

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 – Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika: obchod servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Problematika rozvoje elektromobility vozidel  
kategorie M1 v České republice

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor bakalářské práce: Jiří Štěch

České Budějovice, 2019

# Zadání práce BP

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří ŠTĚCH**  
Osobní číslo: **Z16122**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **ZDTb-17 - specializace Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Problematika rozvoje elektromobility vozidel kategorie M1 v České republice**  
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### *Cíl práce:*

Cílem práce je stanovení faktorů, působících pozitivně nebo negativně na rozvoj osobních automobilů v České republice.

#### *Metodický postup:*

1. Seznámení s dosaženým stupněm dopravní elektromobility v České republice.
2. Stanovení klíčových faktorů ovlivňujících poptávku po elektromobilech v ČR.
3. Rozbor negativních faktorů a návrh opatření k podpoře vyššího zájmu o elektromobily kategorie M1.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dufek, J., Huzlík, J.: Metodika pro stanovení emisní zátěže látek znečišťujících ovzduší v České republice. Brno, Centrum dopravního výzkumu, 2001, 21 s.

Havránek, J. a kol.: Hluk a zdraví. Avicenum, Praha, 1990, 280 s. ISBN 80-201-0020-2.

Memorandum o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR, říjen 2017, Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Národní akční plán čisté mobility, říjen 2015, Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Šuta, M., Bencko, V.: Zdravotní rizika znečištění ovzduší nejvýznamnějšími automobilovými emisemi. Praktický lékař, 1998, roč. 78, č. 6 a 10, ISSN 0032-6739.

Metodika výpočtu emise CO<sub>2</sub> motorových vozidel podle U. S. Environmental Protection Agency.

Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší § 3 odst. 5.

Rychlý nástup rozvoje elektromobilů ohrožuje automobilový průmysl v Evropě, ING Economist Department, červen 2017.

[https://www.ing.nl/media/ING\\_EBZ\\_breakthrough-of-electric-vehicle-threatens-European-car-industry\\_tcm162-128687.pdf](https://www.ing.nl/media/ING_EBZ_breakthrough-of-electric-vehicle-threatens-European-car-industry_tcm162-128687.pdf).

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **4. ledna 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2019**

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 1868, 370 05 České Budějovice

doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 22. února 2018

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách a se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne .....

Podpis

## **Poděkování**

Mé poděkování patří Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za odborné vedení mé bakalářské práce. Následně za trpělivost a ochotu pomoci s veškerou problematikou týkající se elektromobility. S tím souvisí doporučení a odkazy na nejrůznější literaturu, jež mi dopomohla k dokončení bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval společnosti HS auto za zapůjčení elektromobilu Nissan Leaf a Martinu Kurfiřtovi z firmy E – on za umožnění svezení v několika elektromobilech. Velké poděkování také patří mému nejbližšímu okolí, protože mi umožnilo vytvořit podmínky a prostor ke studiu a tvorbě této práce.

## Abstrakt ČJ

Práce se zabývá problematikou spojenou s elektromobilitou. Pojednává o vývoji a provozu elektromobilů. V práci jsou vysvětleny základní pojmy v průběhu historického vývoje až po současnost. Hlavní zaměření bakalářské práce se týká stanovení faktorů, které mají vazbu na rozvoj a provoz elektromobilů v České republice, například připravenost distribuční sítě, dopravní infrastruktury a vhodného zázemí nabíjecích stanic. Je zde řešena problematika, co elektromobilita obnáší a jaké jsou hlavní důvody a vize úplného nahrazení dopravních zařízení se spalovacím motorem elektromobily.

V první části práce je popisován historický vývoj elektromobility, od prvopočátků až do současnosti, kdy elektromobilita je hlavním motoristickým tématem pro udržitelný rozvoj automobilové dopravy. Ve druhé části je popisována kompletní konstrukce elektromobilů a její přednosti. Dále současný stav elektromobility v České republice a předpoklad budoucího vývoje. Závěrečná, třetí část je praktická. V ní jsou popisovány jednotlivé testované elektromobily z hlediska užité hodnoty pro koncového spotřebitele a energetické náročnosti. Z naměřených hodnot vyplývá srovnání testovaných vozidel.

**Klíčová slova:** Elektromobilita, elektromobil, nabíjecí stanice, trakční baterie, trakční elektromotor, invertor

## **Abstract**

This work is about problems connected with electromobility. It deals with the development and operation of electric vehicles. In this thesis there are explained the basic concepts during its historical development to the present. The main focus of the thesis is the determination of the factors that are linked to the development and operation of electric vehicles in the Czech Republic, such as the readiness of the distribution network, transport infrastructure and suitable facilities of charging stations. It deals with the issue of what electromobility involves and what are the main reasons and visions for the complete replacement of electromobility by combustion engines.

The first part of this work describes the historical development of electromobility, from its beginning until the present time, when electromobility is the main motoristic theme for the sustainable development of car traffic. The second part describes the complete construction of electric vehicles and its advantages. Furthermore, the current state of electromobility in the Czech Republic and the assumption of its future development. The final, third part is practical. There are described the individual tested electric cars in terms of utility value for the end consumer and energy intensity. The measured values show a comparison of the tested vehicles.

**Keywords:** Electric mobility, electric vehicle, charging station, traction battery, traction electric motor, inverter

## Obsah

1	Úvod.....	12
2	Historie.....	14
3	Elektromobilita.....	16
3.1	Rozdělení dle druhu energie určené pro pohon vozidla .....	16
3.1.1	Elektromobil (EM).....	16
4	Konstrukce elektromobilů.....	18
4.1	Trakční elektromotor .....	18
4.2	Invertor .....	19
4.3	Trakční baterie.....	20
4.3.1	Parametry trakčních baterií .....	21
4.3.2	Battery management.....	22
4.3.3	Vlastnosti trakční baterie.....	22
4.3.4	Lithiové trakční baterie .....	23
4.3.5	Alternativy v oblasti trakčních baterií.....	23
5	Nabíjení elektromobilů.....	25
5.1	Typy konektorů EM .....	26
5.2	Nabíjení v domácích podmínkách.....	26
5.2.1	Klasická domovní zásuvka.....	26
5.2.2	Domovní třífázová CEE zásuvka .....	27
5.2.3	Wallbox .....	27
5.3	Nabíjení ve veřejné síti.....	28
5.3.1	Nabíjení prostřednictvím střídavého proudu (AC) .....	28
5.3.2	Nabíjení prostřednictvím stejnosměrného proudu (DC).....	28
5.3.3	Vize inteligentního nabíjení i - Charge .....	29
6	Současný stav elektromobility v ČR.....	30
6.1	Projekty podpory výstavby nabíjecích stanic .....	30



6.1.1	Fast E.....	31
6.1.2	East E .....	31
6.1.3	Next E.....	31
6.2	Přehled distributorů nabíjecích stanic .....	32
6.2.1	ČEZ .....	32
6.2.2	E-ON .....	33
6.2.3	PRE .....	34
6.3	Nabídka elektromobilů na českém trhu.....	35
7	Faktory ovlivňující poptávku po elektromobilech .....	36
7.1	Predikce vývoje faktorů ovlivňujících poptávku po elektromobilech.....	36
7.1.1	Usměrňování emisí CO <sub>2</sub> .....	37
7.1.2	Zkvalitňování ovzduší ve městech a jejich okolí .....	37
7.1.3	Závislost na ropě .....	37
7.1.4	Vnímání spotřebitelů ve vztahu k elektromobilům.....	37
7.1.5	Přístup výrobců automobilů .....	38
7.2	Klíčové faktory ovlivňující poptávku po EM.....	38
7.2.1	Jízdní dosah elektromobilu .....	38
7.2.2	Flexibilita mobility .....	38
7.2.3	Přítomnost nabíjecí infrastruktury.....	38
7.2.4	Obchodní faktory .....	39
7.2.5	Praktičnost a image .....	39
7.2.6	Nabíjení elektromobilů.....	39
7.2.7	Nevěřohodné informace .....	39
8	Rozbor negativních faktorů a návrh opatření ke zvýšení zájmu o elektromobily	40
8.1	Negativní faktory elektromobilů .....	40
8.1.1	Dosahová vzdálenost.....	41

8.1.2	Neochota přizpůsobení změnám .....	41
8.1.3	Vysoká cena elektromobilu.....	41
8.1.4	Distribuční síť .....	42
8.2	Opatření k podpoře vyššího zájmu o elektromobily.....	42
8.2.1	Návrhy k opatření na podporu vyššího zájmu o elektromobily .....	42
8.3	Podpora ze strany státu v České republice .....	43
8.3.1	Dotace na pořízení elektromobilu – Nízkouhlíkové technologie.....	43
8.3.2	Speciální RZ pro elektromobily a hybridy.....	43
8.3.3	Vize veřejné služby sdílených elektromobilů .....	44
9	Praktická část .....	45
9.1	Dopravní trasa .....	45
9.2	Nissan Leaf.....	46
9.2.1	Naměřené hodnoty .....	47
9.3	Volkswagen e-UP.....	48
9.3.1	Naměřené hodnoty .....	49
9.4	Nabíjení testovaného elektromobilu Nissan Leaf .....	50
9.4.1	Nabíjení v domácích podmínkách.....	50
9.4.2	Nabíjení ve veřejné síti.....	50
10	Diskuse.....	52
11	Seznam použité literatury.....	54
12	Seznam obrázků .....	58
13	Seznam tabulek .....	59
14	Seznam zkratk .....	60
15	Přílohy.....	61
15.1	Příloha 1 .....	61
15.1.1	Pohon spalovacím motorem (ICE).....	61
15.1.2	Hybridní pohon HEV .....	61

15.1.3	Hybridní pohon s baterií nabíjenou ze sítě (PHEV).....	63
15.1.4	Elektrický pohon s prodlouženým dojezdem (REV) .....	63
15.1.5	Vozidlo s elektromotorem a baterií (BEV) .....	64
15.1.6	Mikrohybridní automobil (Micro-HEV) .....	64
15.2	Příloha 2 .....	65
15.2.1	Význam elektromobility.....	65
15.3	Příloha 3 .....	68
15.3.1	Stejnoseměrné komutátorové elektromotory .....	68
15.3.2	Stejnoseměrné motory s elektronickou komutací (BLDC).....	68
15.3.3	Synchronní motor .....	68
15.3.4	Asynchronní motor .....	68

# 1 Úvod

V současné době je pojem elektromobilita velice skloňované téma. Sdružuje mnoho nejrůznějších názorů a v jisté míře rozděluje motoristickou společnost, jež je ve větším rozsahu konzervativní. Motoristická společnost není připravena vnímat nové revoluční prostředky, které mají při využívání takový následek, že se musí přizpůsobit něčemu odlišnému. Elektromobil, oproti konvenčním dopravním prostředkům se spalovacím motorem, má řadu odlišností. Klasické doplňování tekutých fosilních paliv v podobě nafty, či benzínu je v případě elektromobilu minulostí. Využívá zcela jiného typu doplňování pohonné energie. Získává ji z běžné distribuční elektrické sítě. Doba nabíjení je mnohonásobně delší než u tankování. S tímto problémem se řada motoristů nechce smířit. Jako hlavní kritérium provozu považují kratší dosah a již zmiňovanou dobu doplňování energie, potřebnou k uvedení dopravního prostředku do pohybu.

Jízda s elektromobilem vyžaduje změnu vnímání a schopnost se přizpůsobit jiné technologii.

V prvopočátcích automobilového průmyslu se hlavní vývoj upínal právě k elektromobilitě. Na silnicích se pohybovala dopravní zařízení, jež k pohonu využívala elektromotor poháněný bateriemi. První myšlenka v podobě využívání automobilu byla taková, že měl sloužit pro pohyb po krátkých dopravních trasách a nebylo třeba dlouhého dosahu. S rozvíjejícím se petrolejářským průmyslem a tvorbou fosilních paliv elektromobilita přešla do ústraní. Příchod průmyslové revoluce přinesl levné výrobky ve velkém množství. Ve Spojených státech byl v automobilovém průmyslu průkopníkem Henry Ford. Přivedl na trh automobil, který si mohlo dovolit širší spektrum pracujícího obyvatelstva a tímto elektromobilita byla odsunuta z povědomí a nebyl o ni zájem. Automobily na fosilní paliva se dále rozvíjely. Přestala plnit funkci dopravního prostředku na krátké trasy a stal se z nich masově prodávaný produkt. Objem motorů vynikal vysokou energetickou náročností a velkou velikostí. To mělo za následek velkou produkci emisí s ohromným plýtváním palivy. Skutečností je, že tato velkoobjemová vozidla mají jisté výhody, pokud se zhodnotí ostatní vlivy. Pro využívání na dlouhých dopravních trasách, kde osídlení a zázemí pro doplňování paliv je v intervalech několika stovek kilometrů, mají tato vozidla význam. Elektromobilita by byla v těchto případech hůře realizovatelná. Rozhodování určité části lidské populace, ale tyto vlivy nehodnotí

a již popisovaná velkoobjemová vozidla se spalovacími motory využívá i pro běžné krátké trasy. Jejich interval je v řádech desítek kilometrů. Z hlediska emisí a ekologie se jedná o nevhodné využívání energetických zdrojů, co má za následek zhoršení klimatických podmínek a znečištěné ovzduší ve velkých městech. Při jízdě po krátkých dopravních trasách stačí vozidlo, jež vyniká malými rozměry, hmotností a přiměřeným objemem spalovacího motoru s ohledem na povahu využívání a provozními podmínkami. Pro městský provoz je vozidlo s malým motorem vhodnější řešení. Motor při startu dosáhne požadované provozní teploty rychleji než velkoobjemový agregát.

Tudíž neprodukuje tak velké emise a jeho provoz je energeticky úspornější. Zavedení elektromobility ve městech v podobě veřejných hromadných dopravních prostředků přineslo jistá pozitiva, co se týče emisí. Následný provoz elektromobilů by prospěl ke snížení emisí a hlučnosti.

Počátkem 90. let byl firmou GM ve Spojených státech zkonstruován elektromobil EV1 GM. Automobilka ho v rámci zkušebního provozu poskytla zákazníkům, na jistou formu pronájmu. Elektromobil dosahoval na svou dobu zajímavých jízdních hodnot, které zahrnovaly poměrně vysoký jízdní dosah. Vozidlo využívalo jistých technických řešení, která by při dalším vývoji jistě vedla k pokrokovějším technologiím elektromobility. Vozidla byla po čase zákazníkům automobilkou odebrána a sešrotována. Veškeré výrobní patenty byly odkoupeny petrolejářskými společnostmi.

Tímto momentem zanikl pokus o rozšíření elektromobility a jeho následný vývoj nebyl natolik podporovaný a elektromobilita se stala záležitostí nadšenců. Kauza Dieselgate z nedávných dob situaci změnila. Opět se objevila myšlenka, že současná situace potřebuje řešení. Budoucnost fosilních paliv je nejistá a současné výrazné snižování spotřeby neřeší zásadní problematiku. Mobilita potřebuje reformu spojenou s přeorientováním automobilového průmyslu k využívání jiného pohonu, jako je elektřina.

Největším vizionářem v této oblasti je americký miliardář Elon Musk, vlastník společnosti Tesla Motors. Firma nezahrnuje jen výrobu elektromobilů, ale zabývá se výrobou lithiových baterií a projekty energeticky soběstačných domů. Elektromobilita směřuje správným tempem vývoje a pomalu se stane dominantním v oblasti dopravních prostředků.

