

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B 4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Problematika elektromobility vozidel kategorie M

Vedoucí práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor: Tomáš Kutta

České Budějovice, 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš KUTTA**
Osobní číslo: **Z15555**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Problematika elektromobility vozidel kategorie M**
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 studium problematiky elektromobility a stanovení faktorů, působících pozitivně nebo negativně na rozvoj elektromobility v České republice.

Metodický postup:

1. Rešerše z oblasti elektromobily v osobní dopravě.
2. Rešerše z oblasti konstrukce elektromobilů.
3. Získání praktických poznatků při řízení elektromobilu.
4. Stanovení faktorů, působících pozitivně nebo negativně na rozvoj elektromobility v České republice.

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

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 60 stran**

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

Seznam odborné literatury:

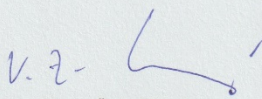
Horejš, K. a kol.: Příručka pro řidiče a opraváře automobilů (3), Elekrika motorových vozidel, Littera, 2011;
Hromádko, J.: Speciální spalovací motory a alternativní pohony, GRADA, 2012;
Kameš, J.: Alternativní pohony automobilů, BEN, 2004;
HAS AUTO s.r.o. České Vrbné 2350, zapůjčení elektromobilu NISSAN Leaf.

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

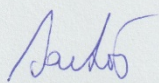
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **16. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2018**


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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení L.S.
Studentská 1666, 370 05 České Budějovice


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

V Českých Budějovicích dne 16. února 2017

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za odbornou pomoc při psaní práce a současně firmě HS AUTO Nissan za možnost zapůjčení testovaného elektromobilu Nissan Leaf.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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 - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to 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 14. 4. 2018

Tomáš Kutta

Abstrakt:

Bakalářskou práci jsem vypracoval na téma „Problematika elektromobility vozidel kategorie M“. Hlavním cílem bylo zjistit, zda dojezdové vzdálenosti udávané výrobcem vozidla je možné dosáhnout a za jakých podmínek. Dále získat praktické zkušenosti s řízením vozidla a stanovit faktory působící negativně nebo pozitivně na rozvoj elektromobility v České republice. Zjistil jsem, že největší roli při koupi elektromobilu hraje cena a dostupná síť nabíjecích stanic.

Klíčová slova: elektromobil; nabíjení; pořizovací cena; dojezdová vzdálenost

Abstract:

I elaborated a bachelor thesis on the topic "Electromobility issues of category M vehicles". The main objective was to determine whether the driving range specified by the vehicle manufacturer can be achieved and under what conditions. Further gain practical experience with vehicle management and identify factors that negatively or positively affect the development of electric vehicles in the Czech Republic. I have found that the price and the available network of charging stations play the biggest role when buying an electric vehicle.

Keywords: electric car; charging; purchase price; driving distance

Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Literární přehled.....	10
2.1	Elektromobilita.....	10
2.2	Koncepce elektromobilu.....	11
2.2.1	Elektromotor.....	11
2.2.2	Baterie.....	12
2.3	Nabíjení baterií.....	13
2.3.1	Nabíjecí režimy.....	14
2.3.2	Druhy konektorů pro nabíjení.....	15
2.3.3	Nabíjecí infrastruktura.....	16
2.3.4	Dojezdová vzdálenost.....	19
2.4	Vývoj elektromobilů.....	19
2.4.1	Vývoj elektromobilů ve světě.....	19
2.4.2	Vývoj EM na území České republiky.....	24
2.5	Elektromobily dostupné v České republice.....	26
2.5.1	Nissan.....	27
2.5.2	Tesla Motors.....	28
2.5.3	BMW.....	29
2.5.4	Volkswagen.....	31
2.5.5	Kia.....	32
2.5.6	Smart.....	33
2.5.7	Hyundai.....	34
2.5.8	Yogomo.....	35
3.	Cíle práce.....	36
4.	Metodika.....	36
4.1	Trasy.....	36

4.1.1	Popis trasy mimo město	36
4.1.2	Popis trasy ve městě.....	37
4.2	Jízdní režimy	39
4.2.1	Ekonomická jízda	39
4.2.2	Standardní jízda	39
4.3	Vozidlo	40
4.4	Výpočet teoretického dojezdu.....	41
4.5	Výpočet průměrné spotřeby.....	42
5.	Výsledky.....	43
5.1	Standardní jízda mimo město.....	43
5.2	Ekonomická jízda mimo město.....	45
5.3	Standardní jízda ve městě	47
5.4	Ekonomická jízda ve městě	49
6.	Diskuse	52
7.	Závěr	52
8.	Seznam použité literatury.....	54
9.	Seznam obrázků	58
10.	Seznam grafů	59
11.	Seznam tabulek.....	59
12.	Seznam použitých zkratk.....	60

1. Úvod

V posledních deseti letech dochází k zatím největšímu rozvoji elektromobility. Každá automobilka se snaží mít ve svém portfoliu alespoň jeden osobní automobil poháněný čistě na elektrickou energii.

První část mé práce je zaměřena na popis konstrukce elektromobilů a elektromobility obecně. Druhá část na způsoby nabíjení vozidel a jejich historický vývoj u nás i ve světě. Jsou zde uvedeny i hlavní modely elektromobilů dostupných na českém trhu.

V třetí části je vypracována metodika měření dojezdu elektromobilu spolu s popisem jízdních režimů a použitých dopravních tras. Celé měření bylo provedeno na elektromobilu Nissan Leaf o výkonu 80 kW a baterií s energií 30 kWh.

V poslední části jsou porovnány naměřené hodnoty dojezdu s hodnotami, které uvádí automobilka NISSAN a také některé významné zdroje. Jsou zde popsány zkušenosti s jízdou elektromobilem a jeho hlavní přednosti a zápory.

2. Literární přehled

2.1 Elektromobilita

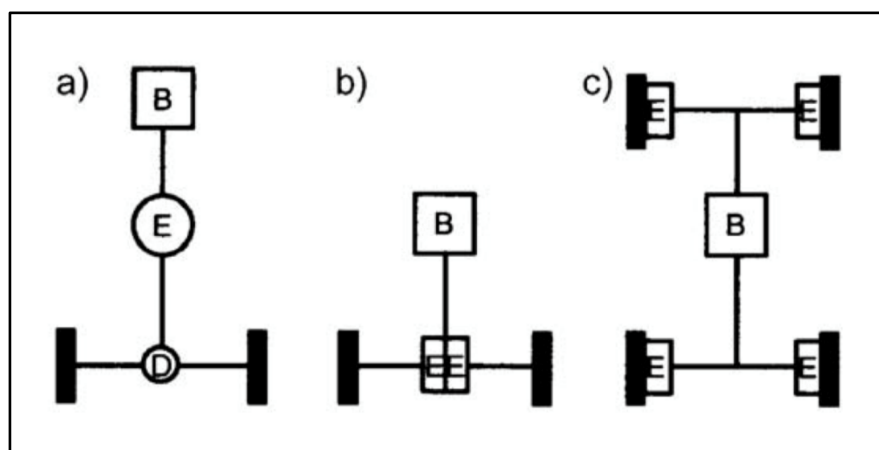
Rozvoji elektromobilů se v mnoha zemích dostává v poslední době velké podpory především z důvodu zlepšení životního prostředí, zvláště ve městech. Diskutuje se o technických standardech, tvorbě infrastruktury ve městech, nebo daňových úlevách pro elektromobilitu. Každá světová automobilka představila v loňském roce vozidlo poháněné elektromotorem. [48]

Elektromobilitou se obecně rozumí úmyslný pohyb (jízda, plavba, let) dopravních zařízení pomocí elektrické energie (elektrickým pohonem). Pozemní elektromobilitou se rozumí pohyb silničních vozidel po předem stanovené pozemní dopravní trase nebo po dráze, vyplývající z technologického postupu při realizaci pracovní operace. Elektromobilita zahrnuje pohyb rozmanitých strojních zařízení poháněných elektromotory, například hromadných dopravních zařízení, která dopravují lidská břemena (elektrické vlaky, trolejbusy, metro, tramvaje, lodě), dopravních zařízení, která dopravují břemena rozmanitých fyzikálních a chemických vlastností v závislosti na charakteru jejich vzniku a vlastností (nákladní automobily, dopravníky), zahrnuje také pohyb pracovních mechanismů, provoz individuálních dopravních zařízení, kterými jsou malá elektricky poháněná zařízení (jednomístné elektromobily, elektrokola, elektrické motocykly, tříkolky (typu rikša) a elektrické skútry).

Elektromobil je motorové vozidlo kategorie L, M, S nebo N poháněné trakčním elektromotorem (nebo více elektromotory) napájeným (i) ze zásobníku elektrické energie, umístěného ve vozidle nebo na jeho přívěsu. V současném právním řádu není přesně definován pojem „elektromobil“. Některé zákony (o silniční dani, o odpadech) pouze hovoří o vozidlech, které mají „elektrický pohon“ nebo „hybridní pohon kombinující spalovací motor a elektromotor“. Z Metodiky pro vydávání parkovacích karet v Praze z prosince 2016 lze vyčíst, že „Hybridní automobily do kategorie elektromobilů nespádají (výjimkou je rezervní pohon sloužící pouze pro nabití baterie za účelem dojezdu k nabíjecí stanici jako je BMW i3 REX)“. Elektromobil je opatřen elektrickým motorem a nabíjí se elektrickou energií. Energie je uložena v bateriích, nebo jiných alternativních akumulacích systémech na palubě vozidla (Evropská strategie pro čistá a energeticky účinná vozidla, 2010). [27]

2.2 Koncepce elektromobilu

Hnací ústrojí elektromobilu je tvořeno, podobně jako u vozidla se spalovacím motorem, z motoru, převodovky, hnacích hřídelů a diferenciálu s rozvodovkou. Nejčastěji se používá přední nebo zadní pohon s jedním elektromotorem, dále tandemové hnací systémy se dvěma elektromotory a pohony kol elektromotory umístěnými přímo v kolech, viz obrázek 1. [48].



