

**Vysoká škola logistiky o.p.s.**

# **Elektromobilita v autobusové dopravě**

**(Diplomová práce)**

**Přerov 2022**

**Bc. Lukáš Orosz**



Vysoká škola  
logistiky  
o.p.s.

## Zadání diplomové práce

student **Bc. Lukáš Orosz**

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 autobusové dopravě**

Cíl práce:

Z ekonomického, technického a provozního hlediska vyhodnotit zavedení elektrobusu na vybrané lince.

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. Základní pojmy a definice, historie autobusové dopravy
2. Technické, technologické a infrastrukturální předpoklady rozvoje elektromobility v MHD
3. Teorie kalkulací nákladů v autobusové dopravě
4. Nákladové vstupy provozu konvenčních autobusů a elektrobusů
5. Komparace dat, jejich vyhodnocení

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

DUCHONĚ, Bedřich. Inženýrská ekonomika. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-763-0.

KUNST, Jaroslav, EISLER, Jan a ORAVA, František. Ekonomika dopravního systému. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1759-9.

POSTRÁNECKÝ, Michal a kol. Města budoucnosti. Praha: Nadatur, 2018. ISBN 978-80-7270-058-5.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

13. 4. 2022

Datum odevzdání diplomové práce:

12. 5. 2022

Přerov 13. 4. 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 vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil 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 byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000Sb., 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 vědom povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen 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, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 12. 05. 2022

.....

podpis

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval doc. Zdeněk Říhovi za vedení diplomové práce, odborný dohled, cenné rady a připomínky jakož i za čas strávený při konzultacích o daném problému.

## **Anotace**

Koncept elektromobility je téma, o kterém se diskutuje ve společnosti, nebo již kvůli myšlence lepšího ekologického řízení v životě, ale také z hlediska pokroku v technickém a stavebním směru. Právě elektromobilita je stále více považována za schopného nástupce konvenčních spalovacích pohonů. Cílem diplomové práce je proto na tuto problematiku blíže nahlédnout, ale nejen na základě teoretických informací poukázat na současnou situaci, ale také s vděčností za ekonomickou metodiku výpočtů určit, zda a za jakých okolností se přeprava elektrobusu vyplatí. Pro toto zpracování byly položeny dvě hypotetické otázky a jedna doplňující.

## **Klíčová slova**

doprava, ekologie, autobusová doprava, elektrifikace, náklady, cena, vývoj cen, cena, elektřina, spalovací motory, diesel, CNG, spotřeba

## **Annotation**

The concept of electromobility is a topic that is discussed in society, or already because of the idea of better ecological management in life, but also in terms of progress in the technical and construction direction. Electroformility is increasingly considered a capable successor to conventional combustion drives. The aim of the diploma thesis is therefore to take a closer look at this issue, but not only to point out the current situation based on theoretical information, but also to determine with gratitude for the economic methodology of calculations whether and under what circumstances the transport of an electric bus is worthwhile. Two hypothetical questions and one supplementary question were asked for that treatment.

## **Keywords**

transport, ecology, bus transport, electrification, cost, price, price development, price, electricity, internal combustion engines, diesel, CNG, consumption

# Obsah

Obsah .....	7
Úvod.....	9
1 Základné pojmy a definície, história autobusovej dopravy .....	12
1.1 História elektromobilov .....	13
2 Technické, technologické a infraštruktúrne predpoklady pre rozvoj elektromobility vo verejnej doprave.....	15
2.1.1 Kladné a záporné stránky elektrického pohonu .....	19
2.1.2 Elektromobilita a jej dopad na životné prostredie .....	21
2.2 Renesancia elektromobility .....	23
2.3 Elektromobilita a začlenenie elektromobility do autobusovej dopravy .....	25
2.4 Budovanie a zlepšovanie ekologickej stránky miest a obcí .....	28
2.5 Elektrobuses v Českej republike .....	29
2.6 Elektromobilita a jej budovanie – podpora .....	32
2.7 Elektromobilita v Európskej únii .....	33
2.7.1 Európska legislatíva .....	37
2.8 Vývoj elektromobility v Českej republike .....	38
2.8.1 Česká legislatíva .....	41
3 Teória výpočtu nákladov v autobusovej doprave .....	43
3.1 Hypotézny vývin situácie a možnosti postupu .....	45
4 Nákladové vstupy na prevádzku konvenčných autobusov a elektrobusesov, a autobusov CNG.....	46
5 Porovnanie údajov, ich vyhodnotenie.....	52
5.1 Vyhodnotenie a skúmanie dát a otázok.....	57
5.2 Skúmanie doplňujúcej otázky .....	65
5.3 Zhrnutie.....	68

Závěr .....	71
Seznam zdrojů.....	75
Seznam grafických objektů.....	80
Seznam zkratk .....	81
Seznam příloh .....	82



## Úvod

Doprava ako taká, v celej svojej miere, podstúpila veľký vývin, zmeny, a pokroky, v posledných rokoch svojej existencie. Aj keď sa viaceré zdajú byť vnímané pozitívne, a kladne, nájdú sa tu aj také, ktoré sa v spoločnosti rozoberajú v negatívnom uhle pohľadu. Čoraz viac sa začína hovoriť o problémoch, ktoré so sebou prináša doprava, využívajúca pre svoj pohon spaľovacie terajšie motory, ktoré pri svojej prevádzke produkujú, tak neslávne výfukové plyny. Naskytujú sa potom otázky, ako na to pozeráť do budúcnosti, začínajú sa hľadať riešenia, ako by sa dalo tieto škodlivé emisie eliminovať, a približovať sa tak ku emisnej neutralite. Ukazuje sa názor, že na dopravu by sa nemalo pozeráť len ako na akýsi druh infraštruktúry, ktorá by mala dosahovať určité a konkrétne kladné výsledky, ale treba postupne dosahovať akýsi určitý model takej mobility, ktorá je udržateľná. To znamená, aby sa v odvetí dopravy dosahovala aj nejaká rovnováha medzi nákladmi a prínosmi.

To, čo sa spočiatku mohlo zdať, že bude len krátkodobý ošiaľ, alebo zle pripravený plán budúcnosti, momentálne dostáva obrovské pochopenie a vyzerá to tak, že bude aj akou si ďalšou cestou v pred vo vyhlídkach do budúcnosti. To dokazuje aj postoj automobiliek, a ich stratégie vnímania budúcnosti dopravy. Niekdajšie nepredstaviteľné koncepty elektromobilov sú prakticky dnes už isté a plne reálne pre využívanie, elektromobily začínajú byť dostupné u lokálnych predajcov, predaj narastá, a automobilky plánujú úplné odstránenie sa od bežných spaľovacích motorov, ako pohonných jednotiek v najbližšom období. Všetko teda nasvedčuje tomu, že ja a moja generácia, zažijeme ďalšiu prelomovú udalosť, a tým by mala byť elektrifikácia v doprave a odstavenie spaľovacích agregátov. Do takéhoto vyústenia došla postupná otázka problematiky hromadenia uhlíkovej stopy – oxidu uhličitého v zemskej atmosfére.

Plán by tu bol, elektrina sa teda vidí byť východiskom, ako by mohla pokračovať osobná aj verejná autobusová doprava. Na to ale, ako sa k tomu postaviť, alebo respektíve, ako by bolo dobré sa k tomu postaviť, sú rôzne názory. Vidina elektro pohonu do budúcnosti v cestnej doprave u bežných ľudí nie je vždy riešením, ktoré by ich nadchlo. Samozrejme, je to aj, aspekt finančný. Aj keď v niektorých pokročilých krajinách/mestách to môže byť pre obyčajných ľudí výhodnejšie, keďže je pre nich možné dostať finančnú pomoc, alebo zľavu na elektromobil, v našich končinách to je

ešte stále prakticky zdĺhavý, a niekedy aj v konečnom dôsledku, nereálny proces. Bezproblémovo, a v krátkom období, zafinancovať samotnú kúpu takéhoto elektromobilu, a veci na to potrebných (predovšetkým nabíjanie), môže byť veľký problém. Naopak však, sú na tom lepšie väčší hráči na trhu, a to rôzne dopravné podniky, veľké firmy, dopravcovia, prepravcovia. Práve oni sú tí, ktorí majú výhody v takýchto podporách. Štáty, samosprávy aj kraje oveľa viac dotujú, a poskytujú finančné prostriedky práve im. V autobusovej doprave, najmä v tej mestskej, krátky dojazd by často nemal byť problém, preto sa to javí byť kladom a príležitosťou, ako podporiť lepšiu ekologickjšiu budúcnosť, v oblasti dopravy. V mojej diplomovej práci sa preto budem viac venovať tejto problematike, čo sa týka dopravy, a jej budúcnosti. Pozriem sa na bližšie aspekty elektromotorov, aj spaľovacích motorov. Pôjde predovšetkým o ekonomický pohľad na danú vec, ekonomickým zhodnotením sa budem snažiť bližšie poukázať na výhody – nevýhody daných pohonov. Ako som už spomínal, počiatkové zaobstarávanie náklady môžu byť obrovské, a pohonné hmoty a energie, tiež budú ďalej určovať, kedy sa čo viac oplatí. Pomocou výpočtov a teórií sa pokúsím bližšie opísať a konkretizovať finančné požiadavky na prevádzku dopravy, pokúsím stanoviť a ukázať, pri akých cenách a nákladoch môžu mať druhy dopravy svoj opodstatnený potenciál. Budem pojednávať elektromotory, klasické dieselové motory, a pozriem sa ešte aj na CNG pohon, teda stlačený plyn.

Tak, ako to býva u týchto prác, aj moja diplomová bude rozdelená do dvoch častí, a to najprv na tú prvú teoretickú, a potom druhú, praktickú. V prvej teoretickej časti sa budem snažiť priblížiť samotnú elektro mobilitu, históriu, jej princíp a fungovanie. Potom sa bližšie zameriam na rôzne výhody a nevýhody, predpoklady, podrobnejšie sa budem snažiť poukázať na základe faktorov, aký môže byť vývin dopravy, a akým smerom by sa mohla uberať. Poukážem aj na to, ako pristupujú k elektrifikácii samotné krajiny, ako napríklad Česko, čo na to hovorí Európska únia, a aké prostredie pre infraštruktúru plánuje a pripravuje, s čím počíta, a aké má predstavy, poprípade čo urobí pre ich podporu. Zhrniem predpoklady a aktuálnu situáciu v EÚ. V druhej časti potom, prejdem už na praktickú časť, kde zhrniem a využijem všetko z teórie, čo sa bude dať, a použijem to pre zostavenie potrebnej praktickej časti. V nej sa budem sústreďovať na viacero faktorov. No pôjde hlavne o zodpovedanie teórie a otázok, ku ktorej má práca viesť. Najdôležitejšie je sa zamerať na otázku, v čom sú v nevýhode elektrické autobusy v porovnaní so spaľovacími, a pohonom na plyn. Potom stanovím otázky, resp.

hypotézy, pri ktorých budeme počítat' s tým, že elektromobilita je finančne výhodnejšia, ako doterajší pohon dieselový a plynový. Preto budem v práci zhromažďovať viacero informácií a dát, s ktorými potom budeme následne pracovať. Jedná sa o dáta firmy SOR Libchavy s.r.o., ktorá vyrába elektrobusy, a úzko spolupracuje s dopravnými podnikmi. Taktiež som čerpal literatúru, a použijem pre výpočet aj dáta z dopravných podnikov ČSAD Čechy a.s., a DPMK Košice a.s. Na základe údajov, následne vytvorím možné vzorce na výpočet teórií, výpočtami budem overovať možné hypotézy a posnažím sa vyhodnotiť tento problém. Do úvahy však potom bude treba brať aj postavenie štátu a jeho politiku, či už pri dotovaní, alebo pri energeticko – surovinovej politike. V následnom zhrnutí potom zhodnotím, ako elektrický pohon v porovnávaní s naftou a stlačeným plynom obstál, ako sa dá počítat' s elektrifikáciou do budúcnosti, aký pohon je skutočne ten najlepší a najvýhodnejší, v rámci nákladov na dopravu.

# 1 Základné pojmy a definície, história autobusovej dopravy

To, akým spôsobom sme v posledných rokoch začali vnímať potenciál a smer, ktorým by sa mal elektrický pohon uberať, je pre mňa celkom zaujímavé, pretože veľmi úzko súvisí aj s vývojom ekologickej otázky, a otázky našej ďalšej existencie, ako takej. Nie je verejným tajomstvom, že už dlhšiu dobu tu sú mestá a obývané oblasti, kde monitorovacie systémy kvality ovzdušia hlásia zlé podmienky kvality vzduchu pre dýchanie, a nažívanie. Cestná doprava, využívajúca spaľovacie benzínové a hlavne dieselové motory, a jej vyprodukované emisie, ktoré sa pomaly, no isto ukladajú v atmosfére, má na tom taktiež svoju zásluhu. *„Vďaka úplne bez emisnej prevádzke je elektromobilita účinným nástrojom na riešenie emisnej a emisnej situácie“*. Elektromobilita by to však ale mohla do istej miery zvrátiť, a prispieť k postupnému stabilizovaniu kvality ovzdušia v mestách, a obývaných lokalitách. Už dnes sa objavujú informácie, ako sa lepší kvalita ovzdušia v husto obývaných centrách vo veľkých európskych metropolách, kde bol obmedzený vstup autám, ktoré mali staršie emisné normy, a produkovali vysoké množstvo CO<sub>2</sub> – oxidu uhličitého [1].

Je tu aj jeden zaujímavý paradox. Dost' často sa stáva, a to som si všimol najmä pri viacerých predošlých rozhovoroch, že u ľudí panuje presvedčenie, že tu vznikol prelomový druh pohonu, ktorý nás prišiel zachrániť, a je akoby náhradou. Čo ale, nie je úplne pravda. Tou je totiž to, že plán elektromobilov tu už bol oveľa dlhšie. Oveľa až tak, že boli známe isté návrhy a koncepcie už v dobách, keď predstavoval svoje spaľovacie motory svetu známy automobilový staviteľ a vizionár – Karl Benz. V tejto dobe, bola už známa taktiež konštrukčná problematika. Ako sa ukazovalo, samotný motor na elektrickú energiu, by ako tak ani problémom nebolo vyrobiť. Neslávne preslávené veľkosti a kapacity zdrojov – batérií, boli nástrahy pre konštruktérov. Nepomáhali tomu ani vysoké ceny materiálov, a technológií. Konečná suma predstavená zákazníkovi, bola často krát nereálna, a vysoká. Preto je následné dobré plánovanie a usporiadanie koncepcie elektro mobility, ktorá by zahrňovala elektrifikáciu a dôležité ostatné aspekty infraštruktúry (nabíjacie stanice) potrebné, pretože následná kvalitná elektromobilita by mohla byť práve tým nástrojom, ktorým by sa dalo bojovať za bez – emisnú dopravu, a zníženie závislosti od dovážania ropy, a zemného plynu [1], [2].

## 1.1 História elektromobilov

Ako som už spomínal, už pri uvádzaní prvého spaľovacieho auta od Mercedesu, boli známe elektro pohony v cestnej doprave. Bolo to dokonca viac, ako 30 rokov predtým. Páni Christopher Becker a Sibrandus Stratingh boli práve tí, ktorý presne v roku 1835 zostrojili, a ukázali svoj prvý – elektrický automobil. Ako sa teda ukazuje, už začiatkom 19. storočia nebol pojem elektromobil pre našich predkov neznámy. A prečo to tak vlastne bolo? Bolo to aj kvôli ich ovládateľnosti. Neboli totiž potrebné až také fyzické zručnosti, ovládanie bolo jednoduchšie, no hlavne, v tej dobe nemali až tak veľké výkony, takže ich výkon nebolo ťažké ukorigovať – u šoférovať. Ich menšie rozmery, tomu nepatrne tiež prispievali. V roku 1899, žena Camillir Jenatzy navrhla a postavila svoj elektromobil, ktorý bol dokonca neskôr aj ocenený ako prvý elektromobil, ktorý dosiahol rýchlosť 100 km/h. Táto rýchlosť a fakt, že to bola žena, ju preslávili. Následná sláva taktiež prispela k ospevu elektriny, ako pohonu [3].

V našich končinách, sme však taktiež mali vynálezcov a technikov, ktorý videli v elektrine oveľa viac, ako len nástroj na svietenie. Jedným z nich bol aj František Křížík, osoba veľmi známa a rešpektovaná, v technickom a elektrotechnickom smere, aj v oblasti dopravy. Aj on sa pokúšal zostrojiť elektromobil, a ako neskôr uvádza vo svojich denníkových zápiskoch, ktoré si viedol, v roku 1895 sa mu to vraj aj malo podariť. To však nebolo potvrdené. Za zhotoviteľa – hlavu projektu, a následnú konštrukčnú prácu, sa považoval aj Jakob Fischer-Hinnen. Jakob bol zamestnancom elektrotechnického závodu Františka Křížíka [4]. Jednalo sa o malý elektromobil, ktorý dosahoval menšiu rýchlosť, a volal sa Helvetia. Františka Křížíka to však netrápilo, a venoval sa aj najďalej elektromobilom, a tejto sľubnej technológii. Jeho závod potom ešte pod jeho vedením predstavil ďalšie dva elektromobily. Jeden z nich mal byť dokonca úplná novinka. Jednať sa malo o prepojenie elektrického pohonu spolu so spaľovacím motorom. Niečo, čomu dnes hovoríme hybrid. *„Původní čtyřapůllitrový čtyřválec poháněl dynamo, které napájelo dva hnací jednosměrné elektromotory u zadních kol. Pohyb vozidla vpřed a vzad, jeho rychlost a ovládání benzínového motoru řídila jediná páka kombinovaného 'kontroléru', který si dal Křížík patentovat v roce 1907“* [4].

Pojem elektromobil sa už neskôr ospevoval naprieč svetom, a nebol ničím novým. Vyspelejšie krajiny sa taktiež podieľali na ich výrobe, a neskôr sa ich snažili začleňovať

do dopravy. Boli to napríklad také Japonsko, Amerika, ale aj Francúzsko či Taliansko. Dokonca, v niektorých oblastiach boli ľudia prepravovaný elektromobilmi výrazne častejšie, ako spaľovacími autami. Nebolo to len kvôli spomínanej ľahšej manévrovateľnosti. V tejto dobe, bolo azda asi najťažšie, spaľovacie auto naštartovať. Ako štartér, totiž slúžila klasická manuálna kľuka, s ktorou mávali ženy a slabší muži, často problém. Ako sa už ale ukazuje asi vo všetkom, netreba zabúdať ani na cenu, ktorá častokrát určuje samotný smer. Inak tomu nebolo ani v tomto prípade. Keďže nejaké dotácie na elektro pohony neexistovali, a otázka environmentálna sa taktiež extra nerozoberala, a bola irelevantná, elektrický pohon vychádzal draho. To malo za následok, že ulice začali plniť postupne auta so spaľovacími motormi, ktoré boli oveľa lacnejšie aj dostupnejšie. *„Zásadní zvrát přinesl velký Fordův nápor zavedením sériové výroby modelu T, který vbrzku ovládl trh pro svou krásu, jednoduchost, ale i spolehlivost. Tím byl elektromobil na dlouhou dobu vytlačen z výroby i dalšího vývoje“*. Sám Ford už v tej dobe upozorňoval, na dôležitosť správnej a logickej výroby [3].

To sa dalo aj očakávať. Predsa len, aj napriek kladom, ktoré elektrina ponúkala, tak bola nezlučiteľná s vidnou pohonu, ktorý by sa finančne oplatil najviac. Technologické pokroky boli obrovské v každom smere, elektromobilita sa začala ukazovať na papieri ako nevýhodná, náklady boli vysoké, cena spaľovacích áut vychádzala radikálne nižšia, a v neposlednom rade, tomu prispelo aj zavedenie jednoduchšieho štartéru v spaľovacích autách. Vysoký dojazd a ľahká možnosť dotankovania tomu len dopomohli, a tak sa do popredia dostali globálne spaľovacie motory, zatiaľ čo koncepty elektromobilov odišli do zabudnutia [5].

## 2 Technické, technologické a infraštruktúrne predpoklady pre rozvoj elektromobility vo verejnej doprave

Aj keď sa na prvý pohľad môže zdať, že elektrobusy a spaľovacie autobusy, ale aj hybridy majú podobnú konštrukčnú stavbu, v skutočnosti to tak nie je. Odlišná u elektromobilov nie je len pohonná jednotka (motor), ale v podstate celý princíp elektrického pohonu funguje trochu iným spôsobom. Čo sa týka samotného motora, tak ten je poháňaný elektrinou, vďaka ktorej sa elektrická energia mení sa mechanickú prácu, vďaka čomu následne môže dôjsť k pohybu. Zaujímavosťou, a veľkým kladom elektromotora, je jeho účinnosť, sila, a impulzívna odozva. Je to presný opak spaľovacieho princípu prevádzky. Výkon sa preniesie z motora na kolesá v podstate hneď, neprichádza postupne, ako to býva u spaľovacích motoroch. Viacero výrobcov elektrobusov, ktorý sa už sústreďujú na výrobu elektromobilov, konštatuje, že v tomto sa jedná o „*Zcela odlišný princíp premeny energie na mechanický pohyb. Zatímco spalovací motor využívá termodynamických jevů při spalování paliva, u elektromotorů k této přeměně dochází využitím elektromagnetických jevů při průchodu elektrického proudu magnetickým polem*“ [6].

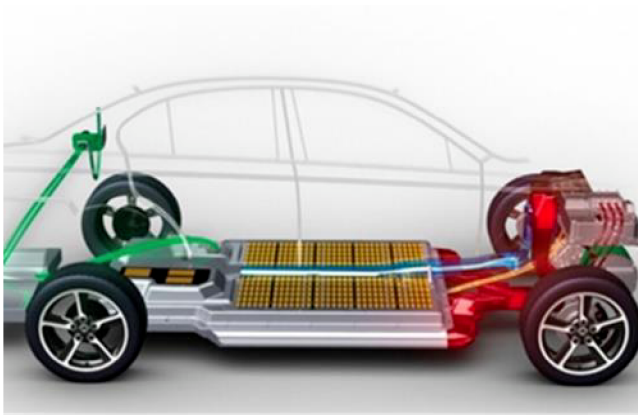
Avšak, aj medzi elektromotormi sú konštrukčné a inovatívne rozdiely, predsa len, každá značka buduje svoje vízie, a snaží sa presadzovať svoje najideálnejšie koncepty. Výrobcovia elektrobusov dosť často používajú práve synchronne trojfázové elektromotory, čo sa týka technickej konštrukcie motora, takže sa vlastne jedná o technológiu, ktorá využíva motor s permanentným magnetom, alebo je tu potom ešte variant, a to motory, ktoré sú asynchronne, poprípade môžu byť tieto technológie spájané do viacerých variácií – hybridov. Čo sa týka samotného motora, tak ten je zapracovaný väčšinou na náprave vozidla, a jeho režim môže byť potom dvojaký – jednak to môže byť motor, ktorý využíva čerpanie elektriny z batérie, alebo ako motor, ktorý využíva princíp rekuperácie.

Vďaka týmto motorom potom môže následne dôjsť k javu, ktorým je, že vozidlo sa poháňa na elektrinu, priamo z elektromotora, ktorý zároveň transformuje mechanickú energiu vyrobenú počas brzdenia, poprípade počas jazdy strmou a dlhou cestou smerom dolu, späť na elektrickú energiu, ktorá znova môže byť využitá v pohon. Dokonca, táto

technológia počítala aj s tým, že dochádza k regulácii rýchlosti a výkonu elektromotora počas trvania jazdy, ale aj v ovládaní elektromotora, počas rekuperácie energie [6].