## 2 Historie

Pojem elektromobilita není nijak nové téma. Samotným prvopočátkem motoristické historie byly elektromobily. Vynikaly jednodušší konstrukcí než vozidla na spalovací motor a jejich obsluha nepotřebovala nijak složitou dovednost. Spalovací motor bylo nutné startovat klikou, elektromobil nikoli. Postupem času ale elektrická vozidla vymizela ze silnic. Důvodem bylo masové rozšíření produkce vozidel se spalováním fosilních paliv. Dosah automobilů se zvýšil. Zaměření motoristů se přeorientovalo tímto směrem. Spalovací motory se rychle vyvíjely a jisté negativní vlivy, jež přinášely v průběhu provozu, odpadly. Elektromobil vůči nim zaostával. [1]

Samotná elektromobilita a její historický vývoj spadá do období druhé poloviny 19. století. Psal se rok 1881, kdy francouzský vynálezce Gustave Trouvé zkonstruoval jedno z prvních elektrických vozidel na světě. Jednalo se o tříkolku, která byla poháněna stejnosměrným elektromotorem a olověnými bateriemi. Krátkou dobu po prezentaci Trouvé tricycle se dění přesouvá do Anglie. Konstrukteři William Edward Ayrton a John Perry představují pokročilejší tříkolku než od Francouze Trouvého. [1]

Rokem 1893 se datuje vznik první automobilové společnosti. Její sídlo bylo ve Francii a její zakladatel se jmenoval Charles Jeantaud. Společnost se výhradně zabývala produkcí elektrických vozidel. Vůz Jeantaud se vepsal do historie rychlostních rekordů pomocí závodníka jménem Gaston de Chasseloup-Laubat. Povedlo se mu vytvořit úplně první rychlostní rekord s hodnotou 92 km/h. V souboji o vyšší rychlost se s ním podílel jeho soupeř Camille Jenatton z Belgie. Jemu se podařilo pokořit tehdy magickou hranici 100 km/h roku 1899. Po čase předvedl svou vlastní konstrukci vozidla. Mělo torpédovitý aerodynamický tvar karoserie. Neslo název „La Jamais Contente“. Toto vozidlo dosahovalo rychlosti až 106 km/h. [1]

Elektromobily byly velice oblíbené po desítky let. Mediální propagace elektromobilů na reklamních plakátech zobrazovaly ženy za volantem. Mělo to za cíl ukázat, že řízení elektromobilu je zcela snadné a je vhodné pro méně technicky zdatné lidi. [1]

Prodej elektrických nákladních vozidel přinesly dvacátá léta 20. století. Mezi zájemce o tato vozidla patřili soukromí obchodníci, jenž každodenně elektromobily využívali pro výkon svého povolání. [1]

V Německu pro určitou sféru elektromobilů byla vybudována síť nabíjecích stanic. V tomto období probíhaly experimenty s prototypy velkých a luxusních osobních elektromobilů. [1]

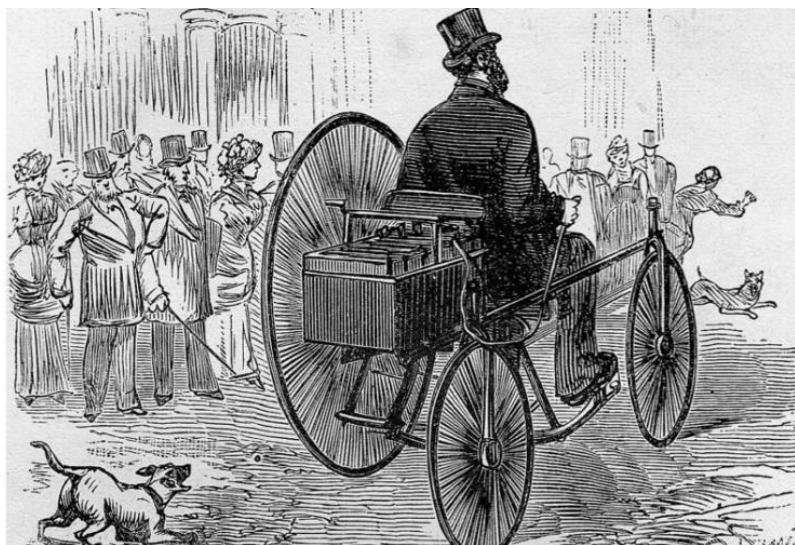
Za druhé světové války byla Francie z velké míry oddělena od dodávek benzínu. Z tohoto důvodu byla některá vozidla se spalovacím motorem přestavěna na elektrický pohon. [1]

Po druhé světové válce se opět naplno začalo s produkcí fosilních paliv a elektromobily přešly do ústraní. Jejich vývoj nebyl rozšířený, ale někteří výrobci do svého portfolia nabízených modelů zařazovali i vozidla na elektřinu.

V České republice prostřednictvím VÚES společně s VUT Brno vznikl prototyp elektromobilu nazvaný EMA. Jednalo se o městský elektromobil, jehož maximální dosah činil 50 km a maximální rychlost 50 km/hod. Projekt ale nebyl podpořen vládou a jeho činnost byla zastavena. [33]

V současné době je hlavním aktérem v prosazování elektromobility Elon Musk. Je držitelem mnoha patentů a v této oblasti je vizionářem, který má jasně stanovené cíle. [3]

Kauza Dieselgate spojená s koncernem Volkswagen dopomohla k aktivnějšímu rozvoji elektrifikace. Přichází myšlenky, které kladou důraz na budoucnost a kvalitu životního prostředí a tvoří podmínky k tomu, aby zajistily zvýšenou produkci a aktivní nahrazování automobilů se spalovacím motorem elektromobily. [1] [33]



Obrázek 1 - Trouvé tricycle [1]

### **3 Elektromobilita**

Elektromobilitou se rozumí velice lukrativní odvětví rozvoje mobility, soustav k přenosu energie, distribučních sítí a veškerého dění spojeného s tématem. Termín elektromobilita nesdružuje pouze elektromobily. Jedná se o celkový vývojový a myšlenkový směr, jenž má za cíl podnítit snahy o ochranu životního prostředí a boj proti globálnímu oteplování. Následně se k tomu váže snaha o zkvalitnění ovzduší a vytvoření nových zdrojů energie za doposud užívané fosilní zdroje. Celý proces má za cíl vybudovat inteligentní energetické sítě, které získají v budoucnosti velký potenciál. [2]

#### **3.1 Rozdělení dle druhu energie určené pro pohon vozidla**

EM – čistě elektrický pohon (Electric Motor)

ICE – pohon zajištěný spalovacím motorem (Internal Combustion Engine)

HEV – hybridní pohon (Hybrid Electric Vehicle)

PHEV – hybridní pohon, baterie je zde nabíjena ze sítě (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

REV – elektrický pohon s prodlouženým dojezdem (Range extended Electric Vehicle)

BEV – vozidlo s elektromotorem s baterií (Battery Electric Vehicle)

Micro-HEV – mikrohybridní automobil (Micro Hybrid Electric Vehicle) [3]

Pro podrobný popis druhů pohonů ve vozidlech viz Příloha 1

##### **3.1.1 Elektromobil (EM)**

V současné době elektromobil oproti ICE vyniká výrazně jednodušším technickým řešením. Vyznačuje se podobným konstrukčním řešením jako automobil se spalovacím motorem. Výrobci EM v jistých případech využívají shodné konstrukce s klasickým automobilem, ale technika pohonného ústrojí je přepracovaná. V oblasti umístění palivové nádrže se nejčastěji umísťují trakční baterie. Jejich umístění může dále pokračovat v podlaze vozidla. Baterie jsou nabíjeny pomocí nabíjecího zařízení v domácích podmínkách anebo na nabíjecích stanicích. Jistá míra energie se může do baterií vracet při jízdě v režimu spojeném s rekuperací energie. V oblasti, kde by se jinak nacházel spalovací motor, je umístěn elektromotor s příslušenstvím, které dále zahrnuje inverter sloužící jako regulace výkonu a rozdělování poměru energie podmíněného akceleračním pedálem uvnitř vozu. Pro funkci tohoto technického řešení odpadá potřeba měnit převodový poměr, tudíž není třeba využívat převodovku. Je zde pouze volič jízdy vpřed a vzad s možností neutrálu a případné



volby jízdních režimů, či rekuperace energie. Charakteristika elektromotoru má vyrovnaný točivý moment již od nulových otáček do maximálních. Odpadá zde nutnost servisních úkonů jako u ICE. Konstrukce nevyžaduje provozní kapaliny v podobě mazacích olejů. Náklady na servis jsou v zanedbatelných částkách. [3]



**Obrázek 2 - BMW i3 S [Foto: autor]**

Pro podrobnější rozbor elektromobility viz Příloha 2

## 4 Konstrukce elektromobilů

Konstrukce EM vyniká jednodušším konstrukčním řešením oproti vozidlům se spalovacím motorem. Elektromobil ke svému pohonu využívá tři hlavních částí:

- Trakční elektromotor
- Trakční baterie
- Invertor [3]

Tyto komponenty nevyžadují žádné pravidelné servisní úkony. Životnost elektromotorů se pohybuje okolo 1 milionu ujetých kilometrů a baterie okolo 500 tisíc kilometrů. Životnost může být i výrazně vyšší. Hlavním kritériem je péče o baterie. Při vhodném zacházení životnost a jejich potenciál zůstává v podstatě na stejné úrovni odpovídající továrním hodnotám. Baterie tvoří hlavní limitující činitel při provozu. [3]

V elektromobilech se nacházejí elektromotory následujících typů:

- Stejnoseměrné komutátorové
- Stejnoseměrné motory s elektronickou komutací (BLDC)
- Synchronní motor
- Asynchronní motor [3] [11]

### 4.1 Trakční elektromotor

Z hlediska typu pohonu se elektromotor řadí k nejjednodušším zařízením, které slouží k uvedení vozidla do pohybu. Elektromotor tvoří funkci točivého stroje. Princip jeho činnosti spočívá v transformaci elektrické energie na mechanickou.

Rotační pohyb je zprostředkován rotorem točivého elektrického pole. Motor využívá silových účinků magnetického pole. Již od nulových otáček je schopen dodávat maximální hodnoty kroutícího momentu a výkonu. V režimu zvyšujících se otáček hodnota výkonu klesá. Dosažení maximálních výkonových hodnot je v elektromobilu omezeno regulací elektromotoru. Pro zajištění maximálního výkonu dochází jednak k vysokému odběru proudu z baterie, jednak k nadměrnému zatěžování trakční baterie a zahřívání pohonných komponent. Tudiž nejvyšší výkon dokáže poskytnout v krátkém časovém horizontu. Zařízení je v současné době schopné dosahovat účinnosti pohybující se okolo 90 %. V elektromobilu pracuje elektromotor v několika režimech:

- Motor, jenž využívá elektřinu z trakčních baterií
- Generátor, který v režimu rekuperace vrací energii do akumulátorů

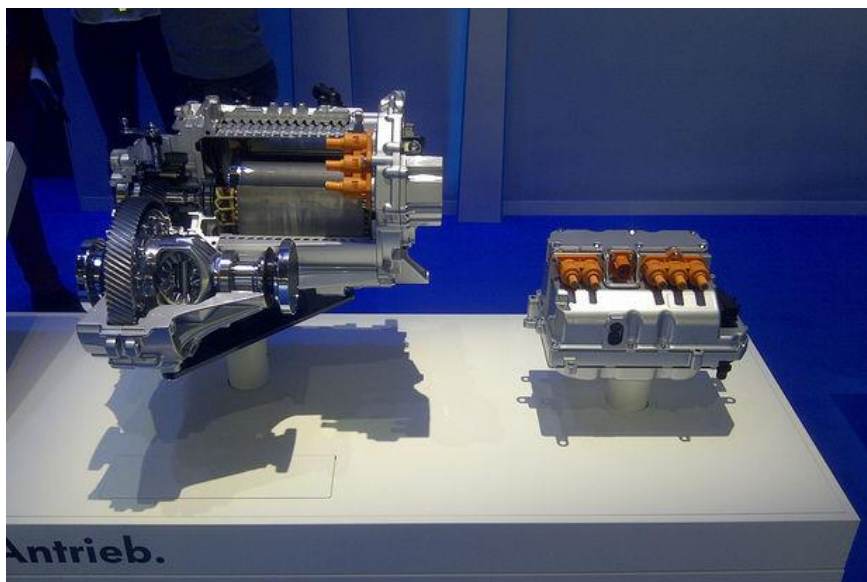
Elektromotory zahrnují následující parametry:

- Výkon (kW)
- Otáčky (ot.min-1)
- Proudové zatížení (Ampér)
- Točivý moment (Nm) [3] [13]

Trakční elektromotory využívané v elektromobilech:

- Stejnosměrné komutátorové elektromotory
- Stejnosměrné motory s elektronickou komutací (BLDC)
- Synchronní motor
- Asynchronní motor [14]

Pro podrobný popis druhů trakčních elektromotorů viz Příloha 3.



**Obrázek 3 - Trakční elektromotor a inverter [36]**

## **4.2 Invertor**

Invertor plní funkci regulace motoru. Snímá polohu akceleračního pedálu a další důležité činitele. Na základě informací vyhodnocuje vhodný poměr energie, který poskytne elektromotoru. Je schopen řídit elektromotor v širokém spektru otáček. V případě kritických hodnot, kdy se přehřívají baterie a motor z důvodu velkého odběru energie např. při akceleraci, je schopen snížit poměr vydané energie a zamezit možnému poškození. Invertor dále řídí systém rekuperace. V případě tohoto režimu přepólovává elektromotor. Dochází k tvorbě elektrického proudu, který invertor v podobě stejnosměrného proudu vrací zpět do baterie. [3]

V trakční baterii je uchováván stejnosměrný proud. V případě použití střídavého proudu pro daný typ elektromotoru je invertor schopný proud přeměnit a tvoří funkci tzv. „střídače“. [3]

Umožňuje změnu smyslu otáčení motoru v případě nutnosti zařadit zpětný chod. Způsobuje to změnou pořadí průchodu proudu fází ve statorovém vinutí. Změní se směr otáčení magnetického pole a směr otáčení rotoru. [3]



**Obrázek 4 - Invertor Nissan Leaf [Foto: autor]**

### **4.3 Trakční baterie**

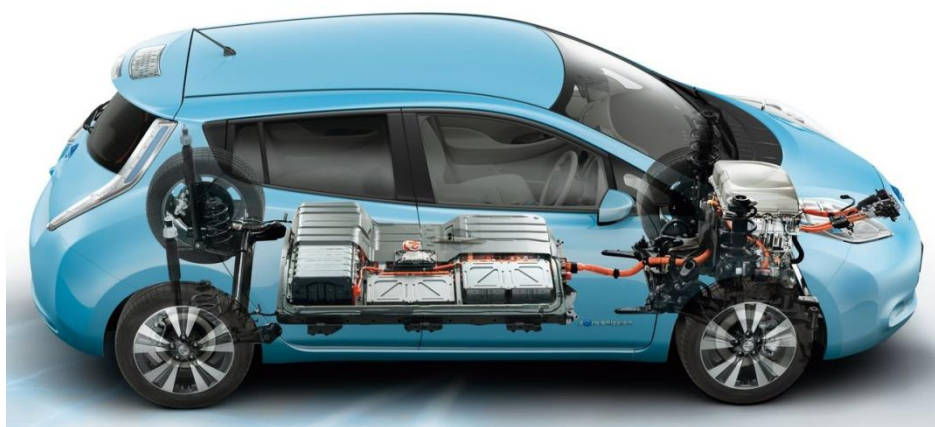
Jedním z nejdůležitějších parametrů současných elektromobilů je jízdní dosah. Tento faktor je limitován typem a energií baterie. V nynější době akumulátory ještě nemají dostatečnou efektivitu. Je to spojené s malým dojezdem a nutností často nabíjet. Nabíjení je časově náročné. Trakční baterie v elektromobilech se potýkají s nejrůznějšími problémy spojenými s velkou hmotností, velikostí, nabíjecím a vybíjecím výkonem. Velice diskutované téma současnosti také zahrnuje spolehlivost a životnost. Vývoj nových trakčních baterií se potýká s komplikacemi ohledně snahy docílit nejnižší ceny a co největší kapacity nutné pro dostatečný dosah EM. [3]