Obrázek 1 Uspořádání hnacího ústrojí pro elektromobily: a) přední nebo zadní pohon; b) tandemový pohon; c) pohon v nábojích kol; B – baterie; E – elektromotor a usměrňovač příp. převodovka; D – diferenciál. [49]

2.2.1 Elektromotor

Elektrický motor vytváří rotační pohyb prostřednictvím rotoru točivého elektrického stroje. K otáčení rotoru se využívá elektromagnetické indukce, čímž dochází k přeměně elektrické energie na mechanickou. Elektromobily jsou poháněny bezkomutátorovými elektromotory a jako zdroj elektrické energie jsou využívány „trakční“ baterie. [27]

Stejnoseměrný elektromotor s cizím buzením

Stejnoseměrný elektromotor s cizím buzením vykazuje výhodné tahové charakteristiky, možnost jednoduché regulace otáček v širokém rozsahu a kontinuální přechod z režimu jízdy na režim brzdění. Magnetický tok je vybuzen budícím vinutím ve statoru a proud do vinutí otáčejícího se rotoru přes kartáče a komutátor. Točivý moment působí stále ve směru rotace. U elektromobilů jsou používány již dlouho. Mohou být napájeny přímo z baterie. [22] [60]

Stejnoměrný sériový elektromotor

Výhody sériového elektromotoru je v dobrém počátečním točivém momentu, který ovšem rychle klesá se stoupajícími otáčkami. Tento motor je nejjednodušší na regulaci. Používá se převážně u kolejových vozidel. [22] [60]

Synchronní elektromotor s permanentním buzením

Výhodou tohoto elektromotoru je vysoká účinnost. Magnetické pole, které je vybuzené permanentními magnety je bezdrátové. Pohon zeslabením pole není v tomto případě možný realizovat. Z toho důvodu se využívají vícestupňové převodovky či vícenásobné regulátory výkonu akumulátoru. Rozměry elektromotoru jsou malé. U daného elektromotoru nelze docílit takového rozsahu otáček jak u motoru asynchronního, proto potřebuje motor hospodárnější provoz a nejméně dvoustupňový převod. [22]

Asynchronní elektromotor

Tyto elektromotory patří do kategorie střídavých elektromotorů, které stále více vytlačují u elektromobilů stejnosměrné motory. U těchto elektromotorů je nutné přeměnit stejnosměrný proud z baterie na střídavý. Oproti stejnosměrným elektromotorům jsou tyto elektromotory menší a tím pádem i lehčí. [60]

2.2.2 Baterie

Baterie jsou nejdůležitějším prvkem celého elektromobilu. Jejich parametry určují rychlost a zrychlení vozidla. Jejich energetická hustota určuje dojezdovou vzdálenost. Nároky na baterie jsou: možnost rychlého nabití, dlouhá životnost, bezúdržbovost a pořizovací cena. [60]

Olověné baterie Pb

Napětí jednoho článku v těchto bateriích je 2 V a elektrolyt je tekutý. Dojezdová vzdálenost na jedno nabití dosahuje 50 km. Životnost se pohybuje okolo 4 let nebo 700 nabíjecích cyklů. Při poklesu teploty baterie dochází k poklesu kapacity. [22]

Nikl-kadmium NiCd

Tento druh baterií je odolný vůči hlubokému vybití a nevádí jim skladování ve vybitém stavu. Určitou nevýhodou je jeho relativně nižší měrná kapacita. Nevýhodou je jedovatost kadmia, z něhož se skládá jedna z jeho elektrod. Další nevýhodou je samovolné vybíjení baterie cca 20 % za měsíc.

Nikl-metal hydridový NiMH

Tento typ baterií je dnes nejčastěji používán. Oproti NiCd baterii má dvojnásobnou až trojnásobnou kapacitu. Hlavními důvody jejich rozšíření je velká kapacita, schopnost dodávat velký proud spolu a přijatelnou cenou. Další výhodou je udržení stejného napětí téměř až do úplného vybití baterie. Oproti NiCd bateriím netrpí paměťovým efektem, to je stavem, kdy baterie ztrácí svou kapacitu, je-li opakovaně nabíjena jen po částečném vybití.

Lithium-iontové baterie Li-Ion

Lithium-iontové baterie se používají ve spotřební elektronice. V dnešní době se jedná o jeden z nejoblíbenějších typů baterií pro přenosné elektrické přístroje. Mezi hlavní výhody patří vynikající poměr energie/hmotnost, žádný paměťový efekt a pomalé samovybití. Při špatném zacházení s baterií může způsobit explozi. Při skladování baterie při teplotě 20 °C dochází ke ztrátě kapacity o 20 % za rok. Při 4 °C jen o 4 % za rok. Oproti NiCd a NiMH bateriím mají vyšší vnitřní odpor a tudíž z nich není možné získat tak vysoký proud.

Lithium-polymerové LiFePO₄

Další verzí lithium-iontových baterií baterie postavené na lithium železo fosfátu (LiFePO₄). Mezi jejich hlavní přednosti oproti klasickým lithium iontovým bateriím patří především schopnost dodat vyšší proud, a že při extrémních podmínkách (např. při havárii vozidla) nevybuchují. Tyto baterie netrpí paměťovým efektem. [61]

2.3 Nabíjení baterií

Důležitou podmínkou pro rozvoj elektromobility je rozvoj nabíjecích stanic, které jsou stejně nepostradatelné jako čerpací stanice pro auta s konvenčními motory. Největší odlišnost v nabíjení elektromobilu a tankování paliva do vozidla je v čase trvání dané operace. Zatímco tankování paliva trvá do 5 minut, nabíjení elektromobilu trvá od desítek minut až po několik hodin. Je potřeba říci, že elektromobil není využíván celý den a proto se nabíjení soustřeďuje do doby, kdy není účelově používán. Tato doba je například při nakupování, nebo v době kdy je řidič v zaměstnání a vozidlo je zaparkováno na parkovišti, nebo v noci u domu.

Se zvyšujícím se počtem elektromobilů bylo nutné stanovit základní standardy pro výrobce nabíjecích stanic i pro automobilky, vyrábějící tento typ vozidel.

Mezinárodní elektrotechnická komise stanovila dvě základní normy definující čtyři různé režimy nabíjení, provedení přívodního kabelu a provedení konektorů pro připojení.

Pro normální nabíjení příkonem od 3 kW do 7 kW je tzv. palubní nabíječka baterií zabudována od výrobce přímo v elektromobilu. Kabel je dimenzován pro připojení do elektrické sítě jednofázově na 230 V nebo třífázově na 400 V střídavého napětí.

Pro rychlé nabíjení od 22 kW do 43 kW se dle normy používají dvě následující řešení. První řešení využívá palubní nabíječku navrženou pro nabíjení od 3 kW do 43 kW při 230 V nebo 400 V střídavého napětí. Druhé řešení je použití externí nabíječky, která převede střídavé napětí na stejnosměrné a nabíjí elektromobil. Porovnání typů nabíjení v tabulce 1. [45]

Tabulka 1 Porovnání času nabíjení při různém výkonu nabíjení [44]

Maximální proud	Napájení	Napětí [V]	Doba nabíjení baterie s kapacitou 30 kWh na 80 %
16 A	1 fáze - 3,3 kW	230 V AC	6-8 hodin
16 A	3 fáze - 10 kW	400 V AC	2-3 hodiny
32 A	1 fáze - 7 kW	230 V AC	3-4 hodiny
32 A	3 fáze - 24 kW	400 V AC	1-2 hodiny
63 A	3 fáze - 43 kW	400 V AC	20-30 minut
100 - 125 A	Trvale - 50 kW	400-500 V DC	20-30 minut

2.3.1 Nabíjecí režimy

Režim 1

Režim 1 využívá připojení k elektrické síti standardní 230 V elektrickou zásuvku umístěnou v domácnosti. Pro použití režimu 1 je nutné mít elektrickou instalaci v souladu s bezpečnostními předpisy a musí obsahovat uzemňovací systém, jistič pro ochranu proti přetížení a zkratu a ochranu proudovým chráničem. Aby se zabránilo náhodnému kontaktu, je nutné mít zásuvky vybaveny krytkami. Tento režim je snadno realizovatelné řešení a lze ho využít prakticky kdekoli, kde je přístup k elektrické síti. Režim 1 s sebou přináší i několik rizik. Při nabíjení může docházet

k oteplení kabelu a zásuvky po jejich intenzivním používání po dobu několika hodin při překročení maximálního proudu, který se pohybuje od 8 do 16 A.