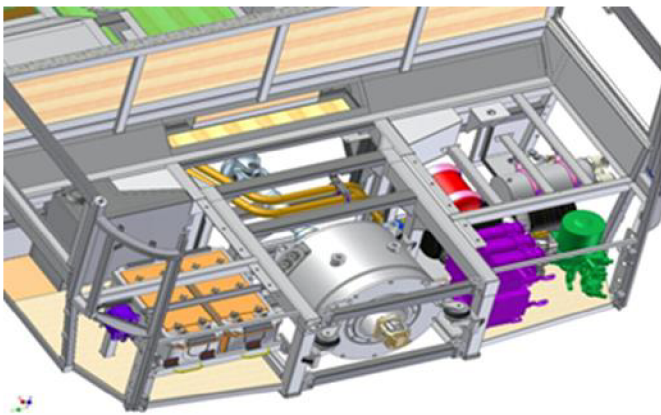
Ako to už býva zvykom, tieto elektromotory su napojené na batérie (akumulátory), ktorými sú poháňané, a sú pre nich zdrojom potrebnej energie. Čo sa týka batérií, a ich konkurencieschopnosti, tak existuje veľa uhľov pohľadu. Sú to práve batérie a ich problematická kapacita, ktoré robia konštruktérom problémy. Vyrábať a používať batérie, ktoré by boli kapacitne dostačujúce, bolo už problémom v minulosti. Výroba takýchto batérií je jednak finančne, ale aj technicky náročná. Akumulátory, ktoré by ako tak aj splňovali dostatočnú kapacitu, by museli byť dosť veľké, a mali by aj značnú hmotnosť, čo je problémom. Avšak, vďaka technologickým pokrokom, aj v oblasti techniky, a následnému začatiu používania nových materiálov, prišlo k značnému zefektívneniu, aj vďaka čomu, možno očakávať v blízkej budúcnosti zlepšenie dojazdu elektrobusev [6].





Obr. 2.1 Schéma elektromobilovej koncepcie

Zdroj: [7].



Obr. 2.2 Konštrukčná schéma elektromobilového trakčného motora

Zdroj: [8].



Obr. 2.3 Konštrukčná schéma elektromobilových akumulátorov – batérii

Zdroj: [8].

Pre dobíjanie batérií v elektrobusech, momentálne slúžia dve platformy. Prvým takým základným, a asi aj najdostupnejším je nabíjanie klasickým domácim spôsobom, alebo je tu potom aj variant rychlonabíjacích staníc. Všetky druhy elektromobilov sa dajú v dnešnej dobe nabíjať pomocou klasickej zásuvky, ktorá funguje na princípe klasického jednofázového zdroja striedavého prúdu (jedná sa 230 V), to znamená, že je postačujúca klasická zásuvka, akú využívame v domácnostiach, alebo aké sa vyskytujú v dopravných podnikoch. Nevýhodou potom môže byť čas nabíjania, ktorý sa môže o dosť natiahnuť, ak je potrebné nabíjať akumulátory s väčšou kapacitou, ako napríklad tie v elektrobusech, prostredníctvom bežných domácich zásuviek. Toto pomalšie nabíjanie striedavým prúdom, zvyčajne môže trvať 6–8 hodín, pri elektrobusech aj 10–12 hodín. Výrobcovia sa však túto čakaciu dobu snažia neustále skracovať. Postupom času začali taktiež naskytovať rôzne zosilňovače a redukcie, ktoré vedú pracovať aj s trojfázovým striedavým prúdom, to znamená 400 V. Tento druh plug – in dobíjania, teda dobíjania v domácnostiach, však nesie aj nevýhodu, a to, nutnosť neustáleho dohľadu. Aj výrobcovia akumulátorov, a dobíjacích staníc upozorňujú nato, že je potrebné sledovať, a byť prítomný, počas celého nabíjania. Taktiež je potrebná správne zapojená elektrická sieť v mieste nabíjania. Pre riešenie týchto problémov, sa začali montovať aj čoraz dnes už častejšie takzvané chytré wallboxy, to znamená, že sú to nástenné nabíjacie stanice do 22 kW / 32 A, využívajúce striedavý prúd. Tieto chytré prístroje sú napojené na domácu elektrickú sieť, a slúžia aj ako monitorovacie zariadenia – sledujú aktuálne dianie, v prípade potreby slúžia, aj ako prepäťová ochrana. Veľkou výhodou, je aj následné skrátenie času nabíjania, ktoré môže byť, v niektorých prípadoch, až o polovicu nižšie, v porovnaní s bežnými domácimi zásuvkami. Cena takýchto wallboxov sa pohybuje niekde okolo 10 – 12 tisíc korún [9].

Avšak, oveľa lepším, a v dnešnej dobe asi najlepším spôsobom, sú pre rýchle nabíjanie takzvané, rýchlo nabíjacie stanice. Tieto stanice boli postupne vyvíjané a zdokonaľované, pre neustály problém dlhého nabíjania, ktorý môže byť veľkým problémom, ak sa vyžaduje počas dopravy, a nie je čas na dlhé nabíjanie. Vďaka zlepšeniu konektorov a koncoviek, sa podarilo vytvoriť rýchlo nabíjacie stanice, ktoré fungujú na princípe jednosmerného prúdu. Výhoda spočíva v tom, že ich účinnosť môže dosahovať na rozdiel od domácich zdrojov dobitie batérie vozidla, oveľa skôr, a to aj do pol hodiny. V dnešnej dobe sa nachádza na území Česka viac ako 200 nabíjacích staníc,

vo viacerých prevedeniach: 16A/230 V, 16A/400 V, a ešte tu je 32 A/400 V. Ich lokácia je zobrazená v nasledujúcej mape [9].



Obr. 2.4 Mapa dobíjacích staníc pre elektromobily v Českej republike

Zdroj: [10].

### 2.1.1 Kladné a záporné stránky elektrického pohonu

Nepochybne je pojem elektromobilita častokrát spájaný kladne so životným prostredím, a ekológiou. Elektro doprava totiž neprodukuje výfukové plyny, a preto býva označovaná, ako zelený pohon. To ale nie je úplne tak. Aj keď elektromobil počas svojej prevádzky práve nevyučuje škodlivé látky, nie je to úplne bez emisné. Totiž, aj elektromobily, je najprv potrebné vyrobiť, až tak sa začleňujú do dopravy. A práve počiatková výroba nie je úplne ekologická, a bez emisná, ako to býva v domnienke sebaklamom. Výrobcovia a výrobné závody, produkujú emisie už pri výrobe. Taktiež, aj samotnú elektrinu, ktorá by mala slúžiť ako pohonná energia, je potrebné vyrobiť. Avšak, aj keď zoberieme do úvahy tieto negatíva, dáta naznačujú, že aj keď dochádza k produkovaniu škodlivín, tak je ich produkovaných oveľa menej, čo je pozitívne, a stále výhodnejšie. Týchto nežiadúcich emisií by malo byť produkovaných zhruba o 30 – 40 % menej. Takýto jav, ak k produkovaniu emisií dochádza pri výrobe, nie pri samotnej prevádzke, nazývame miestna bez emisná prevádzka [5].

Netreba sa ale zameriavať iba na znižovanie emisií výfukových plynov, ak sa pozeráme na životné prostredie, a výhodnejšiu dopravu. Postupné zavádzanie elektromobilov do cestnej premávky, by malo mať aj ďalšie nadväzujúce výhody. Postupným

obmedzovaním spaľovacích motorov, by totiž malo dochádzať aj k postupnému znižovaniu hluku z dopravy v mestách a obciach, mali by sa prestať hromadiť skleníkové a škodlivé výfukové plyny, a taktiež by malo dochádzať k postupnému poklesu, voči závislosti od ropy a zemného plynu. Ministerstvo životného prostredia taktiež zaujímavo poukázalo na to, že elektromobily môžu byť postupne začleňované do postupných inteligentných energetických sietí, kde by vytvárali priestor pre zlepšenie domáceho priemyslu, ale aj odvetí, s vyššou pridanou hodnotou. Medzi klady sa označuje aj pocit z jazdy, ktorý je označovaný za pohodlnejší. Rýchla schopnosť zrýchlenia, pocititeľná sila výkonu, a jednoduchšia obsluha je práve to, čo si ľudia dokázali rýchlo obľúbiť [11].

Ako som už aj vyššie načrtol, nie je to však všetko len o elektromotore. Celá konštrukcia elektromobilu je v určitom smere oveľa lepšia, a jednoduchšia. Klasické konvenčné spaľovacie vozidlá majú zložitejšiu koncepciu, a skladajú sa z oveľa väčšieho množstva komponentov, ktoré navyše ešte musia aj medzi sebou spolupracovať. Napríklad u naftového motora potrebujete prevodovku, cez ktorú bude sila z motora, prenášaná do podvozku. Pri elektromobile, ale prevodovku nepotrebujete. Výkon je hneď priamo prenášaný na kolesá, reguluje sa len prietokom prúdu do elektromotora. Taktiež, je stavba elektromobilu okresaná o ďalšie komponenty, akými je olej, olejový filter, výfukové potrubie, alebo chladiaci okruh vody. To je veľmi kladné, pretože umožňuje to jednoduchšiu, a rýchlejšiu výrobu. Vo vozidlách sa preto nachádza menej komponentov a dochádza k javu, ktorý sa dá nazvať úspora priestoru [12].

Avšak, je čo to spomenúť, aj pri negatívnych dopadoch, u elektrických vozidiel. Určite najviac skloňovaný výraz, pri predstave o kúpe elektromobilu, je dojazd. Ten určite bude ľudí zaujímať najviac, keďže batérie len tak nenatankujete, a je preto potrebné riešiť aj ich dobíjanie. S tým sa spája ďalšie negatívum, menom nabíjanie. To totiž stále nedosahuje dobré výsledky, a časté zastavovanie, a následné obmedzovanie plynulosti dopravy kvôli vybitým batériám, a dlhému nabíjaniu, taktiež nepomáha dobrej reputácii a zvyšovaniu elektromobility. Práve naopak, je to stále jeden z najväčších problémov. Dobíjacie stanice, parkovacie miesta, a elektro – infraštruktúra tiež ešte nie sú vyvinuté, a podporované v celej krajine. Nabíjacie stanice sa začali budovať len v posledných rokoch, a tiež ich čaká ešte dlhá cesta. Netreba zabúdať, že ani batérie nevydržia večne, a postupom času strácajú so svojej sily a dobíjateľnej kapacity. Čo ukazuje ďalšie

negatívum, je potrebná výmena akumulátorov po určitom čase/nájazde kilometrov. Čo sa týka cien samotných automobilov, tak sú stále porovnateľnejšie vyššie, náklady sú väčšie, a preto je pre bežného človeka zložitejšie zaobstarať si elektromobil. Odborníci však ale upozorňujú aj na to, že na elektromobil sa dá pozeráť, aj ako na investíciu do budúcnosti, a to aj napríklad kvôli cenám pohonných hmôt, ktoré môžu byť vyššie, ako cena elektriny [5], [6].

### **2.1.2 Elektromobilita a jej dopad na životné prostredie**

Ako teda spomínam vyššie, ak budeme uvažovať o elektromobilite v kontexte zeleného hráča, v oblasti zlepšovania životného prostredia, tak netreba zabúdať, že sú tu aj emisie, ktoré vznikajú pri výrobe elektromobilov, a aj pri získavaní elektriny, aj keď sú počas prevádzky elektromobily v danej chvíli bez emisné, a zdajú sa byť úplne ekologické, bez uhlíkovej stopy. Taktiež, to bude závisieť od toho, akým spôsobom si určité krajiny zabezpečujú výrobu elektrickej energie. Napríklad, v Českej republike sú aj dnes ešte niekde používané elektrárne na uhoľnej báze, ktoré sú veľkým producentom oxidu uhličitého do ovzdušia. Tu patrí aj jeden z najväčších výrobcov elektriny v Česku, a tým je česká skupina ČEZ. Tá uvádza, že pri vyrobenej 1 kWh, vyprodukuje 450 – 500 g CO<sub>2</sub>. Čo sa týka priemernej hodnoty emisií produkovaných pri výrobe kWh, tak je ešte väčšia. Treba sa teda zamyslieť, aký rozdiel je teda medzi nepriamymi emisiami (to sú emisie vyprodukované počas vyrábania elektriny), a emisiami, ktoré vypúšťajú spaľovacie motory, počas svojej prevádzky. Podotkol by som ale, že nie všetky krajiny pri výrobe elektriny dosahujú emisie oxidu uhličitého v takom množstve, ako Česká republika. Viaceré európske, a škandinávské krajiny, už postupne zlepšujú spôsob získavania energií, a napríklad vo Francúzsku alebo Švédsku, sa meraná hodnota pohybuje niekde okolo 110 g/kWh. Čo sa týka akéhosi priemeru v našej Európe, táto hodnota sa pohybuje niekde okolo 360 g/kWh. Môžeme teda zhodnotiť, že v týchto krajinách, kde je táto výroba elektriny ekologickejšia, má podpora elektromobility oveľa väčší význam pri znižovaní CO<sub>2</sub> v zemskej atmosfére [13].

Nie je to len ale o už vyššie spomínanom CO<sub>2</sub>, ktorý sa snaží Európska únia obmedzovať. Netreba zabúdať, že či už pri výrobe elektriny, alebo aj pri používaní spaľovacieho motora vznikajú aj ďalšie a ďalšie škodlivé látky, ktoré má v pláne EÚ znižovať. Medzi nich, sa častokrát radia napríklad emisie tuhých častíc PM<sub>10</sub>, oxidu

uhľnatého, alebo emisie oxidov dusíka Nox. Zo získaných údajov, o týchto látkach, z Ministerstva životného prostredia ČR, som bol schopný vytvoriť hodnoty pre príslušné znečisťujúce látky, a so zjednodušeným zohľadnením, že približne polovica elektrickej energie v Českej republike sa vyrába z uhľia, je možné hovoriť o emisiách CO približne 0,098 g/kWh, emisiách NOX 0,29 g/kWh a emisiách tuhých častíc PM10. približne 0,17 g/kWh, t. j. nepriame emisie dosahujú 0,058 g/km NOx, 0,0196 CO a 0,0034 g/km PM10, keď je elektrické vozidlo v dosahu jedného kilometra. V nižšie uvedenej tabuľke je vidieť, že emisná norma EURO 6, nie len že nie je týmito hodnotami presahovaná, ale ani sa viditeľne blízko nepribližuje k maximu, ktoré je dnes stanovené v EÚ. Ako sa teda ukázalo, už samotný typ výroby elektrickej energie, a následné vyprodukované plyny treba zohľadňovať ešte pred výrobou elektromobilu [14].

Rok zavedení	Norma	CO (g/km)	NOX (g/km)	HC+NOX (g/km)	HC (g/km)	PČ (g/km)
1992	1	3,16 / 3,16	X	1,13 / 1,13	X / X	X / 0,18
1996	2	2,20 / 1,00	X	0,50 / 0,70	X / X	X / 0,08
2000	3	2,30 / 0,64	0,15 / 0,50	X / 0,56	0,20 / X	X / 0,05
2005	4	1,00 / 0,50	0,08 / 0,25	X / 0,30	0,10 / X	X / 0,025
2009	5	1,00 / 0,50	0,06 / 0,18	X / 0,23	0,10 / X	X / 0,005
2014	6	1,00 / 0,50	0,06 / 0,08	X / 0,17	0,10 / X	X / 0,005
2018	6c	1,00 / 0,50	0,06 / 0,08	X / 0,17	0,10 / X	X / 0,005

Legenda: CO – oxid uhľnatý, NOX – oxidy dusíku, HC – uhľovodíky, PČ – pevné častice

Obr. 2.5 Emisné normy EURO, pre vozidlá s naftovými a benzínovými motormi  
Zdroj: [15].

## 2.2 Renesancia elektromobility

Aj napriek viacerým výhodám elektrických automobilov, ktorými dokážu kladne konkurovať spaľovacím subjektom na trhu, je pravdou, že už od začiatku, ako sa uvádzali na trh, tak boli spaľovacou platformou vo veľkej miere utláčané a nakoniec aj následne vytlačené z ponuky. To bolo spôsobené hlavne kvôli dôvodu, ktorý som už spomínal, a tým bola dĺžka dojazdu, a potom následné nabíjanie batérií. To bol jedným z hlavných dôvodov, prečo sa ľudia báli dôverovať vízii elektromobility. Keďže sa dojazd batérie úzko spája s jej kapacitou, nebolo divu, že sa tento pohon nerozširoval. V dobe, keď sa uvádzali na trh prvé elektromobily, ich kapacita batérií bola malá, a vysoko nepostačujúca. Vízia príjemnej jazdy, v dĺžke kludne aj 500 – 800 km, bez akéhosi problému, zastavovania, alebo nabíjania, bol len nonsens. Klasické priemerné akumulátory, si nosili parameter dojazdu niekde na úrovni 250 – 300 km, u lepších akumulátorov s väčšou kapacitou, to mohlo byť aj 300 – 350 km. Ich väčšia kapacita, a následný väčší dojazd, však tiež ale nebol zadarmo. Treba počítať s tým, že akumulátor s väčšou kapacitou, si následne vyžaduje aj dlhší dobíjací čas. Čo znamená zase, pre konečného zákazníka problém. Je pravdou, že u modernejších modelov a kvalitnejších výrobcov, dochádzalo k postupnému prepracovaniu akumulátorov, avšak stále sú dlhé dojazdy bez nabíjania, v podstate nemožné. Prerazeniu elektromobility na dopravnom trhu nepomohli ani nabíjacie stanice, presnejšie ich rozmiestnenie a napredovanie. Ich rozmiestnenie po Českej republike nie je rovnomerné. V oblastiach, kde je väčšia hustota obyvateľstva, a kde sa nachádzajú rozvinutejšie mestá, tak je dobíjacích staníc viacero, zatiaľ čo v odľahlých častiach a menej rozvinutých mestách, tieto nabíjacie stanice častokrát chýbajú [5].

Obmedzená životnosť batérií je ďalším rozoberaným problémom, ktorý ľudí odradzuje na presedlanie do elektromobility. Aj napriek neustálým zlepšovaniam, a technologickému napredovaniu, zo strany výrobcov batérií, dodnes ešte nebolo možno zaradiť do výroby batérie, ktoré by nebolo potreba vyservisovať, respektíve vymeniť po určitom čase. Tento interval sa aj napriek úsiliu stále nezvýšil, a preto je potreba batérie zhruba po 150 – 200 tisíc kilometrov vymeniť. Ak zoberiem v úvahu tieto fakty, a taktiež kúpne ceny elektromobilov, ktoré sú vyššie, ako normálne automobily, tak je pre mňa pochopiteľné, že si ľudia zvykli využívať elektromobily, skôr na kratšie mestské trasy, ktoré nie sú až tak dlhé, a elektromobil ich zvládne bez potrebného zastavenia – dobitia. Príkladom, veľmi obľúbeným v spoločnosti, je klasická cesta do práce, či na

nákup do obchodu. Vizia elektromobility na kratších mestských úsekoch však nahráva aj mojej otázke využitia elektrobusev v mestskej hromadnej doprave. Keďže viaceré mestské dopravné podniky potrebujú obsluhovať aj krátke dopravné uzly, medzi ktorými mávajú autobusy aj častokrát pauzy na konečných zastávkach, využívanie elektrobusev by sa mohlo uchýtiť, a byť pre nich prínosné [12].

Na druhej strane by som však podotkol, že väčšina dnešných výrobcov elektromobilov, nie je pripravená ostať len na mestských trhoch, a sústreďovať sa na krátke trasy. Keďže konkrétny výrobcovia každým dňom pracujú na prelome, aj v oblasti zlepšenia klimatickej otázky, snažia sa vyrobiť a dostať na trh modernejšie elektrické vozidlá, s novým typom batérií, ktoré by sa mohli nabiť už v lepšom, zrýchlenom režime, ktorý by bol niekde okolo 15 minút. Aj Európske štáty a zástupcovia jednotlivých krajín, tiež pracujú na rôznych druhov pomoci a dotácií, zameraných na podporu elektromobility [12].

To by bola veľká výhoda pre dopravné podniky a dopravné spoločnosti, pretože elektromobily by boli dostupnejšie, ich kúpa by vychádzala lacnejšie, a to mení aj pohľad na ďalšie faktory v očiach zákazníka. *„Malé osobní auto, které spotřebuje v silničním mixu 40 kWh (=4 litry benzínu) na 100 km, by vystačilo s 10 kWh elektrického proudu anebo – při lehčí konstrukci – s ještě menším množstvím“* [12].

Ako však sledujem vyjadrenia a kroky Európskej únie, ako aj výrobcov elektromobilov, príde mi, že už nie je otázkou, či sa vôbec elektrický pohon uchytí a bude rozširovaný, ale skôr my vychádza, že je len otázkou času, kedy sa to stane. Pravdaže, ak sa bavíme o štátoch EÚ. Zvyšné krajiny sveta majú rôzne názory. Neustála téma fosílnych palív je stále častejšia, a vyzerá to byť aj nevyhnutné. Pri tejto téme sa objavuje ďalší konkurent na trhu, a tým by mohol byť vodík. Objavujú sa totiž názory, že aj vodík by mohol byť istým riešením. Tieto vodíkové autá, pracujú taktiež na princípe elektriky, len trochu inak. Fungovanie vodíkového pohonu je zatiaľ vyvinuté tak, aby nebral pohonnú energiu len z batérie, ale aj z palivových článkov, kde sa mieša vodík so vzduchom, čo vytvorí potrebnú elektrinu. Podľa viacerých predpovedí, by mali následne vodík, a vodíkové autá, tvoriť po roku 2050 približne 20 % vozidiel, ale najmä pre nákladnú dopravu [16].

Dôvodom, prečo sa tlačí do výroby aj tento typ elektrického pohonu je, jeho lepšia schopnosť dobíjania, a spotreba paliva. Napríklad, dnešné bežné úžitkové a nákladné



autá, by mohli mať nádrž s kapacitou niekde okolo 6 - 8 kg. Ak si zoberieme priemerné spotreby, tak by mohol jeden kilogram vodíku stačiť na 100-120 km. Jeho následné doplnenie – tankovanie, tiež vychádza o čosi rýchlejšie, ako klasické dobíjanie. Dokonca, niekedy vie v rýchlosti u úžitkových vozidiel konkurovať aj spaľovacím motorom. No aj vodík má svoje záporné stránky. Či už výroba, alebo samotná distribúcia vodíku, je energetickejšie náročná, a aj o dosť drahšia, ako klasická elektrická energia pre konvenčné elektrobusy. To sa finálne ukazuje v cene pohonnej hmoty, teda vodíku, pri jeho kúpe na čerpacích staniciach. Jeho cena môže v niektorých prípadoch dosahovať výšku okolo 280 Kč. Aj napriek tomu, sú však výrobcovia optimistický, a veria, v postupné zlepšenie výroby a distribúcie vodíka [16].

### **2.3 Elektromobilita a začlenenie elektromobility do autobusovej dopravy**

V úplne základnej rovine, celkom jednoducho sa dá povedať, že pojem elektrický autobus je vlastne v skutočnosti „*Souhrnné označení pro autobusy, k jejichž pohonu slouží elektromotor včetně hybridních kombinací se spalovacím motorem, tj. elektrobusy, palivočlánkové autobusy, trolejbusy a hybridní autobusy*“. Elektrobus je teda konkrétne označenie pre taký typ autobusu, ktorý je skonštruovaný pre využívanie elektromotorov na svoj pohon, a to za pomoci buď klasických batérií, alebo vodíkových palivových článkov, čím sú tieto elektromotory poháňané. [17].

Ten typ elektrobusov, ktoré pracujú pre pohon s palivovými článkami – teda spomínané vodíkové autobusy), bývajú taktiež nazývané ako fc – autobusy. Áno, je to tak. Aj napriek tomu, že sa okrem vodíkového palivového článku využívajú aj iné zdroje energie, nesú si hybridné autobusy toto označenie. Viacero odborníkov za zhoduje, že vodík má oveľa väčšiu šancu na expanziu v autobusovej doprave, než v klasickej verejnej doprave. Je to vďaka tomu, že v autobusovej doprave by bol menší problém s tankovaním, a potrebnou distribúciou vodíku. Stačilo by vybudovať jednu, alebo len zopár tankovacích staníc, napríklad na konečných zastávkach, alebo v depe dopravného podniku, a tým by sa vodíkový koncept mohol rozvíjať kladným smerom [18].

