. In: *teslarati.cz* [online]. San Francisco: TESLARATI, 2018. [2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.teslarati.com/fedex-orders-20-tesla-semi-electric-trucks/>

[56] EEDESIGNLT. *Automotive: Trucks can now drive on the world's first electric road* [online]. Maidstone: eeDesignlt.com, 2017. [2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.eedesignit.com/trucks-can-now-drive-on-the-worlds-first-electric-road/>

[57] BOFFEY, Daniel. World's first electrified road for charging vehicles opens in Sweden. In: *theguardian.com* [online]. Brussel: Guardian News & Media Limited, 12.4.2018. [2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/2018/apr/12/worlds-first-electrified-road-for-charging-vehicles-opens-in-sweden>

[58] ICCT RAP REPORT. *Electrifying last-mile delivery* [online]. ICCT and RAP, © 2022. [2023-03-26]. Dostupné z: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/06/tco-battery-diesel-delivery-trucks-jun2022.pdf>

- [59] EGT EXPRESS. *Logistics solutions* [online]. Velká Bystřice: EGT Express-Logistics solutions, © 2020. [2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.egtexpress.com/cs/>
- [60] SAATYHO METODA. In: *Youtube* [online]. 2023 [2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=AiiyI0Ujt4A>. Kanál uživatele martin92788
- [61] FORD. *Ford E-Transit* [online]. Laindon: Ford Motor Company Limited, 2023. [2023-04-07]. Dostupné z: https://www.ford.cz/content/dam/guxeu/cz/cs_cz/documents/brochures/cvs/BRO-ford_e_transit.pdf
- [62] FIAT PROFESSIONAL. *E-Ducato* [online]. Fiat Marketing, 2021. [2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.fiatprofessional.com/cz/e-ducato/fotogalerie>
- [63] MERCEDES-BENZ. *Skříňová dodávka eSprinter* [online]. Praha: Mercedes-Benz AG, © 2023. [2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.cz/vans/cs/sprinter/e-sprinter-panel-van/equipment>
- [64] ICCT. *Charging solutions for battery – electric trucks* [online]. Washington: ICCT, 2022. [2023-04-12]. Dostupné z: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/12/charging-infrastructure-trucks-zeva-dec22.pdf>
- [65] VENTONIEMI, Jade a Moritz VORNFELD. Switching to Electric: What to Know about Electric Truck Charging. In: *Kempower* [online]. Lahti: Kempower, 17.3.2023. [2023-04-12]. Dostupné z: <https://kempower.com/electric-truck-charging/>
- [66] ABB. *ABB Charging solutions for electric truck and van fleets* [online]. Delft: ABB, 2021. [2023-04-12]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK108466A1709&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [67] FIAT PROFESSIONAL. *Fiat Ducato* [online]. Praha: F Automobil Import s.r.o., 2023. [2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.fiatprofessional.com/cz/ducato-2021/nove-ducato>
- [68] POROVNEJ 24. *Cena elektřiny pro elektromobil: Na kolik vás vyjde jízda do práce v porovnání s benzínem a dieselem?* [online]. Praha: AOF s.r.o., 2022. [2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.porovnej24.cz/clanky/cena-elektřiny-pro-elektromobil-na-kolik-vas-vyjde-jizda-do-prace-v-porovnani-s-benzinem-a-dieselem>

[69] EV EXPERT. *Náklady na provoz a údržbu elektromobilu* [online]. Olomouc: EVEXPERT.CZ, © 2022. [2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/naklady-na-provoz-a-udrzbu-elektromobilu>

[70] MOKŘÍŠ, Jakub. Náklady provozu elektromobilu nejsou vyšší než u spalováku. In: *portalridice.cz* [online]. Pardubice: Portalridice.cz, 25.3.2023. [2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/naklady-provozu-elektromobilu-nejsou-vyssi-nez-u-spalovaku>

Seznam grafických objektů

Obr. 1.1	Vozidla na alternativní paliva.....	14
Obr. 1.2	Elektromobil s palivovými články.....	15
Obr. 1.3	Konstrukce osobního elektromobilu.....	16
Obr. 1.4	Konstrukce elektrického nákladního vozidla	19
Obr. 1.5	Typy konektorů.....	22
Obr. 2.1	Elektrické nákladní vozidlo Tesla SEMI.....	32
Obr. 2.2	Elektrický tahač Model BYD 8TT a BYD Class 6 F	33
Obr. 2.3	Elektrický tahač Nikola Tre BEV.....	34
Obr. 2.4	Elektrický tahač Volvo FH Electric.....	35
Obr. 2.5	Elektrický tahač Volvo FM Electric a Volvo FL Electric	36
Obr. 2.6	Elektrický tahač Futuricum 18 E.....	37
Obr. 2.7	Elektrický kamion společnosti DHL	38
Obr. 2.8	Nákladní vozidlo poháněné externím zdrojem.....	40
Obr. 3.1	Standardní návěs EGT a návěs s teplotním režimem	45
Obr. 3.2	Valníkové vozidlo společnosti EGT Express	46
Obr. 3.3	Standardní dodávka společnosti EGT Express.....	47
Obr. 3.4	Elektrická dodávka Ford E-Transit.....	59
Obr. 3.5	Nadzemní nabíjecí stanice	66
Tab. 2.1	Počet registrovaných vozidel na alternativní paliva.....	28
Tab. 2.2	Parametry vozidel Ford Transit 350E a StreetScooter WORK XL.....	41
Tab. 3.1	Parametry standardního návěsu.....	44
Tab. 3.2	Parametry tandemové jízdní soupravy	45
Tab. 3.3	Parametry valníkového vozidla	46
Tab. 3.4	Parametry plachtové dodávky	47
Tab. 3.5	Parametry standardní dodávky	47
Tab. 3.6	Kritéria pro výběr vozidla.....	50
Tab. 3.7	Preference kritérií pro výběr vozidla	51
Tab. 3.8	Preference a váhy kritérií pro výběr vozidla	52
Tab. 3.9	Preference z hlediska stáří vozidel	52
Tab. 3.10	Preference z hlediska emisní třídy nižší než EURO 6.....	53