Režim 2

Při použití režimu 2 je EM připojen k distribuční síti pomocí standardní domovní zásuvky. Nabíjení probíhá přes 1-fázovou, nebo 3-fázovou síť a instalaci zemního kabelu. Ochranné zařízení je vestavěno do kabelu, a proto je toto řešení mimořádně nákladné vzhledem k zvláštnosti kabelu.

Režim 3

Při nabíjení v režimu 3 je elektromobil připojen přímo k elektrické síti pomocí speciální zásuvky a zástrčky a jednoúčelového obvodu. V zařízení jsou zabudovány ovládací a ochranné funkce. Tento režim připojení pro nabíjení splňuje platné standardy pro elektrické instalace.

Režim 4

V režimu 4 je elektromobil k síti pomocí externího nabíječe. Nabíjecí kabel pro nabíjení, funkce ovládání a ochrany jsou trvale zabudovány do zařízení. Tento způsob se používá především pro stejnosměrné nabíjení, tedy nabíjení velkým proudem. [44]

2.3.2 Druhy konektorů pro nabíjení

Pro nabíjení jsou definovány celkem 4 konektory. Dva pro střídavý proud a dva pro stejnosměrný. Výjimku tvoří automobilka Tesla, která ani jeden z níže popsaných konektorů nepoužívá a má vlastní konektor, na který existují redukce.

Typ 1 SAE J1772 / IEC 62196-2 (Yazaki)

Tento typ konektoru umožňuje jednofázové nabíjení střídavým proudem. Používaný je zejména v Japonsku a USA. Má kruhový tvar a obsahuje pět připojovacích kolíků: dva zemnicí vodiče, dva řídicí vodiče a nabíjení. Lze s ním nabíjet maximálním výkonem 7,4 kW při 230 V a 32 A. [46]

Typ 2 IEC 62196-2 (Mennekes)

Druhý typ konektoru tzv Mennekes, který vyvinula stejnojmenná německá společnost umožňuje nabíjení třífázovým střídavým proudem. Tvar konektoru je kruhový na jedné straně zploštělý. Konektor obsahuje sedm připojovacích kolíků,

nabíjení třemi vodiči (3 fáze), dva zemnicí vodiče a dva řídicí vodiče. Konektor Typu 2 je nejpoužívanějším nabíjecím konektorem v Evropě. [45]

System ChAdeMO

Název tohoto konektoru vznikl jako zkratka slov CHArge de MOve, což se překládá jako nabití pro pohyb. Vznikl v Japonsku v roce 2010 a lze s ním vozidlo nabíjet stejnosměrným proudem. Je používán v elektromobilech Nissan, Mitsubishi, Toyota a asijskými automobilkami. [45]

System C

System C zahrnuje konektory COMBO1 a COMBO2. Výrobci v USA i v Evropě v roce 2012 uzavřeli dohodu o používání tohoto typu konektoru ve svých elektromobilech. Tyto konektory jsou kompatibilní se systémy Typu 1 a Typu 2. System C umožňuje dobíjení jednofázovým střídavým proudem, třífázovým střídavým proudem a zároveň umožňuje i nabíjení stejnosměrným proudem. Vše je možné pomocí jednoho konektoru a jednotného řídicího systému ve vozidle. Combo 1 se příliš nevyužívá, naopak Combo 2 je nejčastějším evropským konektorem na nabíjení například v EM BMW i3. [44] [45]

2.3.3 Nabíjecí infrastruktura

Pod pojmem dopravní infrastruktura je chápána síť dopravních tras všech kategorií, které umožňují pohyb vozidel ve stanoveném režimu jízdy, na nich umístěné dopravní značky, dopravní zařízení, zařízení pro provozní informace, systémy řízení provozu světelnými signály a doprovodné technické zázemí pro zajištění pohybu vozidel. Součástí dopravní infrastruktury jsou volně přístupná parkoviště, volně dostupné odstavné plochy pro zajištění odpočinku, nebo občerstvení řidičů.

Nabíjecí infrastruktura je součástí dopravní infrastruktury a zahrnuje promyšlený systém nabíjecích stanic, které umožní pomalé nebo rychlé nabíjení baterií elektromobilů. Nabíjecí infrastruktura zahrnuje dostatečný počet nabíjecích stanic s dostatečným počtem bloků nabíjecích stojanů kolem hlavních dopravních tras, resp. v místech očekávaného parkování elektromobilů (například nákupní centra, parkoviště u turisticky a kulturně vyhledávaných objektů, atrakcí a výstavních center). Nabíjecí stanice s bloky nabíjecích stojanů musejí být rozmístěny ve vzájemné vzdálenosti do 30 km. Počty bloků závisí na intenzitě provozu po dopravních trasách.

Nabíjecí stanice musejí mít výkon, aby nabíjení baterií vyžadovalo maximální dobu do 30 minut. [27]

Nabíjecí infrastruktura v České republice

V České republice je přes 300 nabíjecích stanic a jejich počet každým rokem roste. První nabíjecí stanice byla vybudována v roce 2007 v Desné na Jablonecku. Nabíjecí stanice provozují fyzické osoby a firmy. NS můžeme nalézt na parkovištích, ve firmách nebo u penzionů a hotelů. Každou z nabíjecích stanic je možné nalézt alespoň v jedné mapě nabíjecích stanic, kterých je nespočet. Nabíjecí stanice je možné vyhledat a prohlížet buď přes webový prohlížeč nebo v aplikaci mobilního telefonu (např. Chargemap, Polyfazer, OpenChargeMap, eNabíjení). Zaplacení za odebranou elektřinu probíhá přes mobilní aplikaci, v hotovosti nebo platební kartou. Na některých místech se za nabití neplatí. Tato situace je např. u penzionů nebo hotelů, kde je majitel elektromobilu ubytován jako host. Největšími provozovateli u nás jsou skupina ČEZ a skupina PRE. [52]

Skupina ČEZ

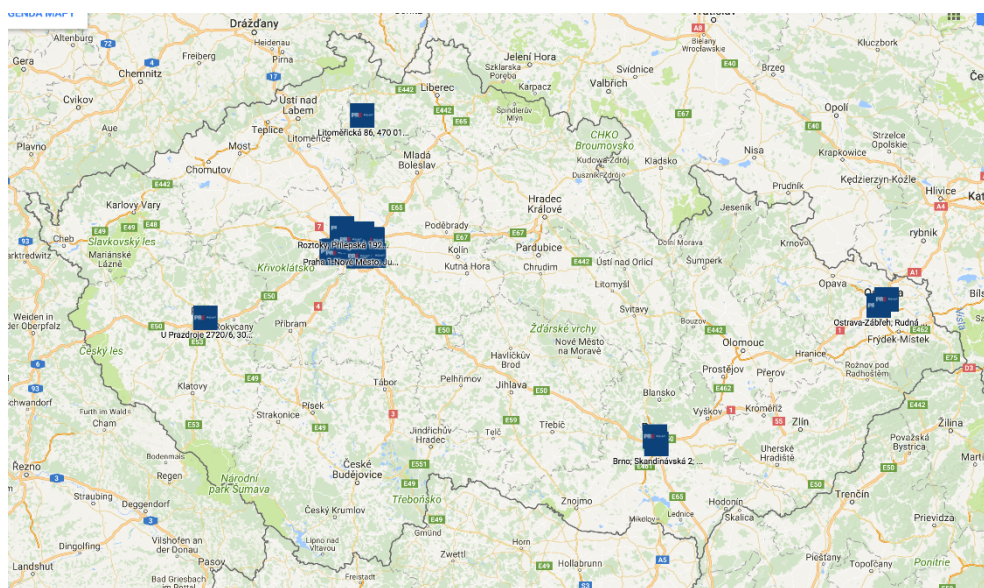
Skupina ČEZ provozuje v České republice celkem 94 nabíjecích stanic. Měsíční poplatek za možnost nabíjení elektromobilu činí 450 Kč bez DPH. Rozmístění NS je znázorněno na obrázku 2. Běžných nabíjecích stanic na střídavý proud provozuje skupina celkem 53. Každá tato stanice běžného dobíjení je vybavena dvěma nezávislými zásuvkami s konektorem Mennekes o parametrech nabíjení 32 A/400 V nebo 16 A/400 V. Rychlonabíjecích stanic na stejnosměrný proud provozuje celkem 41. Jsou vybaveny nabíjecími standardy CHAdeMO a CCS, které umožňují nabíjení s výkonem až do 50 kW. Dále je také k dispozici nabíjení střídavým proudem přes konektor Mennekes, který umožňuje nabíjení s výkonem až do 22 kW. [47]



Obrázek 2 Mapa nabíjecích stanic skupiny ČEZ 2018 – červené rychlonabíjecí NS, zelené běžné NS. [51]

Skupina PRE

Skupina PRE provozuje nabíjecí stanice od roku 2011. Celkem provozuje 36 nabíjecích stanic převážně v Praze. Další jsou v Brně, Ostravě a Plzni. Poplatek za nabíjení se skládá ze tří složek. První je poplatek za každou nabíjecí kartu ve výši 30 Kč za čtvrtletí. Další je cena za odebranou elektřinu ve výši 2,50 Kč.kWh⁻¹. A jako poslední se platí cena za nabíjení ve výši 0,20 Kč.min⁻¹ při překročení 120 min doby nabíjení. Uvedené ceny jsou bez DPH. Nabíjecí stanice zakresleny v mapě na obrázku 3. [53]