To, že niečo na tom bude, potvrdzujú aj kroky vedenia Ústavu jadrového výskumu v Řeži, v ktorom sa už pokúsili rozvinúť túto cestu. Ich vlajková loď v tomto smere, je ich projekt TriHyBus, ktorý bol zrealizovaný v Neratoviciach, kde bol začlenený do

dopravy, a následne sa už niekoľko rokov využíva ich dvojnápravový vodíkový autobus, ktorý ma dĺžku 12 metrov, a taktiež sa tu aj nachádza čerpacia stanica vodíka, potrebná pre jeho fungovanie, ktorá je mimochodom ako prvá zrealizovaná v Českej republike. Toto rozhodlanie, si vyslúžilo pozornosť a veľké ohlasy, a čom svedčia aj kladné ohlasy zo zahraničia, ale aj z domácej scény, o čo svedčí výhra vo forma zlatej medaile, na medzinárodnom strojárskom veľtrhu v Brne, pre tento ústav Řezi. Dôvodom, prečo bol tento projekt zrealizovaný, a prečo sa hlavný konštruktéry pustili do vodíkovej cesty, bolo to, že *„Palivový článok u vozidel používa jako zdroj energie pro elektromotor, který umí s energií hospodařit mnohem lépe než spalovací motor, a palivočlánkový pohon je energeticky významně efektivnější než pohon na dieselový motor nebo na stlačený zemní plyn“* [19].

Je tu aj ďalšia výhoda pohonných jednotiek palivových článkov, pre ktorú sa prikláňajú odborníci viac. A to je otázka klimatického stavu. Totiž, ak by sa využívali vodíkové pohony, a pojednávame, že by sa postupne rozšírili na toľko, že by dokázali vytlačiť z dopravy spaľovacie motory, tak potom by sa eliminovali ďalšie škodlivé emisie, ako sú tuhé častice, oxidy dusíka, a emisie sklenených plynov, ktoré sú produkované pri vyrábaní a spaľovaní zemného plynu [17].

V prípade elektrických autobusov, s klasickou dobíjateľnou batériou, je možné hovoriť o klasických nočných elektrických autobusoch. Je to najmä, vďaka atypickému špecifickému dizajnu, a najmä kapacite batérie. Na jednej strane, elektrobusy sú skonštruované s vysokokapacitnou batériou, ktorá môže byť v prípadoch kratších trás, dostatočným zdrojom energie, pre celodennú jazdu. No zas na druhej strane, trocha nevýhodou je, že následne po skončení prevádzky na konci dňa, počas nočného vypnutia dochádza k nabíjaniu akumulátorov, zvyčajne prostredníctvom výkonných nabíjacích staníc, ktoré sú situované priamo v garážach dopravných podnikov. Na čo je potreba poukázať, a čo mi príde aj zaujímavé zmieniť je, že pri určitom bode, je však vyskytujúci sa problematický rozdiel medzi samotným dojazdom daného autobusu a možnou obsadenosťou (možný počet cestujúcich), súvisiaci so zaťažením podvozku - nápravy, teda tieto autobusy môžu prepravovať menej cestujúcich, kvôli konštrukčným prevedeniam elektrobusov, a teda preto sa aj s ohľadom na vyššiu cenu – môžu zdať oportunistické autobusy určitým riešením týchto problémov [17].

Za výrazom oportunistický sa skrýva výraz, ktorý v mojom prípade označuje, a bol definovaný práve tak pre taký jav, keď autobusy umožňujú príležitostné nabíjanie

batérie na nabíjacej stanici, ktorá je v blízkosti na dosah, alebo tieto stanice môžu byť zámerne umiestnené tak, aby mohli byť neustále pokryté energetické požiadavky autobusu. To znamená, aby si napríklad vodič autobusu na konečnej zastávke počas vodičovej pauzy, mohol elektrobus zapojiť na nabíjanie, a dobiť ho v prípade potreby, pre ďalšie jazdy. Netreba ale zabúdať, že na to, by musela byť presne vybudovaná elektromobilová infraštruktúra, čo znamená veľké naplánovanie, investíciu a nakoniec, dôjde aj k zvýšeniu nákladov [18].

Je tu aj ďalšia kategória, ktorá by sa mohla využívať, a tou sú aj autobusy takzvané hybridné. Zvyknú sa označovať aj klasicky, len ako diesel-hybrid. Táto platforma spája dva pohony do jedného, a tým vytvára akýsi hybrid-prepojenie. Pohon týchto autobusov funguje na základe spojenia elektromotoru, ktorý som už spomínal, ale je dopĺňovaný, aj so spaľovacím motorom.

Čo to v praxi znamená? V praxi to znamená a funguje tak, že autobus je poháňaný len elektromotorom, spaľovací motor produkuje trakčnú energiu, vtedy sa jedná o sériové hybridné autobusy. V prípade, že je ekvivalentné použitie elektromotora a spaľovacieho motora s mechanickou prevodovkou, jedná sa o paralelné súbežné autobusy, to znamená, že oba motory sú využívané na rovnako. Je tu ešte jedná variant a tou je hybridný autobus takzvaný plug-in. To špecifikuje situáciu, kedy sa „*akumulátory dobíjajú z vonšajších zdrojů, jejich kapacita umožňuje zapojit elektrický pohon v nadpoloviční délce trasy a spalovací motor slouží ke zvýšení dojezdové vzdálenosti*“ [17].

Ďalšou platformou, ktorá je vyvíjaná, a bola by schopná využitia, sú oportunistické plug-in hybridné autobusy, ktoré sa môžu správať a fungovať, ako normálne elektrobusy poháňané elektrinou, avšak, v prípade potreby, si vodič môže vybrať, aký spôsob pohonu bude využívať, a v prípade potreby si môže prestaviť pohon motora z elektrického, na hybridný – prepojený počas prepravy na určitej časti trasy. Princípom tejto platformy, a tejto vízie je lepšie spotreba a šetrenie paliva. Je to ešte výhodnejšie, ako pri klasickom hybridnom plug-in autobuse, a zároveň sa minimalizujú negatíva spojené s čisto oportunistickými vozidlami [18].

Menšou sumarizáciou sa dá v rýchlosti skonštatovať, že ak sa zameriame na zdroje energie, ktoré môžu mať obmedzenú kapacitu, napríklad ako je to u vodíkového pohonu, taktiež nedostatočne nepripravenú infraštruktúru, vzniká stále problém, pri

predstave bezproblémového hladkého prechodu na iný druh pohonu. Rovnako sa to dá skonštatovať v prípade elektrického pohonu na batérie, kde zase treba brať v úvahu pravidelné nutné státie kvôli nabíjaniu, a rovnako aj to, že elektrické autobusy sú ideálne, najmä na jazdu v mestách, hlavne pre verejnú dopravu a mestskú hromadnú dopravu, kde nie je potrebné pokryť väčšie vzdialenosti.

## **2.4 Budovanie a zlepšovanie ekologickej stránky miest a obcí**

Začleňovanie elektromobility do dopravy, však na určitej úrovni riešia aj mestá a obce, ktoré taktiež pripravujú a plánujú infraštruktúru, pre ďalšie začleňovanie nového druhu dopravy. Jedná sa o mestá a obce, označované ako inteligentné mestá. Myšlienka, a akýsi hlavný dôvod, prečo sa snažia tieto mestá a obce napredovať a vytvárať lepšie podmienky, je ten, aby dochádzalo, k postupnému využívaniu moderných technológií, na zabezpečenie kvalitnejšieho života obyvateľov, v danom regióne. Hlavné ciele sú teda, zlepšenie a prekopanie logistiky, dopravy, energetiky a energetického zaťaženia, a taktiež aj v oblasti bezpečnosti. Výsledok by mal byť výrazný pokles vlastných klimatických požiadaviek [20].

Celý princíp spomínaného projektu, sa začal postupne naraz používať v členských štátoch EÚ. Avšak, iniciatíva nebola odštartovaná od samotných štátov, ale práve EÚ prišla s víziou potrebnej podpory inteligentných miest. Členské štáty to museli tým pádom akceptovať, a prispôbiť sa daným okolnostiam. Celé to začalo projektom Európske partnerstvo v oblasti inovácií pre inteligentné mestá a komunity (EIP-SCC), ktoré bolo vytvorené koncom roka 2012. Plánom projektu a jeho vízie, bolo predstavenie lepšej štruktúry mestskej mobility, a to ale v takom smere, že sa snaží preniesť problémy, ktoré zvyčajne prináša individuálna motorizácia, na verejné služby, v našom prípade teda na verejnú dopravu. Projekt taktiež počítal aj s ďalším zlepšením a zahrnutím, ktorým malo byť aj zahrnutie odvetia mestských služieb. Tam malo spadať plánovanie infraštruktúry zberu odpadu, pričom sa očakával výsledok, väčšej podpory prevádzky vozidiel s nízko emisnou záťažou [21].

Dôvodom, prečo EÚ pristupuje k takýmto krokom, je fakt, že sa snažia hlavne riadiť a regulovať mestskú dopravu, ako celok a taktiež, chcú podporu verejnej dopravy, ale už za pomoci zavedenia a prevádzky dopravných prostriedkov, s ekologickými pohonmi, samozrejme, na úrovni verejnej, a aj individuálnej dopravy. Taktiež, súčasťou

konceptie inteligentných miest, je rátanie s prechodom na elektrifikáciu verejnej dopravy, ako aj výstavba primeranej nabijacej infraštruktúry. To je zapríčinené viacerými faktormi, napríklad dôvod ktorý sa uvádza je aj ten, že autobus na elektrický pohon, potrebuje na svoju obsluhu len 2/5 energie na prevádzku, v porovnaní s naftovým autobusom, a potom taktiež aj preto, lebo, defacto elektrobuses počas svojej prevádzky neprodukuje škodlivé látky, a emisie. Ešte by som upozornil na jeden dôležitý faktor, ktorý môže byť veľmi kladne vnímaný, zo strany obyvateľstva žijúceho pri frekventovanejších úsekoch, a tým je aj odstránenie vysokého a nadbytočného hluku, ktorý vytvárajú spaľovacie autá, no hlavne úžitkové vozidlá a autobusy. Sám som vyrastal, a býval 18 rokov blízko autobusovej zastávky mestskej hromadnej dopravy, takže viem, aké problémy to môže predstavovať, hlavne vo večerných hodinách [20].

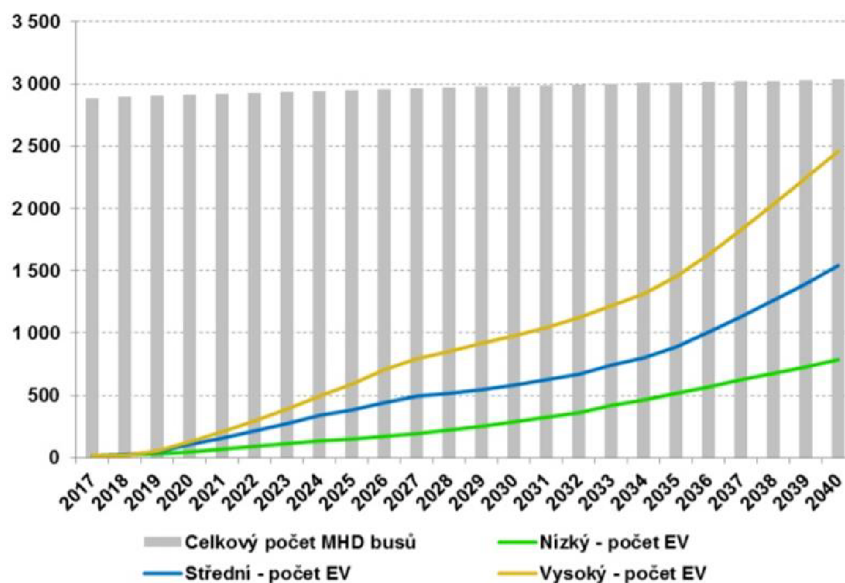
Či už s tým súhlasíme alebo nie, stanovisko EÚ, je potrebné rešpektovať a dodržiavať, čo si uvedomuje aj Česká republika, ktorá taktiež začala s napredovaním v tejto oblasti. Aj v ČR bolo vytvorené združenie inteligentných miest, ktorého myšlienka a princíp, spočíva v podpore pri plánovaní podpory elektromobility, ale aj v budovaní a rozvoja slabého energetického sektoru. Niekedy označované, ako inteligentné siete budúcnosti.

## **2.5 Elektrobuses v Českej republike**

Ak sa pozrieme na dáta, ktoré poskytujú viaceré zdroje, no najmä aj Ministerstvo dopravy ČR, tak dá sa konštatovať, že do roku 2018 bolo prihlásených v Česku okolo 1800 automobilov, využívajúcich výhradne len elektrickú energiu na pohon, ďalej to bolo o niečo vyššie číslo, a teda u hybridného pohonu to bolo množstvo cca 7000 vozidiel. Pravdou je, že čisto elektrické vozidlá ešte nedosahujú také čísla ako, by sa očakávalo. Aj napriek postupným snahám v bežnej doprave, sa vyskytujú stále v malom počte, aj v dopravných podnikoch, kde sú využívané elektrobuses, tak je to len na krátkych mestských linkách, kde sú elektrobuses nasadené. Postupom času, sa ale očakávajú zmeny, keďže značky a výrobcovia vozidiel prestávajú už nové modely vozidiel ponúkať v spaľovacích formách, a snažia sa to okresať v najbližšej budúcnosti, len do elektrických modelov [22].

Ak by som mal brať v úvahu predbežné očakávania a výpočty, v oblasti ďalšieho vývinu, tak môžem skonštatovať, že vyhládka do budúcnosti je zaujímavá. Otázkou už

ale je, pre koho. Dáta totiž naznačujú, že pri vývine takej situácie, pri ktorej by bol rast nízky, by sa mohlo v ČR už v roku 2040, prevádzkovať a zaviesť do dopravy 0,8 tisíce elektrických autobusov. V prípade situácie priemerného stredného rastu, by sme mohli počítať s množstvom až 1,5 tisíce elektrobusov, a ak by sme pojednávali optimistický najlepší, teda vysoký rast, tak dá sa očakávať niečo okolo 2,3 až 2,5 tisíce elektrických autobusov. Vývin je zobrazený na obrázku nižšie [22].



Obr. 2.6 Všeobecná projekcia počtu elektrických autobusov, v rokoch 2018 – 2040

Zdroj: [23].

Tak, ako som konštatoval, je potrebné elektromobily aj nabíjať a preto je potreba maximálne zodpovedne pristupovať k plánu rozširovania elektro dobíjajúcich staníc. „Omezený dojezd elektromobilů a omezené či komplikované možnosti jejich nabití na cestě výrazně hrají v neprospěch většího rozšíření elektromobility“ [24].

To že je natom niečo pravdy, a je potrebné na to myslieť pri plánoch do budúcnosti, je aj fakt, že stále pribúdajú ľudia, ktorý by aj nemali problém s elektrofikáciou ako takou, ba dokonca by boli aj kľudne za, no kvôli strachu z toho, že ostanú niekde stáť kvôli vybitým akumulátorom, sa stále držia v úzadí od tejto platformy.

Potrebu vybudovať ďalšie nabíjacie stanice, začalo taktiež vnímať aj Ministerstvo dopravy ČR, ktoré zi vypracovalo prieskumy, a aj na základe zrealizovaného operačného programu bolo zistené, že infraštruktúra staníc a jej napredovanie nie je

dostačujúce, čo je potreba zlepšiť, a vybudovať ďalších minimálne 600 – 1000 dobijacích staníc na území ČR. Tento fakt zobralo do úvahy aj spomínané Ministerstvo dopravy, ktoré sa túto situáciu snažilo vyriešiť, a preto pristúpilo ku kroku modernizácii a výstavby. Česká republika preto pripravila plán financovania a postupu, vďaka vlastnej finančnej podpore, a taktiež finančnej podpore zo strany EÚ, vo výške 60 miliónov Kč, ktoré boli schválené z Európskeho fondu, určeného na rozvoj v oblasti podpory infraštruktúry alternatívnych druhov dopravy [24].

Táto pomoc, aj keď sa môže zdať, že ide o dostatočné sumy a kroky, ktoré by mohli riešiť danú problematiku, nie je stále dostačujúca, a prekážky su nepriehľadnutelné. Aktuálny stav infraštruktúry elektromobility, stále nedosiahol dostačujúce kapacity a napredovanie. Aj keď sa navrhli určité spôsoby a dotácie, ktoré by mohli pomáhať v boji s vysokými cenami elektromobilov a elektrobusev, výsledkom ešte stále není úplná podpora, a vyriešenie problematiky výšky odpisov, ktoré zákazníkovi pripadajú pri kúpe vozidla. Schválenie a následné čerpanie dotácie sa nemusí vždy vyplatiť, ale hlavne sa nemožno naňho 100% spoliehať, keďže v určitých situáciách môže dôjsť k tomu, že sa zákazníkovi, ktorý požiadava o dotáciu na elektromobil/elektrobus, pomoc nedostane, respektíve mu nebude pridelená dotácia, či už v plnej, alebo aspoň nejakej čiastke. Taktiež tomu nepomáha ani aktuálna legislatíva, ktorá je v určitom smere nedostačujúca. Čo tým chcem povedať, je to, že ak si odmyslíme preferenčnú spotrebnú daň, v prípade pojednávania nákupu elektromobilu, tak ČR elektromobilitu za formu čistej dopravy nepovažuje [24].

Európska únia sa snaží tlačiť na emisie spaľovacích motorov cez takzvané EURO normy. Jedná sa o normy osobných vozidiel, autobusov a nákladných automobilov, ktoré sa postupom času sprísňujú, a ktoré vozidlá musia spĺnať. Výsledkom je vynútená znižovaná emisná stopa dopravy, takže, výrobcom neostalo nič, len zobrať na vedomie tento fakt, a prispôbiť sa. Pre vysvetlenie, v obrázku nižšie, je možné vidieť sumarizáciu vývoja normy EURO pre autobusy, a nákladné automobily. Nemožno ale prehliadnúť náladu v spoločnosti rozdielne názory, pri ktorých sa častokrát skloňuje nezáujem o znižovanie emisií CO<sub>2</sub>, alebo nedôvera voči elektromobilite, ako platforme [24].

rok	norma	CO (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	HC + NO <sub>x</sub> (g/km)	PČ (g/km)
1992	I	3,16	-	1,13	0,18
1996	II	1,00	-	0,70	0,08
2000	III	0,64	0,50	0,56	0,05
2005	IV	0,50	0,25	0,30	0,025
2009	V	0,50	0,18	0,23	0,005
2014	VI	0,50	0,08	0,17	0,005

CO – oxid uhelnatý, HC – uhľovodíky, NO<sub>x</sub> – oxidy dusíku, PČ – pevné častice

Obr. 2.7 Emisné normy EURO pre autobusy a nákladné automobily (spaľovacie motory)

Zdroj: [25].

Ak by som mal trochu načrtnúť vyhliadky do budúcnosti, tak by som predpokladal, že k zlepšeniu vzťahu k elektrifikácii a elektromobilite, a napredovaniu infraštruktúry, zo strany obyvateľstva, postupne dôjde. „Komerční rozvoj elektromobility nelze vnímat ve smyslu rychlého vytlačení klasických paliv v dopravě elektřinou, ale jako evoluční proces, kdy různá paliva naleznou v různých segmentech trhu své vlastní uplatnění“ [1].

## 2.6 Elektromobilita a jej budovanie – podpora

Aj keď najčastejší dôvod, ktorý vám niekto uvedie, ak sa ho spýtate na otázku, prečo si myslí, že sa tlačí dopredu elektromobilita, je environmentálna stránka veci, teda znižovanie škodlivých látok, emisií, znečistenia a podobne. Netreba pritom zabúdať aj na to, že zásoby ropy a zemného plynu nie sú nekonečné. O tom sa už rozplávalo dlhšie, napríklad už v 20. storočí, niekedy v rokoch 1950 až 1980, sa touto otázkou zaoberal geológ Marion King Hubbert, ktorý v tom čase pracoval, pre ropnú firmu Shell, ktorá bola veľkým gigantom s pohonnými hmotami pre spaľovacie autá. Jeho skúmanie ropných polí a ropných vrtov, dospelo až k vyhláseniu, že „V prvej fázi po instalácii vrtných veží sa ťžena množstvá zvyšujú. Pozdžji zústanou stabilne rovná, než začnú postupne klesať, pretože ropné pole sa vyprazdňuje“. Aj v tomto prípade však možno povedať, že je to znovu o názore, a až postupom času sa ukáže realita. Napríklad, spomínanú teóriu spochybnila aj Medzinárodná energetická agentúra, ktorá sa taktiež s



názorom nestotožňuje, a predpokladá, že po roku 2030 – 2035, dôjde k poklesu ťažby ropy [12].

Je určite pravdou, a čo je potrebné bezpodmienečne brať v úvahu je to, že zdroje fosílnych energetických surovín, akými sú: ropa a zemný plyn, sú neobnoviteľné a zároveň treba počítať s ich možným vyčerpaním, čo znamená, že ak si ľudstvo chce zachovať svoju súčasnú životnú úroveň, a chce predísť problémom s nedostatkom nerastných surovín, a následným veľkým cenovým výkyvom, pre ktoré sú kľúčové dostatočné zdroje energie, bude potrebné nielen začať hľadať, ale predovšetkým využívať nové alternatívne zdroje, a tak vytvárať im, aj adekvátnu podporu.

Za posledné roky, sa ale viaceré svetové štúdie snažia poukazovať na myšlienku, že klimatické problémy sú vysokým potencionálnym rizikom, a je potreba s tým niečo robiť. S tým boli úzko späté zavedené emisné normy, aby sa určilo, do akej miery, a ak to je reálne, boli znečisťujúce látky prítomné v emisiách automobilov. Čo je na tom ale trochu diskutabilné, hneď zo začiatku, je to, že ak sa na emisné normy zameriam, tak vidno, že je to momentálne norma EURO 6/VI, ktorá stanovuje požadované maximá oxidu dusnatého (NO<sub>x</sub>), uhľovodíkov (HC), oxidu uhoľnatého (CO) a tuhých častíc (PM), ktoré môžu emisie obsahovať, konkrétne zaujímavovo ignoruje CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý, ktorý je spojený s klimatickými výkyvmi a problémami na zemi. EÚ hodnoty CO<sub>2</sub> musela stanoviť neskôr oddelene, pričom sa jednalo o stanovenia maxima na úrovni 130 g/km. Táto hodnota nie je konečná, v rokoch 2021 – 2022, sa má táto hodnota upraviť a klesnúť na 95 g/km [25].

## **2.7 Elektromobilita v Európskej únii**

Pre EÚ, ktorá je hlavne zameraná najmä na zmeny v klimatickej oblasti, ale taktiež aj zlé premeny životného prostredia, ktoré môžu predstavovať hlavnú hrozbu pre našu budúcnosť, teda pre zem a obyvateľstvo, bolo dôležité vytvoriť iniciatívne, a všelijaké rôzne, celoeurópske plány a stratégie, s cieľom začať zodpovednejšie, a precíznejšie využívať zdroje, a eliminovať následné emisie skleníkových plynov. Následným skúmaním, a pojednávaním sa zistilo, že elektromobilita, môže byť jedným s možných spôsobov, prečo sa EÚ snaží dosiahnuť stanovené ciele, pre rozvinutie a podporu elektromobility. Tu by som len dodal, že podpora elektromobility, nie je len čisto zodpovednosťou automobilového priemyslu, ako celku, ale aj energetického priemyslu,

ktorý sa musí podieľať na budovaní, zatiaľ napríklad v Českej republike – nedostatočnej potrebnej infraštruktúry nabíjajúcich staníc, a taktiež aj rychlonabíjajúcich staníc. V neposlednom rade, bola braná v úvahu aj výroba elektrickej energie, ktorá by mala byť ekologickejšia, vytváraná za podpory obnoviteľných zdrojov [26].

Európske hospodárske členstvo, je členstvo, ktorého náplň, je skúmanie špecifických technických podmienok, ktoré súvisia s prevádzkou cestných vozidiel, ktoré začalo od roku 1970, avšak, stanoviská ku ktorým sa došlo, ostali len v rozmedzí odporúčania. To sa zmenilo trochu neskôr, presnejšie od roku 1990, kedy už začali vznikať, a následne platiť, trochu prísnejšie nariadenia v rámci EÚ, či už cez parlament, alebo samotnú radu EÚ, ktoré je potreba rešpektovať a brať v úvahy, v prípade členstva v EÚ. [26].