Současná produkce trakčních baterií se zaměřuje na produkci lithiových baterií. Vývoj se soustřeďuje i na další typy baterií, které jsou odvozené z lithia. Cílem jsou snahy o maximalizaci efektivity. Lithium - iontové baterie oproti ostatním typům baterií vynikají vysokou hustotou energie. Tento klíčový parametr umožňuje produkovat baterie menších rozměrů a hmotností. Při realizaci projektu EM je jednodušší předpoklad vhodného a konstrukčně jednoduchého uložení baterií díky rozmanitosti tvarů, které lithiové baterie dokáží umožnit. Nynější vývoj v odvětví trakčních baterií se pokouší o navýšení hustoty energie akumulátorů. Pracuje se

s experimenty volby jiných elektrod a použití nejrůznějších odvozenin s příměsí jiných kovů pro zušlechtnění lithia. [3]

Trakční baterie v oblasti elektromobility je primárně určena pro poskytování energie elektromotoru. Její důležitou vlastností musí být schopnost zvládat opakované vybíjení a nabíjení. Následně schopnost zvládat dodávat požadované množství elektrické energie pro elektromotor. Akumulátor je tvořen řadou vzájemně propojených galvanických článků, které jsou přímým zdrojem elektrické energie. Galvanický článek tvoří dvě elektrody – anoda (záporná) a katoda (kladná). Elektrody jsou v elektrolytu. Jednotlivé články se skládají z modulů a moduly následně tvoří bloky. V případě poruchy je servis EM schopný baterii proměřit a vyměnit moduly, jejichž hodnoty nedosahují požadovaného stavu. Lithiová baterie při provozu nesmí poklesnout pod určitou mez napětí. V případě poklesu dojde k nevratnému poškození baterie. Pokud EM hlásí nízký stav baterie, je zde započítána potřebná tolerance. [3]

Trakční baterie disponuje systémy pro ochranu baterie, chlazení, ochranný obal proti destrukci. [3]



**Obrázek 5 - Trakční baterie Nissan Leaf [37]**

#### **4.3.1 Parametry trakčních baterií**

- Měrná dispoziční elektrická práce = energie (Wh/kg)
- Hustota dispoziční elektrické práce (Wh/litr)
- Míra samovybíjení
- Nabíjecí proud a nabíjecí doba
- Účinnost
- Počet cyklů [3]

### 4.3.2 Battery management

Bateriový management trakční baterie chrání baterii proti nepřiměřenému vybití a nabití. Je kompatibilní na určitý počet článků baterie. Je součástí samotného vozidla anebo nabíječky, která inteligentně řídí proces nabíjení. Hraniční kritická hodnota pro lithiový článek je 2,5 V. Při poklesu pod tuto hranici dojde k nevratnému poškození. Při hranici 4,5 V a vyšší hodnotě dojde též k poškození článků. Při porovnání s olověnou baterií nedojde k poškození hned jako u lithiové. Olověná baterie je schopna obnovit svou původní energii ze stavu hlubokého vybití. [3]

Další funkcí battery managementu je řízení nabíjení. Je nutno, aby jednotlivé články měly shodnou hodnotu energie. Důležitou vlastností je cílené řízení a rozdělování nabíjecího proudu mezi články, které vykazují rozdílné, nižší hodnoty. Je tedy nutné vyvažování nabíjení pro docílení stejných parametrů jednotlivých článků. Hlavním kritériem je zabránit přepětí a podpětí. [3]

### 4.3.3 Vlastnosti trakční baterie

Trakční baterie nevyžaduje zvláštní údržbu během provozu v EM. Její provoz by se ale měl řídit několika zásadami správného provozu pro docílení maximalizace výkonu a životnosti. [3]

Jízdní styl s pravidelnou maximální mírou akcelerace, která pro svůj průběh vyžaduje vysoký odběr proudu z trakční baterie, je pro ni nevhodný. Chemická struktura není schopna velkou míru energie v krátkém čase dodat. [3]

Při provozu v teplotách hluboko pod bodem mrazu anebo při tropických teplotách baterie vykazují snížené kapacitní parametry. Ve vysokých teplotách dochází k jejich přehřívání a při nutnosti využití rychlonabíjení může vozidlo vykazat výzvu k přehřáté baterii a doba nabíjení se rapidně protáhne např. z původních desítek minut na hodnotu v rádech hodin. [3]

Pokud je trakční baterie pravidelně vystavována stavům hlubokého vybíjení, její vlastnosti se zhoršují. Primárně se snižuje kapacita. Tento jev se nazývá exponenciální úpadek dispoziční elektrické práce baterie. Obecně vychází z praxe, že baterie stárne v hodnotách vyšších jako 80 % nabití a méně jak 20 % nabití. Pokud dochází k dlouhodobému stání EM s baterií nabitou na méně než 20 %, se výrazně opotřebovává. [3]

Počet nabíjecích cyklů je velice individuální. Záleží převážně na přístupu majitele EM a dodržování běžných zásad při provozu. Při opotřebení baterie dochází

k tzv. vyčerpání (termín dle ČSN). Tento název stanovuje pokles kapacity baterie pod 60 %. Nynější doba udává hodnoty 1000 až 3000 nabíjecích cyklů. Výrobci vozidel tyto hodnoty většinou neuvádějí. Jedná se o teoretickou hodnotu, která je závislá na mnoha faktorech. [3]

#### **4.3.4 Lithiové trakční baterie**

Nejpoužívanější v současné době je Lithium-ion baterie. Vyniká vysokou hustotou energie v poměru k objemu. Své uplatnění krom EM nachází i v elektronice (mobilní telefony, tablety). Dochází zde k pohybu lithium – iontů mezi katodou a anodou. Typickým procesem zahrnující vybíjení a nabíjení je interkalace. Do mezimolekulárních mezer elektrod vstupuje kov. Opačným procesem je extrakce, kde kov opouští mezimolekulární mezery. Negativem Li-ion baterií je jejich nadměrné stárnutí (dispoziční elektrické práce) a potřeba vyšší péče oproti ostatním typům akumulátorů. Lithiové elektrody jsou v bezvodném roztoku. [3] [16]

Hlavní rozdíl oproti ostatním typům baterií je, že v baterii neprobíhá chemická reakce a je dosaženo velké životnosti bez ztráty na kapacitě. Následný rozdíl spočívá ve výši jmenovitých napětí na článek, která odpovídají 3.6 - 3.7 V na článek. Vybíjecí napěťová křivka je plochého tvaru. Vyplývá z toho, že baterie je schopna dodávat ve dlouhém časovém horizontu stejné vstupní napětí. [16]

Hlavními přednostmi lithiových baterií je nízká míra toxicity. Vynikají oproti ostatním typům baterií vysokou hustotou energie (160 Wh/kg). Lithiové baterie jsou bez paměťového efektu. Výraznou vlastností je také nízká hodnota samovolné ztráty energie. Vysoká nabíjecí účinnost dosahuje 80 %.

Lithiové baterie se produkují s dalšími příměsi kovů:

- LiFePo (lithium železo fosfát) [3] [16]

#### **4.3.5 Alternativy v oblasti trakčních baterií**

##### **Sodík**

Vědecky nejdiskutovanějším prvkem v oblasti možností nahrazení lithia je sodík. Při vývoji bylo dosahováno vhodných vlastností. Sodíkové články při vývoji vykazovaly hodnoty několika stovek cyklů nabíjení a vybíjení. Nemají ale zdaleka takovou elektrochemickou hustotu jako lithiové články. [16]

##### **Draslík**

Teoreticky vyšší hodnoty napětí oproti sodíkovým článkům nabízejí články draslíkové. Vědecká práce jim ale nevěnuje příliš mnoho pozornosti ve vývoji.

Celý vývoj je omezen pro nedostatek potřebných materiálů na anodu. Reaktivita draslíku je vysoká oproti lithiu. V běžném provozu by články vykazovaly jistou míru nebezpečí. [16]

### **Vápník**

Do současné doby produkce draslík-iontových článků tvořila nabídku článků, které nebylo možné nabíjet. Nynější vědecká studie prokázala, že použití kovového vápníku jako anody umožňuje nabíjecí proces. Anoda, oproti anodě lithiových článků, v sobě nese větší podíl hmoty, který se podílí na vzniku proudu. Katodu tvoří hexakvanoželeznatan manganatý. Pokusy s tímto prvkem se osvědčily. [16]

### **Hořčík**

Lithiové články podléhají při provozu jevu v podobě tvorby dendritických krystalů. Hořčíkové články tento jev eliminují požitím katody z molybdenu a síry. Články v laboratorních podmínkách běžně zvládají na 2000 cyklů nabíjení a vybíjení. [16]

**Tabulka 1 - Alternativy trakčních baterií [16]**

Prvek	Teoretická hodnota kapacity anody (mAh/g)	Standardní elektrodový potenciál (V)
Lithium (Li)	3850	3,05
Sodík (Na)	1165	2,71
Hořčík (Mg)	2046	2,37
Vápník (Ca)	1337	2,87



## 5 Nabíjení elektromobilů

Nabíjení elektromobilu spočívá v dodání požadované energie. Jedná se o obnovu elektrického náboje v baterii. V elektrické síti se nachází střídavý proud. Pro nabíjení baterie je nutná transformace proudu na stejnosměrný. Tato přeměna prodlužuje dobu nabíjení. [3]

Nabíjení elektromobilu je možné v domácích podmínkách anebo ve veřejné síti, která poskytuje nabídku nabíjecích stanic. V domácích podmínkách probíhá nabíjení z klasické domovní zásuvky pomocí příslušného nabíjecího zařízení, které je součástí automobilu. Jedná se o přenosnou nabíječku. Lze ji snadno přepravovat ve vozidle. Bývá součástí každého EM. Jmenovitý proud u tohoto typu nabíjení se pohybuje okolo 10-16 A a umožňuje nabíjet zhruba 3,5 kW. Parametry je možné u některých elektromobilů upravit. Staré domy, jež mají hliníkové rozvody elektriny a jističe na 10 A, potřebují, aby nabíjení probíhalo v nižších hodnotách z důvodu bezpečnosti. Doba nabíjení je přes noc. [3]

Následující možností nabíjení v domácích podmínkách je instalace zařízení tzv. wallboxu. Poskytuje ho buď výrobce automobilu, který zajistí jeho odbornou montáž do rodinného domu. Dále jsou wallboxy nabízeny poskytovateli sítí nabíjecích stanic, např. E-on. Nabíjení je výrazně rychlejší a pohodlnější. Vyplatí se majiteli elektromobilu, který ho využívá pro každodenní ježdění. Wallbox v běžné praxi dosahuje výstupního proudu 16 A a dodá 11 kW, dále se na trhu objevují 32 A s 22 kW. Vyšší parametry se hodí spíše pro hotely, nebo místa, kde je větší předpoklad zájmu o nabíjení z důvodu rychlejšího nabíjecího výkonu. [3]



Obrázek 6 - Nabíjení elektromobilu BMW i3 S [Foto: autor]

## 5.1 Typy konektorů EM

Přehled typů konektorů znázorňuje rozmanité použití v různých zemích. V Evropě jsou nejpoužívanějšími typy pro střídavý proud AC:






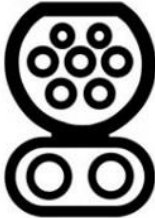
- Yazaki

Typ 2 Mennekes [3] [17]

Stejnoseměrný DC proud, který je typický pro rychlonabíjecí stanice, využívá konektorů:

- CHAdeMO

Typ 2 CCS [3] [17]

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

Obrázek 7 - Typy nabíjecích konektorů [17]

## 5.2 Nabíjení v domácích podmínkách

### 5.2.1 Klasická domovní zásuvka

Tento typ nabíjení je nejjednodušším řešením dobíjení EM v domácích podmínkách. Využívá domovních zásuvek, které jsou běžné v každé místnosti domu. Tyto zásuvky disponují střídavým proudem s velikostí 16 A, kterému odpovídají standardní domovní jističe a zatížením 3,7 kW. Tyto hodnoty nejsou vysoké. Udává se, že elektromobil s hmotností do 1 500 kg provozovaný v běžném jízdním režimu získá za hodinu nabíjení energii na absolvování dopravní trasy délky 14 km. Tento systém využívá funkce nabíjecího zařízení dodávaného společně s elektromobilem. Zajišťuje potřebnou transformaci elektrického proudu ze střídavého na stejnosměrný.

Z hlediska praktického využití je tento typ nabíjení vhodný na nabíjení v delších časových horizontech v rozsahu např. přes noc. [17]

### 5.2.2 Domovní třífázová CEE zásuvka

Rychlejší variantou nabíjení v domácích podmínkách je využití třífázové CEE zásuvky disponující třífázovým proudem. Mají proud o velikosti 16 A a 3x 380 V. Nabíjecí zařízení s touto koncovkou vykazuje vyšší výkon nabíjení. Hodina nabíjení by měla poskytnout dojezd okolo 55 km. [17]

### 5.2.3 Wallbox

Při pořízení EM a jeho následném každodenním používání je nejvýhodnější pořízení nabíjecího Wallboxu. Toto zřízení nabízejí někteří výrobci automobilů. Dále Wallbox poskytují přední distributoři elektrické energie: ČEZ, E-on, PRE. Při pořízení tohoto nabíjecího zařízení je nutná odborná montáž do prostoru trvalého stání vozidla. Existují i wallboxy pro venkovní použití. [17] [18]

Nástěnná nabíjecí stanice tvoří nabídku výkonu okolo 22 kW a 32 A na střídavý proud v nejvyšších výkonových třídách. Při instalaci této nabíjecí stanice je nutné zhodnotit stav současné elektroinstalace v domě. Starší domy nemusejí disponovat vhodným zařízením pro instalaci wallboxu. [17] [18]

Nákupní cena se pohybuje v rozmezí 10 – 60 tisíc Kč v návaznosti na technické parametry a doplňkové funkce. Levnější typy wallboxů jsou schopné dobu nabíjení EM zkrátit až na polovinu původního času v porovnání s nabíjením přes klasickou domovní zásuvku. Nejvýkonnější verze nabíjí s 10x vyšší intenzitou než při použití klasické zásuvky. [17] [18]



Obrázek 8 - Wallbox [38]

### **5.3 Nabíjení ve veřejné síti**

Zahrnuje nabíjení elektromobilu prostřednictvím veřejných nabíjecích stanic a wallboxů. V současné době dochází k aktivnímu rozvoji nabíjecích stanic. Výstavba je podporována politickými podněty a zřizovatelé ve většině případů získávají na zhotovení dotace. Současná nabídka tvoří škálu rychlonabíjecích stanic o výkonu 50 kW, následně pomalejších zařízení s výkony 22 kW. Zastoupení super rychlých nabíječek o výkonu 150 kW se rozvíjí. [17]

Nabíjení ve veřejných stanicích je realizováno střídavým, nebo stejnosměrným proudem. [17]

Vozidlo je nabíjeno hodnotami, které nemusí odpovídat parametrům nabíjecí stanice. Vždy záleží na výrobci EM a konkrétních bateriích, jejich stavu, počasí. [17]

Doba nabíjení, kterou udává provozovatel stanice, se může lišit. Při připojení vozidla k nabíjecí stanici proběhne komunikace s vozidlem. Na základě informací se zvolí vhodný způsob a hodnoty nabíjení vztažené ke konkrétnímu automobilu. Informační panel stanice zpřístupní možnost nabíjení. Po zahájení nabíjecího procesu se konektor zafixuje proti vytažení v průběhu nabíjení. Nabíjení zpočátku probíhá rychle. Při narůstajících hodnotách energie k baterii se výrazně zpomalí průběh nabíjení. Po dosažení maxima se nabíjení zastaví. [17]