Obrázek 3 Mapa nabíjecích stanic skupiny PRE 2018. [53]

2.3.4 Dojezdová vzdálenost

Dojezdová vzdálenost elektromobilů se každým novým elektromobilem zvyšuje. Například ještě v roce 2011 Peugeot iOn nepřesáhl hranici 150 km. V tomto roce nová generace Nissanu Leaf s 40 kWh baterií dosáhne dojezdu až 378 km. Samostatnou kategorii tvoří elektromobily značky Tesla, které až s 100 kWh baterií přesáhnou 500 km. Elektromobily jsou kritizovány za svůj krátký dojezd a jsou tedy oblíbeny v různých automobilových testech, kde jsou srovnávány se svými neelektrickými konkurenty. Z výsledků testů plyne, že dojezd se nikdy neshoduje s dojezdem, který udává výrobce. Například při testování Nissanu Leaf s 30 kWh baterií redaktory ze serveru Autobible.cz byl dojezd jen poloviční a to 122 km. Spotřeba vozidla byla na této trase 22,3 kWh.100km⁻¹. Naopak testování stejného vozidla redaktory automobilového serveru Hybrid.cz vykazovalo průměrnou spotřebu 14,5 kWh.100km⁻¹. Jízdu po dálnici redaktoři testů nedoporučují. Například server Auto.cz píše, že takovou jízdou může spotřeba vzrůst až na 23 kWh.100km⁻¹ což je až o 8 kWh více, než je průměrná spotřeba udávaná výrobcem. [17] [31] [36] [57] [58] [59]

2.4 Vývoj elektromobilů

2.4.1 Vývoj elektromobilů ve světě

Historie elektromobilů se datuje od roku 1835, kdy holandský profesor Sibrandus Stratingh a jeho asistent Christopher Becker postavili první malý elektromobil. Bohužel tehdejší olověné baterie byly drahé a svou hmotností zvyšovaly hmotnost vozu a poměrně malou kapacitou zmenšovaly jeho použitelnost. Dojezd byl tehdy jen 70 km. [1]

V roce 1881 vyrobil Nicolas-Jules Raffard ve Francii první úspěšný elektromobil. Jednalo se o elektrickou tramvaj, která uvezla 31 pasažérů, pohybovala se rychlostí 12 km.h⁻¹ a na jedno nabití ujela 40 km. Tramvaj se těšila značné publicitě a byla veřejně testována. [3] [13]

Roku 1899 v Petrohradě představil také ruský technik I. V. Romanov svůj "elektrický kočár" pro dvě osoby s dojezdem 60 km a nejvyšší rychlostí 35 km.h⁻¹. Od roku 1891 v USA vyráběla elektromobily firma Holtzer Cabot Electric a do roku 1915 bylo ve Spojených státech vyrobeno více jak 35 000 kusů elektromobilů. V roce 1900 jezdilo v USA více elektromobilů než vozů se spalovacím motorem. Těšily se velké

oblíbě díky jednoduchému ovládání – především nebylo nutné namáhavé startování klikou. V tomto roce bylo vyrobeno o třetinu více elektromobilů než automobilů se spalovacím motorem. [1] [8]

Elektromobil, jako první vozidlo, překonal rychlost 100 km.h⁻¹. Rychlost překonal v roce 1899 Belgičan Camille Jenatton s elektromobilem Jamais Contente (obrázek 4). Jeho rekordní elektromobil se podobal doutníku a z hliníkové karosérie řidič vyčníval téměř celým tělem. O tři roky později dosáhl elektromobil Torpédo Kid rychlosti téměř 170 km.h⁻¹. [1] [5]



Obrázek 4 Elektromobil Jamais Contente vystaven na zámku v Compiègne. [2]

Výrobci sériových elektromobilů museli kvůli cenové dostupnosti učinit kompromis mezi rychlostí a dojezdem. Například model Phaeton od firmy Woods and Baker ujel pouze 29 km a dosahoval rychlosti 22 km.h⁻¹. V této době se kvalitní silnice vyskytovaly jen v centrech velkých měst, takže tyto hodnoty plně dostačovaly. [4]

V roce 1906 italská společnost DORA z Janova vyrobila stejnojmenný elektromobil, jenž dosahoval rychlosti 30 km.h⁻¹ a dojezdu 80 – 100 km. Elektromobil poháněly dva stejnosměrné elektromotory o výkonu 2x2,4 kW v zadní nápravě. [5]

Charles Kettering v roce 1912 vynalezl elektrický startér, který znamenal revoluci v komfortu startování vozidla se spalovacím motorem. Tím se smazal rozdíl ve startování mezi EM a vozidlem se spalovacím motorem. [6]

Automobilka Citroën v roce 1939 vyrobila prototyp na základě nákladního vozidla TUB. Během let 1941 - 1942 se postupně vyrobilo cca 100 kusů tohoto vozu.

Po spojení s automobilkou Peugeot v roce 1974, založil nově vzniklý koncern PSA samostatnou divizi zaměřenou na výrobu elektromobilů pod názvem PSA Electric. Následovalo ještě několik pokusů s vývojem elektrobusů, až byly v roce 1987 představeny modely C15 Electric a C25 Electric, které se dostaly do malosériové výroby. V roce 1995 spustil koncern PSA zatím největší sériovou výrobu elektromobilů všech dob, kdy vzniklo přibližně 5000 nových elektrických vozů, pod značkami Peugeot a Citroën dohromady. V roce 2000 ovšem z nejasných důvodů došlo k ukončení výroby. Dalším mezníkem koncernu je rok 2011, kdy se začal prodávat Peugeot iOn a Citroen C-Zero vycházející z japonského Mitsubishi iMiEV. [5] [8] [17]

Po skončení 2. světové války byla ropa velmi vzácná zato elektřina dostupná. Z tohoto důvodu došlo k období, kdy vláda USA prosazovala výrobu elektrických vozidel. V roce 1947 byl představen elektromobil „Tama“ a získal si dobrou pověst. Ve výkonnostních zkouškách se mu podařilo zlepšit své katalogové specifikace s cestovním rozsahem 96,3 km a maximální rychlostí 35,2 km.h⁻¹. Elektromobil Tama byl používán jako taxi a v dalších modifikacích až do roku 1950. Společnost Tama patřila Nissanu a její automobil byl vlastně předchůdcem dnešního Nissanu Leaf. Automobil vážil 1 100 kg a vešli se do něj čtyři lidé. [9] [7] [5]

Jako svůj první elektromobil vyvinula automobilka BMW stroj založený na dvoudveřovém modelu 1602. Celkem vznikly jen 2 kusy a sloužily jako kamerová vozidla Olympijského organizačního výboru. Vozidlo zvládlo rychlost i 100 km.h⁻¹ nebo dojezd 60 km při rychlosti 50 km.h⁻¹. Dalším elektrickým vozem z dílny BMW byl model 325iX generace E30. Elektromobil měl dojezd až 150 km v městském provozu a celkem vzniklo 9 kusů, které se podrobily zkouškám napříč Německem. Bohužel ani zde se výroba dále nerozvinula a vozidla putovala do muzea značky. Další elektromobil už byl od počátku navržen jako EM a v roce 1991 se představil na Frankfurtském autosalonu pod názvem E1. Jednalo se o lehký a úsporný stroj pro jízdu po městě s dojezdem 160 km, výkonem 32 kW a 151 Nm točivého momentu. Nabíjení mělo trvat 6 hodin ze zásuvky 220 V. Vzniklo pouze 6 prototypů. Roku 1993 ho nahradil další generace, ale neměla dlouhé trvání. Další elektromobil postavený na základu třetí generace E36 měl ústrojí z druhé generace prototypu E1 a vzniklo celkem 25 kusů. Baterie ve voze bylo možné ze tří čtvrtin nabít za 40 min a mezi lety 1995 a 1997 vznikla druhá generace vozů. V roce 2008, přišly na svět elektromobily Mini,

označené písmenkem E. Tyto stroje už měly lithium-iontové baterie. Elektromotor měl výkon 150 kW a energii bral z 35 kWh baterie. Dojezd byl až 190 km a vozidlo se bylo schopno nabít za 150 minut. Jako vozidlo pro sběr dat vyrobila automobilka BMW v roce 2011 1000 kusů elektromobilu Concept ActiveE. 160 těchto vozů bylo použito na olympiádě v Londýně v roce 2012 pro potřeby organizátorů. Prvním skutečně sériově vyráběným elektromobilem od německé značky je model i3. Tvarem je podobný modelu E1 z počátku 90. let. Model i3 dosahuje dojezdu 150 km, při výkonu motoru 125 kW, který odebírá energie z baterií o kapacitě 33 kWh. Elektromobily vyvinuté automobilkou BMW na obrázku 5. [12] [14]



Obrázek 5 Elektromobily BMW [4]

Také italská automobilka Fiat vyvíjela elektromobily již od roku 1975. V roce 1990 uvedla model Panda Elettra, který se vyráběl až do roku 1993. Poté následovalo pouze několik desítek kusů elektromobilů odvozených od modelu Cinquecento Elettra. Až v roce 1996 byla zahájena opět sériová výroba elektromobilu postaveného na základě modelu Ceicento Elettra. Dalším vozem navázala automobilka až v roce 2013 představením modelu 500e. Tento model se ale prodává jen v Kalifornii, USA, dá se ovšem zakoupit dovezený i v České republice. [8] [15]