Moju tému, elektromobilitu, už potom definujú tri smernice. Prvá, ktorú spomeniem, je Smernica 2009/28/ES, ktorá pojednáva o skvalitnení využívania energie z obnoviteľných zdrojov, v ktorej sa bližšie špecifikujú podmienky využívania obnoviteľných zdrojov energie, teda zelenej energie. Druhou smernicou, je smernica 2009/33/ES, ktorá pojednáva o podpore ekologických, a energeticky úsporných vozidlách cestnej dopravy, ktorej plánovaným zámerom je podporovať trh s ekologickými, a energeticky účinnými vozidlami, alebo inými slovami, lepšie povedané, je to predovšetkým snaha o zvýšenie dopytu po vozidlách s nízkymi emisiami, napríklad, prostredníctvom viacerých finančných a iných výhod (pretože vyššia cena je jednou z hlavných prekážok rozšírenia elektromobility). Preto je potrebné dotovať túto nevýhodnosť, a hoc aj za cenu umelej pomoci - tzv. helicopter money efektu. Ďalším účelom tejto smernice, bolo zaviesť povinnosť členských krajín EÚ, dodržiavať emisné normy EURO, v súčasnosti EURO 6/VI. Čo sa týka arabského označenia, používa sa pre osobné automobily, rímske je potom určené pre nákladné automobily a autobusy). To, čo tieto normy znamenajú, a aká je ich hodnota, som už spomenul, a ukázal na obrázkoch vyššie, a teda, týka sa to znečisťujúcich látok okrem emisií CO<sub>2</sub>, ktorých bola potom hodnota uvedená samostatne následne. Už som spomenul trochu v predchádzajúcom texte, že v čase 2021 – 2022, EÚ stanovila presné, aktualizované emisné limity, pre výrobcov vozidiel v priemere na úrovni 95 g emisií CO<sub>2</sub>/km. Ak to porovnam v praxi so spaľovacím pohonom, tak to predstavuje spotrebu približne 4,1 l/100 km benzínu alebo 3,6 l/100 km nafty [27].

Dosiahnutie ale takýchto hodnôt so spaľovacím motorom, je v podstate trochu nereálne. Konštruktéri výroby vozidiel, teda museli s týmto problémom popracovať, vyrábať

konceptne rôzno objemové pohonné jednotky, aj na alternatívnych pohonoch, ktoré vytvárajú menšie množstvo emisií, aby v priemernom celkovom hodnotení, ktoré je rozhodujúce pre splnenie limitných noriem EÚ, uspeli, a prešli touto normou.

Smernicu, ktorú som teraz konkretizoval, tiež prechádzala aktualizovaním a úpravami, a bolo potrebné ju doladiť. Po zmene – smernica Európskeho parlamentu a Rady - 2019/1161, je stanovená, a na jej základe, budú musieť členské krajiny prijať právne predpisy, ktorými sa stanovia nové pravidlá nákupu a prenájmu vozidiel, vo verejnom obstarávaní, čo v konečnom dôsledku znamená, že už bude potrebné bližšie definovať konkrétne percento automobilov, ktoré musí spĺňať nízku hladinu emisií. V prípade mojej pojednávanej témy, autobusov, je plánované, že by to mali byť do roku 2025 ekologicky čisté vozy, ktoré sa budú na autobusovú dopravu využívať, a to znamená, elektrické vozidlá, a vozidlá s palivovými článkami – patria tu aj CNG alebo bioplyn do tejto kategórie a spolu by mali predstavovať 41 % z celkového počtu vozidiel, a neskôr, dokonca 60 %, do roku 2030 [28].

Európska únia si zastáva názor, že práve verejný sektor je ten, ktorý by mal víziu cesty alternatívnych palív odštartovať. Hoci podobná požiadavka bola spomínaná, a aj vložená do smernice už v roku 2009, časom sa ukazovalo, že jej účinnosť nie je dostačujúca, a preto sa kompetentný rozhodli, prepracovať váhu pravidiel. Smernica už potom, vo svojej novej, aktualizovanej verzii, upravuje a špecifikuje klimatologické pravidlá, nielen pre nákup vozidiel, ale aj pre lízing, prenájom a nákup na splátky, či už aj ako pre služby verejnej cestnej dopravy pre nepravidelnú cestnú dopravu, ďalej rôzne poštové a kuriérske služby, a nakoniec, ešte aj zber komunálneho odpadu [29].

Ďalším, čo bolo zmenené a re editované, boli ekologické aspekty, pričom ľahšie a osobné automobily, boli potom aj založené a definované na upravených emisných normách CO<sub>2</sub>, taktiež aj normách, ktoré znečisťujú ovzdušie. U ťažkých motorových vozidiel a autobusov, bolo princípom počítať s pohonom na alternatívne palivá, ale tiež sa predpokladá, aj zavedenie dodatočných – emisných limitov. To sa týka aj ČR, ktorá dostala za úlohu, povinnú smernicu začleniť do svojich právnych predpisov.

*„Je třeba brát v úvahu zajištění potřebné počáteční infrastruktury, vysoké ceny vozidel, náklady na personál i pokud se týká servisu, a zajistit odpovídající výši hodnoty veřejných zakázek. Čistá vozidla nemusí být jen autobusy na elektřinu, ale také na*

*palivové články, jejichž pořízovací i ostatní náklady, například na pohonné hmoty, jsou mnohem vyšší“ [28].*

V poradí treťou, a aj poslednou smernicou, ktorá pojednáva tému elektromobility, je smernica 2014/94/EÚ o zavádzaní infraštruktúry pre alternatívne vozidlá – teda jedná sa o rozvoj infraštruktúry, ktorá je v súčasnosti ešte nedostatočne rozvinutá, a mala by byť prioritou, pre všetky členské štáty. Za pomoci tejto smernice, by malo dôjsť k vybudovaniu, a prepojeniu meracích systémov, a taktiež nabíjajúcich staníc, za následným účelom, lepšieho vyváženia elektrickej sústavy pri nabíjaní, v čase nízkeho dopytu [30].

Aj zavedené smernice teda dokazujú, že Európska únia a jej inštitúcie, sa snažia vytvoriť komplexnú zmenu dopravného systému, a rovnako sa aj snažia obmedziť prevádzku vozidiel, poháňaných naftou a benzínom.

Dokonca je aj faktom, že nie všetky štáty čakali až na nariadenia EÚ, viaceré krajiny sa snažia minimalizovať množstvo znečisťujúcich látok uvoľnených do ovzdušia, už oveľa skôr ako vyšli nejaké smernice, a to aj z vlastnej iniciatívy, a v oveľa väčšej miere, ako predpisujú normy Európskej únie. To sa deje hlavne v severských krajinách, kde sa kladie veľký dôraz nie len na elektromobilitu, ale aj na alternatívne pohony. Napríklad v takom Nórsku, sa podaril veľmi slušný výsledok, a to taký, pri ktorom elektrické a hybridné vozidlá v roku 2017 prekročili 50 % hranicu podielu predaných nových automobilov, To sa podarilo zrealizovať za pomoci účinných systémových finančných výhod. Princíp takejto pomoci je pomerne jednoduchý a intuitívny, spočíva totiž v tom, že zákazníci, ktorý si chcú kúpiť elektromobil, sú oslobodený od platby za povinnú registráciu vozidla, čo je veľká výhoda, a sú taktiež zaťažený nižšou cestnou daňou, a dokonca nie sú ani povinní platiť mýto, a to najdôležitejšie, sú oslobodení od platenia DPH, v určitých prípadoch. Nastavením takýchto pravidiel v Nórsku, je pre domácich obyvateľov veľmi výhodné, a bolo by asi nelogické, sa pri takýchto pravidlách nezamýšľať nad elektromobilitu, pretože vo finále, sú elektromobily lacnejšou alternatívou, ako doterajšie automobily poháňané konvenčným – spaľovacím motorom [31].

Tento trend napredovania a šikovného riešenia dopravnej mobility v zelenšej podobe, však ale riešia pokrokovejšie už aj v ostatných krajinách Európy. Nie len severské krajiny, ale taktiež aj Francúzsko začalo podporovať nákup elektromobilov, s celkom

lákavými sumami a benefitmi, ktoré predstavujú výšku niekoľko tisíc Kč, nehovoriac o tom, že dokonca štát prispieva obyvateľom aj 4 000 EUR za postupné vyradenie spaľovacích dieselových automobilov s výrobným rokom starším, akým bol rok 2006. V rozvoji dotácií nezaostávajú ani ostatné silné a mentálne – kultúrno vyspelejšie štáty, napríklad také Nemecko, či Veľká Británia [31].

### **2.7.1 Európska legislatíva**

Koncom roka 2010, EÚ prijala stratégiu dopravy do roku 2050, ktorej hlavným cieľom, bolo zadefinovanie, a naplánovanie dlhodobého smerovania dopravného systému, ako celku. Pre toto plánovanie, bola aj vytvorená takzvaná biela kniha, ktorá je plánom spoločného a jednotného európskeho dopravného priestoru. Jedná sa teda o dopravnú stratégiu s dlhodobým horizontom, so zameraním na vytvorenie takého dopravného systému, ktorý efektívne využíva zdroje, a primerane riadi smer elektromobility [26].

Dokument biela kniha, je založený, pre dosiahnutie viacerých kľúčových cieľov, spomína sa v ňom napríklad aj taká veľkosť závislosti európskych krajín od dovážanej ropy, s vidinou postupného zníženia emisií a aj skleníkových plynov, a to vo výške až o 60 %, do roku 2050. Nie je to však ľahký smer. Finančná záťaž takéhoto projektu, bude extrémna. Nehovoriac o tom, že bude potreba reštrukturalizácia našej aktuálnej, európskej dopravnej infraštruktúry [26].

Čo sa týka mestskej dopravy, a mestskej hromadnej dopravy, tam sa dáva za cieľ znížiť počet automobilov so spaľovacími naftovými a benzínovými motormi o polovicu do roku 2030, k úplnému odstráneniu z prevádzky by malo dôjsť neskôr, následne do roku 2050. To patrí hlavne pre veľkomestá, kde by mala byť verejná doprava do roku 2050 už ekologicky čistá, teda bez vypúšťania CO<sub>2</sub> do ovzdušia, z cestných dopravných prostriedkov. [26].

Tieto vízie už zahŕňajú aj súvisiace iniciatívy EÚ, ktoré taktiež figurujú v inovácií v oblasti inteligentnej a ekologickej dopravy. Mám tým namysli v prvom rade, najmä plán prechodu na nízko uhlíkové hospodárstvo, ako aj mnoho ďalších opatrení, ako je efektívnejšia energetika, ako infraštruktúralný celok [26].

Európska únia naplánovala víziu vývoja elektromobility, aj inými postojmi. Stanovila aj ciele do budúcnosti, v oblasti ochrany klímy a ekológie, a zaviazala sa stabilizovať nárast globálnej teploty, pod maximálne dva stupne Celzia, najlepší vývoj dokonca predpokladá aj s ešte lepšou teplotou, a to na 1,5 stupňa Celzia. Takéto oteplenie je totiž

pre planétu veľmi nepriaznivé, a v určitých smeroch prakticky likvidačné. To bolo teda párnym dôvodom nato, aby sa schýlilo ku kroku, prijať Parížsku dohodu o zmene klímy, v roku 2015. O rok neskôr, bola potom následne vypracovaná aj stratégia pre nízko emisnú mobilitu s cieľom, čo najefektívnejšie dosiahnuť stanovené ciele, ktoré sú predmetom v Parížskej dohode, vzhľadom na spomínaný záväzok znížiť výfukové plyny, oxid uhličitý a ďalšie škodlivé látky.

V Parížskej dohode sa pojednávajú nasledujúce body, ktoré sú pre jej splnenie rozhodujúce a podstatné. Sú to: využívanie nízko emisných alternatívnych zdrojov energie v odvetví cestnej dopravy, vznik dopravných prostriedkov s nízkymi až nulovými emisiami (elektrobusesy), a ešte je tu posledný, a teda zvýšenie efektívnosti dopravného systému.

Taktiež mi príde potrebné spomenúť aj ďalšie zaujímavosti, ktoré dohoda obsahuje. Určite spomeniem nutnosť potreby vzájomnej spolupráce medzi jednotlivými krajinami, s predstavou do budúcnosti sprístupniť prepracovanejšiu a výrazne efektívnejšiu infraštruktúru dopravy, ktorá je prepojená medzi európskymi krajinami, a poukazuje aj na nutnosť potrebného prerobenia dodávateľského reťazca, medzi výrobcami paliva benzínu a nafty. [32].

Európska komisia však medzi časom zorganizovala ešte jednu celoeurópsku dohodu, ktorá sa predstavila, ako zelená dohoda, ktorá má slúžiť na potrebné ďalšie sprísnenie limitov emisií oxidu uhličitého, aby bolo po roku 2025 jasné, a spečatené na papieri, že všetky krajiny EÚ smerujú k čistej bez emisnej doprave. Odpoveďou na otázku, ako to chce EÚ dosiahnuť po finančnej stránke, je tranzitný fond, a to až do možného stropu 100 miliárd EUR, ktorých efekt má byť reorganizácia infraštruktúry krajov, kde prebiehala ťažba uhlia, rovnako aj prechod na zdroje energie, ktoré sú obnoviteľné. Cieľom je aj mať páku na krajiny, ktoré tieto nariadenia nedodržiavajú, a dohoda preto obsahuje aj postihy a penalizácie, ktoré môžu, byť za určitých podmienok uvalené [33].

## **2.8 Vývoj elektromobility v Českej republike**

Využívanie, a rozširovanie elektromobility, je veľkou výzvou pre zvýšenie kvality životného prostredia. Vďaka zníženiu emisií, zdraviu škodlivých látok, a skleníkových plynov, ale aj zníženiu hluku z dopravy, má výrazne pozitívny vplyv na kvalitu života

obyvateľov. Najväčší prínos môže byť v husto obývaných mestách, s rôznorodou dopravou. Kľúčovým predpokladom úspešnosti tohto zámeru je efektívna propagácia, a zvýšenie povedomia a informovanosti, s prehĺbovaním environmentálneho zmýšľania celej spoločnosti.

Elektromobilita, je už v mnohých krajinách sveta živou realitou. Trend rozšírenia elektromobility, aj v Českej republike závisí od mnohých faktorov – chýba potrebná infraštruktúra, časť spotrebiteľov môže odradiť vyššia obstarávacía cena, čo súvisí s celkovou kúpyschopnosťou obyvateľstva, ale chýbajú aj iné výraznejšie motivačné aspekty. V Európskych krajinách, kde je elektromobilita na vzostupe, je dobrou praxou, že všetci záujemcovia o kúpu elektrických vozidiel dostávajú primeranú podporu od štátu. V Českej republike nie je táto podpora veľmi výrazná – majitelia elektromobilov sú síce oslobodení od platenia cestnej dane, a v Prahe môžu parkovať v takzvaných modrých zónach.

V súvislosti s témou mojej práce je potrebné spomenúť najmä skutočnosť, že od roku 2016, vláda vyhlasuje dotačný program, zameraný na podnikateľské subjekty a inštitúcie. V rámci neho, môžu záujemcovia získať dotáciu na nákup elektromobilov až do výšky 75 % kúpnej ceny. Majitelia elektrických vozidiel môžu tiež získať bezplatne poznávaciu značku s písmenami EL, čo by im malo zabezpečiť oslobodenie od platenia myta v budúcnosti. Ďalšou z možných, v súčasnosti platných výhod je, že spotreba elektrickej energie na dobitie batérie elektromobilu, (zatiaľ) nepodlieha spotrebnej dani. [31].

Na rozvoj elektromobility majú vplyv aj prísnejšie emisné limity na vozidlá so spaľovacím pohonom, s cieľom znížiť množstvo emisií skleníkových plynov z dopravy. To núti vlády krajín Európskej únie hľadať spôsoby, ako zabezpečiť v relatívne krátkom časovom období, nahradenie vozidiel s benzínovým alebo naftovým pohonom elektromobilmi. Česká vláda prijala už v roku 2016 plán na zníženie emisií, zameraný na orgány štátnej správy, inštitúcie a štátne podniky, ktorý mal zaručiť, že najmenej 25 % používaných vozidiel, bude poháňaných alternatívnymi palivami. Do desiatich rokov, by malo toto číslo vzrásť na 50 %. V roku 2014 vozidlá poháňané alternatívnymi palivami v týchto organizáciách tvorili iba 0,3 %.

V Českej republike téma elektromobility nepatrí medzi hlavné priority, a ani celospoločenský tlak nie je veľmi výrazný. Všetky české stratégie, sa opierajú o

európske iniciatívy, napr. prvá tematická stratégia Dopravná politika 2014 – 2020 reaguje na stratégiu Európa 2020, a rovnako na už spomínanú Bielu knihu, je preto vysoko pravdepodobné, až nevyhnutné, že podpora elektrických vozidiel – jej rozsah a frekvencia sa bude musieť výrazne zvýšiť.

Na obdobie rokov 2022 – 2025 bola vládou už prakticky pripravená dotačná schéma na podporu nákupu elektromobilov, určená pre firmy a živnostníkov v celkovom objeme 940 miliónov českých korún. Z prvotných prepočtov vychádzalo, že to bude postačovať na podporu nákupu približne 4 500 elektromobilov. So spustením sa počítalo v marci 2022, no teraz to vyzerá na omnoho dlhšie čakanie. Zasiahla Európska komisia, ktorej sa nepozdáva rozsah pripravovanej podpory. Peniaze mali byť získané cez takzvaný operačný program, čo sú vlastne peniaze z európskych štrukturálnych a investičných fondov. Vyzerá to tak, že Česko bude musieť koncept svojej dotačnej schémy prepracovať.

Európske krajiny, kde je rozvoj elektromobility na vyššej úrovni, sa výraznejšie zameriavajú na elektrické vozidlá. Európska únia však zaradila medzi alternatívne hnacie jednotky aj iné možnosti. To môže, byť jedným z dôvodov, prečo sa Česká republika nezaoberala výlučne elektromobilitou a v strategických dokumentoch sa okrem pohonov LNG alebo CNG sa objavila viac – menej okrajovo. Ako jedna z možností znižovania emisií, sú označované pohony CNG (spolu s LNG) aj z dôvodu, že infraštruktúra potrebná na prevádzku elektromobilov, či elektrických autobusov, nie je v Českej republike dostatočne vybudovaná. Nezanedbateľnou skutočnosťou však je, že produkcia lokálnych emisií skleníkových plynov pri vozidlách na stlačený plyn zaradených do mestskej dopravy, sú prakticky porovnateľné s naftovými vozidlami. Znamená to, že v danom mestskom režime sú oveľa menej šetrné k životnému prostrediu, ako elektromobily [17].

Stlačený plyn aj napriek tomu získal výraznejšiu podporu ako elektromobilita, nakoľko spočiatku (v rokoch 2006 až 2012) CNG nepodliehalo spotrebnej dani, podobne ako je to v súčasnosti v prípade elektromobilov. Dnes je však situácia iná – daň prudko rastie a ani tento rok nebude výnimkou. Podobný osud – podľa slov odborníka, čaká aj elektromobilitu. *„Příklad prosazování a podpory CNG v ČR bude jistě předobrazem přístupu k jiným pohonům, kdy po počáteční podpoře se bude jakýkoliv výpadek ve výběru spotřebních daní dohánět navýšením daně i pro tato alternativní paliva či elektromobilitu“* [37].



### 2.8.1 Česká legislativa

Ministerstvo priemyslu a obchodu ČR, pripravilo Národný akčný plán pre čistú mobilitu (NAP CM), ktorý je prvým a zároveň kľúčovým českým dokumentom strategickej povahy v oblasti elektromobility. Tento plán, ktorý bol schválený v Českej republike v roku 2015, je priamou reakciou na smernicu Európskeho parlamentu a Rady 2014/94/EÚ, ktorá bola vydaná v predchádzajúcom roku. Obsahom smernice je to, že ukladá povinnosť všetkým členským štátom EÚ, aktívne budovať a rozširovať svoju infraštruktúru na tankovanie alternatívnych palív. Týka sa to rovnako nabíjania elektrických vozidiel. Národný akčný plán pre čistú mobilitu v reakcii určuje systematický plán a zároveň stanovuje podmienky, potrebné na vybudovanie čerpacích a nabíjacích staníc v období rokov 2020–2030. *„Cílem NAP CM je vytvoření prostředí pro širší uplatnění vybraných alternativních paliv a pohonů v sektoru dopravy v ČR a dosažení podmínek srovnatelných s jinými vyspělými státy EU, aby v dlouhodobém horizontu (po r. 2030) byla elektromobilita vnímána jako standardní technologie, zemní plyn jako běžné palivo a vodíková technologie dospěla do situace, v jaké se v současnosti nachází elektromobilita“*. Národný plán pre čistú mobilitu obsahuje aj päť strategických cieľov týkajúcich sa elektromobility, medzi ktoré patria: 1. podpora a rozvoj elektromobility, 2. stimulácia dopytu, 3. vytváranie priaznivých podmienok pre spotrebiteľov, 4. zlepšenie podnikateľských podmienok v oblasti elektromobility, 5. dôraz na rozvoj súvisiacej infraštruktúry [1].

Je potrebné zdôrazniť, že NAP CM nie je zameraný výlučne na elektromobilitu, ale zahŕňa aj ďalšie alternatívne pohony, ako CNG LPG.

Budúcnosťou automobilového priemyslu sa Ministerstvo priemyslu a obchodu ČR zaoberalo aj v nasledujúcich rokoch. V roku 2017 spolu so Zväzom automobilového priemyslu vypracovalo a podpísalo Memorandum o budúcnosti automobilového priemyslu v Českej republike. Dokument zahŕňa aj akčný plán českého automobilového priemyslu do roku 2025. Sú v ňom obsiahnuté konkrétne návrhy opatrení na dosiahnutie zvýšeného počtu elektromobilov v českom dopravnom sektore. Memorandum sa veľmi podrobne zaoberá možnosťami, ako podporiť expanziu elektromobilov. Súčasťou sú aj analýzy a návrhy rôznych foriem podpory – najmä finančnej, ktoré by mohli stimulovať zvýšený dopyt a boli by poskytnuté zainteresovaným záujemcom [38].

Vzhľadom k prísnyms emisným štandardom v Európskej únii a oznámeným mnohomiliardovým investíciám automobiliek do elektromobility, očakáva sa rýchlo narastajúci podiel áut na elektrický pohon v členských krajinách, teda aj v Českej republike. Odhaduje sa, že v roku 2025 bude podiel elektrických áut (čistých elektromobilov i plug-in hybridov) na celkovom predaji činiť 11 %. V roku 2030 by to malo, byť už 28 % a v roku 2040 celkovo 55 %. To však zároveň znamená, že aj v roku 2040 bude stále 45 % z predaných áut na spaľovací motor [36],[37],[38].

### 3 Teória výpočtu nákladov v autobusovej doprave

Elektromobilita je častokrát rozoberaná téma, a existuje mnoho uhlov pohľadu, na viaceré konkrétne aspekty. Aj keď sa nájdu viaceré názory, u kladných aj záporných dôvodov, myslím, že ajtak sa dá do určitej miery konštatovať, že nepochybne má elektromobilita niečo do seba, a malo by vznikáť viacero priestoru pre túto tému. Či už preto, že do určitej časti dokážeme znižovať nadpriemerný hluk, ktorý vzniká v obývaných oblastiach pri väčších dopravných uzloch, no ale aj hlavne preto, že vieme aj keď nie úplne, aspoň do určitej miery znižovať emisie a škodlivé plyny v našej atmosfére, ktoré predstavujú riziko. Samozrejme, nie je všetko ružové, a na druhej strane, sa nám ukazujú protiklady, akými sú nedostatočne rozvinutá infraštruktúra, ktorá by integrovala dobíjací systém elektromobilov, a hlavne asi najdôležitejší problém, a tým je dojazd elektromobilov. V neposlednom rade, by som nezabudol ani na počiatočnú cenu týchto elektromobilov. Preto sa tomuto budem venovať v mojej práci aj ďalej, a budem skúmať tieto výhody aj nevýhody aj hlbšie, hlavne z ekonomického hľadiska, v smere pojednávania výšky nákladov na dopravu u konkrétnych autobusov. Ako u autobusov, tak aj pri elektrobusech. Vidím potrebu bližšie zhrnúť tieto klady a zápory, aj z bližšieho ekonomického a provozného uhla pohľadu. Ekonomické zhrnutie je pre mňa potrebné bližšie špecifikovať, aby bolo aj na základe ekonomických a matematických ukazovateľov bližšie odpovedať na naskytujúce sa otázky, a špekulácie, o konečnej cene a efektívnosti prevádzky elektrobusev v, porovnaní aj s autobusmi s dieselovým pohonom, a taktiež CNG pohonom. Podotkol by som, že CNG ako palivo nie je nič nové v oblasti autodopravy, hlavne vo verejnej doprave, a dopravných podnikoch.