Aktivace nabíjení bývá pomocí RFID čipů poskytnuta provozovatelem sítě nabíjecích stanic. Platba může probíhat i jednorázově pomocí platební karty. Během nabíjecího procesu není možné odpojit nabíjené vozidlo. Pouze konkrétní majitel vozu s příslušným čipem stanici odblokuje pro další použití. V případě nabíjecích stanic, kde je nabíjení poskytované zdarma, hrozí úskalí spojené s nechtěným přerušением nabíjecího procesu zapříčiněné cizí osobou. Tento způsob nabíjení není nijak chráněn. [17]

#### **5.3.1 Nabíjení prostřednictvím střídavého proudu (AC)**

Nabíjení střídavým proudem ve veřejné nabíjecí stanici probíhá po připojení k vozidlu pomocí konektorů MENNKES. Palubní nabíječka v automobilu provede komunikaci s nabíjecí stanicí a zvolí vhodné hodnoty nabíjení. Rychlost záleží na dispoziční energii baterie. [17]

#### **5.3.2 Nabíjení prostřednictvím stejnosměrného proudu (DC)**

Nejpoužívanějšími konektory v současné době pro nabíjení jsou CHAdeMO a CCS. DC nabíjecí stanice disponují vysokou rychlostí nabíjení. Jsou schopny dodat

baterii 80 % dispoziční energie v časovém horizontu 30 min. Výkony nabíjecích stanic jsou 22 kW. V tomto případě se jedná o pomalónabíjecí stanice. Dále jsou poskytovány rychlonabíjecí stanice o výkonu 50 kW. Současný směr vývoje, který se snaží zkrátit nabíjení, přináší nabíjecí stanice 150 kW. Nabíjení touto hodnotou zvládá jen malé portfolio nabízených automobilů na trhu. Hlavními problémy super-rychlého nabíjení je přehřívání pohonných baterií. Negativní jev se výrobci snaží eliminovat pokročilým battery managementem a propracovaným systémem chlazení baterií. Výrobce automobilu musí zaručovat bezproblémové nabíjení touto hodnotou. Rychlost nabití je v tomto případě do 10 min. [17]

### 5.3.3 Vize inteligentního nabíjení i - Charge

V případě, kdy místo, které zahrnuje vyšší počet parkovacích míst s nabíjecí stanicí při vyšším počtu nabíjených vozidel, překročí stanovenou mez, automaticky se sníží nabíjecí výkon u jednotlivých stanic a rovnoměrně rozloží nabíjecí výkon. Funkce tohoto systému vyžaduje instalaci zátěžového systému. V případě nenaplnění plné kapacity nabíjecích míst jsou vozidla nabíjena maximálním předepsaným výkonem dle parametrů nabíjecí stanice. [3]



Obrázek 9 - Nabíjecí stanice E-ON 50 kW [Foto: autor]

## 6 Současný stav elektromobility v ČR

Současný stav elektromobility je ve fázi, kdy se nedá s přesností určit, jakým směrem se bude vývoj v této oblasti ubírat. Elektrifikace vozidel ale tvoří velice významný ekvivalent v porovnání se současnými dominantními druhy pohonu. Je tedy důležité se na příchod elektromobility připravit. Situace musí být podporována ze strany státu jasnými postoji ministerstev, politiků a odborníků a vhodným přístupem současných distributorů a dalšího soukromého sektoru, který se v této oblasti může uplatnit. [19] [20]

V České republice je možnost nabíjet EM dle rozdělení nabíječek na 1 - fázové, 2 - fázové a 3 - fázové. Portfolio nabíjecích stanic tedy umožňuje pomalé, rychlé i superrychlé nabíjení. Nabídku nabíjecích stanic na našem území poskytují distributoři ČEZ, E-on, PRE, následně také řada soukromých poskytovatelů. Kompletní nabídku nabíjecích stanic je možno vyhledat ve vztahu k dané lokalitě na webovém portálu [www.evmapa.cz](http://www.evmapa.cz). [19] [20]

Stav nově přihlášených elektromobilů vysoce narůstá. Za rok 2018 bylo registrováno přes 3200 nových elektromobilů. V porovnání s minulými roky je patrné, že nárůst nově přihlášených vozidel na elektrický pohon vysoce vzrostl. V roce 2017 bylo registrováno 1521 nových elektromobilů. V tomto počtu nejsou započítána vozidla s hybridními pohony, která mají podstatně větší zastoupení. Prodeje ojetých elektromobilů též zaznamenávají vyšší růst. Dle informací od společnosti E-on na základě konkrétních měření se na jejich nabíjecích stanicích objevuje značné množství zaznamenaných nabíjení. Síť nabíjecí infrastruktury je aktivně využívána ze strany elektromobilistů. Kromě továrních elektromobilů se na silnicích vyskytují i přestavěná vozidla, původně poháněna spalovacím motorem. [19] [20]

### **Aktuální nabídka nabíjecích stanic dle hlavních distributorů:**

- ČEZ: 81 rychlonabíjecích, 58 pomalonabíjecích
- E-on: 20 rychlonabíjecích, 4 pomalonabíjecí, 1 hub – Vystrkov u Humpolce
- PRE – 5 rychlonabíjecích, 32 pomalonabíjecích [19] [20]

### **6.1 Projekty podpory výstavby nabíjecích stanic**

Projekty na podporu výstavby nabíjecích stanic mají za cíl vytvořit aktivní infrastrukturu. Finanční prostředky jdou z fondů EU. Důležitými projekty, do kterých se zapojili hlavní poskytovatelé nabíjecí infrastruktury v ČR, jsou: Fast E, East E, Next E. [19]

Projekty, které jsou státní, jdou z OPD (Operační program doprava). Na základě této výzvy mají tuzemští distributoři v následujících letech zhotovit 125 nabíjecích stanic. [19]

Pro přihlášení do soutěže o finanční podporu z daných projektů musejí distributoři splnit určité podmínky a následně stavbu nabíjecích stanic dokončit v přesném termínu. Nedodržení smluvních podmínek má za následek odebrání dotace. Projekty zahrnují míru dotace mezi 50 – 85% pořizovací ceny nabíjecí stanice včetně nákladů na její výstavbu. [19]

### **6.1.1 Fast E**

Evropský projekt Fast E, který je aktivní od roku 2016, v rámci Evropy zrealizoval výstavbu 307 nabíjecích stanic do roku 2018. Do projektu se zapojilo Německo, Česko, Slovensko a Belgie. Celkové investice dosahovaly 17,6 milionu EUR. Projekt primárně zahrnoval výstavbu rychlonabíjecích stanic s konektory CCS Combo 2, CHAdeMO a AC s možností doplnění energie na 80 % za 20 min. [21]

Společnost do konce roku 2017 na základě tohoto projektu postavila 15 rychlonabíjecích stanic. [21]

### **6.1.2 East E**

Projekt East E podporovaný fondy EU měl za cíl rozšířit nabíjecí infrastrukturu v Chorvatsku, České republice a na Slovensku. Celková výstavba zahrnovala 62 nabíjecích stanic o výkonu 50 kW. V České republice projekt zainventoval 15 nabíjecích stanic. [22]

### **6.1.3 Next E**

Evropský projekt Next E zahrnuje spolupráci společností E-on (Slovensko, Česká republika, Maďarsko a Rumunsko). Součástí spolupráce je i síť čerpacích stanic pohonných hmot MOL Group. Rozpočet na výstavbu nabíjecích stanic získal finanční podporu v podobě 18,84 milionů EUR. Podpora zahrnuje výstavbu 222 rychlonabíjecích stanic o výkonu 50 kW a 30 ultrarychlých nabíječek o výkonu 150 kW. Do roku 2022 společnost E-on na našem území vybuduje 4 ultra rychlé nabíjecí stanice a 10 rychlonabíjecích. Společnost MOL Group vystaví 2 ultra rychlé a 22 rychlonabíjecích. [23]



## 6.2 Přehled distributorů nabíjecích stanic

### 6.2.1 ČEZ

Společnost ČEZ je v České republice největším poskytovatelem nabíjecí infrastruktury. V současné době je využívání jejich nabíjecích stanic zpoplatněné oproti konkurenčnímu E-Onu, který nabíjení nadále poskytuje zdarma. [24]

Výstavba nabíjecích stanic spadá do projektu /E/ mobility FUTURE/E/MOTION, do kterého jsou angažované ještě další firmy. Hlavní partneři jsou výrobci elektromobilů (Peugeot, ŠKODA, Mercedes-Benz, Opel, Smart a další). První spolupráce ČEZu vznikla s firmou Peugeot v roce 2010. Přínos projektu spočíval ve zjištění úskalí a praktických zkušeností s provozem EM. ČEZ slíbil zhotovit nabíjecí stanice v počtu přesahujícím 150 kusů. Peugeot v rámci tohoto projektu ČEZu poskytl do pronájmu 65 elektromobilů, aby firma mohla adekvátně získávat zkušenosti a aktivně podporovat své produkty. Škoda Auto představila projekt Škoda Octavia Green E. Tento prototyp testovala na nabíjecích stanicích ČEZ. Firma výstavbu nabíjecích stanic zřizovala za pomoci státních orgánů spadajících pod ministerstvo průmyslu a obchodu. Následná podpora byla podnícena ze stran měst. ČEZ se také zapojil do projektu Zelená pro čistou dopravu v Ostravě, kam dodal tři elektromobily. [24]

Pro umožnění nabíjení EM na nabíjecích stanicích ČEZ je nutno si zařídit službu Elektromobilita, jež je zpoplatněná. Při podepsání dané smlouvy zákazník získá RFID čip, se kterým využívá nabíjení. Každé tři měsíce dojde k fakturaci dle aktuálních cen. Cena vyplývá z paušálu, který umožňuje neomezené nabíjení bez ohledu na spotřebovanou energii. [24]

Portfolio nabíjecích stanic ČEZ zahrnuje:

- 1F (230 V)
- 3F (400 V)
- Mennekes: AC nabíjení až 32 A/400 V, 16 A/230 V
- DC 125 A/400 V [24]

Celkový počet:

- 81 DC
- 58 AC [24]



### 6.2.2 E-ON

Společnost E-on oproti konkurenčnímu distributorovi nabíjecích stanic nabízí daleko menší portfolio míst k nabíjení. Projekt E-on na podporu elektromobility se nazývá „Řešení pro mobilitu Elektromobilita“. Vozidla, která společnost provozuje a získává na nich potřebné zkušenosti a různá měření, jsou:

- Užitkový Mercedes-Benz Vito E-Cell
- Smart Fortwo
- Tesla model S
- Tesla Roadster
- Volkswagen e-UP
- Volkswagen e-Golf [24]

Jeden z prvních automobilů, který E-on začal testovat, byl Smart z roku 2010. Projekt Smart mobility, který zahrnuje ve firmě krom elektromobility podporu i alternativních druhů paliv (např. CNG), spolupracuje s různými organizacemi. Záchraná zdravotnická služba v Praze využívá 2 automobily. Zoologická zahrada Praha, operátor Vodafone, ADRA a letiště Brno se podílejí na aktivním testování a využívání EM v praxi při vykonávání nejrůznějších pracovních povinností. E-on dále provozuje na českých silnicích elektrokola, elektroskútry. Spolupráce Českého Krumlova a Českých Budějovic v oblasti elektromobility započala v roce 2010 s městskou policií. Následná podpora ze strany firmy cílí na rozšíření elektrobuseů, které jsou aktivně využívány v Ostravě. Využívání elektrobuseů v Ostravě má za cíl podílet se na aktivním snižování emisí v místní znečištěné lokalitě, kde hlavním zdrojem škodlivých emisí a prachových částic je hutní a slévárenský průmysl. [24]

Cílem společnosti z hlediska podpory elektromobility je výstavba veřejných nabíjecích stanic a nabídka domácích wallboxů. V současné době E-on nabízí nabíjení na svých nabíjecích stanicích zdarma. V budoucnu bude využívat pro úhradu nabíjení RFID čipů, které budou hrazeny formou paušálu za určité období. Následně bude možné hradit nabíjení pomocí mobilní aplikace.

Portfolio nabíjecích stanic E-on:

- 20 DC nabíjecích stanic s výkonem 50 kW
- 4 AC nabíjecí stanice 22 kW
- 1 „hub“ Vystrkov u Humpolce – Supercharger s výkonem 135 kW [24]

### 6.2.3 PRE

Ve společnosti PRE (Pražská energetika) zpracovává projekty E-mobilita. První práce na projektech spojených s čistou mobilitou započaly v roce 2010. Firma obstarala portfolio elektrokol, která půjčovala svým zákazníkům. Prostřednictvím PRE bylo možné získat slevu na pořízení elektrokola. Následujícího roku se nabídka rozrostla o elektroskútry a elektromobily. Pro velký zájem ze strany zákazníků o elektrokola vznikla půjčovna nazvaná PREkolo. Firma má rozpracovaných mnoho projektů pro podporu elektrické mobility. [24] [25]

PRE v okolí Prahy poskytuje nabíjecí stanice zvané ePoint. Vyznačují se rozmanitými typy podobně jako u konkurence. [24] [25]

Typy nabíjecích stanic ePoint PRE:

- STANDARD 230 V
- ePoint PLUS 3F
- ePoint EVO AC, DC [24] [25]

Drtivá většina nabíjecích stanic této společnosti se nachází v Praze. Ve spolupráci s Brnem a Ostravou vznikly nabíjecí stanice i na těchto místech. Projekty realizace nabíjecích stanic započaly v roce 2011 a pokračují dodnes s využitím evropských fondů pro rozvoj elektromobility. [24] [25]

Veškeré nabíjecí stanice firmy PRE je možno dohledat na mapě PREpoint na webových stránkách [www.premobilita.cz](http://www.premobilita.cz). [24] [25]

Platba na nabíjecích stanicích PREpoint není realizována pomocí RFID čipů jako u konkurenčního ČEZu. Při zahájení zpoplatňování bylo možné využívat RFID čip anebo kartu na MHD Lítačka, ale v současnosti se přechází na uživatelsky přívětivější režim úhrady za příslušnou dodávku energie z nabíjecí stanice. Každá nabíjecí stanice je vybavena štítkem s QR kódem. Důležité je mít v mobilním telefonu příslušnou aplikaci, díky které dojde k načtení příslušného QR kódu. Ten identifikuje nabíjecí stanici, zákazníka a zahájí nabíjení. Veškerý systém spojený s platbami zprostředkovává společnost ČSOB. [24] [25]

Portfolio nabíjecích stanic PRE:

- 5 DC stanic
- 32 AC stanic [24] [25]

### 6.3 Nabídka elektromobilů na českém trhu

Nabídka EM na českém trhu je v současné době poměrně rozmanitá. Tempo vývoje a neustálé představování nových vozidel na elektrický pohon přináší v krátkém časovém horizontu změny na trhu, které ovlivní potenciálního zájemce o nový elektromobil. Tempo prodejů se neustále rozrůstá a poptávka je dle informací oficiálních zastoupení značek znatelná. Volkswagen v oficiálním prohlášení slíbil, že představí elektrický Golf, který bude pokrokovější než ten současný a bude s cenou na srovnatelné úrovni jako za diesellovou verzi. Vynikat má především prodlouženým jízdním dosahem a zrychleným nabíjením do 20 min. Podvozek má využívat novou podvozkovou platformu, kterou budou využívat vybrané koncernové automobilky ve svých modelech. Společnost Škoda auto a.s. by měla v příštích letech představit elektrickou verzi modelu Citigo, jehož cena by měla být okolo 400 tisíc Kč. Tento údaj již představuje poměrně relevantní hodnotu motivující ke koupi. Český trh s ojetými elektromobily také zaznamenává výraznější tempo růstu. [3]