Automobilka Renault vyvíjí elektromobily od roku 1980 a v listopadu roku 1985 vyrobila dva prototypy elektromobilu Express Electrique. Koncem roku 1992 byl představen model Clio Electrique, který se již dostal do sériové výroby. Z počátku ještě obsahoval olověné baterie, později v roce 1995 Ni-Cd baterie. Dále vyrobila automobilka vozidla Twingo Electrique a Kangoo Electrique. Od roku 2012 Renault

vyrábí model Zoe, který se bohužel v České republice neprodává. Elektromobil dosahuje dojezdu až 400 km při kapacitě baterie 41 kWh a výkonu motoru 68 kW. [16] [8]

V roce 1990 v USA členové státní Rady pro ovzduší přijali zákon o Vozidlech s nulovými emisemi, který stanovil povinnost automobilkám v USA do roku 1998 zavést do svého portfolia alespoň jeden model bezemisního vozidla a do roku 2003 nejméně 10 % bezemisních vozidel. Od roku 1996 se začaly na amerických silnicích objevovat vozidla automobilky General Motors pod označením EV1 (obrázek 6). Jednalo se o dvoudveřové sportovní kupé. Dalšími elektromobily byly například Toyota RAV4 EV, Ford Ranger EV, Honda EV Plus nebo Ford Th!nk City. Toto období skončilo v roce 2004, kdy došlo k sešrotování vozidel samotnými automobilkami. General Motors navázalo na EV1 v roce 2016 elektromobilem Chevrolet Bolt, jehož dojezd činí 320 km a cena 30 000 dolarů (750 000 Kč) v USA. [4] [5] [20]



Obrázek 6 Elektromobil GM EV1 v roce 1996. [4]

Automobilka Tesla Motors představila v roce 2008 první vyrobený elektrický Roadster a o 4 roky později plnohodnotný Model S za 1,8 milionu korun s dojezdem 610 km. Dalším elektromobilem z roku 2015 je SUV Model X a poslední představený Model 3 z roku 2017. [5] [10] [19]

Jako první běžně použitelný elektromobil se označuje Nissan Leaf představený v roce 2010 s cenou přesahující 700 tisíc Kč. V roce 2013 Nissan zahajuje výrobu druhé generace Leafu se zvýšenou hodnotou energie baterie na hodnotu 30 kWh,

oproti 24 kWh v první generaci. V roce 2018 začal Nissan prodávat 3. generaci Leafu s 40 kWh baterií. [5] [10] [18]

Škoda Auto v roce 2012 spustila testování elektromobilu Škoda Octavia Green E Line, vycházející z Octavie Combi. Energii zde obstarává baterie o kapacitě 26,5 kWh s dojezdem 150 km. Dva modely testuje od července 2012 Skupina ČEZ. [5]

Také automobilka Ford v roce 2012 zahajuje prodej užitkového elektromobilu Transit Conect Electric a Mercedes Benz model Vito E-Cell a v roce 2014 elektromobil třídy B ED. [5]

Dalším elektromobilem byla Kia Soul EV, představen v roce 2014, vycházející z verze se spalovacím motorem a dojezdem 250 km. [5] [21]

Ve stejném roce začala automobilka Volkswagen prodávat své dva elektrické modely e-Golf a e-Up. Model e-Golf pohání elektromotor o výkonu 85 kW a dojezd činí 190 km. Oproti tomu menší e-Up má výkon 60 kW a dojezd 130 km. V roce 2017 byl e-Golf modernizován a hodnota dojezdu se změnila na 300 km, výkon na 100 kW. [24] [25]

Od roku 2016 vyrábí automobilka Hyundai model Ioniq, který je možné zakoupit v provedení jako čistý elektromobil, případně hybrid nebo plug-in hybrid. Čistě elektrická verze modelu Ioniq je vybavena elektromotorem o výkonu 88 kW a baterií o kapacitě 28 kWh. [23]

2.4.2 Vývoj EM na území České republiky

Historie elektromobily na našem území sahá až do roku 1895, kdy Ing. František Křižík postavil svůj první elektromobil poháněný stejnosměrným elektromotorem o výkonu 3,6 kW, druhý realizovaný typ byl opatřen v každém zadním kole elektromotorem o výkonu 2,2 kW. Třetí vůz jím postavený, měl hybridní pohon pro prodloužení dojezdu. Tento systém bychom dnes nazvali REX (Range Extender). Stejným způsobem to dnes řeší BMW se svým modelem i3 nebo Opel s modelem Ampera. [6] [22] [8]

Renesanci zájmu o elektromobil přinesla až ropná krize kolem roku 1965, i když v mezidobí došlo k ojedinělým pokusům o jeho použití. Stalo se tak během první světové války, kdy Škodovy závody v Plzni vyrobily několik nákladních elektromobilů pro plzeňské pivovary. [8]

Mezi lety 1969 a 1972 VÚES (dříve Výzkumný ústav elektrických strojů) v Brně spolu s brněnským Vysokým učením technickým z pověření státních orgánů vyrobil, dva osobní a dva dodávkové prototypy elektromobilů. Jedním z osobních elektromobilů byl elektromobil EMA, který dokázal vyvinout rychlost až $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a maximální dojezdová vzdálenost byla 50 km. Elektromobil EMA byl reakcí na hrozbu ropné krize a zároveň návrh, jak řešit městskou dopravu i s ohledem na životní prostředí. Název EMA znamenal Elektrický Městský Automobil. Pohon vozidla obstarávaly dva stejnosměrné elektromotory v zadních kolech, každý o výkonu 3 kW. Nástupcem byl lehký nákladní elektromobil EMA 2 ve valníkovém provedení nebo se skříňovou karosérií dokončený v roce 1971. Tento elektromobil měl dva rychlostní stupně a zpětný chod pro rovnoměrnější odběr energie z baterií. Výkon elektromotoru EMY 2 činil 13,6 kW. [5] [11] [22]

V roce 1992 vznikl na zakázku Švýcarska na základech modelu Favorit elektromobil Škoda Eltra 151L v klasickém provedení nebo v provedení Pick-up. Elektromobil měl 14 olověných baterií s kapacitou 180 Ah a dojezd asi 80 km. Celkem bylo vyrobeno 1 100 vozů a většina skončila právě ve Švýcarsku. [6]

Mezi lety 1994 a 1997 vznikaly ve Škodě ELCAR působící v Ejpovicích elektromobily, které byly z počátku vyráběny pod značkou ŠKODA a později pod značkou Tatra BETA. K výrobě byly použity díly ze Škody 120 L a ze Škody Pick-up. Vozidlo s tehdy používanými bateriemi dosahovalo rychlosti $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a ujelo na jedno nabití 120 km. Za celou dobu výroby u nás bylo vyrobeno zhruba 100 kusů elektromobilů BETA, ale většina jich putovala do zahraničí. V ČR je dnes v provozu jen několik kusů těchto užitkových elektromobilů, jeden z nich se nachází v Ostravě na Vysoké škole báňské. [5]

V období socialismu v Československu stavěly EM také lidé, kteří měli znalosti, ale nemohli je uplatnit ve svém zaměstnání. EM stavěli doma ve volném čase a za vlastní náklady. Například Václav Chalouš vytvořil ve své garáži superlehké dvoumístné městské vozidlo o hmotnosti 280 kg včetně tehdy jediných dostupných olověných akumulátorů. Plzeňská skupina, kterou tvořili převážně strojívníci z depa ČSD pánové Grulich a Pytlík, zhotovila a v ulicích Plzně předváděla elektromobil z přestavěného vozu Trabant. Opavská skupina postavila také dvě vozidla, která byla připuštěna do silničního provozu. Prvým byl Trabant pana Střílky a druhým bylo vozidlo od počátku optimalizováno jako elektromobil, vyrobeno ve spolupráci s

vysokomýtskou Karosou. Jindřich Burian z Vnoře vyrobil elektromobil přestavbou vozu NSU Prinz. Použil 2 motory o výkonu 4 kW pro každé ze zadních kol. Elektromobil absolvoval několik propagačních jízd s výjezdem na Churáňov i Ještěd. Pan Langmiller a jeho přátelé z Ostrova nad Ohří vytvořili na podvozku Wartburg elektromobil k tahání dvou vlečených přívěsů pro celkem asi 20 pasažérů. Zařízení sloužilo v Karlových Varech do roku 1997. Dále pan Bělonohý z Jičína postavil elektromobil na zkráceném podvozku Škoda Favorit. Pan Miloslav Hamerník z Českých Budějovic zkonstruoval několik vozidel na profesionální úrovni, které sloužily postiženým občanům, a řadu dětských vozítek. Jaromír Vegr postavil závodní monopost, se kterým v roce 1989 zvítězil ve švýcarském závodě FORMULE Elektro a následně přivezl pro naše výrobce zakázku na výrobu 1000 elektrických vozidel. Tyto vozidla vyrobila škoda Ejpvovice, viz výše. [8]

2.5 Elektromobily dostupné v České republice

Elektromobily začínají být v ČR stále více rozšířeny. V listopadu roku 2017 překročil počet elektromobilů a plug-in hybridů na světě 3 000 000 kusů a počet se bude dále zvyšovat. Na trh v roce 2018 vstoupí například automobilka Tesla se svým Modelem 3, nová generace Nissanu Leaf nebo Jaguar iPace. S velkým rozmachem souvisí stále více elektrických modelů v nabídce automobilek a klesající cena baterií. Statistika registrací k 1.1.2016 na obrázku 7. [28]