Za podstatu praktickej časti považujem zodpovedať na hlavnú výskumnú otázku, do akej miery je elektromobilita z ekonomického hľadiska výhodná, vyhodnotiť načrtnuté hypotézy, a odpovedať na doplňujúcu otázku, aj z matematického hľadiska na základe vopred stanovených matematických výpočtov. Čo sa týka matematických postupov potrebných pre výpočty, budem postupovať podľa stanovených vzorcov, ktoré slúžia na presnejšie určenie modelovania nákladov na dopravu, a bližšie určenie výšky hodnoty súčasnej investície. Na to, aby bolo možné vytvoriť matematické vzorce, a bližšie odpovedať na otázky, bola pre mňa potrebná bližšia konzultácia s výrobcom elektrobusev firmy SOR Libchava, presnejšie, Petrom Kaplanom, ktorý je vo firme

SOR konštruktér vývoja, ale aj dopravnými podnikmi, a odborníkmi z daného odboru, ktorý sa do problematiky vyznajú. Pre tieto výpočty budem používať dáta taktiež od Českého dopravcu Arriva, ČSAD České Budejovice, ČSAD Trutnov a Dopravného podniku mesta Košice. Títo dopravcovia, subjekty, a firmy, mi vedeli pomôcť s mojimi výpočtami, keďže už majú skúsenosti s elektrobusedmi, ktoré už prevádzkujú v Českej republike, a využívajú ich na sledovanie vývinu tejto problematiky, a nemali problém mi dáta zazdieľať, a dopomôcť mi k výpočtom pre moju prácu.

Na to, aby som mohol zrealizovať potrebné vhodné porovnanie, a dospieť k záveru, bolo potrebné si stanoviť cieľ – kde, a čo sa vlastne bude pojednávať. Keďže mi ide o zhodnotenie elektrických autobusov, s ich konkurenciou, bolo potreba si konkretizovať trasu, na ktorej budem situáciu pojednávať, a následný typ autobusu, ktorého aspekty budem na danej linke skúmať. Čo sa týka údajov vybranej linky, a bližších špecifikácií dát modelov pojednávaných autobusov, ktoré budem používať, tak sa bude jednať o elektrobused SOR EBN 9.5 z dielne českej značky SOR Libchava. Tieto autobusy sú začlenené do prevádzky spoločnosti od roku 2016, patria do konceptu zelenej energie elektromobility, a ako vybraný model linky, bude slúžiť Pražská trasa, ktorá spája stanicu metra Stodůlky v Prahe, s neďalekou príľahlou obytnou zónou Nučice a Mezouň. Na tejto Trase môžu najazdiť denne elektrobusedy asi 100-130 kilometrov. Uvažoval som v rovine, že uvedený elektrobused je nasadený na trasu, kde nehrozí veľký nájazd kilometrov, a tým pádom nie je potreba pracovať s problémom dojazdu až tak prioritne a obtiažno. Vzorový elektrobused disponuje lítium – iónovým akumulátorom, o kapacite 172 kWh. Tieto autobusy sa potom následne po skončení dennej prevádzky presúvajú naspäť do depa, ktoré sa nachádza vo Vršoviciach, kde bola pre nich bližšie upravená elektrická infraštruktúra, a vybudovaná aj nabíjacia stanica. Cena, za ktorú sa pohybujú tieto elektrobusedy, predstavuje čiastku 11 010 000 Kč. Pre minimalizovanie nákladov na dobíjanie, sa požíva nočné nabíjanie. Princípom je aj nabíjanie v nočných hodinách, kedy ma dopravca naučtovanú nižšiu maržu elektrickej energie od dodávateľa. *„Na jedno nabití ujede elektrobused v bežnom provozu s cestujícimi 130-150 kilometru a za rok každý najezdí okolo 20 000 km. Obsaditelnost vozu je 73 cestujících“* [34].

### 3.1 Hypotézny vývin situácie a možnosti postupu

Ako som už spomenul, keďže som si zvolil za cieľ diplomovej práce, bližšie ekonomické zhodnotenie finančných požiadaviek, na prevádzku elektrických busov voči dieselovým, a plynovým pohonom, je potrebné, aby som poukázal a odpovedal na hlavnú otázku problému, ktorá je: aké sú výhody a nevýhody elektrických autobusov v porovnaní s autobusmi s dieselovým a plynovým pohonom, a aké sú finančné požiadavky na takýto druh dopravy, bola preto z mojej strany nastolená aj dvojica hypotéznych otázok, ktoré poslúžia pri definovaní hlavnej otázky a jej zodpovedaní:

1. hypotéza otázka: elektrický pohon je nákladovo efektívnejší, ako použitie nafty pri použití v autobusovej doprave.
2. hypotéza otázka: elektrický pohon je nákladovo efektívnejší, ako použitie stlačeného plynu, pri použití v autobusovej doprave.

Špecifický druh paliva nie je jediný, ktorý zohráva úlohu pri hodnotení lepšieho pohonu. Sú v tom aj viaceré iné faktory, ktoré je potreba brať taktiež do úvahy. Preto mi prišlo dôležité, načrtnúť aj doplňujúcu otázku.

Doplňujúca otázka je teda sformulovaná nasledovne: Ako používanie alternatívnych pohonov ovplyvňuje finančná výhoda, vo forme dotácie na nákupy a následný schopný vyšší odpis odpisovanej položky? Dotácie na nákup elektrických autobusov môžu výrazne ovplyvniť odpisovú položku, a tým aj zvýšiť ziskovosť ich prevádzky, respektíve rýchlejšiu návratnosť. Ak je totiž poskytnutá dotácia dopravcovi, ten to môže využiť pri odpisovaní položiek, čo následne smeruje k navýšeniu zisku z prevádzky.

## 4 Nákladové vstupy na prevádzku konvenčných autobusov a elektrobusov, a autobusov CNG

Pre dosiahnutie výsledkov a odpovedí na moju hlavnú otázku a hypotézy, je potreba bližšie priblížiť a zadefinovať postup výpočtov modelovania nákladov na dopravu, s ktorými sa bude pracovať. Pre spôsob vyriešenia danej problematiky, a zodpovedanie otázok, budem ďalej pracovať s postupom na princípe, ktorý spomínal po našich konzultáciách Ing. Petr Kaplan, konštruktér vývoja firmy SOR, ale aj pán doc. Říha, môj konzultant. Ako už bližšie p.Říha uvádza: „*V rámci vědy a výzkumu je možné využít metodiku kalkulace nákladů např. při nasazování vozidel s alternativním pohonem, jako jsou autobusy s plynovým pohonem nebo stále častěji diskutované elektrobusy. Právě v jejich případě bude klíčové, zda dokáží konkurovat klasickým autobusům s naftovým pohonem*“.

Čo sa týka metodiky výpočtov, tak po konzultáciách daného problému, som usúdil, že najprv je potrebné zadefinovať, ako som sa rozhodol postupovať, čo by mali výpočty obsahovať, a aký postup bude zvolený. Na to, aby som sa vedel dostať k vyriešeniu problematiky, bolo potrebné vytvoriť akýsi vzorec postupu, a určiť, z čoho sa skladá. Pri výpočtoch teda budem brať do úvahy kvantifikáciu nákladov, na prejdenú vzdialenosť 1 kilometer, budú sa brať do úvahy aj primerané prenosy spotreby. Taktiež sa bude zohľadňovať druh paliva, ktorý sa bude využívať, následne budú medzi sebou porovnávané. Na základe metodiky a osobnej konzultácie s p. Zdeňkom Říhom a po rozhovoroch s firmou SOR, som usúdil že taktiež bude potrebné, aby som zohľadnil technické a ekonomické ukazovatele vo vypočítanom období (zvyčajne v rozmedzí jedného roka) pri výpočte nákladov, u nákladových taríf a vykonávaní dopravných výkonov, sa týmto aspektom budem venovať trochu hlbšie. Konkrétne sa bude posudzovať účinnosť diskutovaných pohonov s ohľadom na ceny, zodpovedajúcich palív (elektrina, nafta, CNG) a, samozrejme, aj spotreba samotných palív. Financie, potrebné na náklady na údržbu, opravy, a obstaranie, vo forme odpisov, sa vo výpočtoch nezanedbávajú, a tieto dôležité informácie a dáta, ktoré som používal, boli zrealizované vďaka informáciám, ktoré mi poskytli Dopravný podnik Mesta Košice, spoločnosť Arriva, a výrobca autobusov – firma SOR.

Náklady vynaložené na jazdu autobusom, je podľa pána Říhu, potrebné presne zadefinovať a zohľadniť z viacerých faktorov. Nepochybne medzi ne patrí súčet nákladov na vedenie, ale aj státie autobusov. Jedná sa o takzvané prevádzkové náklady, a tiež sa tu zahrňujú aj náklady vynaložené na obsluhu autobusu – vodiča. Je pravdou, že samotné prevádzkové náklady nie je ľahké určiť, častokrát majú zložitejšiu podstatu. Preto ich budem klasifikovať do priamych nákladov, tj. nákladov, ktoré sú úzko späté so samotnou prevádzkou a zahŕňajú palivo, pneumatiky a ostatné (viď vzorec č.1). Všetky ostatné náklady, ktoré sa tiež musia zaplatiť, ale nie sú úzko späté s prevádzkou samotného autobusu, budem definovať, už ako režijné nepriame náklady. Náklady je potrebné presne zadefinovať a brať do úvahy, aby bol výsledok, čo najpresnejší.

Ďalej som si musel zadefinovať celkové náklady. Medzi tie som sa rozhodol zaradiť v podstate všetky dôležité náklady, vrátane spotreby paliva aj maziva, taktiež náklady vzniknuté pri používaní pneumatík, mzdy a odvody, technická údržba, odpisy dopravných prostriedkov, prevádzkové a režijné náklady, ale aj iných nákladov. Myslím si, že by bolo potrebné za normálnych okolností pridať aj mýto, no vychádzam s prímestskej dopravy, v ktorej sa počíta bez mýta. Ak by sme pojednávali diaľkové autobusy, je teda potreba zahrnúť aj náklady na mýto. Tento postup, a náklady sú teda zhrnuté vo vzorci č.1 nižšie, ktorý bol na základe týchto údajov, zostavený nasledovne:

$$n_{CEL} = c * P_{PHM} + n_{PNEU} + n_{ODPISY} + n_{MZDY \text{ a } ODVODY} + n_{ÚDRŽBA} + n_{MÝTO} + n_{RÉŽIA} + n_{OSTATNĚ} \quad (1)$$

Sú tu teda dva druhy nákladov, ktoré musím zohľadniť. V ďalších konkrétnych prípadoch, budem konkretizovať a porovnávať náklady, ktoré sa môžu zmeniť v súvislosti s počtom najazdených kilometrov, alebo prevádzkovým časom, ale aj tie, ktoré sa v žiadnych okolnosti nebudú premieňať v súvislosti, s vybraným druhom paliva.

Pre ďalší správny postup vo výpočtoch, je tiež potrebné sa zamerať na, a započítať, aj náklady, ktoré sa nám budú meniť, pri rôznych druhoch paliva. Reč je o spomínanej spotrebe, ktorá sa za daných okolností líši. Pri elektrobusoch je pre nás dôležitý údaj a veľkosti – kapacity batérie, a jej napätí, ale aj a spotrebe elektrického prúdu. Naopak, pri spaľovacích a CNG autobusoch, budeme brať do úvahy nádrž na palivo – a to teda

jej objem, ale aj spotrebu paliva pri prejazde 1 km. V neposlednom rade, je nutné zahrnúť aj ceny týchto pohonných hmôt.

Pre moje výpočty bolo potreba si aj určiť konkrétne autobusy, ktoré budem vlastne porovnávať. Ako som už spomenul, rozhodol som sa zohľadniť a použiť pre tieto výpočty model elektrobusu od českej spoločnosti SOR Libchava. Táto spoločnosť funguje v Česku už nejaký čas, a má za sebou skúsenosti jak so spaľovacími autobusmi, tak aj elektrickými. Pre elektrický pohon som si teda zvolil model SOR EBN 9.5, ktorý má lítium-iónové akumulátory o kapacite 172 kWh. Čo sa týka spotreby, spotreba je potom na limite 101 kWh/100 km. V prípade porovnania elektrického pohonu s dieselovým motorom, budú výpočty porovnávané s modelovým príkladom dieselových autobusov IVECO Urbanway 12M, ktorých kapacita nádrže je stanovená na 300 litrov, a hodnota spotreby na úrovni mestskej dopravy môže predstavovať 48 l/100 km. Pre správnu postupnosť a presnosť výpočtov, týkajúcich sa konkretizovania výhod a nevýhod elektrického pohonu s so stlačeným plynom, sa používajú informácie poskytnuté spoločnosťou SOR Libchava, Dopravným podnikom mesta Košice, ktorých prevádzkované autobusy značky IVECO Urbanway majú objem nádrže 1280 litrov, a spotrebu 35,81 kg/100 km.

Ďalej je potrebné poukázať a stanoviť ceny pohonných hmôt. Tento údaj bol pre mňa dôležitý, pretože veľkosť ceny pohonných hmôt a ich zmeny, nám dokážu veľmi výrazne ovplyvniť náklady na dopravu. Preto som si pre výpočet zvolil systém, v ktorom sú pojednávané viaceré časové obdobia, počas ktorých sa ceny elektriny, a tak aj stlačeného plynu, a dieslu menia. Na základe simulácie vybratých skutočných cien pohonných hmôt tak budem následne ďalej vytvárať výpočty, a pojednávať výsledok. Treba však podotknúť, že dopravcovia často krát, majú lepšie ceny nákupu pohonných hmôt, ako bežný ľudia. Pri veľkých odberoch je totiž jednoduchšie, a možné dohodnúť si zvýhodnenú taxu.

U cien pohonných hmôt ešte ale zaváži, aj spotrebná daň. Aj keď, je elektrina oslobodená od spotrebnej dane ak sa využíva ako palivo, u CNG a nafty je to trochu inak. Totiž, podľa § 8 zákona č. 261/2007 Z. z. o stabilizácii verejných rozpočtov, CNG je dlhodobo zvýhodnená, a to zákonom č. 261/2007 Z. z. o zostavovaní verejných rozpočtov. CNG si pohoršila na 68,40 CZK/MWh, teda 0,72 CZK/m<sup>3</sup> pričom 1 kg CNG pripadá 1,4 m<sup>3</sup> CNG. Hoci vláda pôvodne plánovala zachovať alebo rozšíriť nižšie zdanenie zemného plynu, ktoré sa používa vo vozidlách s alternatívnymi



pohonmi, nestalo sa tak v zákonnej lehote, takže spotrebná daň sa od začiatku roka 2018 zdvojnásobila (z 0,72 CZK/m<sup>3</sup> na 1,44 CZK/m<sup>3</sup>). K ďalšiemu zvýšeniu (opäť zdvojnásobeniu) došlo 1. januára 2020, takže spotrebná daň teraz dosahuje 2,80 CZK /m<sup>3</sup> (tj. 3,90 CZK / kg). Treba však dodať, že vďaka platnému memorandu o dlhodobej spolupráci, pri vývoji vozidiel na zemný plyn sa štát zaviazal, že spotrebná daň zo zemného plynu za stanovených podmienok nepresiahne do roku 2025 3 CZK/m<sup>3</sup> CNG). Spotrebná daň uplatniteľná na naftu je určená zákonom č. 353/2003 Z. z. o spotrebnej dani vo výške 10 950 CZK/100 l (alebo 10,95 CZK/l) [35].

Čo som ďalej pokladal za dôležité zahrnúť, je aj otázka priamych odpisov. Dá sa povedať, že sú to účtovné odpisy autobusov, a taktiež aj hmotný fixný majetok, súvisiaci s prevádzkou verejnej autobusovej dopravy. Je to pomenovanie pre jav, pri ktorom, kúpna cena autobusu zohráva podstatnú kľúčovú rolu. Pravdou je, že asi iba ťažko by sa dalo uvažovať o nejakej dokonalej univerzálnej cene. Najmä preto, lebo ceny sú odzrkadlené, aj od konfigurácií konkrétnych vybavení a funkcií. Aj napriek tomu, ale poskytnem pre moju prácu údaje poskytnuté dopravnými spoločnosťami, ktoré sú spoľahlivé, a mali by odzrkadľovať realitu. Ako prvý by som spomenul dieselový, teda spaľovací variant od firmy SOR, ktorý sa pohybuje na kúpnej cene 5 180 000 Kč. Druhý v poradí je elektrický konkurent od firmy SOR, ktorý si nesie cenovku 11 010 000 Kč. Ako posledný je tu ešte aj spomínaný stlačený plynový pohon, taktiež od firmy SOR, s kúpnu cenou 6 470 000 Kč, čo je o niečo drahšie ako dieselový autobus.

Vzhľadom na to je zrejmé, že odpisy nielen v prípade elektrických autobusov, ale aj v prípade autobusov na CNG, budú (z dôvodu vyššej kúpnej ceny) vyššie, ako odpisy dieselových autobusov, ktoré sa však do určitej miery, dajú kompenzovať čerpaním dotácií – v tom čase sa odpisy vykonávajú len zo sumy, ktorá je výsledkom odpočtu čerpanej dotácie z celkovej ceny autobusu. Autobusy (bez ohľadu na jazdu), ako aj nákladné automobily a osobné automobily, sa štandardne klasifikujú do druhej odpisovej skupiny, kde je doba odpisovania stanovená na päť rokov.

Ako vyplýva z cien autobusov, tak najlacnejšie vychádza dieselový pohon. Ako to potom vidno, pri elektrickej a plynnej variácii, tam je cena o niečo vyššia, preto treba tým pádom aj očakávať že pri týchto pohonoch budú odpisy o vyššie, ako odpisy dieselových autobusov. To však nemusí hneď predstavovať tak veľký problém, ak zoberieme v úvahu aj to, že je možné na tieto dva pohony čerpať dotácie na nákup, a tak

sa dá do určitej miery kompenzovať cenu, čerpaním dotácií. Je to vďaka tomu, že odpisy sa pripravujú len zo sumy, ktorá je vypočítaná odpočtom z čerpanej dotácie, z celkovej ceny autobusu. Jedná sa o druhú odpisovú skupinu, pod ktorú spadajú všetky osobné a nákladné automobily, vrátane autobusov. Jedná sa o skupinu, ktorá má stanovenú takzvanú päťročnú odpisovaciu dobu. Nájdu sa aj výnimky, nemusí to byť vždy tak. Ako som konzultoval s firmou SOR, napríklad dopravcovi ČSAD Strední Čechy, bola udelená výnimka, ktorá spočívala v prevode zakúpených autobusov na CNG do odpisovej skupiny č. 3, čo bola veľká pomoc, vďaka ktorej sa doba odpisovania zdvojnásobila, až na 10 rokov. Arriva potom dostala podobnú výnimku, a doba odpisovania im bola udelená na 8 rokov. Pre schopnosť ďalšieho porovnávania a možného začlenenia do matematického postupu, u elektrických aj CNG autobusoch sa riešila osemročná odpisovacia doba.

Ďalším dôležitým v poradí ukazovateľom, je aj otázka technického stavu, údržby a nákladov, na opravy autobusov. Ako som už vyššie uvádzal, stavba elektrického autobusu je konštrukčne iná, má menej dielov, a tým pádom sú aj náklady na údržbu a opravy menšie, dokonca aj o 40 % menej, ako u konkurenčného dieslu. Na druhej strane, je ale potreba zdôrazniť, že akumulátory nie sú doživotné, je ich potrebné vymeniť, a preto je potrebné zohľadniť výmenu batérie, uprostred životnosti elektrického autobusu. Výrobca udáva potrebný interval zhruba po piatich rokoch, alebo 150 tisíc kilometroch, ktorých cena predstavuje práve nie malú čiastku - 1 980 000 Kč. Príde mi správne uvažovať aj o napredovaní elektrickej infraštruktúry v mestských dopravných podnikoch, a dopravných spoločnostiach, preto bolo pre mňa logické a potrebné, zahrnúť do nákladov na kúpu aj rýchlo nabíjacie stanice.

U CNG autobusov mi príde ešte dôležité poukázať na jednu skutočnosť, a tým je životnosť motora, ktorá býva u týchto autobusov niekedy zabúdaná. Je totiž pravdou, že plynové agregáty zažívajú menšiu záťaž a používaním plynných palív, čo môže znížiť opotrebovanie motora až o 10 - 13 %, v porovnaní s naftovým motorom. Dá sa teda hovoriť, o dlhšej životnosti autobusov CNG, čo je dobré pozitívum. Opravy a potrebná údržba po dlhšom časovom rámci, potom spoločne pokrývajú všetky náklady, potrebné na všetky opravy.

Po bližších konzultáciách s dopravnou spoločnosťou SOR a Dopravným podnikom mesta Košice, som určil teda nasledujúce hodnoty pre tieto konkrétne ukazovatele, pre náklady a údržbu. Opravy a potrebná údržba potom pokrývajú všetky náklady potrebné na

všetky opravy. Hodnoty, ktoré budú dosadené, sú nasledovné. Pre elektrické autobusy pripadá hodnota 1,80 Kč/km. U dieselových autobusoch náklady dosahujú hodnotu 2,85 Kč/km. Ako posledné sú CNG pohony, u ktorých je táto hodnota stanovená na 2,70 Kč/km. Pod ukazovateľom mzdy, sú zahrnuté finančné prostriedky, ktoré zahŕňajú finančné prostriedky vynaložené pre všetkých tých, ktorí sa akýmkoľvek spôsobom podieľajú na prevádzke verejnej dopravy. Nejedná sa len o vodičov konkrétnych autobusov.

Otázkou bolo, čo urobím s mýtom. Je pravdou, že metodický postup vzorca na výpočet počíta aj s mýtom. Položka je začlenená vo výpočte, ale bude jej pridelená nulová hodnota. V prípade verejnej dopravy nie je relevantný, pretože prevádzkovatelia vozidiel verejnej dopravy nie sú povinný platiť mýto. V prípade cestnej dane, od ktorej sú prostriedky cestnej dopravy, zabezpečujúce pravidelnú vnútroštátnu osobnú dopravu oslobodené podľa zákona č. 16/1993 Z. z. o dani z príjmov, je to rovnaké a taktiež im teda priradím len nulovú hodnotu.

Posledným na rade, čo je potrebné zmieniť, a načo je potreba myslieť, sú takzvané nepriame (režijné) náklady, a taktiež príspevky spojené s príspevkami, ktoré zamestnávateľ v určitých prípadoch – záleží od pracovnej zmluvy, platí z platených miezd – sociálneho a zdravotného poistenia. Zákonom č. 119/1992 Zb. sú definované ďalšie náklady o cestovných výdavkoch, ktoré sa za určitých okolností ešte môžu brať do úvahy, pre mňa ale pri tomto prípade nie sú pri mojom výpočte potrebné [45].

## 5 Porovnanie údajov, ich vyhodnotenie

V tejto časti mojej diplomovej práce, už prechádzam do praktickej výpočtovej časti, kde sa budem ďalej zaoberať stanovením potrebných vzorcov, pre matematické kalkulácie nákladov na dopravu, pre autobusy a elekrobusesy. Na to, aby som ďalej mohol pokračovať, v objasňovaní stanovenej otázky a hypotéz, ktoré som si stanovil, a spomínal v predchádzajúcej kapitole, bude potreba zadefinovať do vzorcov spomínané ukazovatele, a previesť potrebné výpočty.

Spotrebu palív, budem uvádzať v klasických uvádzacích jednotkách. Spotreba nafty bude uvádzaná v litroch, spotreba stlačeného plynu bude v kilogramoch, a elektrickú energiu spotrebovanú na prevádzku zadefinujú kilowatthodina. Aj keď sú tieto jednotky rozdielne, v počiatočných vzorcoch môžeme jednotky dosadzovať bez konverzie jednotiek základným predvoleným vzorcom. Následné úpravy vzorcov s tým následne budú počítať.