Tab. 3.11 Preference z hlediska výkonu vozidel	53
Tab. 3.12 Výsledné hodnocení pro výběr vozidla	54
Tab. 3.13 Kritéria pro výběr modelu e-dodávky	56
Tab. 3.14 Preference a váhy kritérií pro výběr modelu e-dodávky	56
Tab. 3.15 Preference z hlediska dojezdu	57
Tab. 3.16 Preference z hlediska nosnosti.....	57
Tab. 3.17 Preference z hlediska doby nabíjení	58
Tab. 3.18 Preference z hlediska spotřeby energie	58
Tab. 3.19 Výsledné hodnocení pro výběr modelu e-dodávky	59
Tab. 3.20 Kritéria pro výběr nabíjení	62
Tab. 3.21 Preference a váhy kritérií pro výběr nabíjení	62
Tab. 3.22 Preference z hlediska výkonu dobíjecích stanic	63
Tab. 3.23 Preference z hlediska doby nabíjení	63
Tab. 3.24 Preference z hlediska pořizovacích nákladů.....	64
Tab. 3.25 Výsledné hodnocení pro výběr nabíjení	64
Tab. 4.1 Ceny za elektrickou energii a naftu	71
Tab. 4.2 Porovnání nákladů elektrické a naftové dodávky.....	72
Graf 2.1 Vývoj registrace a prodeje elektrických nákladních vozidel.....	29
Graf 4.1 Cena elektrické energie na 1 km	72
Rovnice (3.1) Geometrický průměr	51
Rovnice (3.2) Váhy kritérií.....	51
Rovnice (4.1) Měsíční náklady na palivo	73
Rovnice (4.2) Celková spotřeba kWh.....	73
Rovnice (4.3) Měsíční náklady na elektrickou energii.....	73

Seznam zkratek

BEV	Battery Electric Vehicle – Elektromobil na baterie
HEV	Hybrid Electric Vehicle – Hybridní elektromobil
PHEV	Plug-in Electric Vehicle – Plug-in hybridní elektromobil
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle – Elektromobil s palivovými články
LTE	Long Term Evolution
kWh	Kilowatthodina
Ah	Ampérhodina
BMS	Battery Management system – Řídící systém baterie
AC	Alternating current – Střídavý proud
DC	Direct current – Stejnosměrný proud
CCS	Combined charging systém – Kombinovaný systém nabíjení
NAP CM	Národní akční plán čisté mobility
DPH	Daň z přidané hodnoty
CNG	Compressed Natural Gas – Stlačený zemní plyn
LPG	Liquified Petroleum Gas – Zkapalněný ropný plyn
LNG	Liquefied Natural Gas – Zkapalněný zemní plyn
MHD	Městská hromadná doprava
DP	Dopravní podnik
EV	Electric vehicle – Elektrické vozidlo
LTL	Less Than Truckload – Částečné naložení vozidla
FTL	Full Truck Load – Plné naložení vozidla
ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
GP	Geometrický průměr
C27d	Distribuční sazba

Autor/ka DP	Kristýna Vitoslavská
Název DP	Elektromobilita v silniční nákladní dopravě
Studijní program	Logistika
Rok obhajoby DP	2023
Počet stran	68
Počet příloh	
Vedoucí DP	prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.
Anotace	Diplomová práce se zabývá elektromobilitou v silniční nákladní dopravě. Práce je zaměřena na teoretická východiska elektromobility včetně charakteristiky elektromobilů a způsobů jejich nabíjení. Dále je provedena analýza současného stavu elektromobility v České republice i zahraničí. Část práce se věnuje automobilovým společnostem zabývajícím se výrobou elektrických nákladních vozidel. Ve třetí kapitole je navržen postup přechodu na vozidla s elektrickým pohonem v rámci přepravní společnosti EGT Express. V závěru jsou zhodnoceny náklady spojené s přechodem na elektromobilitu.
Klíčová slova	Elektromobilita, elektromobil, nabíjecí stanice, elektrické nákladní vozidlo, dotace, přepravní společnost
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	