Statistika podle značek k 1.1.2016

Počet	Značka	Reálný dojezd	Maximální dojezd	Nové cena	Ojeté cena
Registrace po roce 2000		dálnice	mimo dálnice	bez DPH	3 roky
154	VW e-UP (e-Golf)	160	180	500 000	
120	Nissan Leaf 1 a 2	160	199	750 000	450 000
105	BMW i3 (i8)	180	220	1 300 000	1 000 000
104	Tesla Model S 80, 85, 90	450	520	1 800 000	1 600 000
91	Peugeot iOn a Partner	108	126		300 000
40	Citroen C-Zero, Berlingo	108	126		300 000
15	Smart EV	100	145	600 000	
12	KIA Soul EV	180	220	800 000	
10	Renault Fluence, Zoe, Kangoo	160	180	800 000	600 000
7	Škoda EVC Fabia, Roomster, Octavia	150	190	1 000 000	700 000
4	Think	160	200		400 000
1	VUT Super EL II (EVC Škoda Superb)	170	220	2 000 000	1 500 000
Starší generace					
17	Peugeot 106e, Saxo vč. baterie	70	100		70 000
3	VW Golf Citystromer vč. baterie	70	100		100 000

Obrázek 7 Statistika registrací EM po roce 2000, přednáška předsedy Asociace elektromobilového průmyslu pana Marušince, 29.11.2017. Foto: autor.

2.5.1 Nissan

Model Leaf je na trhu od roku 2010 a k letošnímu roku se jedná už o druhou modelovou generaci tohoto elektromobilu. V roce 2015 překročil prodej elektromobilů Leaf 200 000 kusů. Leaf se začínal prodávat s 24 kWh baterií, která byla v roce 2016 nahrazena kapacitou 30 kWh a tím se zvýšil dojezd z 199 km až na 250 km. Druhá generace se prodává od roku 2018 s 40 kWh baterií a výkonem elektromotoru 110 kW. Leaf je poháněn synchronním motorem. Doba nabíjení modelu s 30 kWh baterií činí 12 hodin ze zásuvky s napětím 220 V a 21 hodin u 40 kWh baterie. Rychlonabíječkou na 80 % kapacity baterie za 30 minut (30 kWh) a 40-60 minut (40 kWh). Další parametry nalezneme v tabulce 2. [29] [30]

**Tabulka 2 Technické parametry elektromobilu Nissan Leaf 2017 a 2018. [36]
[54]**

Automobilka	Model	
	Leaf 2017	Leaf 2018
Nissan	Leaf 2017	Leaf 2018
Kapacita baterie [kWh]	30	40
Dojezd [km]	250	378
Spotřeba [kWh.100 km ⁻¹]	15	20,6
Elektromotor: výkon [kW]	80	110
Elektromotor: točivý moment [Nm]	254	320
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	144	
Zrychlení 0-100 km.h ⁻¹ [s]	11,5	7,9
Pohotovostní hmotnost [kg]	1489	1558
Požizovací cena [Kč] 18.2.2018	od 810 000	od 850 000



Obrázek 8 Elektromobil Nissan Leaf 2018. [36]

2.5.2 Tesla Motors

Americká automobilka Tesla jako první svůj elektromobil vyrobila model Roadster v roce 2008. Roadster se pyšnil výkonem 215 kW a točivým momentem 370 Nm. Maximální dojezd činí 395 km. Jeho cena byla 2,6 milion korun. V současné době Tesla vyvíjí nástupce, který by měl ujet na jedno nabití až 1000 km. Dalším modelem, který je prodáván do dnes, je Model S disponující 75 nebo 100 kWh baterií a dojezdem mezi 416-540 km. Dříve byly k dostání i varianty i s 60, 70, 85 a 90 kWh baterií. Model S je pětimístný nebo sedmimístný. Zatím jako poslední vyráběný je Model X. Jedná se o SUV s výklopnými zadními dveřmi tzv. „falcon wings“. Elektromobil Tesla je možné koupit v České republice přes společnost Tesla Auta nebo na eshopu internetového obchodu Alza. Další technické údaje nalezneme v tabulce 3. [31] [32] [33] [34]

Tabulka 3 Technické parametry elektromobilů Tesla [31]

Automobilka	Model	
Tesla	Model S	Model X
Kapacita baterie [kWh]	75 nebo 100	
Dojezd [km]	až 540	až 565
Spotřeba [kWh.100 km ⁻¹]	21	21-24
Elektromotor: výkon [kW]	až 451	386
Elektromotor: točivý moment [Nm]	až 931	518
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	250	210
Zrychlení 0-100 km.h ⁻¹ [s]	2,8	2,9
Požizovací cena [Kč] 18.2.2018	od 1 819 000	od 2 373 000



Obrázek 9 Elektromobil Tesla Model S. [31]

2.5.3 BMW

Elektromobil od bavorské automobilky BMW byl představen už v roce 2013 a následující rok se začal prodávat. Model i3 je malý městský elektromobil pro 5 cestujících. Je možné zakoupit jej i s přídatným spalovacím motorem ve verzi REX. Při svém uvedení začínal model i3 s 21 kWh baterií. V současné době mají baterie kapacitu už 33 kWh. Další technické údaje nalezneme v tabulce 4. [35]

Tabulka 4 Technické parametry elektromobilů BMW [37][38]

Automobilka	Model	
	i3	i3 REX
Kapacita baterie [kWh]	33	
Dojezd [km]	290-300	375-385
Spotřeba [kWh.100 km ⁻¹]	13,1-13,6	11,5-11,9
Elektromotor: výkon [kW]	125	
Elektromotor: točivý moment [Nm]	250	
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	150	
Zrychlení 0-100 km.h ⁻¹ [s]	7,3	8,1
Pohotovostní hmotnost [kg]	1340	1440
Požizovací cena [Kč] 18.2.2018	od 1 008 800	od 1 132 300



Obrázek 10 Elektromobil BMW i3 REX. Foto: Autor

2.5.4 Volkswagen

Německá automobilka Volkswagen prodává dva elektrické modely. Prvním je model e-UP, který je koncipován jako městské vozidlo, tudíž má i kratší dojezd. Ze zásuvky o napětí 220 V se elektromobil nabije za 9 hodin, rychlonabíječkou za 30 minut. Druhým vozem je model e-Golf, který disponuje delším dojezdem. Nabíjení baterie ze zásuvky 220 V trvá 17 hodin nebo rychlonabíječkou na 80 % kapacity baterie za 45 minut. Další technické údaje nalezneme v tabulce 5. [26]

Tabulka 5 Technické parametry elektromobilů Volkswagen. [55]

Automobilka	Model	
	e-Golf	e-UP
Kapacita baterie [kWh]	35,8	18,7
Dojezd [km]	300	160
Spotřeba [kWh.100 km ⁻¹]	12,7	11,7
Elektromotor: výkon [kW]	100	60
Elektromotor: točivý moment [Nm]	290	210
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	150	130
Zrychlení 0-100 km.h ⁻¹ [s]	9,6	12,4
Pohotovostní hmotnost [kg]	1615	1224
Požizovací cena [Kč] 18.2.2018	od 969900	od 639900



Obrázek 11 Elektromobil Volkswagen e-Golf. [26]

2.5.5 Kia

Automobilka Kia vyrábí svůj elektromobil vycházející s modelu se spalovacím motorem. Jako na většinu svých vozů poskytuje záruku 7 let nebo 150 000 km na celé vozidlo včetně baterií, přičemž první 3 roky bez omezení kilometrů. Elektromobil je poháněn synchroním motorem o výkonu 81 kW a dojezd je až 250 km. Vozidlo je prodáváno jen v jediné možné výbavě. Technické parametry uvedeny v tabulce 6. [39]

Tabulka 6 Technické parametry elektromobilu Kia Soul EV. [39] [56]

Automobilka	Model
Kia	Soul EV
Kapacita baterie [kWh]	30
Dojezd [km]	250
Spotřeba [kWh.100 km ⁻¹]	14,7
Elektromotor: výkon [kW]	81
Elektromotor: točivý moment [Nm]	285
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	145
Zrychlení 0-100 km.h ⁻¹ [s]	11,2
Pohotovostní hmotnost [kg]	1490
Požizovací cena [Kč] 1.3.2018	od 869 980



Obrázek 12 Elektromobil Kia Soul EV. [39]

2.5.6 Smart

Automobilka Smart prodává dva modely EM. Pohonná jednotka s bateriemi je vždy stejná, liší se jen velikostí vozidla. S tím souvisí i dojezd a další parametry. Smart je schopný se nabít z domácí zásuvky o napětí 220 V za 6 hodin, ale také má nejkratší dojezd. Další data jsou uvedena v tabulce 7. [26]

Tabulka 7 Technické parametry elektromobilů Smart. [40] [41]