Prvotný, základný vzorec, sa môže použiť na nahradenie nafty v litroch a spotreby elektrickej energie v kilowatthodinách, čo má za následok cenu za kilowatthodinu alebo spotrebu CNG v kilogramoch (cena za kilogram), preto v pri mojich výpočtoch nemusíme ešte dodatočne aj meniť jednotky na litre. To je zohľadnené vo vzorci č.2 nižšie, kde sú termínom alter označený teda alternatívny pohon, stlačený plyn, a aj elektrina.

Na to, aby som vedel ďalej pokračovať, a boli schopný počítať cenu alternatívneho paliva, tým myslím elektriny aj CNG za jednotku km – v pomere ceny s naftou, je ďalej upraviť vzorec tak, aby vďaka úprave jednotiek, ktoré umožňujú stanovenie daných hodnôt, mohol prebehnúť výpočet. Spotreba nafty je zachytená v litroch/km, spotreba elektrickej energie v kilowatthodinách/km a spotreba stlačeného plynu, v kilogramoch/km. Vo vzorci č.3 prebehla úprava pre vzťah medzi naftou a elektrinou. Nasledujúci vzorec č.4 je potom upravuje vzťah pre CNG a elektrinu.

$$C_{alter} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{súbor}^{diesel} - n_{súbor}^{alter} \right)}{alter} \quad (2)$$

$$C_{El.} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} \left( \frac{l}{km} \right) * C_{diesel} \left( \frac{K\check{c}}{l} \right)}{100} + n_{s\check{u}bor}^{diesel} \left( \frac{K\check{c}}{km} \right) - n_{s\check{u}bor}^{El.} \left( \frac{K\check{c}}{km} \right) \right)}{S_{El} \left( \frac{kWh}{km} \right)} \quad (3)$$

$$C_{El.} = \frac{100 * \left( \frac{S_{CNG} \left( \frac{kg}{km} \right) * C_{CNG} \left( \frac{K\check{c}}{kg} \right)}{100} + n_{s\check{u}bor}^{CNG} \left( \frac{K\check{c}}{km} \right) - n_{s\check{u}bor}^{El.} \left( \frac{K\check{c}}{km} \right) \right)}{S_{El} \left( \frac{kWh}{km} \right)} \quad (4)$$

Teraz bude nasledovať, ďalšia potrebná úprava postupu. V tomto kroku, bolo dôležité upraviť vzorec tak, aby došlo k odstráneniu nadbytočných ukazovateľov, ktoré nie sú potrebné, a priamo neovplyvňujú zachytené jednotky. Nižšie, vo vzorci č.5 je možné vidieť úpravu vzorca pre vzťah elektrického pohonu a nafty. Vo vzorci č.6 je následne prevedená úprava pre situáciu medzi elektrickým pohonom a CNG.

$$c_{El.} = \frac{\left( \frac{l}{km} \right) * \left( \frac{K\check{c}}{l} \right) + \left( \frac{K\check{c}}{km} \right)}{\left( \frac{kWh}{km} \right)} \quad (5)$$

$$c_{El.} = \frac{\left( \frac{kg}{km} \right) * \left( \frac{K\check{c}}{kg} \right) + \left( \frac{K\check{c}}{km} \right)}{\left( \frac{kWh}{km} \right)} \quad (6)$$

Ako ďalšie bolo premňa na rade sa zamyslieť, ako dosiahnuť, aby vo výsledku platil pre obe situácie rovnaký vzťah. Zvolil som preto postup, pri ktorom dochádza, k matematickej úprave vzorca, čo znamená, že dva litre aj kilogramy sú krátené. Následná konečná hodnota je už potom ďalej uvedená v korunách českých, za kilowatthodinu.

$$c_{EL.} = \left( \frac{K\check{c}}{kWh} \right) \quad (7)$$

$$c_{EL.} = \left( \frac{K\check{c}}{kWh} \right) \quad (8)$$

Ďalší v poradí, teda 9. vzorec, bude patriť celkovým odpisom. Vzorec bol potrebný na to, aby bolo možné vydeliť cenu autobusu, jeho celkovým počtom najazdených kilometrov, a taktiež aj životnosťou.

$$n_{ODPISY} = \frac{c_{autobusu}}{\check{Z} + N}$$

$\check{Z}$  – životnosť (uvádzané v rokoch),  $N$  – nájazd (udávané v km/rok) (9)

Po tejto úprave môžem postupovať ďalej. Ako ďalšie využijem, že sa dá poopraviť pôvodný vzorec do takej podoby, aby sa všetky konštantné náklady zahrnuli do konštantnej položky  $k$ , a celkové náklady, ktoré vzniknú pri prevádzke autobusov pre každý z diskutovaných druhov paliva, sa stali súčtom nákladov vynaložených na palivo a údržbu, odpisy a mýto a, samozrejme, nákladové konštanty ( $k$ ). Výhodou bude, že takáto ďalšia úprava, umožní už následné používanie pre všetky varianty, akými sa v mojej práci zaoberám. Taktiež, budú nápomocné a využité pri overovaní, alebo vypracovaní definovaných hypotéz, ale aj na zodpovedanie hlavnej položenej otázky.

$$n_{CEL}^{EL.} = n_{PHM}^{EL.} + n_{\check{U}DR\check{Z}BA}^{EL.} + n_{ODPISY}^{EL.} + n_{M\check{Y}TO}^{EL.} + k \quad (10)$$

$$n_{CEL}^{diesel} = n_{PHM}^{diesel} + n_{\check{U}DR\check{Z}BA}^{diesel} + n_{ODPISY}^{diesel} + n_{M\check{Y}TO}^{diesel} + k \quad (11)$$

$$n_{CEL}^{CNG} = n_{PHM}^{CNG} + n_{\check{U}DR\check{Z}BA}^{CNG} + n_{ODPISY}^{CNG} + n_{M\check{Y}TO}^{CNG} + k \quad (12)$$

Aj keď sa vzorce už začínajú vyvíjať, a matematický postup spomínaný vyššie, už ukazuje určité postupy, stále je potreba pokračovať v úpravách. Ako som podotkol, v práci má ísť o bližšie konkretizovanie, kedy, teda za akú cenu je použitie elektrickej energie výhodnejšie ako použitie nafty a CNG. Ako základ bude slúžiť vzorec č.10, č.11 a č.12, ktoré poukazujú na stanovené ďalšie jednotlivé množstvá, ktoré sú zahrnuté do výpočtu celkových prevádzkových nákladov autobusov (elektrické autobusy, dieselové autobusy, ako aj autobusy poháňané CNG).

Keďže mi ide aj o zachytenie, a nájdenie rovnovážneho vzťahu medzi nákladmi na prevádzku autobusov (elektrický autobus vs. dieselový autobus a elektrický autobus vs. autobus CNG), upravím vzorec nasledovne tak, aby sa celkové náklady vynaložené na prevádzku autobusu elektrického pohonu, rovnali prvému prípadu prevádzky dieselového autobusu – vzorec č.13, a v prípade druhej prevádzky CNG autobusu - vzorec č.14.

$$n_{CEL}^{El.} = n_{CEL}^{diesel} \quad (13)$$

$$n_{CEL}^{El.} = n_{CEL}^{CNG} \quad (14)$$

$$n_{PHM}^{El.} + n_{ÚDRŽBA}^{El.} + n_{ODPISY}^{El.} + n_{MÝTO}^{El.} + k = n_{PHM}^{diesel} + n_{ÚDRŽBA}^{diesel} + n_{ODPISY}^{diesel} + n_{MÝTO}^{diesel} + k \quad (15)$$

$$n_{PHM}^{El.} + n_{ÚDRŽBA}^{El.} + n_{ODPISY}^{El.} + n_{MÝTO}^{El.} + k = n_{PHM}^{CNG} + n_{ÚDRŽBA}^{CNG} + n_{ODPISY}^{CNG} + n_{MÝTO}^{CNG} + k \quad (16)$$

Ďalej v postupe, sú vyjadrené v nasledujúcich rovniciach náklady, ktoré sú súvisiace s jednotlivými palivami/1 km. jedná sa o rovnice č.17, č.18 a č.19.

$$n_{PHM}^{El.} = \frac{S_{El.} * C_{El.}}{100} \quad (17)$$

S = spotreba paliva (kWh/100km), C = cena paliva (Kč/kWh)

$$n_{PHM}^{diesel} = \frac{S_{diesel} * C_{diesel.}}{100} \quad (18)$$

S = spotreba paliva (l/100km), C = cena paliva (Kč/l)

$$n_{PHM}^{CNG} = \frac{S_{CNG} * C_{CNG}}{100} \quad (19)$$

Za účelom spriehľadniť a zjednodušiť postup výpočtov, teraz v nasledujúcich krokoch prevediem menšiu úpravu, vďaka čomu za pomoci položiek údržby, odpisov a mýta sčítam, a zlúčim to do jednej položky, ktorá sa bude označená ako: súbor. Spomínané je znázornené vo vzorcoch č.20, č.21 a č.22 nižšie.

$$n_{ÚDRŽBA}^{El.} + n_{ODPISY}^{El.} + n_{MÝTO}^{El.} + = n_{súbor}^{El.} \quad (20)$$

$$n_{ÚDRŽBA}^{diesel} + n_{ODPISY}^{diesel} + n_{MÝTO}^{diesel} + = n_{súbor}^{El.} \quad (21)$$

$$n_{ÚDRŽBA}^{CNG} + n_{ODPISY}^{CNG} + n_{MÝTO}^{CNG} + = n_{súbor}^{CNG} \quad (22)$$

Po spomínaných úpravách následne rovnice dostávajú novú podobu a vyzerajú teda nasledovne. Pre zobrazenie slúži rovnica č.23, a rovnica č.24.

$$\frac{S_{El.} * C_{El.}}{100} + n_{súbor}^{El.} + k = \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{súbor}^{diesel} + k \quad (23)$$



$$\frac{S_{EL.} * C_{EL.}}{100} + n_{súbor}^{EL.} + k = \frac{S_{CNG} * C_{CNG}}{100} + n_{súbor}^{CNG} + k \quad (24)$$

Aj keď sa už dostávam ku koncu upravovania a stanovovania postupu, je ešte potreba menšej úpravy – konečnej úpravy, pre správne a jednoduchšie počítanie. V tejto fáze ešte poopravím rovnice trochu tak, aby sme dosiahli správny konečný výsledok, aj v závislosti už od spomínaných palív, ktoré sa v práci porovnávajú. Preto boli vytvorené vzorce č.25 až č.28. Vo dvojici vzorcov č.25 a č.26 sa porovnáva elektrina vs. nafta, a v situácii dvojice vzorcov č.27 a č.28 je zohľadnený vzťah pre dvojicu elektrina a CNG.

$$100 * \left( \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{súbor}^{diesel} - n_{súbor}^{EL.} \right) = S_{EL.} * C_{EL.} \quad (25)$$

$$C_{EL.} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{súbor}^{diesel} - n_{súbor}^{EL.} \right)}{S_{EL.}} \quad (26)$$

$$100 * \left( \frac{S_{CNG} * C_{CNG}}{100} + n_{súbor}^{CNG} - n_{súbor}^{EL.} \right) = S_{EL.} * C_{EL.} \quad (27)$$

$$C_{EL.} = \frac{100 * \left( \frac{S_{CNG} * C_{CNG}}{100} + n_{súbor}^{CNG} - n_{súbor}^{EL.} \right)}{S_{EL.}} \quad (28)$$

## 5.1 Vyhodnotenie a skúmanie dát a otázok

Ako som už spomínal vyššie v mojej práci, ako prvá bola stanovaná hypotetická otázka, či by mohlo byť využívanie elektrického autobusu v autobusovej hromadnej doprave ekonomicky výhodnejšie, ako využívanie známeho dieselového spaľovacieho autobusu. To znamená, že potrebujem zistiť, v akej cenovej hladine by sa mala pohybovať elektrická energia, a aká by mala byť jej maximálna výška ceny, aby sa takýto

elektrický pohon oplatil viac, ako spaľovací variant, aj keď sa berú do úvahy ďalšie prevádzkové náklady. Pre ďalšie skúmanie urobím ako výpočet podľa vzorca, tak aj grafické znázornenie.

Čo sa týka vzorca pre výpočet prvej hypotézy, tak použijem vzorec č.29 uvedený nižšie, ktorý vychádza v predchádzajúcich úprav, ktoré som vykonal, a stanovil vyššie v mojej práci. Ako prvé bude potrebné zistiť, pri akej cene palív a výške nákladov by si mohli byť obidve varianty pohonu rovnaké v rovina nákladov na dopravu.

$$c_{EL} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{súbor}^{diesel} - n_{súbor}^{EL} \right)}{S_{EL}}$$

$S_{EL}$  – spotreba elektriny (kWh/100km),  $C_{EL}$  – cena elektriny (kWh/Kč)

$S_{diesel}$  – spotreba dieselu (l/100 km),  $C_{diesel}$  – cena dieselu (l/Kč)

(29)

Na rade je dosadenie hodnôt, a následný výpočet. V tabuľke nižšie sú zrekapitulované už spomínané, ale aj zhrnuté ďalšie potrebné údaje, ktoré sú pre výpočet dôležité. Pri prvej variante, naftovej, ma teda zaujímala spotreba, v tomto prípade tomu zodpovedá 48 l/100 km. Výška nákladov na údržbu, ktorú sme po konzultácii s výrobcou autobusov SOR stanovili, zodpovedá hodnote 2,85 Kč/km, odpisy boli stanovené vo výške 18,9 Kč/km, mýto 0,00 Kč/km, a ako posledné boli vo výške 18,3 Kč/km zadané konštantné náklady.

Čo sa týka druhej spomínanej variácie, elektrickej, tak tam boli nasledovné údaje stanovené nasledovne: taktiež po predošlej konzultácii, som určil spotrebu elektrickej energie, čo je v našom prípade palivo, na 101 kWh/100 km.) Náklady na údržbu predstavujú hodnotu 1,80 Kč/km, odpisy sú na hodnote 39,8 Kč/km, a mýto, keďže pojednávame v predstave mestskej autobusovej doprave bez zavedenia mýta, je taktiež stanovené nulové, takže 0,00 Kč/km. Konštantné náklady aj v tomto prípade sú rovnaké, a to teda vo výške 18,3 Kč/km [36], [8].

Tab. 5.1 Zhrnutie potrebných údajov potrebných pre výpočet

Typ pojednávaneho pohonu	Diesel pohon	Elektrický pohon
Spotreba paliva (l/100 km) / el. energie (kWh/100 km)	48	101
Náklady na údržbu (Kč/km)	2,85	1,80
Odpisy (Kč/km)	18,9	39,8
Mýto (Kč/km)	0	0
Konštantné náklady	18,3	18,3

Zdroj: vlastné spracovanie.

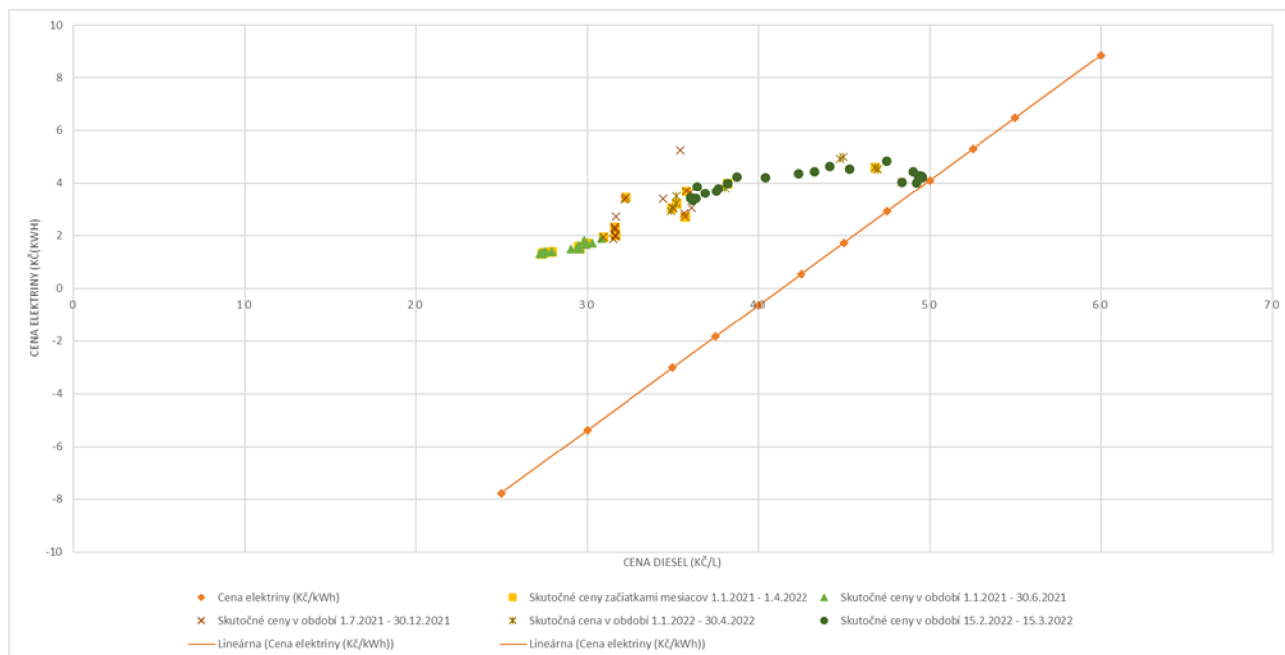
Pre dosiahnutie výpočtu a riešenia, a stanovenia hladiny rovnosti nákladov na dopravu, bola určená teoretická modelová situácia, kde bolo vopred určených 12 variácií pre cenu dieslu. Je to 25, 30, 35, 37,5, 40, 42,5, 45, 47,5, 50, 52,5, 55 a ešte 60 Kč/l. Následné výsledky cien dieslu aj elektrickej energie, ku ktorým som sa dopočítal, v prípade zachovania rovnovážnych nákladov, sú zobrazené v nasledovnej tabuľke.

Tab. 5.2 Výpočet rovnosti výšky nákladov – elektrický vs dieselový pohon

Cena dieslu (Kč/l)	25	30	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	60
Cena elektriny (Kč/kWh)	-7,77	-5,39	-3,01	-1,83	-0,64	0,54	1,73	2,92	4,10	5,29	6,48	8,86

Zdroj: vlastné spracovanie.

V Tabuľke je teda zobrazené, pri akých cenách elektriny a dieslu, je pohon obidvoch variant, v pojednávani nákladoch na dopravu rovnaký. Výsledné hodnoty sú použité a znázornené aj v nasledujúcom grafe, ktorý bude bližšie poukazovať na situáciu, ku ktorej som sa dopočítal. Použijem hodnoty, ktoré mi vyšli, a boli zadané pre zostavenie modelovej situácie, kde poukážem na znázornenie situácie, ktorý pohon sa ekonomicky lepšie vyplatí.



Graf 5.1 Grafické znázornenie výhodnosti vo vzťahu elektrický pohon vs. dieselový

Zdroj: [42], [43], vlastné spracovanie.

V nasledujúcom grafe je teda znázornená situácia, ku ktorej som sa dopočítal. Ako prvá bola zostavená oranžová priamka, na ktorej sa nachádzajú body, ktoré znázorňujú rovnosť nákladov medzi elektrickým a dieselovým pohonom, ku ktorým som sa dopočítal v predošlej tabuľke č.5.2. Pri týchto bodoch sa dá hovoriť o nákladovej rovnosti na prevádzku. To znamená, že oranžová priamka nám za pomoci bodov, ktoré na nej ležia, znázorňuje úroveň, pri ktorej sa elektrický pohon vyplatí, ale aj nevyplatí.

Princíp modelovej situácie spočíva v tom, že body nesúce súradnice skutočných hodnôt, ktoré ak vo výsledku vyjdú, že sa majú nachádzať pod úrovňou priamky, sú pre elektrický pohon kladné – ekonomicky výhodné. Ak sa totiž body nachádzajú pod úrovňou priamky, elektrický pohon je na prevádzku nákladovo výhodnejší. Naopak, ak by sa body vyskytovali nad priamkou, znamená to, že sa elektrický pohon sa stále nevyplatí, a je finančne náročnejší, v porovnaní výšky nákladov na dopravu, a teda, stále je výhodnejšie používať dieselový pohon, ak berieme ekonomickú stránku problému v úvahu. Ďalej boli za pomoci výpočtov a dosadenia skutočných cien pohonných hmôt znázornené body, ktoré si nesú súradnice skutočné hodnôt, a ukazujú skutočný stav cien. Pre zobrazenie situácie sú v grafe porovnané viaceré časové obdobia, aby bolo možno vyhodnotiť hypotézu čo najpresnejšie. Bral sa úvahu časový rámec posledného roka, či už v kratších alebo dlhších rozmedziach. Taktiež je uvedené

aj časové obdobie február až apríl, kde došlo k radikálnemu zvyšovaniu a výkyvu cien pohonných hmôt a energií v dôsledku geopolitickej situácii – vojna na Ukrajine.

Ako teda z bodov v grafe vyplýva, elektrický pohon nevychádza cenovo výhodnejšie, ak porovnáваме časové obdobie 1.1.2021–1.2.2022, a pri reálnych cenách energie a paliva v tomto období, ktoré sú vychádza stále diesel – nafta, cenovo najvýhodnejší. A to jednak pri dlhšom časovom rámci, ale aj pri kratšom časovom rozmedzí. Inými slovami, z grafu vyplýva, že ak sa nafta pohybovala v rozmedzí od 27–50 Kč /liter, a elektrina bola na hodnote niekde medzi 1 – 4.90 Kč/ kWh, tak stále vychádza ekonomicky výhodnejšie dieselový, a nie elektrický pohon. Avšak, upozornil by som na hodnoty zo 14. a 15.- 3.2022, kedy sa kvôli geopolitickej situácii vyšplhala cena nafty na 49,22 a 48,37 Kč za liter, a cena elektriny bola na úrovni 4,02 a 4,05 Kč za kWh. To už v grafe vidno že je to veľmi tesné, a elektrina sa skoro fakticky dotiahla na úroveň nafty. Dá sa teda totiž predpokladať, že ak by výkyvy nafty a elektriny pokračovali aj najďalej, a to až tak astronomicky, že by cena nafty prekročila hodnotu 53 Kč/liter, a elektrina zase 5kč / kwh, tak v tom prípade, by už výsledný bod týchto hodnôt, bol zobrazený v grafe pod oranžovou priamkou, a teda, elektrobús by bol ekonomický výhodnejší na prevádzku.

Čo sa týka teda prvej hypotéznej otázky, ktorú som si stanovil, tak na základe týchto výpočtov a následných výsledkov zobrazených v grafe, môžem skonštatovať, že aj napriek menším nákladom na údržbu, ktoré si elektrický autobus vyžaduje, je využitie elektrického pohonu menej cenovo výhodné ako dieselový pohon, a teda dieselový pohon je stále nákladovo lacnejší a výhodnejší, pri reálnych skutočných cenách elektriny a dieslu za obdobie 1.1.2021 – 30.4.2022. Je to spôsobené predovšetkým počiatočnou vysokou sumou ceny elektrobusu. Avšak, treba zdôrazniť, že ak bude aj v najbližšej dobe pokračovať prudký rast cien pohonných hmôt a nafty, tak už pri cene 53kč/liter nafty a 5kč/kWh a vyššie, bude prevádzka elektrického autobusu už cenovo ekonomicky výhodnejšia ako naftový autobus, vzhľadom na náklady dopravy.