V současné době se na tuzemském trhu vyskytují cenově dostupné alternativy od firmy Volkswagen, modely e-UP, e-Golf. Luxusní variantu mezi elektromobily tvoří nabídka od výrobce Tesla, jejíž prodej zprostředkovává Alza.cz. Mezi nejprodávanější a nejoblíbenější patří Nissan Leaf. Zastoupení vozidel, která mají za cíl být co nejvíce ekologická z hlediska použitých materiálů a postupu výroby, dominuje BMW i3. Následující levnější alternativu tvoří Hyundai Ioniq Electric, který v dané kategorii vyniká poměrně zajímavou hodnotou dosahu odpovídající továrním parametrům 280 km. Nejnovějším přírůstkem na českém trhu je Kia Soul EV. V kategorii mini vozů je možné pořídit Aixam E-city Pack. Mercedes - Benz B ED zakončuje nabídku EM na místním trhu. [3] [26]



Obrázek 10 - VW e-UP [Foto: autor]

## **7 Faktory ovlivňující poptávku po elektromobilech**

Faktory ovlivňující poptávku po elektromobilech jsou velmi rozmanité. V nynější době se jedná o jistá zvýhodnění, která motivují ke koupi elektrického vozidla v podobě dotací. V České republice je míra dotací na elektromobil poskytnuta pouze právnickým osobám. Výhodou EM je nízkonákladový provoz. Při nabíjení elektromobilu v domácích podmínkách vychází levně. Současná síť nabíjecích stanic využívá platby za nabíjení prostřednictvím tarifní platby. Umožňuje neomezené nabíjení za stejnou cenu. E-on poskytuje současně době nabíjení zdarma. [28] [27]

Současná společnost má vůči elektromobilně spíše negativní vnímání. Hlavním negativním faktorem je nízká hodnota jízdního dosahu. S tímto faktorem se pojí nabíjení, které vyžaduje delší dobu strávenou u nabíjecí stanice. [28] [27]

Zájem o pořízení elektromobilu je také limitován nabídkou na trhu a cenou. Pořizovací cena elektromobilu se pohybuje v cenách od 600 tisíc Kč a více. Nabíjecí infrastruktura není na vysoké úrovni. Jisté lokality nemají žádné veřejné nabíjecí stanice a nejbližší jsou ve velké vzdálenosti. [28] [27]

Zájem o elektromobily je podmíněn faktem čistě ekonomickým. Při využití dotací pro právnické osoby se míra pořizovací ceny sníží o 250 000 Kč. S využitím této dotace se pořízení elektromobilu stává přívětivějším, protože pořizovací cena se může dostat na podobnou cenu jako u konkurenčního vozidla se spalovacím motorem. [28] [27]

Motivací k pořízení nového elektromobilu může být fakt, že se jedná o nově prosazovanou technologii pohonu vozidla, která nabízí jiný požitok z provozu. Míra účinnosti spalovacího motoru se pohybuje okolo 30 %. Elektromobil má účinnost 90 % a jeho výkonové parametry jsou v porovnání s podobnými kategoriemi tradičních automobilů mnohem zajímavější. Potřeba využívání služeb servisu v pravidelných intervalech odpadá. U nového vozu se jedná pouze o prohlídky, bez nákladnějších služeb. Pořízení elektromobilu je vhodné pro každodenní jízdu po městě i příměstské oblasti s denním nájezdem okolo 100 km. [27] [3] [28]

### **7.1 Predikce vývoje faktorů ovlivňujících poptávku po elektromobilech**

Elektromobilita je část silniční dopravy, která podléhá v současné době vysokému tempu rozvoje. Důležité je stanovit správné a relevantní podmínky pro vstup na trh a zaujmout konečné spotřebitele. K rozvoji poptávky hrají důležitou roli následující faktory. [28] [29]

### **7.1.1 Usměrnování emisí CO<sub>2</sub>**

Oxid uhličitý a jeho emise jsou jedním z hlavních zájmů mezinárodních dohod, které spadají pod Kjótský protokol. Hlavním pohledem EU je, že snižování emisí je hlavním faktorem pro snižování negativních vlivů na životní prostředí. Cíle emisní politiky se promítají do rozhodování konkrétních politických zásahů, nebo opatření, které zajišťují regulaci vyprodukovaných emisí. Primárními producenty škodlivých emisí CO<sub>2</sub> je energetika, průmysl a doprava. [28]

### **7.1.2 Zkvalitňování ovzduší ve městech a jejich okolí**

Rozvoj urbanizace s sebou nese větší podíl obyvatelstva ve městech. Tento jev přináší jedno z hlavních politických zaměření na zvýšení kvality ovzduší, místních vyprodukovaných emisí a škodlivých látek, které nepřispívají ke zvýšení kvality ovzduší. Diskutovaným tématem je také hluk. Emise z dopravních prostředků jsou hlavním znečišťovatelem a jsou významnou věcí pro aktivní řešení nápravy současného stavu. Elektromobilita vyniká čistým a bezemisním provozem bez produkce hluku. Tento fakt, týkající se veškeré populace žijící v oblastech s horšími hodnotami emisí, by měl být jedním z hlavních kritérií pro pořízení elektromobilu. [28]

### **7.1.3 Závislost na ropě**

V současné době je mobilita závislá především na dodávkách ropy. Dodávky ropy jsou v některých případech z politicky nestabilních a rozporuplných zemí. Významným ohrožením je možné přerušení dodávek z těchto zemí a výkyvy cen. Dalším cílem EU je snížit závislost na této komoditě. Elektrinu je možno vyrábět lokálně a teoreticky každý stát může být energeticky soběstačný. [28]

### **7.1.4 Vnímání spotřebitelů ve vztahu k elektromobilům**

Současný stav ohledně kvality ovzduší a dopady ostatních externalit dopravy mají za cíl, že mezi lidmi roste zájem o elektromobily. Kromě elektromobility jsou zájmové i produkty a nejrůznější řešení ke snížení emisí. Hlavní motivace není zaměřena na různá zvýhodnění, nebo dotace poskytované státem. Objevuje se ve větší míře společensky odpovědnější přístup. Dle informací od vybraných dealerů vozidel jsou jejich zákazníci elektromobilitě v jistých případech nakloněni a často se setkávají s dotazy ohledně vývoje a připravovaných modelů s elektrickým pohonem. [28]

V České republice některé firmy využívají elektromobilů jako služebních vozů. Toto začlenění mezi ostatními lidmi ukazuje, že elektromobil se dá využívat obdobně jako tradiční automobil. [28]

### **7.1.5 Přístup výrobců automobilů**

Vývoj v oblasti technologií se snaží eliminovat nízkou hodnotu jízdního dosahu, neboť je stěžejním faktorem pro rozhodování při pořízení elektromobilu. V současné době problematiku s dosahem řeší plug - in hybridní technologie pohonu, která tvoří alternativu mezi čistým elektromobilem a automobilem se spalovacím motorem. Nejvýznamnější výrobci automobilů jsou na růst poptávky připraveni a mají potřebné prostředky poptávku uspokojit. [28]

## **7.2 Klíčové faktory ovlivňující poptávku po EM**

Hlavním kritériem jsou potřeby uživatelů. Spočívají v umožnění mobility, která je limitována různými faktory. Přejít na elektromobilitu vyžaduje jiné vnímání a ochotu přizpůsobit se něčemu odlišnému od tradičních zvyklostí. [28]

### **7.2.1 Jízdní dosah elektromobilu**

Reálný dosah dnešních elektromobilů se v průměru pohybuje v hodnotách okolo 150 km na jedno nabití. Tato skutečnost je pro mnoho spotřebitelů zásadním nedostatkem, protože jejich dopravní trasa nemusí být obsažena nabíjecími stanicemi a výkon jejich případné pracovní činnosti podléhá časovému vytížení. [28]

### **7.2.2 Flexibilita mobility**

Požadavkem provozování vozidel tuzemských spotřebitelů je jistota bezproblémového dojezdu do cílového místa. V případě elektromobilu, kdy při plánování nabíjení na konkrétní nabíjecí stanici je nemožné z důvodu obsazenosti anebo technické závady nabíjecí stanice nabíjet, je řidič ovlivněn a jeho požadavek flexibility je narušen. Elektromobil by tedy primárně plnil funkci druhého vozidla určeného pro krátké dopravní trasy. [28]

### **7.2.3 Přítomnost nabíjecí infrastruktury**

Poptávka po elektromobilech v České republice je ovlivněna nedostatkem nabíjecích stanic. Některá větší města nemají žádné nabíjecí stanice a nejbližší mohou být ve velkých vzdálenostech, kde doprava je limitována dosahem elektromobilu. Dále se k tématu váže nedostatek lokální elektrické energie. To má za následek, že není v určitých místech možné nabíjet najednou několik elektromobilů vyššími výkony. [28]

#### **7.2.4 Obchodní faktory**

Nyní, kdy elektromobily patří v cenových kategoriích k drahým položkám na trhu v odvětví automobilů, je nutné snížení ceny pro podporu zájmu a zvýšení atraktivity o tento segment. V poslední době došlo k razantnímu poklesu cen baterií, což snížilo také cenu elektromobilů. Dalším faktorem je podpora ze strany státu, která by mohla pro zvýšení popularity elektromobilů zavést finanční dotace, kromě právnických osob i na ostatní běžné uživatele. [28]

#### **7.2.5 Praktičnost a image**

Důležitou věcí při rozhodování o koupi automobilu stanovují jeho parametry. Hlavním kritériem českého kupujícího je praktičnost a variabilita použití. S těmito body se váže i image, která je důležitá pro osobitý styl individuálního zákazníka. [28]

#### **7.2.6 Nabíjení elektromobilů**

Rychlonabíjení 22 kW – 135 kW může v lokální síti způsobit přetížení a výpadek. Následné rozšíření nabíjecích stanic limituje provozování elektromobilu. Nabíjení v domácích podmínkách ve starých domech, které jsou vybaveny 10 A jističi, mohou při současném používání s domácími spotřebiči s velkým odběrem způsobit přetížení a výpadek proudu. Nastavení nabíjení na nižší hodnotu má za následek prodloužení doby nabíjení akumulátoru. [28] [3]

#### **7.2.7 Nevěrohodné informace**

Elektromobily se potýkají s různými názory ze strany populace. Ve veřejných zdrojích informací je možné dohledat nepravdivé, či zkreslující informace. Běžného spotřebitele mohou při konečném výběru odradit od koupě. Jistá míra úmyslných informací bránících rozvoji a povědomí o elektromobilitě je velmi častá. [28] [3]

## **8 Rozbor negativních faktorů a návrh opatření ke zvýšení zájmu o elektromobily**

Mnoho faktorů je pro rozvoj elektromobility pozitivních. Vidina spočívá v přísunu velkého množství investic do tohoto odvětví. V současné době nejsou příliš ziskové, ale v budoucnu získají potřebnou prestiž. Potlačení negativních faktorů je spjato také s vnímáním lidí, které je třeba sjednotit a zajistit jim relevantní informace, aby je motivovaly k pořízení elektromobilu. [28] [3]

Nynější doba v oblasti elektromobility nese určité odlišnosti od provozu automobilů se spalovacím motorem. Při provozování EM je třeba změnit jízdní styl, dostatečně plánovat jízdu z důvodu omezeného dosahu. Z hlediska zavedeného využívání automobilů je elektromobil v jistých ohledech komplikovanější na metodiku provozu. Omezený dosah spojený s délkou nabíjení je limitujícím faktorem. Dále vysoká cena oproti tradičním automobilům zákazníka nemotivuje. [28] [3]

V České republice hlavní distributoři nabíjecích stanic budou pokračovat ve výstavbě, aby neustále zajišťovali lepší podmínky pro provozování elektromobilů. Spolupráce distributorů je s vládou, jež zřizuje potřebné dotace na realizaci. Realizace dotací na pořízení elektromobilu by výrazně zvýšila jejich prodejnost. Dále snížení, nebo eliminace jeho nevýhod by v zájmu zákazníku zvýšila svůj podíl. [28]

Veškeré nevýhody se neustále diskutují v tématu trakčních baterií, které jsou zásadní nevýhodou a neumožňují elektromobilu dosahovat dojezdových vzdáleností jako ICE. Pokud by byla u elektromobilu zvolena velkokapacitní baterie, dojezdová vzdálenost se přiblíží akceptovatelné hodnotě, kterou je zákazník ochoten přijmout. Nevýhodou bude velmi dlouhá doba nabíjení. Superchargery nejsou rozšířené a nejčastější typ nabíjecích stanic by nedokázal zajistit potřebnou rychlost nabíjení. Využití baterie s nižší kapacitou nabíjecí proces urychlí, ale elektromobil limituje dojezdovou vzdáleností. [28] [3]

### **8.1 Negativní faktory elektromobilů**

- Vysoká míra pořizovací ceny, zhruba dvojnásobek ICE (cenově nákladná baterie)
- Nízký počet nabízených elektromobilů na tuzemském trhu
- Nevýhodou je vysoká hmotnost (baterie)
- Trakční baterie mají omezenou životnost (opotřebení snižuje jízdní dosah)



- Snížený dosah: provozování je vhodné na krátké vzdálenosti (v současné době je průměrný dojezd okolo 150 km za ideálních podmínek)
- Časově nákladný proces nabíjení
- Nedostačující nabíjecí infrastruktura
- Nízká podpora dotací na pořízení EM od státu
- Nebezpečí vzniku nehody, následné poškození baterie, následný únik jedovatých látek
- Potřeba stavby nabíjecích stanic
- Nedostatečná kapacita lokálních distribučních sítí [28] [3] [24]

### **8.1.1 Dosahová vzdálenost**

Hodnota průměrného jízdního dosahu se zvyšuje. V roce 2011 průměrný dosah tvořil hodnotu 120 km. Vyšší nárůst bylo možné zaznamenat v roce 2017, kdy hodnota dosahovala 183 km. Rok 2018 přinesl novinky, které dle výrobce udávají dojezd okolo 500 km. [28]

Nejčastější dopravní trasy českých řidičů se pohybují okolo 25 km denně. V praxi je nižší hodnota dosahu méně důležitá s přihlédnutím na režim používání silničního vozidla. Dopravní trasy jsou v naprosté většině tvořeny jízdou za zaměstnáním, kdy není potřeba vysokých hodnot dosahu. [28]

#### **Dosah je limitován následujícími faktory:**

- Hmotností vozidla
- Rychlostí a zrychlením
- Způsobem ovládání vozidla řidičem
- Využíváním komfortních spotřebičů (klimatizace, topení) [3] [28]

### **8.1.2 Neochota přizpůsobení změnám**

Řada motoristů je konzervativní a příchod nových druhů pohonu vnímají negativně. Nechtějí si zvykat na záležitosti, které se v jistých ohledech odlišují od jejich tradičních metod. Nutnost plánování jízdy s elektromobilem je klíčová, dále delší doba nabíjení. Tyto faktory omezují rozhodovací schopnosti řidičů a jejich zaměření se stává dominantní ke spalovacímu pohonu vozidel. [3]

### **8.1.3 Vysoká cena elektromobilu**

Ceny v oblasti elektromobilů jsou rozmanité. Jejich konkrétní cenové relace se liší dle typu EM a konkrétního výrobce. Cena elektromobilu ve srovnání s tradičním elektromobilem je zhruba 2x až 3x vyšší. Pořizovací cena elektromobilu s baterií

v rozmezí 20 – 30 kW se pohybuje mezi 600 000 – 980 000 Kč v roce 2018. Výrobci automobilů a ekonomové předpovídají, že snížení cen elektromobilů bude docíleno po roce 2020. Ceny za baterie se podle agentury Bloomberg snižují. Automobilka Volkswagen prohlásila, že představí elektrický Golf na nové podvozkové platformě, takže bude za srovnatelnou cenu jako diesellový. [3] [28]