Automobilka	Model	
	Fortwo ED	Forfour ED
Kapacita baterie [kWh]	17,6	
Dojezd [km]	160	155
Spotřeba [kWh.100 km ⁻¹]	12,9	13,1
Elektromotor: výkon [kW]	60	
Elektromotor: točivý moment [Nm]	160	
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	130	
Zrychlení 0-100 km.h ⁻¹ [s]	11,5	12,7
Pohotovostní hmotnost [kg]	1085	1200
Požizovací cena [Kč] 18.2.2018	od 568900	od 578900



Obrázek 13 Elektromobil Smart Fortwo ED Cabrio. [26]

2.5.7 Hyundai

Model Ioniq lze zakoupit jako elektromobil, hybrid a nebo plug-in hybrid. Ioniq Electric je plnohodnotný elektromobil pro pět osob, který pohání elektromotor o výkonu 88 kW a dojezd činí až 280 km. Vozidlo zásobuje energie z lithium-polymerivé baterie o kapacitě 28 kWh. Technické parametry uvedeny v tabulce 8. [43]

Tabulka 8 Technické parametry elektromobilu Hyundai Ioniq Electric. [42]

Automobilka	Model
Hyundai	Ioniq Electric
Kapacita baterie [kWh]	28
Dojezd [km]	280
Spotřeba [kWh.100 km ⁻¹]	11,5
Elektromotor: výkon [kW]	88
Elektromotor: točivý moment [Nm]	295
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	165
Zrychlení 0-100 km.h ⁻¹ [s]	9,9
Pohotovostní hmotnost [kg]	1560
Požizovací cena [Kč] 18.2.2018	od 879 900



Obrázek 14 Elektromobil Hyundai Ioniq Electric. [43]

2.5.8 Yogomo

Elektromobily značky Yogomo u nás prodává společnost Green Cars International s.r.o. u Frýdlantu nad Ostravicí. V nabídce má jeden elektromobil dostupný v 7 různých barvách, určený pro 4 osoby a pro městský provoz. Jedná se o nejlevnější nový elektromobil prodáváný u nás. Jeho rychlost je do 45 km.h⁻¹ v režimu ECO nebo do 75 km.h⁻¹ v režimu sport. Energii vozu dodávají olověné baterie o celkovém napětí 72 V a kapacitě 10,8 kWh. Uvedená cena je za standardní výbavu. Dokoupit lze klimatizaci nebo elektrické stahování oken. Vozidlo je možné nabíjet jen ze zásuvky s napětím 230 V dodávaným kabelem s vlastním konektorem. Další parametry vozu jsou uvedeny v tabulce 9. [50]

Tabulka 9 Technické parametry elektromobilu Yogomo Q9. [50]

Automobilka	Model
Yogomo	Q9
Kapacita baterie [kWh]	10,8
Dojezd [km]	180
Spotřeba [kWh.100 km ⁻¹]	5,4
Elektromotor: výkon [kW]	12,5
Elektromotor: točivý moment [Nm]	76
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	75
Zrychlení 0-50 km.h ⁻¹ [s]	15
Pohotovostní hmotnost [kg]	820
Požizovací cena [Kč] 18.2.2018	295 000



Obrázek 15 Elektromobil Yogomo Q9.[50]

3. Cíle práce

Cílem práce bylo změření dojezdové vzdálenosti elektromobilu na dvou různých trasách a v různých režimech jízdy a porovnání naměřené hodnoty s hodnotami, které udává výrobce vozidla. Dále posoudit klady a zápory elektromobilu a přinést zkušenosti z každodenního provozu a používání vozidla. Pro uskutečnění daného měření byl vybrán elektromobil Nissan Leaf, který svou konstrukcí splňuje požadavky na městské vozidlo, ale zároveň se dá použít i jako rodinný elektromobil.

4. Metodika

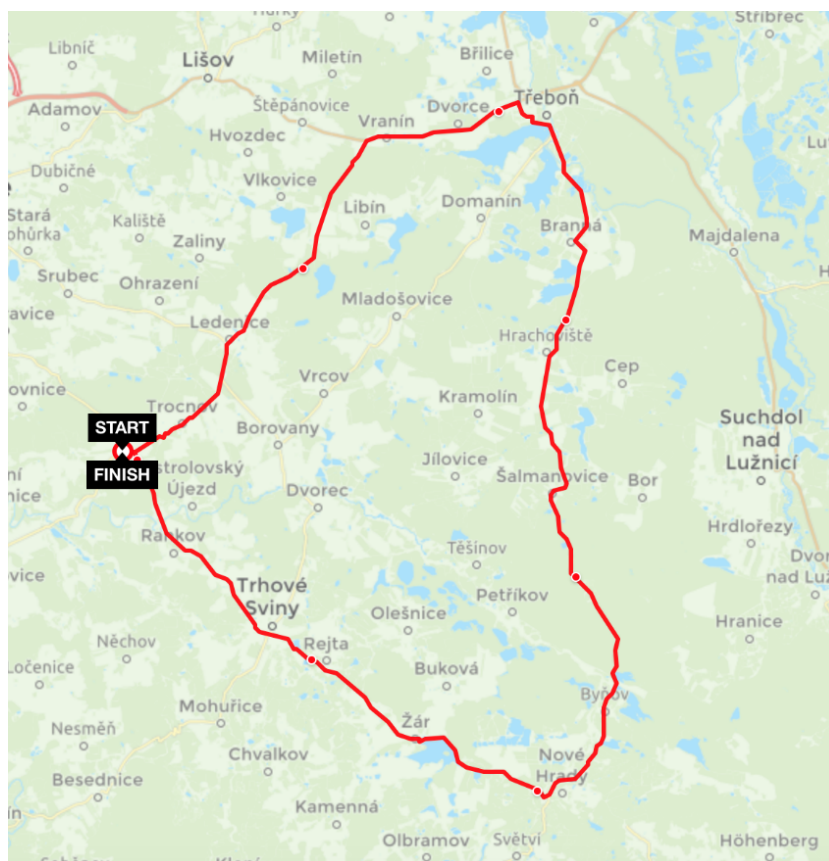
Ke splnění cíle BP bylo nutné vybrat vhodnou dopravní trasu, stanovit jízdní režimy a vhodný elektromobil s palubním počítačem pro průběžný odečet potřebných veličin. Změřené hodnoty vyhodnotit a porovnat s údaji od výrobce a mezi sebou.

4.1 Trasy

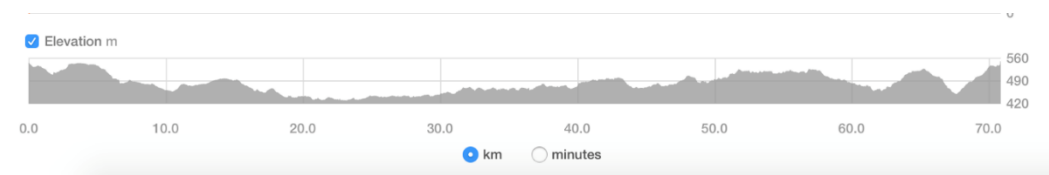
Měření dojezdu probíhalo na dvou trasách. První trasa byla ve městě s 13 km přesunem do města a zpět. Druhá vedla po komunikacích mimo město a městem procházela v krátkém úseku.

4.1.1 Popis trasy mimo město

Trasa vede z obce Strážkovice č.p. 140 po silnici II/155 až na křižovatku se silnicí II/157, na kterou se napojuje a dále až na okružní křižovatku do obce Ledenice, kde se stáčí doprava směrem na obec Třeboň a přechází v silnici III/14611. Před koncem obce Ledenice pokračuje rovně na silnici III/14613 a dále až na křižovatku se silnicí I/34, kde pokračuje doprava až na okružní křižovatku v obci Třeboň. Poté doprava na silnici II/154, která vede přes obce Branná, Hrachoviště, Lipnice, Šalmanovice a Byňov až do Údolí u Nových Hradů. Dále pokračuje na křižovatce se silnicí II/156 doprava a dále po ní a přes obce Žár, Rejta, Trhové Sviny a Otěvěk do obce Strážkovice, kde se v obci stáčí doleva na silnici II/155 k č. p. 140. Trasa měří 71 km. Zakreslení trasy v mapě je vidět na obrázku 16. Výškový profil trasy je na obrázku 17.



Obrázek 16 Trasa mimo město.

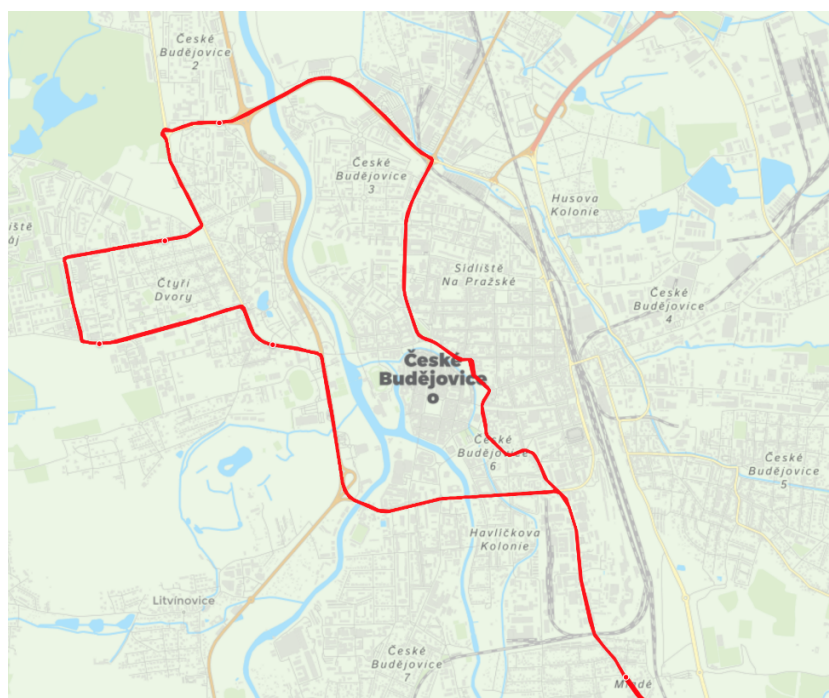


Obrázek 17 Výškový profil trasy mimo město.