Ďalšou skúmanou hypotéznu otázkou, v poradí druhou je, ako bude takéto zrovnanie finančnej výhodnosti prevádzky autobusu vyzeráť, ak budeme pojednávať ďalšiu dvojicu, a tou je elektrický pohon a pohon na stlačený plyn. Za pomoci podobného vzorca, ktorý bol upravený pre potrebu zmeny ukazovateľa dieslu za CNG, budem aj v tejto variante pojednávať elektrický pohon a jeho finančnú výhodnosť v porovnaní s

konkurenčným pohonom. Upravený vzorec, za pomoci ktorého budem skúmanú otázku riešiť a počítať je nižšie zobrazený vzorec č.30.

$$c_{EL} = \frac{100 * \left( \frac{S_{CNG} * C_{CNG}}{100} + n_{súbor}^{CNG} - n_{súbor}^{El.} \right)}{S_{EL}}$$

$S_{EL}$  – spotreba elektriny (kWh/100km),  $C_{EL}$  – cena elektriny (kWh/Kč)

$S_{CNG}$  – spotreba CNG (kg/100 km),  $C_{CNG}$  – cena CNG (Kč/kg)

(30)

Znovu nasleduje stanovenie a dosadenie správnych ukazovateľov potrebných údajov pre výpočet. Čo sa týka elektrického pohonu, tak tam sa parametre nemenili. Pojednávame v domnienke, že spotreba el. energie, náklady na údržbu, odpisy, mýto a konštantné náklady sú nezmenené. Čo sa týka parametrov pre CNG, tie sú pozmenené a sú nasledovne: spotreba paliva je 35,81 kg/100 km, výška nákladov pre údržbu a prevádzku je stanovená na 2,80 Kč/km. Odpisy si nesú hodnotu 25,04 Kč/km. Mýto započítavam aj v tomto prípade nulové, pojednávame mestskú dopravu. Pre konštantné náklady pripadá cena 18,4 kč/km.

Aj v tomto prípade bude dopredu vybratých, a určených 12 skúšobných cien pre CNG, kde sa ukáže, pri akej cene elektriny sú náklady týchto dvoch variant rovnaké, a na základe ktorých budú následne spracované, a zobrazené hodnoty, ktoré budú dosahovať rovnosť nákladov s CNG pohonom. V tabuľke sú zobrazené znovu potrebné údaje pre ďalší nutný výpočet.

Tab. 5.3 Zhrnutie potrebných údajov, potrebných pre výpočet

Typ pojednávaneého pohonu	CNG pohon	Elektrický pohon
Spotreba paliva (kg/100 km) / el. energie (kWh/100 km)	35,81	101
Náklady na údržbu (Kč/km)	2,80	1,80
Odpisy (Kč/km)	25,04	39,8
Mýto (Kč/km)	0	0
Konštantné náklady	18,4	18,3

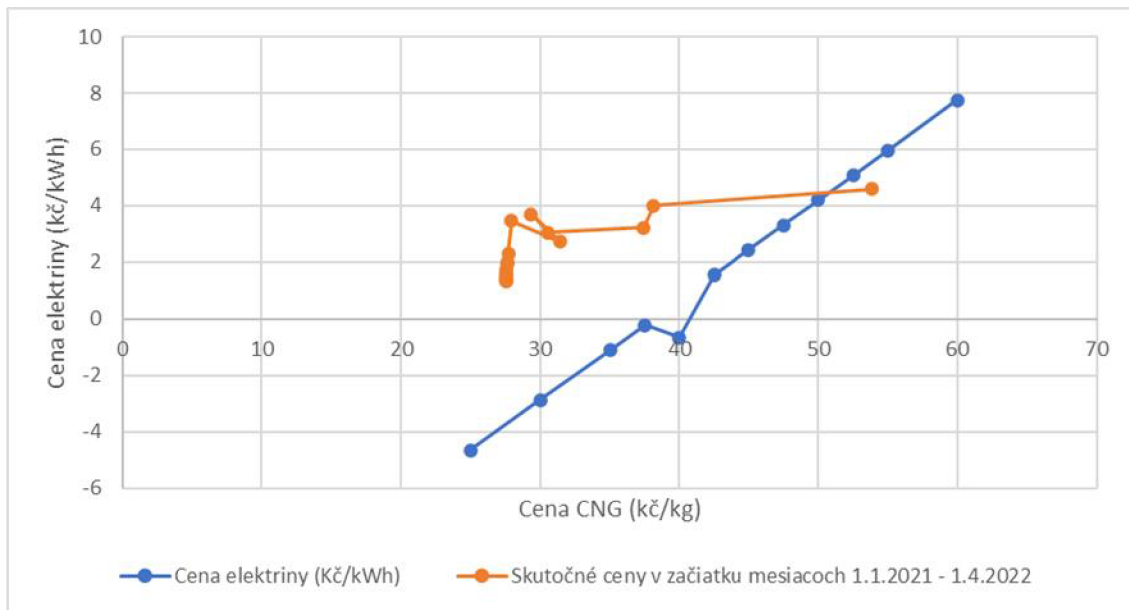
Zdroj: vlastné spracovanie.

Pre dosiahnutie výpočtu a riešenia, bola určená teoretická modelová situácia, kde bolo vopred určených 12 variácií pre cenu dieslu. Je to 25, 30, 35, 37.5, 40, 42.5, 45, 47.5, 50, 52.5, 55 a ešte 60 Kč/l. Následné výsledky cien dieslu aj elektrickej energie, ku ktorým som sa dopočítal, v prípade zachovania rovnovážnych nákladov, sú zobrazené v nasledovnej tabuľke.

Tab. 5.4 Výpočet rovnosti výšky nákladov – elektrický vs dieselový pohon

Cena dieslu (Kč/l)	25	30	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	60
Cena elektriny (Kč/kWh)	-7,77	-5,39	-3,01	-1,83	-0,64	0,54	1,73	2,92	4,10	5,29	6,48	8,86

Zdroj: vlastné výpočty.



Graf 5.2 Grafické znázornenie výhodnosti vo vzťahu elektrický pohon vs. dieselový  
Zdroj: [43], [44], vlastné spracovanie.

V grafe je opäť znázornená situácia, ktorá vychádza z výsledkov, ku ktorým som sa dopočítal. Ako prvá bola znovu vytvorená tentokrát modrá priamka, ktorá za pomoci bodov, ktoré sa na nej nachádzajú, zobrazuje rovnováhu, predstavuje pomyslenú rovnosť nákladov medzi CNG a elektrickým pohonom. Ak sa body nachádzajú na priamke, náklady oboch pohonov sú rovnaké, obidva pohony sú cenovo rovnako výhodné. Znovu, body, ktoré si nesú súradnice skutočných hodnôt, určitých časových období, a ktoré ležia pod priamkou, sú pre elektropohon výhodné a teda, elektromobil je cenovo výhodnejší a oplatí sa viac, a naopak, body vyskytujúce sa v grafe nad stále nad modrou priamkou, sú vo výsledku pre elektropohon nevýhodné, a teda náklady na dopravu sú u elektromobilu vyššie, ako u CNG. Aj v tomto prípade, za pomoci skutočných cien CNG aj elektriny sú zobrazené body, ktoré na základe aj cien pohonných hmôt zobrazujú v grafe svoju reálnu výšku cien na prevádzku, a finálnu výhodnosť.

Z grafu vyplýva, že aj v tomto prípade, nie je elektrický pohon až tak výhodný, a tak úplne jednoznačne. Ak sa pozrieme na moje pojednávané obdobie, a to 1.1.2021 – 1.4.2022, tak z výsledných hodnôt v grafe vyplýva, že od 1.1.2021 – 1.3.2022, kedy dopravca nakupoval stlačený plyn po mesiacoch v hodnotách od 27,55 Kč/kg – do 38,12 Kč/kg, tak elektrický pohon nebol ekonomicky výhodnejší, a body, ktorým pripadajú



hodnoty za toto obdobie, sa nachádzajú v grafe nad modrou priamkou. Naopak, zmena prišla taktiež od februára 2022, kedy sa začali energie a palivá postupne zdražovať v štátoch EÚ, a teda aj u nás v Čr. Výsledkom bolo, že dňa 1.4.2022, už dosiahli plyn aj elektrina nové ceny, a pri cene CNG 53,84 kč/kg a elektriny 4,59kč/kWh už vyšiel výhodnejšie elektrický pohon a nie, pohon stlačeného plynu. To ukázal aj bod v grafe, ktorý je už v tomto prípade pod hladinou priamky rovnovážnosti nákladov na dopravu.

Čo sa týka teda druhej hypotézy, tak môžem teda skonštatovať, že pri dlhodobom časovom rozmedzí a nižších cenách – v období 1.1.2021–1.3.2022, a to pod úrovňou 49kč/kg u stlačeného plynu, a 4,60 kč/kWh u elektriny, je CNG pohon stále výhodnejší, než elektrický autobus. Naopak, ak uvažujeme o vyšších cenách CNG, a to teda na úrovni 52–53 kč/kg a kľudne aj viac, vtedy je ekonomicky výhodnejší už elektropohon, a elektromobilita má potrebné aspekty pre svoje rozvíjanie, a tak sa dá pri takejto situácii, teda pojednávať o elektromobilita v autobusovej doprave, ako o výhodnejšom riešení v ekonomicko – prevádzkovej predstave.

## **5.2 Skúmanie doplňujúcej otázky**

Hoci je zrejmé, že elektrické autobusy nie sú finančne výhodnejšie v prevádzke najmä z dôvodu vysokej kúpnej ceny, a to ani v porovnaní s dieselovými autobusmi, ani s autobusmi na CNG, situácia sa môže do určitej miery zmeniť finančnými výhodami alebo dotáciami. Tie sa poskytujú v rámci rôznych grantových výziev, zameraných na čistú mobilitu, atď. To je jeden z dôvodov, prečo drvivá väčšina dopravných spoločností, ktoré sa rozhodli kúpiť elektrický autobus v Českej republike, čerpala finančné prostriedky z externých zdrojov. Klasicky dotácia dosiahla až 85 % ceny elektrického autobusu (v tomto prípade vychádzame z interných údajov poskytnutých spolupracujúcimi dopravnými spoločnosťami). Z tohto dôvodu sa matematický postup opísaný vyššie použil aj na overenie toho, ako bolo použitie alternatívnych pohonov ovplyvnené finančnou výhodou vo forme nákupnej dotácie.

Keďže výpočty, ktoré boli vykonané v súvislosti so zavedenými hypotézami, pracovali s dobou odpisovania osem rokov (a preukázali, že elektrické autobusy za takýchto podmienok nestojí za to ani v porovnaní s naftou alebo CNG), zohľadnilo sa aj to, že nákup elektrických autobusov je zvyčajne pokrytý dotáciami – v našom modelovom prípade vo výške 85% kúpnej ceny, v dôsledku toho sa zmenia hodnoty v odpisovej

položke z pôvodných 39,8 CZK/km na 5,97 CZK/km. Výsledky výpočtov vykonaných v porovnaní s naftou a s prihliadnutím na takto načrtnutú situáciu vyzerajú takto:

Tab. 5.5 Zhrnutie potrebných údajov potrebných pre výpočet

Typ pojednávaneého pohonu	Diesel pohon	Elektrický pohon
Spotreba paliva (l/100 km) / el. energie (kWh/100 km)	48	101
Náklady na údržbu (Kč/km)	2,85	1,80
Odpisy (Kč/km)	18,9	5,97
Mýto (Kč/km)	0	0
Konštantné náklady	18,3	18,3

Zdroj: vlastné vypracovanie.

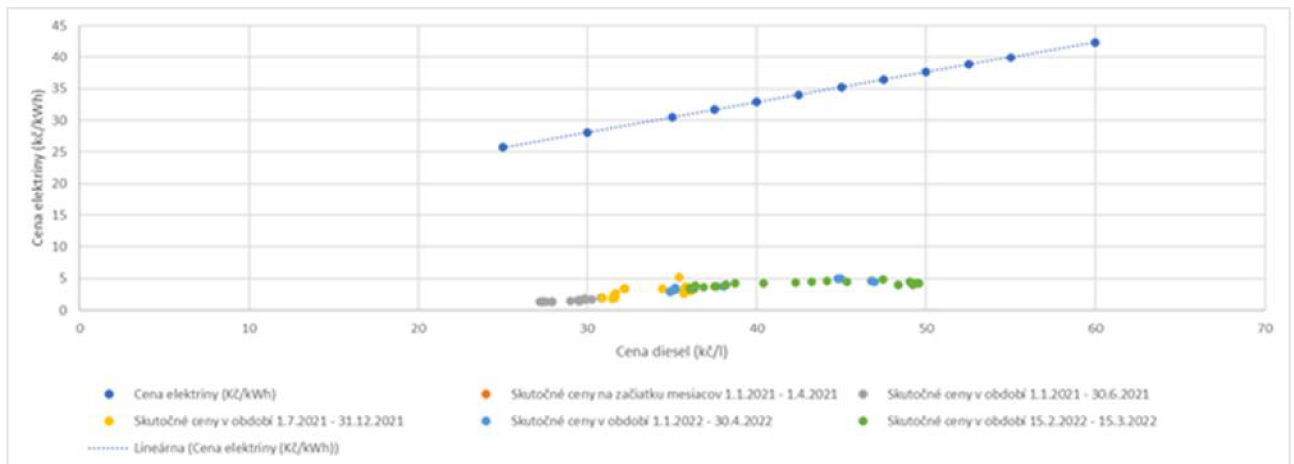
Rovnako ako v predošlom modelovaní situácie, pre dosiahnutie výpočtu a riešenia, a stanovenia hladiny rovnosti nákladov na dopravu, bola určená teoretická modelová situácia, kde bolo vopred určených 12 variácií pre cenu dieslu. Je to 25, 30, 35, 37.5, 40, 42.5, 45, 47.5, 50, 52.5, 55 a ešte 60 Kč/l. Následné výsledky cien dieslu aj elektrickej energie, ku ktorým som sa dopočítal, v prípade zachovania rovnovážnych nákladov, sú zobrazené v nasledovnej tabuľke.

Tab. 5.6 Výpočet rovnosti nákladov – elektrina so započítanou dotáciou vs. Diesel

Cena dieslu (Kč/l)	25	30	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	60
Cena elektriny (Kč/kWh)	25,72	28,09	30,47	31,66	32,85	34,03	35,22	36,41	37,6	38,79	39,98	42,35

Zdroj: vlastné spracovanie.

Aj pre túto situáciu, pokiaľ ide o vypočítané hodnoty, bol vytvorený graf, ktorý udáva, kedy sa bude vyplácať, ktoré z diskutovaných palív viac, a pri akých cenách. Ak sa v prípade elektrických autobusov použijú dotácie vo výške 85 %, je jasné, že v takom prípade je ich prevádzka už oveľa ziskovejšia a reálnejšia.



Graf 5.3 Grafické znázornenie výhodnosti, vo vzťahu medzi elektrickým pohonom vs. CNG pohonom.

Zdroj: [42], [43], vlastné spracovanie.

Počiatočný postup zostrojenia grafu je opäť rovnaký. Aj v tomto grafe bola znovu prvotne vytvorená, tento raz modrá priamka, ktorá za pomoci bodov, ktoré sa na nej nachádzajú, stanovuje úroveň rovnosti nákladov medzi elektrobusedom a spaľovacím pohonom. Body ukazujúce reálne hodnoty však už v tomto prípade vychádzajú na prvý pohľad inak, zaujímavejšie, o čom svedčí aj fakt, že sú zobrazené viditeľne pod priamkou. Ako vidno, v prípade 85 % dotácie na nákup elektromobilu, je už následná prevádzka elektrobusedu oveľa výhodnejšia. Ako je možné z grafu vyčítať, všetky body sa nachádzajú hlboko pod hranicou výhodnosti. Aj to aj napriek rôznym cenám nafty (27 – 49 Kč/ liter, a cenám 1,38 – 4,50 Kč/kWh u elektriny), ktoré sa za pojednávacie obdobie 1.1.2021 -30.4.2022 v grafe častokrát menili a kolísali.

Pri skúmaní doplnujúcej otázky teda môžeme skonštatovať, že správne ciele pomoc a dotácia, pri nákupe elektrobusedov, a taktiež následné nižšie náklady na odpisy, môžu vo finálnom dôsledku hrať veľkú rolu a môže zvýhodniť elektromobilitu v dost' veľkej miere v rámci porovnanie nákladovej efektivity pre daného dopravcu / prepravcu.

### 5.3 Zhrnutie

Moja diplomová práca mala za úlohu bližšie pojednávať tému elektromobility ako takej, ako aj podrobnejšie preskúmať otázku ekonomickej výhodnosti využitia dostupných pohonov, a ich výhod. Preto bolo potrebné bližšie určiť hypotézne smerovanie práce a cieľ. Preto bola vytvorená otázka, aké sú nevýhody a výhody elektrických autobusov, v porovnaní s dieselovými, a CNG motorovými autobusmi, potom bola preto následne položená aj dvojica otázok, a doplňujúca otázka. Dôvodom vybratia si týchto otázok bolo ten zámer, aby bolo možné nájsť odpoveď na fakt, v akom rozmere, a za akých podmienok sa prevádzka elektrických autobusov na danej linke vyplatí, aj v rámci ekonomickej stránky, a následne porovnať vyplývajúce kladné aj záporné stránky.

Čo sa týka dvoch hypotéznych otázok, ktoré boli nastolené, tak pokiaľ ide o prvú hypotézu, a teda otázku finančnej výhodnosti elektrických autobusov v porovnaní s dieselovými autobusmi, ako aj druhú hypotézu, ktorá zase pojednávala druhú dvojicu, a to finančnú výhodnosť prevádzkovania elektrického autobusu s typom autobusu poháňaným stlačeným plynom, teda CNG, tak na základe výpočtov, ktoré som zrealizoval môžem skonštatovať, že prevádzka elektrických autobusov, je ekonomicky finančne náročnejšia, voči plynovej a naftovej prevádzke, a to samozrejme za pojednávania skutočných ekonomických aspektov, a cien pohonných hmôt, a energií v období 1.1.2021 – 30.4.2022. Samotná prevádzka elektrického autobusu, v myšlienke využitia neporovnateľne výhodnejšej, lacnejšej elektrickej energie, v porovnaní s cenami nafty a stlačeného plynu, má svoj potenciál, a určite by za daných podmienok mohla byť zisková, ale problémom je práve kúpna cena týchto spomínaných elektrobusev, ktorej faktorom je, že je až dvojnásobne vyššia, ako cena autobusov poháňaných naftou. Určite treba podotknúť, že naftové aj plynové autobusy sú lacnejšie, v porovnaní s elektro pohonom. Vysoká cena – teda vysoká kúpna cena elektrických autobusov, ktorá sa následne premieta a odzrkadľuje v odpisoch a ich výške, je efekt, ktorý má veľmi negatívny vplyv na možnú plusovú ziskovosť prevádzky elektrických autobusov. Dáta však ale ukazujú, že v prípade pojednávania čisto mestskej dopravy, môže byť elektrická prevádzka, skutočne výhodná, a to kvôli emisiám z miesta prevádzky, ktoré dosahujú nulové hodnoty, ale aj výrazne nižšiemu vzniknutému hluku. Dá sa teda ďalej rozoberať a poukazovať na to, či sú elektrické autobusy výhodné, a je dobré ich začleňovať do cestnej dopravy.

Vzhľadom na zdokumentovaný, a predložený vývoj elektromobily v Európskej únii a zmapované fakty, som sa dopĺňujúcou otázkou ešte bližšie pozrel na problematiku, a teda zameral som sa aj na uhol pohľadu: v akom bude elektromobilita ekonomickom postavení výhodnosti, v prípade, že sa na jeho nákup využije možná dotácia, a to až vo výške 85 % kúpnej ceny – a teda bude zadotovaná výška odpisov, ku ktorej následne došlo, a to veľmi výrazne. Výpočet, ktorý som spracoval, ma jasný záver, ktorý skutočne potvrdil, že prevádzka elektrického autobusu je skutočne zisková, a to aj pri aktuálnych cenách pohonných hmôt a ich nedávnym výkyvom, ku ktorým došlo. To následne bolo potvrdené aj v grafoch, ktoré situáciu znázorňujú. Netreba ale zabúdať, že na výšku dotácie, či už samotné schválenie, sa nemožno 100 % spoliehať.

Aj keď má pojednávaná téma, strašne veľa uhlov pohľadu a názorov, myslím, že je možné tvrdiť, že elektromobilita má svoje ekologické a technické výhody. To je spomínané, aj v európskych právnych predpisoch. Smernica, ktorá sa bola schválená a uvedená do prevádzky, od roku 2021, konštatuje podiel ekologických vozidiel v autobusovej doprave, v stave: 41 % do roku 2025, a 60 % do roku 2030. Pri tomto sa treba pripraviť na možné zvyšovanie nákladov na dopravu – a to hlavne, ak ide o vysokú nákupnú cenu elektrických autobusov, a automobilov.

Dôvodom rozšírenia otázky elektromobility, a získanej podpory, prirodzene závisí najmä od skutočností, že elektrické autobusy produkujú nulové emisie, čo je argument, ktorý vychádza z právnych predpisov, na potrebnú ochranu klímy. Jedná sa predovšetkým o zlepšovanie kvality ovzdušia v husto obývaných mestách a zónach, kde je táto výhoda veľmi žiadúca, rovnako ako možnosť zníženia hluku, ovplyvňujúceho obyvateľstvo. Na druhej strane treba dodať, že v Českej republike sa väčšina elektrickej energie stále vyrába nie zo 100 % zelených elektrární, a teda vo svojej prevádzke sú tiež relatívne nie 100 % k životnému prostrediu. Je preto aj potrebné sa opýtať, do akej miery, je významný potenciál bez emisnej prevádzky, ak sa zohľadní aj skutočnosť, že emisie nepochybne vznikajú počas výroby elektrickej energie. V budúcnosti však možno predpokladať, že elektrická energia sa bude musieť vyrábať aj s ohľadom na životné prostredie, o čom svedčia európske plány do budúcnosti v oblasti energií, spomínané v práci.

V zhrnutí teda možno povedať, že elektromobilita ako koncepcia, je určite prospešná pre životné prostredie, ale otázkou je, či je jej presadzovanie prostredníctvom jasne definovaných právnych predpisov a nútených pravidiel, ten najlepší spôsob, ako daný

problém riešiť. Ako vyplýva z predložených údajov, ale aj mnou vypočítaných dát: prevádzka elektrických autobusov, sa v porovnaní s naftovými a plynovými autobusmi, v pojednávanom zhrnutom období, a to od 1.1.2021, do 30.4.2022, po ekonomickej stránke výhodnosti nákladov na prevádzku, veľmi nevyplácala, a až na výnimku jedného prípadu, u varianty pojednávania medzi elektrobusedom a plynom, kde kvôli skokovému nárastu cene stlačeného plynu došlo k ekonomickejšej výhodnejšej elektrobusej prevádzky, k žiadnemu ďalšiemu zvýhodneniu elektrobusedu počas prevádzky nedošlo.

Doplňujúca otázka však už ukázala absolútne rozdielny priebeh a vývoj. V prípade, ak by sme pojednávali nákup elektrobusedu s využitím dotácií, a to až do možnej maximálnej výšky, tak možno konštatovať, že za takýchto okolností, sa po úprave odpisovanej čiastky, elektrobusej prevádzka po ekonomickej stránke výšky nákladov, výrazne oplatí, a bolo by na mieste hovoriť o elektromobilite, ako o schopnom nástupcovi v autobusovej doprave do budúcnosti.

## Závěr

Celá doprava, ako celok, zažíva viditeľný vývin, vo viacerých aspektoch. Jeden z nich je aj to, že sa do popredia dostáva stále čoraz viac rozoberaná bez emisná a ekologická doprava, ktorá by slúžila ako kontra, pre negatívny vývoj klímy. Preto boli stále viac rozoberané otázky, zamerané na podporu alternatívnych palív, s cieľom obmedziť produkciu znečisťujúcich látok do atmosféry. Víziu, už zabehnutého stlačeného plynu, dnes dopĺňa aj využitie elektrickej energie, teda elektromobilu. Výhodou elektromobility, a jej tlačenia do popredia je voči plynu to, že počas svojej prevádzky neprodukuje emisie vôbec. Treba ale však počítať aj s výrobou, či už elektrobusev, ale aj potrebnej energie, pritom nesmieme zabudnúť ani na fakt, že výroba elektrickej energie, ktorá sa určite ešte nevyrába zo 100% zelených obnoviteľných zdrojov, a tak napríklad, jej výroba v ekologicky horších elektrárnach, aj tak následne zaťažuje životné prostredie. Pokiaľ ide o všetky možné aspekty, ktoré som sa pokúsil zhrnúť, zdá sa, že cesta k "celoplošnej" elektromobilite bude stále veľkým problémom na zhodu v názoroch, a plánovanie budúcnosti dopravy, prinajmenšom komplikovaná vízia.