#### **8.1.4 Distribuční síť**

Distribuční síť byla navržena pro všeobecné využívání, které není přímo zaměřené na nabíjení elektromobilů. Distributoři jsou povinni stanovit podmínky pro připojení k síti elektrické energie. Mají právo i odmítnout. Jedná se o případy, kdy kapacita distribuční sítě v dané lokalitě není dostatečná. Z tohoto důvodu nabíjecí stanice s velkým odběrem elektrické energie nemohou být v každé lokalitě. V domácích podmínkách, kde žijí např. 3 lidé, je teoretická denní spotřeba 5,7 kW denně. Přes noc je tato hodnota např. na 1,5 kW. V této době, kdy distribuční síť není vytížená a disponuje s přebytky elektrické energie, je vhodná k nabíjení. [3]

Komplikovanější situace je na sídlišti bytových komplexů. V těchto lokalitách se objevují problémy s nedostatkem parkovacích míst. Pokud by parkovací místa byla osazena nabíjecími stanicemi, problém s místem spojeným s možností nabíjení by přetrvával a dané lokality by se mohly potýkat s přetížením lokální sítě elektrické energie. [3]

## **8.2 Opatření k podpoře vyššího zájmu o elektromobily**

Návrh k opatření podpory k vyššímu zájmu o elektromobily je stěžejním faktorem. Inspiraci je třeba hledat v ostatních státech. Objektivní zkušenosti s provozem elektromobilů má jen málo uživatelů. Mnoho zákazníků, kteří uvažují o zakoupení elektromobilu má obavy. Elektromobilita je neustále vzdálený pojem limitovaný jistými skutečnostmi. Důležitý krok k navýšení zájmu je vhodná informovanost v celém profilu společnosti. Ke zlepšení povědomí pomohlo začlenění elektromobilů do různých institucí a firem, jež elektromobily využívají ke své pracovní činnosti. [3] [28]

### **8.2.1 Návrhy k opatření na podporu vyššího zájmu o elektromobily**

- Zhotovení zvláštních jízdnic pro autobusy a taxi v městském provozu
- Možnost využití parkovacích míst zdarma v zónách i na veřejných parkovištích
- Zrušení dálničních poplatků

- Umožnění vjezdu EM na základě příslušné dopravní značky (historická centra měst apod.)
- Poskytnutí registrační značky přímo pro elektromobily umožňující čerpání výhod
- Vystavění dostatečného množství nabíjecích stanic
- Informační sekce pro veřejnost a okolí
- Špatný stav ovzduší. Zákaz vjezdu spalovacích automobilů do center měst
- Kritický stav emisí CO<sub>2</sub>: změna klimatu
- Dostupnost elektromobilů za srovnatelnou cenu se spalovacími vozidly
- Výhoda v jednoduchém provozu bez potřeby pravidelného servisu
- Levný provoz
- Omezování těžby ropy, které přinese výrazné zvýšení cen pohonných hmot
- Přísun elektrické energie z bezemisních zdrojů
- Nižší ceny EM, podnícené výrobci
- Podpora ze strany státu příslušnými dotacemi
- Možnost nabíjení fotovoltaikou v domácích podmínkách za předpokladu, že finanční prostředky vložené do technologie získají rychlou návratnost [28] [3] [24]

### **8.3 Podpora ze strany státu v České republice**

#### **8.3.1 Dotace na pořízení elektromobilu – Nízkouhlíkové technologie**

Dotační program nízkouhlíkové technologie umožňuje zájemcům (právnícké osoby, firmy) poskytnout dotaci na pořízení elektromobilu v rozmezí 55 – 75 % pořizovací ceny. Tento program podporuje podniky, jejichž cílem je využívání technologií ke snížení počtu emisí. [30]

Dotace se vztahuje na zakoupení EM, výstavbou nabíjecích stanic (výhradně pro soukromé užívání). Dále se dotace vztahuje na investice v oblasti akumulace energie. [30]

#### **8.3.2 Speciální RZ pro elektromobily a hybridy**

Silniční zákon přináší novinku v podobě novely, která přinese možnost pořízení speciální dopravní značky primárně určené pro elektromobily a hybridy. Novinka nabývá v platnost od 01. 10. 2018, ale oficiálně se začne uplatňovat od 01. 04. 2019. Důvodem zdržení je nutnost přípravy, výroby a zprostředkovávání dle informací od MDČR. [32]

Vlastníci EM a hybridních vozidel, která produkují emise do 50 g CO<sub>2</sub>/km si mohou zažádat o registrační značku označena „EL“. Registrační značka bude umožňovat řadu výhod. Dopravní značka bude zdarma pro všechny zájemce, kteří splňují požadavky. Speciální registrační značka nebude povinná. Výhody jejího vlastnictví budou znatelné v budoucnu. Ministerstvo plánuje úlevu pro držitele značky od silničních poplatků. Dále využívání parkovacích míst zdarma, kde jsou jinak placené. [32]

V současné době elektromobily v Praze mohou parkovat na placených zónách za 100 Kč ročně. [32]

### **8.3.3 Vize veřejné služby sdílených elektromobilů**

Důvodem jednání v radách měst ohledně elektromobility jsou problémy s kvalitou ovzduší, které má problémy s prachovými částicemi, emisemi a smogem. V České republice se velká část energie vyrábí v tepelných elektrárnách. To s sebou nese, že energie na pohon elektromobilu není přímo z čistých zdrojů. [31]

Hlavní město Praha elektromobilitu podporuje. Zveřejnila koncept nazvaný Smart Prague. Je založen na chytré mobilitě bez emisí a výrazném snížení dopravy ve městě. Praha se snaží ve velké míře zvýšit podíl nabíjecích stanic. Do konce roku 2019 by dle informací z magistrátu hlavního města mělo být vybudováno 50 rychlonabíjecích a 9 středně rychlých nabíjecích stanic. [31]

Tato podpora je pro stávající i budoucí majitele motivující informace. Od roku 2020 chce hlavní město Praha zprovoznit projekt na sdílení elektromobilů. Systém bude fungovat tak, že vozidlo bude možné vyzvednout kdekoli po Praze a vrátit v odlišné lokalitě města. [31]

Hlavní cíl projektu spočívá ve vytvoření podmínek pro rozvoj elektromobility, která má tvořit alternativu dopravy. Důvody zavedení spočívají ve velké hustotě provozu. Dle studií na 1000 lidí připadá 621 vozidel. V porovnání s Londýnem, na stejný počet lidí je 327 vozidel. V New Yorku 246 automobilů.

Před samotným začátkem carsharingu chce Praha dořešit infrastrukturu nabíjení a připravit vhodné podmínky pro provoz. [31]

## 9 Praktická část

Praktická část zahrnuje poznatky z reálného provozování elektromobilů. Cílem bylo posoudit vlivy stylu jízdy na spotřebu vozidla a znázornit výsledné hodnoty průměrné spotřeby a úbytku energie baterie. K danému měření byla vybrána určitá dopravní trasa, na níž bylo možné získat potřebná objektivní data. Měření probíhalo od počátečního bodu do cílového a zpět.

Před každým započatým měřením byla vymazána data z palubního počítače, aby se docílilo konkrétního měření.

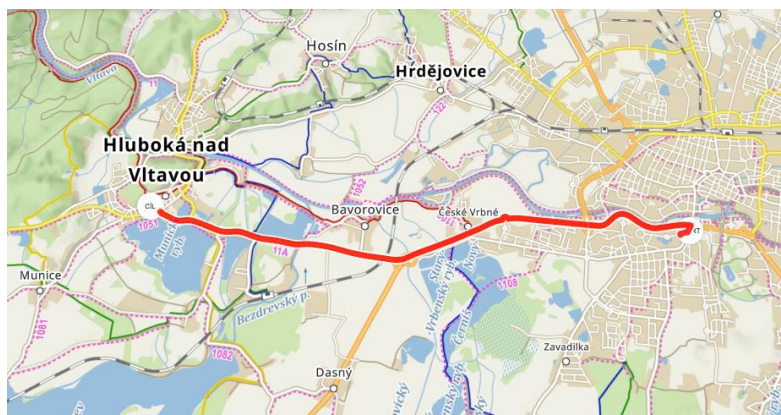
Jízda probíhala ve dvou jízdních režimech. První režim spočíval v klidném a hospodárném provozu. Druhý režim zahrnoval agresivnější styl jízdy s prudkými akceleracemi. Oba režimy podléhaly maximálním povoleným rychlostem v daných lokalitách stanovených zákonem a respektováním vlivu prostředí na bezpečnost provozu. U všech testovaných vozidel se využíval ekonomický režim, rekuperace a byly vypnuté systémy komfortu (topení a rádio).

Následně byla vozidla nabíjena v domácích podmínkách a na veřejné nabíjecí stanici E-on 50 kW. Zkoumal se čas potřebný na nabíjení a nabíjecí výkon v konkrétních případech za určitých podmínek.

### 9.1 Dopravní trasa

Dopravní trasa s počátkem na Výstavišti v Českých Budějovicích dále pokračovala do Hluboké nad Vltavou. Byla vybrána z důvodu kombinace městského, příměstského a mimoměstského provozu, aby se co nejreálněji docílilo hodnot skutečné průměrné spotřeby v kombinovaném provozu.

Trasa byla absolvována s příjezdem na cílové místo a zpět na počáteční po totožné dopravní komunikaci. Jeden cyklus odpovídal hodnotě ujetých 18,6 km.



Obrázek 11 - Popis dopravní trasy [40]

## 9.2 Nissan Leaf

V současné době se jedná o nejprodávanější elektromobil na trhu. Je i prvním uznávaným elektromobilem v USA.

Při testu Leaf vynikal výbornými jízdními vlastnostmi. Na plné nabití se jízdní dosah při teplotách zhruba 5 °C pohyboval v hodnotách 115 km. Automobil byl z roku 2013 a aktuální nájezd činil lehce přes 34 tisíc km.

Užitkové parametry jsou srovnatelné s běžnými automobily dané třídy. Ovládací panely palubního počítače jsou přehledné a zobrazují informace, které konkurenční elektromobily nepodporují (např. ukazatel kondice baterie).



Obrázek 12 - Testovaný vůz Nissan Leaf [Foto: autor]

Tabulka 2- Technická data Nissan Leaf [38]

Technická data Nissan Leaf	
Rok výroby	2013
Jízdní dosah NEDC [km]	250
Spotřeba energie [kWh.100 km <sup>-1</sup> ]	15
Výkon [kW]	80
Baterie [kWh]	30
Točivý moment [Nm]	254
Maximální rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]	144
Zrychlení 0-100 km.h <sup>-1</sup> [s]	11,5
Pohotovostní hmotnost [kg]	1536
Součinitel odporu	0,29

### 9.2.1 Naměřené hodnoty

Měření probíhalo na předem stanovené dopravní trase. Venkovní teplota při testu byla 0 stupňů Celsia. Provoz odpovídal standardnímu vytížení.

**Tabulka 3 - Měření Nissan Leaf**

<b>Měření Nissan Leaf</b>	
Klidný režim jízdy	
Stav baterie (počátek-cíl)	58 % až 42 %
Průměrná spotřeba [kWh.100 km <sup>-1</sup> ]	13,2
Průměrná rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]	46
Agresivní režim jízdy	
Stav baterie (počátek-cíl)	42 % až 24 %
Průměrná spotřeba [kWh.100 km <sup>-1</sup> ]	16,5
Průměrná rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]	51

### 9.3 Volkswagen e-UP

Volkswagen e-UP je druhým zastoupeným elektromobilem od Volkswagenu. Je k dispozici současně s modelem e - Golf. V budoucnu na stejné platformě s e-UP se bude produkovat elektromobil od koncernových značek Seat Mii a Škoda Citigo.

Elektromobil při testu vykazoval velmi dobré jízdní vlastnosti. Výkon motoru s výborným ovládním vozidla tvoří vyvážený celek. Systém umožňuje nastavení několika režimů rekuperace a informace o jízdních datech jsou přehledně zobrazovány na obrazovce umístěné na středu přístrojové desky.



Obrázek 13 - VW e-UP [Foto: autor]

Tabulka 4 - Technická data VW e-UP [39]

Technická data VW e-UP	
Rok výroby	2018
Jízdní dosah NEDC [km]	160
Spotřeba energie [kWh.100 km <sup>-1</sup> ]	11,7
Výkon [kW]	60
Baterie [kWh]	18,7
Točivý moment [Nm]	210
Maximální rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]	130
Zrychlení 0-100 km.h <sup>-1</sup> [s]	12,4
Pohotovostní hmotnost [kg]	1214
Součinitel odporu	0,308



### 9.3.1 Naměřené hodnoty

Automobil byl při testu provozován v totožných jízdních podmínkách jako předchozí testovaný elektromobil. Venkovní teplota se pohybovala okolo 5 °C. Provoz byl ve standardních hodnotách.

**Tabulka 5 - Měření Volkswagen e-UP**

<b>Měření VW e-UP</b>	
Klidný režim jízdy	
Stav baterie (počátek-cíl)	99 % až 80 %
Průměrná spotřeba [kWh.100 km <sup>-1</sup> ]	14,1
Průměrná rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]	44
Agresivní režim jízdy	
Stav baterie (počátek-cíl)	80 % až 62,5 %
Průměrná spotřeba [kWh.100 km <sup>-1</sup> ]	14,3
Průměrná rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]	52

## 9.4 Nabíjení testovaného elektromobilu Nissan Leaf

Nabíjení testovaného elektromobilu probíhalo jak v domácích podmínkách z domovní zásuvky, tak i na veřejné nabíjecí stanici od výrobce ABB distributora E-on o výkonu 50 kW.



Obrázek 14 - Nabíjení elektromobilu Nissan Leaf [Foto: autor]

### 9.4.1 Nabíjení v domácích podmínkách

- Počátek 18:20 s hodnotou 38 % energie baterie
- Konec 8:30 následujícího dne s hodnotou energie baterie 100 %
- Během první hodiny nabíjení od 18:20 – 19:20 energie narostla z 38 % na 50 %

Nabíjení probíhalo přes příslušný originální nabíjecí kabel z klasické domovní zásuvky.

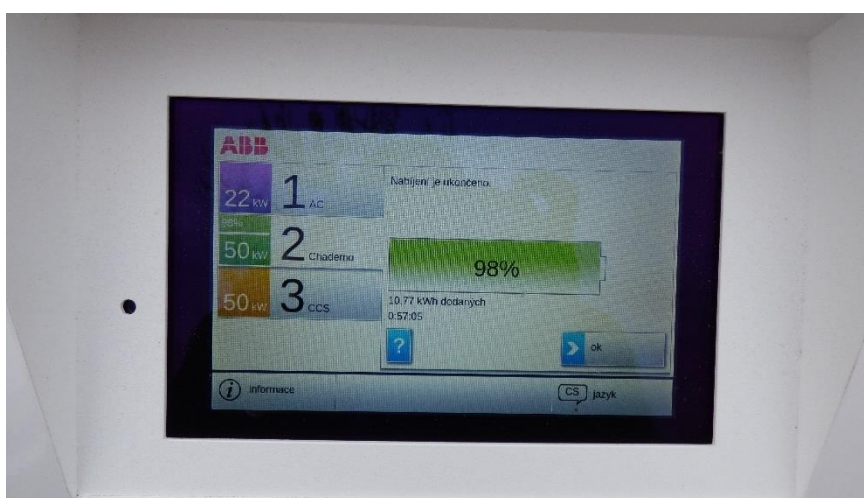
### 9.4.2 Nabíjení ve veřejné síti

Nabíjení probíhalo na nabíjecí stanici E-on 50 kW. U elektromobilu Leaf byl použit konektor CHAdeMO. Stejnoseměrné nabíjení DC.

- Počátek nabíjení 13:20 s hodnotou 30 % energie baterie
- Konec nabíjení 14:16 s hodnotou 98 % energie baterie (v této hodnotě nabíjecí stanice sama ukončila proces)
- Při nabíjecím procesu bylo dodáno 10,77 kW za 57,05 min



**Obrázek 15 - Nabíjení elektromobilu Leaf [Foto: autor]**



**Obrázek 16 - Nabíjení elektromobilu Leaf 2 [Foto: autor]**

## 10 Diskuse

Současný stav elektromobility v České republice vykazuje stav, který nedosahuje připravenost v daném odvětví tak, jako je tomu v okolních státech EU. Současní uživatelé klasických automobilů jsou vůči elektromobilitě skeptičtí a míra zkreslených informací v jistých ohledech zhoršuje pověst elektromobilů. V průběhu tvorby BP bylo zjištěno, že v České republice je nedostatečná infrastruktura nabíjecích stanic. Jejich výstavba pokračuje poměrně rychlým tempem, ale nedokáže uspokojit představy budoucích majitelů elektromobilů a ani poptávku a vytížení, které by majitelé elektromobilů potřebovali pro komfortní provoz elektromobilu. Následně na základě zjištěných dostupných informací zpracovaných z internetu a studijních materiálů vyplývá, že poptávka po elektromobilech je limitována vysokou cenou elektromobilu, která v mnoha případech převyšuje cenu automobilu se spalovacím motorem ve srovnatelné kategorii o více než 50 %. Faktory ovlivňující poptávku po EM tedy závisí na vysoké ceně a problematice spojené s nedostatečnou nabíjecí sítí.

V praktické části bylo při testování dvou elektromobilů zjištěno, že hmotnost elektromobilu je limitující energetická veličina, která zásadním způsobem ovlivňuje konečnou spotřebu elektrické energie. Při testu bylo dosaženo závěru, že elektromobil VW e-Up s nižší hmotností oproti druhému testovanému elektromobilu Nissan Leaf při agresivním stylu jízdy vykazoval mírně zvýšenou spotřebu elektrické energie. U druhého testovaného vozu nárůst spotřeby byl výraznější. Ze zjištěných informací vyplývá, že ekonomický provoz a hospodárnost nezávisí primárně na jízdních stylech a povaze obsluhy vozidla, ale hlavním energetickým prvkem je hmotnost, spojená s velikostí vozidla a jeho konstrukcí.

## 11 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zjištění současného stavu elektromobility v České republice a stanovení klíčových faktorů ovlivňujících poptávku po elektromobilech. Následná praktická část znázornila dle zjištěných hodnot, že důležitým energetickým prvkem při provozu vozidel je hmotnost a konstrukce.

V průběhu tvorby práce bylo zjištěno mnoho teoretických informací a cenné praktické zkušenosti spojené s provozem a problematikou jízdního dosahu elektromobilu. Následné zkušenosti byly spjaty s veřejnými nabíjecími stanicemi a nabíjením v domácích podmínkách. Dle nastudovaných informací vyplývá, že současný stav elektromobility se potýká s mnoha problémy primárně spojenými s vysokou pořizovací cenou a nedostatečnou infrastrukturou nabíjecích stanic, které v některých větších městech vůbec nejsou.

Podpora vyššího zájmu o elektromobily je limitována podporou ze strany státu. V nynější době existují v České republice dotace na pořízení elektromobilu, které jsou prozatím jen pro firmy. Následný rozvoj podpory čisté mobility bude v podobě speciálních registračních značek, které pro majitele elektromobilů a vozidel s hybridní technologií přinesou jisté výhody, které je budou motivovat k provozování elektromobilu. Při praktické části byly využity dva jízdní režimy, které spočívaly v klidné a agresivní jízdě, vždy s plným respektováním dopravních předpisů. Agresivní jízda zahrnovala, prudké akcelerace a předjíždění. V rámci testu vyplynulo zjištění, které znázorňuje hmotnost jako limitující faktor ovlivňující spotřebu energie.

Z rozborů faktorů ovlivňujících zájem o elektromobily a z praktických měření vyplývá, že pro první fázi rozvoje elektromobility (zvýšení počtu nově registrovaných elektromobilů) v ČR se jeví optimální elektromobil s hmotností do 1360 kg, vybaven baterií s energií 30 kWh, s jízdním dosahem na jedno nabití 220 km, s průměrnou spotřebou 12,5 kWh energie na 100 km, jehož cena by byla do 360 tisíc Kč. Tento optimální elektromobil bude zároveň splňovat požadavek na snížení hodnot přímých a nepřímých emisí CO<sub>2</sub> při současném energetickém mixu v ČR. Současně mohou být na trhu k dispozici luxusní a velké elektromobily (s hmotností nad 1800 kg) se spotřebou energie vyšší než 19,5 kWh, který sice nemá význam pro snížení CO<sub>2</sub>, protože nepřímé emise při výrobě elektrické energie jsou vysoké, ale lze očekávat, že majitelé těchto elektromobilů budou nabíjet pomocí domácí fotovoltaiky, čímž dojde ke snížení hodnot nepřímých emisí.

## 11 Seznam použité literatury

- [1] *A Short History of Electric Vehicles* [online]. [cit. 2019-01-16]. Dostupné z: [https://vision.zf.com/site/magazine/en/articles\\_9473.html](https://vision.zf.com/site/magazine/en/articles_9473.html)
- [2] *Co je elektromobilita* [online]. [cit. 2019-01-20]. Dostupné z: <http://www.smartev.cz/cz/co-je-elektromobilita/>
- [3] Celjak, I.: *Předmět Konstrukce a provoz vozidel: přednášky, učební materiály* Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky, ZF, JČU České Budějovice, 2018;
- [4] *Hybridní pohon* [online]. [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <https://tema.novinky.cz/hybridni-pohon;>
- [5] *Hybridní pohony aneb není hybrid jako hybrid: Čím se liší plug-in hybrid od mild hybridu a full hybridu?* [online]. [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/hybridni-pohony-plug-in-hybrid-mild-hybrid-full-hybrid-123123>
- [6] JANOUSEK, Bc. *Radek. Ekonomické a systémové aspekty elektromobilů* [online]. Praha, 2014 [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/23847/F3-DP-2014-Janousek-Radek-prace.pdf>. Diplomová práce. České vysoké učení technické Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd. Vedoucí práce Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
- [7] *E-REV* [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/e-rev;>
- [8] *Není hybrid jako hybrid. Čím se jednotlivé systémy liší?* [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/neni-hybrid-cim-jednotlive-systemy-lisi-100314>
- [9] SANDÉN, Björn a Pontus WALLGREN. SYSTEMS PERSPECTIVES ON ELECTROMOBILITY [online]. 2014. Göteborg: Chalmers University of Technology, 2014 [cit. 2019-02-10]. ISBN ISBN 978-91-980973-9-9. Dostupné z: [http://www.chalmers.se/en/areas-of-advance/energy/Documents/Systems%20Perspectives%20on/Systems\\_Perspectives\\_on\\_Electromobility\\_2014\\_v2.1.pdf](http://www.chalmers.se/en/areas-of-advance/energy/Documents/Systems%20Perspectives%20on/Systems_Perspectives_on_Electromobility_2014_v2.1.pdf)
- [10] GRAUERS, Anders, Steven SARASINI a Magnus KARLSTRÖM. WHY ELECTROMOBILITY AND WHAT IS IT? [online]. 2013. Göteborg: Chalmers University of Technology, 2014 [cit. 2019-02-14]. ISBN ISBN 978-91-980973-1-3.

Dostupné

z:

[http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/211430/local\\_211430.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/211430/local_211430.pdf)

[11] MATELA, Petr. Studie pohonu elektromobilu [online]. Brno, 2011 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z:

[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=40211](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=40211).

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Martin Solař.

[12] *Princip stejnosměrných motorů* [online]. [cit. 2019-02-25]. Dostupné z:

<https://elektrika.cz/data/clanky/princip-stejnosmernych-motoru>

[13] *Elektromotory* [online]. [cit. 2019-02-25]. Dostupné z:

<http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=elektromotory&site=doprava>

[14] ŠTVÁN, Vojtěch. Návrh bezkartáčového stejnosměrného motoru [online]. Plzeň, 2012 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z:

<https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/5285/1/BP.pdf>. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická.

[15] *Trakční vlastnosti elektromobilu* [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z:

[http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT\\_úloha5\\_2017\\_18\\_elektromobil.pdf](http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT_úloha5_2017_18_elektromobil.pdf)

[16] *Co nahradí lithium? Hledá se náhrada pro baterie budoucnosti* [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z:

<http://www.hybrid.cz/co-nahradi-lithium-hleda-se-nahrada-pro-baterie-budoucnosti>

[17] *Vše, co potřebujete vědět o nabíjení elektromobilu* [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z:

<https://www.alza.cz/vse-o-nabijeni-elektromobilu>

[18] *Wallboxy PRE – nástěnné nabíjecí stanice* [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/cs/sluzby/premobilita/wallboxy-pre-nastenne-nabijeci-stanice/>

[19] *Konference Elektromobilita 2018 nastínila vize pro ČR a Evropu v číslech* [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/konference-elektromobilita-2018-nastinila-vize-pro-cr-a-evropu-v-cislech-2393>

[20] *E-on připravuje dobíjecí stanice podél českých dálnic* [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z:

<http://www.petrol.cz/aktuality/eon-pripravuje-dobijeci-stanice-podel-ceskych-dalnic-6746.aspx>

- [21] *Fast E* [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z:  
<http://www.fast-e.eu/be-de/>
- [22] *East E* [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <http://easte.eu/>
- [23] *Fast E* [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://next-e.eu/>
- [24] KOTT, Jakub. Elektromobilita v ČR [online]. Praha, 2014 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://www.fel.cvut.cz/education/prace/00025.pdf>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Ing. Miroslav Vítek, CSc.
- [25] *Wallboxy PRE* [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z:  
<https://www.premereni.cz/cs/sluzby/premobilita/wallboxy-pre-nastenne-nabijeci-stanice/>
- [26] *Kolik stojí nejlevnější elektromobil? Cena vás překvapí* [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z:  
<https://www.eon.cz/radce/kolik-stoji-nejlevnejsi-elektromobil-cena-vas-prekvapi>
- [27] *Přehled dotací 2019* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z:  
<https://www.skrblik.cz/rodina/dane-a-statni-podpora/dotace/>
- [28] *Národní akční plán čisté mobility* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z:  
<http://www.elektromobily-os.cz/sites/elektromobily-os.cz/files/Národní%20akční%20plán%20čisté%20mobility.pdf>
- [29] *Faktory ovlivňující volbu dopravního prostředku městského obyvatelstva – přehled stavu poznání* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z:  
<http://poladprahu.cz/uploads/assets/Faktory%20ovlivňující%20volbu%20dopravního%20prostředku%20městského%20obyvatelstva%20-%20přehled%20stavu%20poznání.pdf>
- [30] *Nízkouhlikové technologie* [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z:  
<https://www.prehleddotaci.cz/operacni-program/oppik/dotace-elektromobily/>
- [31] *Praha chystá veřejnou službu sdílených elektromobilů* [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z:  
<https://www.garaz.cz/clanek/praha-chysta-verejnou-sluzbu-sdilenych-elektromobilu-21001065?seq-no=4&dop-ab-variant=8&source=article-detail>
- [32] *Elektromobily a hybridy dostanou speciální spz s výhodami* [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z:  
<https://www.garaz.cz/clanek/elektromobily-a-hybridy-dostanou-specialni-spz-s-vyhodami-21001153?dop-ab-variant=9&seq-no=3&source=hp>



- [33] *Historie elektromobility* [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z:  
<http://www.elektromobilita.cz/cs/o-nas/historie-elektromobility.html>
- [34] *Bosch's electromobility strategy at a glance* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z:  
<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/boschs-electromobility-strategy-at-a-glance-147072.html>
- [35] *Jak funguje elektromobil? Technika se vyvíjí, ale moc nemění* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyvi-ji-ale-moc-nemeni-2399>
- [36] *No more wet batteries: Imec makes breakthrough in electric car technology* [online]. [cit.2019-03-10]. Dostupné z: <http://www.flanderstoday.eu/no-more-wet-batteries-imec-makes-breakthrough-electric-car-technology>
- [37] *Wallbox: All-in-One-Paket von Nissan und E.ON* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z:  
<https://www.autozukunft.de/elektro/wallbox-all-in-one-paket-von-nissan-und-e-on/4566/>
- [38] Reklamní literatura Nissan 2017
- [39] Reklamní literatura Volkswagen 2018
- [40] [Mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## 12 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Trouvé tricykle. [1] .....	14
Obrázek 2 - BMW i3 S. [Foto: autor] .....	16
Obrázek 3 - Vize budoucí čisté elektrické mobility. [34] .....	66
Obrázek 4 - Trakční elektromotor a invertor. [36] .....	20
Obrázek 5 - Invertor Nissan Leaf. [Foto: autor] .....	21
Obrázek 6 - Trakční baterie Nissan Leaf. [37] .....	22
Obrázek 7 - Nabíjení elektromobilu BMW i3 S. [Foto: autor].....	26
Obrázek 8 - Typy nabíjecích konektorů. [17] .....	27
Obrázek 9 – Wallbox. [38] .....	28
Obrázek 10 - Nabíjecí stanice E-ON 50 kW [Foto: autor] .....	30
Obrázek 11 - VW e-UP [Foto: autor] .....	36
Obrázek 12 - Popis dopravní trasy [40] .....	46
Obrázek 13 - Testovaný vůz Nissan Leaf [Foto: autor] .....	47
Obrázek 14 - VW e-UP [Foto: autor] .....	49
Obrázek 15 - Nabíjení elektromobilu Nissan Leaf [Foto: autor] .....	51
Obrázek 16 - Nabíjení elektromobilu Leaf [Foto: autor] .....	52
Obrázek 17 - Nabíjení elektromobilu Leaf [Foto: autor] .....	52

## **13 Seznam tabulek**

Tabulka 6 - Alternativy trakčních baterií [16].....	25
Tabulka 7- Technická data Nissan Leaf [38].....	47
Tabulka 3 - Měření Nissan Leaf.....	48
Tabulka 4 - Technická data VW e-UP [39].....	49
Tabulka 5 - Měření Volkswagen e-UP.....	50

## 14 Seznam zkratek

%	procento
°C	stupeň Celsia
EM	elektromobil
Kč	koruna česká
Kg	kilogram
km.h <sup>-1</sup>	kilometr za hodinu
kWh	kilowatthodina
km	kilometr
kW	kilowatt
Nm	Newton metr
V	volt
s	sekunda
A	ampér
AC	střídavý proud
DC	stejnoseměrný proud

## **15 Přílohy**

### **15.1 Příloha 1**

#### **15.1.1 Pohon spalovacím motorem (ICE)**

Jedná se o dominantní globálně rozšířený dopravní prostředek. Ke svému pohonu využívá paliva z fosilních zdrojů. U automobilů jsou paliva v podobě benzínu, nafty, zemního plynu apod. Vyznačují se složitějším technickým řešením oproti elektromobilům. Technické řešení zahrnuje velké množství komponent, které podléhají vyšší servisní náročnosti. Pro pohon motoru je nezbytný motorový olej, který podléhá intervalům výměny předepsaných výrobcem. Provoz ICE způsobuje produkci emisí škodlivých k životnímu prostředí a tvorbě skleníkových plynů. Jedná se o zastaralý typ zdroje energie pro pohon dopravních zařízení. Budoucností rozvoje mobility je úplné vytlačení ICE a nahrazení plně elektrifikovanými vozidly. [3]

#### **15.1.2 Hybridní pohon HEV**

Hybridní pohon je typ pohonu, který využívá kombinace více typů pohonu. Jeho variace mohou být: spalovací motor spojený s elektromotorem a akumulátorem, palivový článek – elektromotor – akumulátor apod. [4]

Mezi nejčastější druhy hybridního pohonu patří spalovací motor pracující společně s elektromotorem a obsaženou trakční baterií. [4]

Hlavním kritériem pro tvorbu hybridních pohonů je nízká účinnost spalovacích motorů, které dosahují účinnosti v nejlepších případech okolo 40% v ideálních podmínkách. Tyto podmínky se v běžném provozu dají složitě zajistit, tudíž účinnost je ve skutečnosti ještě nižší. Dalším kritériem je zmírnění neefektivní práce motoru. Jedná se o případ běhu spalovacího motoru na volnoběžné otáčky. V této fázi motor spotřebovává palivo, ale spotřebovanou energii nemění na pohyb vozidla. [4]

Spalovací motor v hybridním vozidle musí být mechanicky, pomocí převodového ústrojí, spojen s koly. Slouží zde jako generátor elektrické energie při jízdě, tak i v neefektivním režimu běhu na volnoběh. Může sloužit pro pohon elektromotoru, nebo generovat elektrický proud pro nabíjení akumulátorů. [4]

Elektromotor je zde nejčastěji umístěn přímo v kolech anebo pohání konkrétní nápravu. Jeho činnost se využívá, kdy spalovací motor pracuje v neefektivních režimech, jako je akcelerace, uvedení vozidla do pohybu apod. Elektromotor je nižší výkonové třídy. Trakční baterie bývá tvořena Li-ion články s nižší kapacitou oproti EM.