Pokiaľ ide o moju prácu, cieľom diplomovej práce, bolo okrem klasického zhrnutia teoretických informácií odpovedať aj na hlavnú myšlienku, a to v smerovaní vývoja cestnej dopravy, a to odpovedať na hlavnú otázku, ktorá pojednávala ekonomickú výhodnosť prevádzky elektrobusev voči plynovým a naftovým autobusom. Preto som potreboval zostrojiť smer smerovania práce, k čomu mi dopomohli stanovené dve skúmané otázky, pre riešenie problému, a jedná doplňujúca otázka. Vďaka zakomponovaniu matematických výpočtov a potrebných dát, bolo možné poukázať na možnosť výpočtu, a následne pojednávať modelovanie prepravných nákladov, ako aj spôsob určenia čistej súčasnej hodnoty investície a kladov dopravy.

Diplomová práca bola klasicky rozdelená na dve časti, najprv na tú teoretickú, ktorá mala objasniť tematiku, a poukázať na skutočné informácie, potom na druhú, praktickú, kde už dochádzalo, ku skúmaniu problematiky. Teoretická časť slúžila na zhromažďovanie kľúčových informácií, týkajúcich sa nielen histórie elektromobility a jej vývoja, koncepcie a technického aspektu, ale otvorila sa aj otázka princípu využitia elektrických vozidiel, a tematizovala sa aj otázka výroby znečisťujúcich látok, a teda reálna výhodnosť druhu dopravy. V tejto súvislosti, by som rád skonštatoval, že aj keď

sa elektrické vozidlá označujú ako čisté, mali by sa oficiálne definovať, ako s vozidlá s miestnou bez emisnou prevádzkou, keďže emisie sa v skutočnosti nevyskytujú len na mieste ich prevádzky, avšak vznikajú pri výrobe samotných elektrobusev, a ich následnej potrebnej elektrickej energie, ktorá slúži ako pohonná energia.

Ďalšie pokračovanie teoretickej časti diplomovej práce, sa zameralo aj na elektromobilitu priamo v kontexte autobusovej dopravy, diskutovalo sa najmä o všetkých možných formách elektrických autobusov, s ohľadom na ich konštrukčné vlastnosti a kapacitu batérie, pojednávali sa klasické elektrické autobusy s nočným nabíjaním, ale aj elektrické autobusy umožňujúce príležitostné nabíjanie, aj počas prevádzky. Okrem toho sa nezanedbávali varianty hybridných autobusov, ktoré sú poháňané tiež v rôznych prevedeniach a technológiách, v kolaboráciách s elektrickými aj spaľovacími motormi. Každý z týchto autobusov má svoje špecifiká, výhody a nevýhody, ktoré boli spomenuté.

Ku koncu teoretickej časti, som sa ešte snažil poukázať na samotnú EÚ a jej inštitúcie, keďže tlačenie elektromobility v Európskej únii, závisí, priamo od nej. Uviedol som viaceré podpory elektromobility, ktoré sa udiali, alebo sa plánujú urobiť, a taktiež aj predpoklady, či už technické, alebo ekonomické, a to tak v rámci pojednávania Európskej únie, ako aj v Českej republike. V tejto súvislosti, by sa mal osobitne zdôrazniť európsky trend smerom k zvyšovaniu dopravných prostriedkov poháňaných elektrickou energiou, s ktorým prišla aj smernica EÚ, konkretizujúca stanoviská k vývinu v oblasti ekologických vozidiel.

Hoci už zo zozbieraných teoretických informácií je zrejmé, že elektromobilita je pri najmenšom diskutabilný koncept, a to v prípade všeobecnej a povinnej realizácii a podpore, zámerom práce bolo overiť niektoré vybrané skutočnosti, na základe konkrétnych matematických výpočtov a dát. Z tohto dôvodu boli vytvorené dve otázky, konštatujúce ekonomické prevádzkové výhody a nevýhody elektrického autobusu, s autobusom poháňaným naftou v prvom prípade, a v druhom prípade voči autobusu poháňanému stlačeným plynom. Následne boli spracované konkrétne interné údaje a dáta, poskytnuté spoločnosťami Arriva a ČSAD Střední Čechy, Firmou SOR, a DPMK Košice, taktiež aj odborníkmi a zamestnancami, z týchto firiem.

Ako ukázali výpočty - ktoré vyvrátili obe hypotézne otázky, za obdobie 2021–2022, nedosahovala elektrická doprava a prevádzka elektrického autobusu, voči plynovým a



naftovým autobusom, výhodnejšiu výšku nákladov na prevádzku, a teda, v rámci pojednávania o ekonomickej výhodnosti možno skonštatovať, že aj napriek veľkým výkyvom cien energií a pohonných hmôt, ktoré sa udiali za posledné 2 – 3 mesiace, nebola elektromobilita v konečnom dôsledku, po matematickom výpočte najvýhodnejšia. Malá výnimka avšak nastala u pojednávania druhej otázky, a to medzi elektrickým a plynovým pohonom, kde prišlo ku zmene od februára 2022, kedy sa začali energie a palivá postupne zdražovať v štátoch EÚ, a teda aj u nás v ČR. Výsledkom bolo, že dňa 1.4.2022, už dosiahli plyn aj elektrina nové ceny, a pri cene CNG 53,84 Kč/kg a elektriny 4,59 Kč/kWh už vyšiel výhodnejšie elektrický pohon a nie, pohon stlačeného plynu. To ukázal aj bod v grafe, ktorý je už v tomto prípade pod hladinou priamky rovnovážnosti nákladov na dopravu. Čo sa týka teda ale druhej hypotézy, tak môžem teda skonštatovať, že pri dlhodobom časovom rozmedzí a nižších cenách, a to pod úrovňou 49 Kč/kg u stlačeného plynu, a 4,60 Kč/kWh u elektriny, je CNG pohon stále výhodnejší, než elektrický autobus.

A to aj bez ohľadu na nesporne lacnejšiu prevádzku, keďže elektrina je výrazne lacnejšia ako nafta. Dôvodom, pre ktorý ekonomický ukazovateľ takto vychádza, sú vysoké nákupné náklady, ktoré v porovnaní s naftovým autobusom dosahujú prakticky dvojnásobok ceny, čo má, samozrejme, negatívny vplyv na výšku potrebných odpisov. Vzhľadom na to, sa v doplňujúcej otázke overilo aj to, či by sa situácia nejakým spôsobom zmenila, ak by sa na nákup elektrického autobusu poskytla dotácia vo výške 85 %. V tomto prípade sa prevádzka elektrického autobusu už ukázala ako ziskovejšia, v porovnaní s dieselovým autobusom, a teda ekonomicky najvýhodnejšia.

Ku koncu by som teda podotkol, že možno uvažovať o nepochybných výhodách elektromobility, a to najmä v mestách, kde sú reálne nesporné – prevádzka elektrických automobilov/elektrických autobusov je bez emisií, nezaťažuje životné prostredie a najmä, v mestách zvyšuje komfort života obyvateľov, vďaka nižšej hladine hluku. Hoci napríklad elektrické osobné automobily ešte nie sú spoločným štandardom, aspoň podpora elektromobility v hromadnej doprave, sa zdá byť správnym krokom, za určitých podmienok. Otázkou však zostáva cenová výhodnosť nákladov elektrickej dopravy, pretože reálna vysoká kúpna cena z praxe všetkých vozidiel poháňaných elektrickou energiou, vytvára negatívny aspekt pre tento typ dopravy. Bohužiaľ, to sa nedá kompenzovať nejak veľmi výhodne. Podobne je problémom aj výroba elektrickej energie, hoci v mnohých európskych krajinách, sa už výrobcovia zameriavajú na

obnoviteľné zdroje, v Českej republike stále dominuje výroba elektrickej energie nie zeleného pôvodu v plnej miere, čo je tiež nepochybným mínusom, pre životné prostredie, pokiaľ ide o produkované emisné látky. Okrem toho, bez ohľadu na akékoľvek úsilie o využívanie obnoviteľných zdrojov energie, sa pri výrobe elektrickej energie na tieto zdroje nemožno spoliehať 100 %, pretože domáce prírodné podmienky to neumožňujú vždy. Preto by som prácu uzavrel s tým, že elektromobilita ako taká, je koncepciou, ktorá je prinajmenšom vážne diskutabilná, a možno by bolo dobré popremýšľať aj nad takou myšlienkou, či nie je efektívnejšie pojednávať elektromobilitu s ohľadom na špecifické podmienky danej krajiny, a nie vo všeobecnom celo európskom meradle, poprípade či nie je potrebné prehodnotiť, a zlepšiť európsku stratégiu, v oblasti dopravy a elektro dopravy.

## Seznam zdrojů

- [1] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Národní akční plán čisté mobility (NAP CM)* [online]. Mpo.cz, 10/2015 [cit. 30. 10. 2016]. Dostupné z: <[download.mpo.cz/get/54377/62106/640972/priloha001.pdf](http://download.mpo.cz/get/54377/62106/640972/priloha001.pdf)>
- [2] DUSIL, Tomáš. *Výhody a nevýhody elektromobilů: Proč nepotřebují převodovku? A jak je to s jejich účinností?* [online]. Auto.cz, 24. 5. 2018 [cit. 9. 1. 2020]. Dostupné z: <[https://www.auto.cz/vyhody-a-nevyhody-elektromobilu-proc-treba-nepotrebuji-prevodovku-a-jak-je-to-s-jejich-ucinnosti-121938](https://www.auto.cz/vyhody-a-nevyhody-elektromobilu-proc-nepotrebuji-prevodovku-a-jak-je-to-s-jejich-ucinnosti-121938)>
- [3] HROMÁDKO, Jan (2012). *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: Komplexní přehled problematiky...* Praha: Grada. 158 s. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [4] ŠUMAN-HREBLAY, Marián (2018). *Encyklopedie automobilů: české a slovenské osobní automobily od r. 1815 do současnosti*. Brno: CPRESS. 272 s. ISBN 978-80-264-1852-8.
- [5] CHAJDA, Radek (2018). *Velká kniha mladého technika*. Brno: Edika. 252 s. ISBN 978-80-266-1332-9.
- [6] ŠPAČEK, Jakub. *Jak funguje elektromobil? Technika se vyvíjí, ale moc nemění* [online]. fDdrive.cz, 9. 6. 2018 [13. 1. 2020]. Dostupné z <<https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviji-ale-moc-nemeni-2399>>
- [7] <https://elektrickevozy.cz/clanky/elektromobily-budou-mit-dojezd-1-000-km-diky-novym-baterim>
- [8] <http://www.truck-business.cz/files/truck-business/events/prezentace/138192250736.pdf>
- [9] ECOFuture. *Jak na domácí nabíjení elektromobilu* [online]. Ecofuture.cz, nedatováno [9. 1. 2020]. Dostupné z <<https://www.ecofuture.cz/clanky/jak-na-domaci-nabijeni-elektromobilu>>
- [10] [ Evmapa. Dobíjecí stanice [online]. Evmapa.cz, 2020 [cit. 12. 1. 2020]. Dostupné z <<https://www.evmapa.cz/stanice?plug=1,2,3>> ].

- [11] Ministerstvo životního prostředí. *Elektromobilita – Osvětový materiál* [online]. Mzp.cz, 2017 [cit. 13. 1. 2020]. Dostupné z: <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista\\_mobilita\\_seminar/\\$FILE/SOPSPZP-Elektro\\_osvetovy\\_mate\\_rial-20171031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/SOPSPZP-Elektro_osvetovy_mate_rial-20171031.pdf)>
- [12] NORDMANN, Roger (2018). *Budoucnost bez atomu a ropy*. Praha: E-knihy jedou. 285 s.
- [13] ŠURKALA, Milan. *Emise CO2 u elektromobilů: Tesla horší než BMW?* [online]. Svetmobilne.cz, 2. 11. 2016 [cit. 3. 3. 2020]. Dostupné z <<https://www.svetmobilne.cz/emise-co2-u-elektromobilu-tesla-horsi-nez-bmw/4645-2>>
- [14] Ministerstvo životního prostředí. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. Portal.cenia.cz, 2017 [cit. 6. 4. 2020]. Dostupné z: <<https://portal.cenia.cz/irz/unikyPrenosy.jsp>>
- [15] Povinneruceni.cz. Přehled emisních norem [online]. Povinneruceni.cz, nedatováno, [cit. 9. 4. 2020]. Dostupné z <https://www.povinne-ruceni.com/clanky/prehled-emisnich-norem/>
- [16] PULTZNER, Martin a Patrik SVATOŠ. *Vodíková auta, nebo elektromobily: kdo zvítězí?* [online]. fDrive.cz, 31. 10. 2019 [cit. 13. 1. 2020]. Dostupné z <<https://fdrive.cz/clanky/vodikova-auta-nebo-elektromobily-kdo-zvitezi-2492>>
- [17] SLAVÍK, Jakub (2013). *E-mobilita v MHD – Situace a vývojové trendy v elektrických autobusech pro městskou dopravu*. Praha: Consulting Services. 58 s.
- [18] Proelektrotechniky. *Víte, jak fungují elektromobily a elektrobusy?* [online]. Proelektrotechniky.cz, 12. 4. 2013 [cit. 9. 1. 2020]. Dostupné z <<http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/25.php>>
- [19] DOUCEK, Aleš. *Projekt TriHyBus a čerpací stanice vodíku* [online]. Ústav jaderného výzkumu Řež, nedatováno [cit. 20. 3. 2020]. Dostupné z: <<https://www.ujv.cz/cs/produkty-a-sluzby/veda-a-vyzkum/vodikove-technologie>>
- [20] SLAVÍK, Jakub (2017). *Smart city v praxi*. Praha: Profi Press. 144 s. ISBN 978-80-86726-80-9.
- [21] NAPSG ČR (2018). *Koncept Smart Grids & Metering, Smart City*. Praha: EGÚ Praha Engineering. 35 s. ISBN 978-80-87774-53-2.

- [22] Ministerstvo průmyslu a obchodu (2018). *Elektromobilita – Predikce vývoje elektromobility v ČR*. Praha: Euroenergy. 146 s.
- [23] [ Ministerstvo průmyslu a obchodu (2018). *Elektromobilita – Predikce vývoje elektromobility v ČR*. Praha: Euroenergy, s. 49 ]
- [24] Ministerstvo dopravy. *Ministerstvo dopravy vyhlásilo výzvu na podporu výstavby doplňkové sítě dobíjecích stanic* [online]. Mdcz.cz, 28. 2. 2020 [cit 10. 4. 2020]. Dostupné z: <<https://www.mdcz.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ministerstvo-dopravy-vyhlasi-vyzvu-na-podporu-vy>>
- [25] ČT24. *Zákaz jízdy visí v Německu i nad diesely s nejnovější normou euro 6* [online]. Ceskatelevize.cz 5. 3. 2018 [cit. 3. 4. 2010 ]. Dostupný z: <<https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/2409952-zakaz-jizdy-visi-v-nemecku-i-nad-diesely-s-nejnovejsi-normou-euro-6-naznacil-list>>
- [26] EVROPSKÁ KOMISE (2011). *Bílá kniha – Plán jednotného evropského dopravního prostoru*. Brusel: European Commission. 31. s
- [27] EUROPEAN COMMISSION. Reducing CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars [online]. Ec.europa.eu, 2018. [cit. 4. 4. 2020]. Dostupné z: <[https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en#tab-0-0)>
- [28] Busportal.cz. *Evropská směrnice o čistých vozidlech změní pravidla výběrových řízení* [online]. Busportal.cz, 20. 12. 2019 [cit. 13. 4. 2020]. Dostupné z <<http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=15931>>
- [29] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EU (2019). *Směrnice Evropského parlamentu a Rady EU 2019/1161*. Brusel: Úřední věstník Evropské unie. 15 s.
- [30] EVROPSKÝ PARLAMENT. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU* [online]. Eur-lex.europa.eu, 2014 [cit. 1. 4. 2020] Dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=CS>>
- [31] DEML, Jakub. *Podpora elektromobilita: Na co lákají u nás i jinde v Evropě* [online]. Garáž.cz, 13. 4. 2019 [cit. 3. 4. 2020]. Dostupné z: <<https://www.garaz.cz/clanek/podpora-elektromobility-na-co-lakaji-u-nas-i-jinde-v-evrope-21001531>>
- [32] EVROPSKÁ KOMISE (2016). *Evropská strategie pro nízkoemisní mobilitu*. Brusel: European Commission. 13 s.

- [33] KRAJŇÁK, Kateřina. *Elektromobilita 2020* [online]. Bids.cz, 2020 [cit. 28. 3. 2020]. Dostupné z <<https://www.bids.cz/cz/konference/elektromobilita-v-roce-2020/449>>
- [34] Dopravacek.eu. *Již třetím rokem vozi cestující elektrobuses do BB Centra na Brumlovce* [online]. *Dopravacek.eu*, 3. 2. 2019 [cit. 4. 5. 2020]. Dostupné z <<https://dopravacek.eu/2019/02/03/jiz-tretim-rokem-vozi-cestujici-elektrobuses-do-bb-centra-na-brumlovce/>>
- [35] KOUCKÁ, Anna. *Zemní plyn kvůli vyšší dani zdraží, naftě a benzínu se cenově nevyrovná* [online]. iDnes.cz 21. 11. 2019 [cit. 9. 5. 2020]. Dostupné z <[https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/cng-zemni-plyn-ekologie-pohonne-hmoty.A191121\\_100308\\_ekonomika\\_kou](https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/cng-zemni-plyn-ekologie-pohonne-hmoty.A191121_100308_ekonomika_kou)>
- [36] Ministerstvo dopravy. *Statistiky – Ekonomické ukazatele v autobusové dopravě* [online]. Mdcz.cz, nedatováno [cit. 18. 8. 2018]. Dostupné z: <<http://www.mdcz.cz/Statistiky/Autobusova-doprava/Ekonomicke-ukazatele-v-autobusove-doprave/Ekonomicke-ukazatele-vztazene-na-1-km>>
- [37] CNG+. *CNG od 2020 s vyšší dani, špatná zpráva pro elektromobilitu* [online]. Cngplus.cz [cit. 9. 4. 2020]. Dostupné z <<http://www.cngplus.cz/novinky/cng-od-2020-s-vyssi-dani-spatna-zprava-pro-elektromobilitu.html>>
- [38] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Memorandum o budoucnosti autoprůmyslu v ČR* [online]. Mpo.cz, 2017 [cit. 10. 4. 2020]. Dostupné z <<https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/2017/10/memorandum-o-budoucnosti-autoprumyslu-v-CR.pdf>>
- [39] DUCHOŇ, Bedřich. *Inženýrská ekonomika*. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-763-0.
- [40] KUNST, Jaroslav, EISLER, Jan a ORAVA, František. *Ekonomika dopravního systému*. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1759-9.
- [41] POSTRÁNECKÝ, Michal a kol. *Města budoucnosti*. Praha: Nadatur, 2018. ISBN 978-80-7270-058-5.
- [42] *Nafta CZ - ceny a grafy motorové nafty, vývoj ceny motorové nafty*. *www.kurzy.cz* [online]. Praha: AliaWeb, 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <<https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje->

ceny/?fbclid=IwAR3KyAvLS5cW-aQz4E2xtDrMX9mptZwzutoRpxQaxuYuxlknZbVJmG\_E66E>

[43] *Elektrina – ceny a grafy elektřiny, vývoj ceny elektřiny*. *www.kurzy.cz* [online]. Praha: AliaWeb, 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <[https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektřiny-graf-vyvoje-ceny/?fbclid=IwAR3KyAvLS5cW-aQz4E2xtDrMX9mptZwzutoRpxQaxuYuxlknZbVJmG\\_E66E](https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektřiny-graf-vyvoje-ceny/?fbclid=IwAR3KyAvLS5cW-aQz4E2xtDrMX9mptZwzutoRpxQaxuYuxlknZbVJmG_E66E)>

[44] *Vývoj cen pohonných hmot*. *www.cngplus.cz* [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <[https://www.cngplus.cz/srovnanicen.html?fbclid=IwAR1FwGMMjjqT6GXfQuGyeprBhzFUjyJpXHMwM3Dlrvh3mzWm\\_yhCFW8fi](https://www.cngplus.cz/srovnanicen.html?fbclid=IwAR1FwGMMjjqT6GXfQuGyeprBhzFUjyJpXHMwM3Dlrvh3mzWm_yhCFW8fi)>

[45] Říha, Z. - Skolilová, P.; *Faktory v okolí podniku působící na jeho činnost a hospodářský výsledek v oblasti osobní letecké dopravy*; In: Diagnostika podniku, controlling a logistika, Žilina: ŽU Žilina - EDIS, 2012, s. 421-429. ISBN 978-80-554-0175-1

# Seznam grafických objektů

## Zoznam grafov

Graf 5.1 Grafické znázornenie výhodnosti vo vzťahu elektrický pohon vs. dieselový ..	60
Graf 5.2 Grafické znázornenie výhodnosti vo vzťahu elektrický pohon vs. dieselový ..	64
Graf 5.3 Grafické znázornenie výhodnosti, vo vzťahu medzi elektrickým pohonom vs. CNG pohonom.....	67

## Zoznam obrázkov

Obr. 2.1 Schéma elektromobilovej koncepcie .....	17
Obr. 2.2 Konštrukčná schéma elektromobilového trakčného motora .....	17
Obr. 2.3 Konštrukčná schéma elektromobilových akumulátorov – batérií .....	17
Obr. 2.4 Mapa dobíjajúcich staníc pre elektromobily v Českej republike.....	19
Obr. 2.5 Emisné normy EURO, pre vozidlá s naftovými a benzínovými motormi.....	22
Obr. 2.6 Všeobecná projekcia počtu elektrických autobusov, v rokoch 2018 – 2040....	30
Obr. 2.7 Emisné normy EURO pre autobusy a nákladné automobily (spaľovacie motory).....	32

## Zoznam tabuliek

Tab. 5.1 Zhrnutie potrebných údajov potrebných pre výpočet.....	59
Tab. 5.2 Výpočet rovnosti výšky nákladov – elektrický vs dieselový pohon.....	59
Tab. 5.3 Zhrnutie potrebných údajov, potrebných pre výpočet.....	63
Tab. 5.4 Výpočet rovnosti výšky nákladov – elektrický vs dieselový pohon.....	63
Tab. 5.5 Zhrnutie potrebných údajov potrebných pre výpočet.....	66
Tab. 5.6 Výpočet rovnosti nákladov – elektrina so započítanou dotáciou vs. Diesel.....	66



## Seznam zkratek

CNG	Stlačený zemný plyn
EÚ	Európska únia
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
V	Volt
KW	Kilowatt
A	Ampér
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká republika
Km	Kilometer
Kg	Kilogram
g	Gram
l	Liter
DPH	Daň z pridanej hodnoty
CNG	Stlačený zemný plyn
LNG	Skvapalnený zemný plyn
NAP	Národný akčný plán pre čistú mobilitu
NO <sub>x</sub>	Oxid dusnatý
HC	Uhl'ovodíky
CO	Oxid uhoľnatý
PM	Tuhé častice
Kč	Česká Koruna

## **Seznam příloh**

**Příloha A      Název**

**Příloha B      Název**

**Název přílohy**

**Název přílohy**

<b>Autor DP</b>	<b>Lukáš Orosz</b>
<b>Název DP</b>	<b>Elektromobilita v autobusové dopravě</b>
<b>Studijní obor</b>	<b>LRVP</b>
<b>Rok obhajoby DP</b>	<b>2022</b>
<b>Počet stran</b>	66
<b>Počet příloh</b>	0
<b>Vedoucí DP</b>	<b>Doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.</b>
<b>Anotace</b>	Koncept elektromobility je téma, o kterém se diskutuje ve společnosti, nebo již kvůli myšlence lepšího ekologického řízení v životě, ale také z hlediska pokroku v technickém a stavebním směru. Právě elektromobilita je stále více považována za schopného nástupce konvenčních spalovacích pohonů. Cílem diplomové práce je proto na tuto problematiku blíže nahlédnout, ale nejen na základě teoretických informací poukázat na současnou situaci, ale také s vděčností za ekonomickou metodiku výpočtů určit, zda a za jakých okolností se přeprava elektrobusu vyplatí. Pro toto zpracování byly položeny dvě hypotetické otázky a jedna doplňující.
<b>Klíčová slova</b>	doprava, ekologie, autobusová doprava, elektrifikace, náklady, cena, vývoj cen, cena, elektřina, spalovací motory, diesel, CNG, spotřeba
<b>Místo uložení</b>	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
<b>Signatura</b>	