Hybridní pohon se dále dělí dle uspořádání pohonného ústrojí:[4] [6]

### **Sériový hybridní pohon:**

Uspořádání pohonného ústrojí u sériového hybridního pohonu spočívá v uložení spalovacího motoru a elektromotoru za sebou. Funkčnost tohoto systému se blíží elektromobilu. Spalovací motor zde plní funkci generátoru elektrické energie pro elektromotor a dodávání energie do trakční baterie. V případě potřeby vysokého výkonu systém umožňuje čerpat energii najednou z generátoru i baterie. Koncepce umožňuje použití jednoho, nebo více elektromotorů. Zvláštností je, že spalovací motor není přímo připojen na kola. V tomto případě běží v optimálním chodu při rozmanitých režimech jízdy. Tímto rapidně klesá spotřeba energie a lze dosáhnout vyšší teoretické účinnosti pohonného ústrojí. [5] [6] [8]

Zástupci: Chevrolet Volt, Opel Ampera

### **Paralelní hybridní pohon:**

Hlavním rysem paralelního hybridního pohonu je uspořádání vedle sebe. Spočívá to v umístění spalovacího motoru a elektromotoru v řadě. Rozdílem oproti sériovému hybridnímu pohonu je, že spalovací motor se přímo podílí na přenosu kroutícího momentu na kola. K přenosu výkonu na kola využívá převodové ústrojí s redukčním převodem. Pomocí redukčního převodu kola pohání elektromotor. U paralelního hybridu je elektromotor a spalovací motor brán jako jeden celek. V případě sériového pohonu oba motory tvoří rozdílná zařízení.

Funkce paralelního pohonu dokáže využít čtyř režimů pohonu:

- Elektromotor
- Kombinace elektromotor a spalovací motor (hybridní pohon)
- Nabíjení akumulátoru
- Rekuperace energie

Zástupci: Honda Insight, Mercedes Benz S 400 hybrid) [5] [6] [8]

### **Kombinovaný hybridní pohon:**

Jedná se o technicky náročné řešení, které spočívá ve spojení sériového a paralelního hybridu. Princip zahrnuje funkci pohonu obou hnacích motorů najednou (elektromotor, spalovací motor). Celek tvoří tzv. hybridní převodovku, která je tvořena ze spalovacího motoru, motoru-generátoru a elektromotoru. Tvoří planetové převodové ústrojí se třemi anebo čtyřmi satelity.

Zástupci: Toyota HSD, Ford Mondeo HEV [5] [6] [8]

#### **15.1.3 Hybridní pohon s baterií nabíjenou ze sítě (PHEV)**

Plug-in hybridní technologie pohonu využívá k uvedení automobilu k pohybu spalovací motor i elektromotor. Elektromotor je poháněn trakční baterií Li-ion, kterou je možné nabíjet přímo ze zásuvky elektrické sítě. Tento systém tvoří mezičlánek mezi klasickými hybridy a elektromobily a umožňuje provoz vozidla čistě na elektřinu s dojezdovou vzdáleností v jednotkách desítek kilometrů. Městský provoz, při kterém spalovací motor pracuje v neefektivním režimu, je zastoupen elektrickým pohonem bez produkce emisí. V situacích, kdy vozidlo překonává dlouhou dopravní trasu anebo výkon elektromotoru a trakční baterie není dostačující, spustí se spalovací motor, který je přímo spojen s koly a zastoupí svou funkcí elektrický pohon. Systém umožňuje i kombinace obou pohonů. Elektromotor může spalovacímu motoru vypomáhat svým výkonem například při stavech uvádění vozidla do pohybu z nulové rychlosti anebo při akceleraci. Hybridní pohon s baterií nabíjenou ze sítě pro nabíjení baterií využívá systémů rekuperace.

Zástupci: Kia Optima Plug-in hybrid [5] [8]

#### **15.1.4 Elektrický pohon s prodlouženým dojezdem (REV)**

Systém elektrického pohonu s prodlouženým dojezdem E-REV využívá trakční elektromotor a spalovací motor, který tvoří celek s generátorem elektrického proudu. Hnací nápravy jsou poháněny jen elektromotorem. Při provozu na kratší vzdálenosti je energie získávána z palubních akumulátorů. Delší vzdálenosti zahrnují čerpání energie ze spalovacího motoru. [7]

Konstrukce ústrojí je navržena tak, aby při určitém jízdním režimu byla kapacita a výkon baterií dostačující a eliminovalo se možné spuštění spalovacího motoru. [7]

Čerpání energie se zajišťuje z lithium-iontových článků. Do určité rychlosti je vozidlo schopno s maximální akcelerací jet čistě na elektřinu. V situaci, když dojde

k vyčerpání elektrické energie z trakční baterie, je aktivován spalovací motor s obsaženým generátorem. V této situaci se akumulátory nabíjí. Elektromotor je u tohoto systému výkonnější a tvoří dominantní pohonný celek. U běžného hybridu je tomu naopak. [7]

#### **15.1.5 Vozidlo s elektromotorem a baterií (BEV)**

Elektromobil, též bateriové elektrické vozidlo. Jedná se o dopravní prostředek, který ke svému pohonu využívá pouze trakčního elektromotoru a baterie. Baterii je možno nabíjet v domácích podmínkách ze zásuvky elektrické sítě anebo z nabíjecí stanice odpovídajících parametrů. Je tvořena z lithium-iontových článků, které jsou poskládány do modulů a jednotlivé moduly tvoří celou trakční baterii. [3]

Energie baterie ovlivňuje dojezdovou vzdálenost elektromobilu. Zpětné získávání elektrické energie zpět do baterie je zajišťováno systémem rekuperace. Rekuperací se rozumí využívání ztrátové energie, jako je brzdění anebo přeměny elektromotoru na generátor elektrické energie. Provoz bateriového elektrického vozidla je ekonomicky výhodnější oproti spalovacímu motoru. Pravidelné servisní úkony v podobě výměn provozních kapalin a komponent běžných ve spalovacích motorech nejsou potřebné. [3]

#### **15.1.6 Mikrohybridní automobil (Micro-HEV)**

Využití mikrohybridního ústrojí v automobilu zahrnuje systém start-stop. Využívá také základní stupeň rekuperace s využitím odpadní energie od brzdného systému. Spouštění spalovacího motoru neprobíhá klasickým způsobem pomocí elektrického spouštěče, ale prostřednictvím reverzibilního alternátoru poháněném řemenem od příslušenství motoru.

Zástupci: BMW řady 1, systémy start-stop koncernu PSA [8]



## 15.2 Příloha 2

### 15.2.1 Význam elektromobility

Pojem elektromobil je možno formulovat jako dopravní prostředek poháněný elektřinou vybavený pohonným elektromotorem, trakční baterií a příslušenstvím nutným pro uvedení dopravního zařízení k provozu. Aktuální doba nabízí rozmanitou nabídku elektromobilů. Mezi hlavní zástupce lze zařadit vozidla s hybridním pohonem. Hybridní pohon s možností nabíjení ze zásuvky. Elektromobily s prodlouženým dosahem a elektrická vozidla s palivovými články. V nynější době jsou nejvíce schopna konkurence hybridní vozidla. Jejich hlavní výhodou je to, že kombinují spalovací motor s trakčním elektromotorem a odpadá závislost na nabíjecích stanicích. Jejich provoz je v praxi shodný s klasickými automobily se spalovacími motory. Následně existují elektrická vozidla, jež nejsou schopna uchovávat energii a jsou napájena při provozu rovnou z elektrického vedení. Jedná se o trolejbusy. [9]

Hlavními klady elektrického pohonu jsou nízké emise, nízkonákladové provozování a nízká míra hluku. Dalším důležitým faktorem je snížení servisních činností a nákladů spojených s provozem, poněvadž elektromobil vyniká jednodušší konstrukcí a nižším počtem komponentů než spalovací motor. [9]

Klíčovým rysem elektromobility jsou systémové aspekty spojené s tímto tématem. Spočívá to v rozmanitosti využívání elektrické energie z rozvodné sítě. Elektromobilita tímto může zvýšit flexibilitu a rozmanitost dopravního odvětví. Elektrifikované vozy jsou schopny využívat různých zdrojů a typů elektrické energie. Tuto energii je možné získávat z jádra, fosilních paliv, nebo z velkých možností obnovitelných zdrojů. Tento model by mohl přinést revoluci v tom, že elektrifikace dopravy bude daleko příznivější než ostatní technologické alternativy, jako jsou například biopaliva. Výroba biopaliv s sebou nese nevýhody s nedostatkem biomasy potřebným k uspokojením požadované poptávky na množství paliv. [9]

Elektřina vyrobená z fosilních zdrojů není pro budoucnost elektromobility ideální. Pro čistou mobilitu je třeba zajistit i zcela čisté zdroje. Fosilní zdroje elektřiny s sebou nesou daň v podobě vyprodukovaných emisí, jež nejsou příznivé pro životní prostředí. Tento způsob přináší stejně negativní okolnosti jako provozování automobilů na benzín, či naftu. [9]

Zhodnocení těchto vlivů je systémovým myšlením a klíčem k pochopení výhod a nevýhod technologií a systémů elektrických vozidel. [9]

Elektromobilita je jev současné doby s mnoha aspekty, které zahrnují nový technologický vývoj a tvorbu nové politiky s rozsáhlými inovacemi. Dále tvorbu nových obchodních modelů, nové chování a řízení v okruhu vazeb průmyslových odvětví. Tímto musí být přechod na elektrický pohon chápán jako proces sociálně-technické přeměny. [9]

Podnět pro elektrifikaci vozidel je z důvodů ekologických a z důvodů blížícího se nedostatku fosilních paliv. Elektrifikace je nejadekvátnějším nahrazením dosavadních zdrojů energie. Elektromobilitě k dominantnímu nástupu do dopravního odvětví stojí v cestě několik překážek. Překážky nejsou převážně technologického charakteru. Vývoj v této oblasti je rychlý a přináší mnoho změn. Hlavní povahou překážek jsou sociální, ekonomické a psychologické okolnosti. I když elektrifikace v prvopočátcích dopravy byla v jistých chvílích dominantní, nakonec byla nahrazena fosilními zdroji. Lidé jsou na dosavadní způsoby dopravy zvyklí a nechtějí akceptovat jisté odlišnosti, které přináší elektromobilita. [9]

Vytlačení spalovacích vozidel není jednoduchým řešením. Používané technologie spojené se spalováním fosilních paliv jsou dnes na vysoké úrovni a jejich vývoj probíhal velmi dlouhou dobu. Přeměna konvenčního charakteru dopravy je stěžejní v tom, že nová technologie v podobě elektrifikace musí konkurovat vyspělostí a schopnostem spalovacím vozidlům. [9]

Hnací silou změn v oblasti dopravy a usnadnění vývoje elektromobility je možným odrazem změn a tlaků z politických sfér na výrobce automobilů. Výrobci jsou nuceni dodržovat emisní limity spojené s obavami o kvalitu a čistotu ovzduší. Technologické možnosti ve vývoji jim u konvenčních technologií už neumožňují velké zásahy, aby bylo přesně možné vyhovět požadavkům. [9]

Evropský automobilový průmysl vynaložil velké finanční prostředky na výzkum a vývoj v oblasti elektromobility. Mnoho vlád považuje elektromobilitu jako strategický počín do budoucna, který přinese dominantní pozice na trzích.

Rostoucí ekonomika čínského trhu s sebou nese mnoho příležitostí a elektromobilita se zde stává vysoce rozšířenou. Následný vývoj a produkce zásadních komponent, jako jsou například lithiové baterie, je soustředěna v Číně. Zde je velký potenciál pro rozvoj tohoto odvětví. [9]

Elektromobilia se v současnosti zakládá na pokusech a vizích současného automobilového průmyslu, aby rozvinula pokrokové technologie k úplnému přechodu na elektrifikaci dopravní infrastruktury. [9] [10]



**Obrázek 17 - Vize budoucí čisté elektrické mobility [34]**

## **15.3 Příloha 3**

### **15.3.1 Stejnoseměrné komutátorové elektromotory**

Tvoří je stator, který má na svém obvodu navzájem magneticky opačně orientované póly, kde se nacházejí cívky. Tyto cívky jsou potřebné pro buzení magnetického pole motoru. Další část stejnosměrného komutátorového elektromotoru zahrnuje rotor (kotva). V drážkách na jeho povrchu se nachází vinutí s cívkami. Cívky jsou vedeny k mechanickému komutátoru. Komutátor přivádí do cívek rotoru proud takovým způsobem, aby tvořil v magnetickém poli točivý moment souhlasného smyslu. U komutátoru jsou kartáče. Umisťují se do neutrálního místa magnetického pole. [12]

### **15.3.2 Stejnoseměrné motory s elektronickou komutací (BLDC)**

Konstrukčně se od stejnosměrných komutátorových motorů odlišují v absenci kartáčů. Využívají principu elektronické komutace, kdy dochází k postupnému spínání vinutí. Nejpoužívanější je v třífázovém provedení. Stator tvoří tři budící vinutí, zapojené do hvězdy. Rotor obsahuje permanentní magnety. [14]

### **15.3.3 Synchronní motor**

Synchronní motor je nejpoužívanějším v elektromobilech. Jeho konstrukce je tvořena permanentními magnety. V porovnání s asynchronním motorem má rotor stejné otáčky s frekvencí magnetického pole, jež je tvořena statorovým vinutím. Rotorové vinutí neprodukuje magnetické pole, nýbrž permanentní magnety. Permanentní magnety se vyrábějí ze vzácných kovů, zajišťujících vysokou magnetizaci. Synchronní motory dosahují vyšší účinnosti než asynchronní a vynikají kompaktnějšími rozměry. [15]

### **15.3.4 Asynchronní motor**

Pohon elektromobilů může být zprostředkován také asynchronními motory. Mohou být také nazývány jako indukční motory. Kotva je vyrobena z mědi a má klecovou stavbu. Princip funkce pracuje na magnetické indukci. Rotační magnetické pole je tvořeno třífázovým statorovým vinutím. Magnetické pole způsobuje indukci napětí v kotvě. Pro vznik indukce v rotoru je nutná rozdílná frekvence statorového a magnetického pole. V případě rekuperace má moment motoru záporný účinek a pracuje se stejnou účinností jako při normálním režimu. [15]