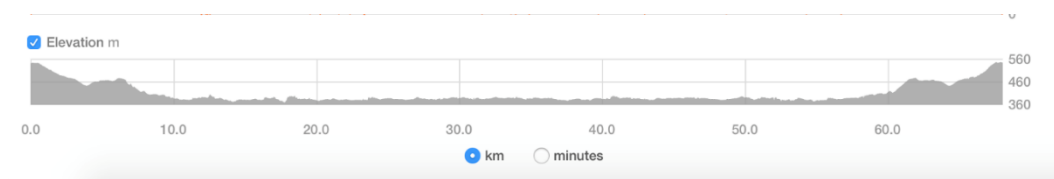
4.1.2 Popis trasy ve městě.

Trasa vede z obce Strážkovice č.p. 140 po silnici II/156 do Českých Budějovic až na okružní křižovatku s ulicí Novohradskou v Českých Budějovicích. Dále po ulici Novohradská až na křižovatku s Mánesovou ulicí, kterou přetne a na další křižovatce s Žižkovou třídou se stočí doleva a dále na křižovatku se Senovážným náměstím. Na úrovni Lannovy třídy se Senovážné náměstí mění v ulici Na Sadech a pokračuje až ke křižovatce s Husovou ulicí, kde se z ní stává Pražská třída. Dále trasa pokračuje až na křižovatku se silnicí I/3 – ulice Strakonická a dále na okružní křižovatku s Husovou třídou směrem do centra. Na následující křižovatce se stočí doprava do ulice Oskara Nedbala a na křižovatce s ulicí Milady Horákové doleva. Dále pokračuje rovně a na křižovatku se silnicí III/14322 - ulice Branišovská a pokračuje směrem do centra, kde

se dále napojí na silnici III/14539 - Husova třída. Na další křižovatce se silnicí I/3 - Na dlouhé louce pokračuje doprava směrem po okruhu města, mostem přetne ulici Litvínovická a napojí se na silnici II/156 – ulice Mánesova, kterou opustí až na křižovatce s ulicí Novohradskou, kde se stáčí opět do centra směrem k Žižkově ulici. Okruh od křižovatky Novohradská x Mánesova se jede celkem 4x a poté se po ulici Novohradská a dále po silnici II/156 pokračuje až do obce Strážkovice. Trasa měří 68 km. Zakreslení trasy v mapě je vidět na obrázku 18. Výškový profil trasy je na obrázku 19.



Obrázek 18 Trasa ve městě



Obrázek 19 Výškový profil trasy ve městě

4.2 Jízdní režimy

Pro měření byly vybrány dva jízdní režimy. Každý byl použit jednou na dané trase.

4.2.1 Ekonomická jízda

Během testu bylo vozidlo obsazeno řidičem a spolujezdcem, který zapisoval do tabulky stav baterie a dojezdovou vzdálenost z palubního počítače na začátku, konci a vždy po 5 kilometrech jízdy. Elektromobil byl nabit na 100 % kapacity baterie. Vyhřívání předních sedadel bylo zapnuto. Automatická klimatizace byla vypnuta. Před započítáním testu byla zapnuta mobilní aplikace Sports Tracker pro záznam trasy. Celá trasa byla absolvována v režimu ECO a v režimu B nebo D, dle situace. Snahou bylo co nejméně využít provozní brzdy a spíše předvídána dopravní situace a zpomalováno vozidlo rekuperací, aby nedošlo ke ztrátám energie. Jízda byla pomalejší s ohledem na minimální spotřebu energie a co nejdelší dojezd na jedno nabití baterie. Po ukončení trasy bylo vozidlo znovu připojeno k napájení a přes wattmetr a nabito na 100 %, aplikace pro záznam trasy byla ukončena. Po nabití vozidla na 100 % byly změřené údaje zapsány do tabulky a byla vypočítána průměrná spotřeba energie a teoretický dojezd. Test byl prováděn při venkovní teplotě vzduchu 15 °C. Tato jízda byla cíleně velmi úsporná s ohledem na spotřebu energie a vyžaduje soustředění na provoz ve městě. Bylo důležité se dívat daleko před sebe a dle toho uzpůsobovat rychlost vozidla.

4.2.2 Standardní jízda

Během testu bylo vozidlo obsazeno řidičem a spolujezdcem, který zapisoval do tabulky stav baterie a dojezdovou vzdálenost z palubního počítače na začátku, konci a vždy po 5 kilometrech jízdy. Elektromobil byl nabit na 100 % kapacity baterie. Vyhřívání sedadel a volantu bylo zapnuto. Automatická klimatizace nastavena na 23 °C. Před započítáním testu byla zapnuta mobilní aplikace Sports Tracker pro záznam trasy. Celá trasa se jela v režimu D a bez režimu ECO. Jízda byla rychlejší, avšak v limitech dovolující zákon. Nevyřazoval se pohon a rekuperace nebyla aktivována, brzdilo se spíše provozními brzdami. Po ukončení trasy bylo vozidlo znovu připojeno k napájení přes wattmetr a nabito na 100 %, aplikace pro záznam trasy byla ukončena. Po nabití vozidla na 100 % se změřené údaje zapsaly do tabulky a byla vypočítána průměrná spotřeba energie a teoretický dojezd. Test byl prováděn při venkovní teplotě

vzduchu 15 °C. Při jízdě byl volen režim jízdy, obdobný jako při jízdě vozidlem se spalovacím motorem, kde řidič nepotřebuje brzdit motorem, protože mu to nevrací energii (palivo) zpět do baterie (palivové nádrže).

4.3 Vozidlo

Jako vozidlo byl použit Nissan Leaf, vyroben v roce 2016. Jeho parametry a rozměry jsou uvedeny v tabulce 10. Vozidlo bylo provozováno v režimu D, B v kombinaci s režimem ECO. Při použití režimu D, který zpomaluje vozidlo, se vozidlo chová, jako když řidič sundá nohu z plynového pedálu. Pomalu začne zpomalovat a dochází k rekuperaci elektrické energie. Akcelerace není nijak omezena. Při režimu B už vozidlo zpomaluje ztelně více. Můžeme to přirovnat k podřazení o jeden rychlostní stupeň. Akcelerace není nijak omezena. Režim ECO lze kombinovat s režimy B a D a omezuje akceleraci na cca 75 % výkonu a vyvolává větší rekuperaci než v režimu D. Vozidlo na obrázku 20.



Obrázek 20 Testovací vozidlo Nissan Leaf. Foto: autor

Tabulka 10 Technické parametry elektromobilu Nissan Leaf. [54]

Technické parametry Nissan Leaf	
Kapacita baterie [kWh]	30
Dojezd NEDC [km]	250
Spotřeba [kWh.100km ⁻¹]	15
Elektromotor: výkon [kW]	80
Elektromotor: točivý moment [Nm]	254
Maximální rychlost [km.h ⁻¹]	144
Zrychlení 0-100 km.h ⁻¹ [s]	11,5
Pohotovostní hmotnost [kg]	1536
Cena [Kč] 18.2.2018	936 000
Celková délka [mm]	4445
Celková šířka [mm]	1770
Celková výška [mm]	1550
Rozvor [mm]	2700
Rozchod předních kol [mm]	1540
Rozchod zadních kol [mm]	1535
Součinitel odporu	0,29

4.4 Výpočet teoretického dojezdu

Teoretický dojezd vypočteme jako podíl okamžitého dojezdu a stavu baterie vynásobený 100 dle vztahu 1.

$$d_t = \frac{d_o}{s_b} \cdot 100 \text{ [km]} \quad (1)$$

kde:

d_t dojezd teoretický [km]

d_o dojezd okamžitý [km]

s_b stav baterie [%]

4.5 Výpočet průměrné spotřeby

Průměrnou spotřebu energie na dané trase vypočteme jako podíl dobité energie a ujeté vzdálenosti dle vztahu 2.

$$E_s = \frac{E_d}{s} \cdot 100 \text{ [kWh.100km}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

kde:

E_s spotřebovaná energie [kWh.100km⁻¹]

E_d dobitá energie [kWh]

s ujetá vzdálenost [km]

5. Výsledky

5.1 Standardní jízda mimo město

Údaje naměřené na konci testu nalezneme v tabulce 11.

Tabulka 11 Standardní jízda mimo město - Údaje na konci testu

Údaje na konci testu	
Dojezd dle palubního počítače d_a [km]	116
Ujetá vzdálenost s [km]	71
Stav baterie S_b [%]	59
Průměrná rychlost [km.h ⁻¹]	65,6
Dobitá energie E_d [kWh]	14,2
Průměrná spotřeba energie E_s [kWh.100km ⁻¹]	20
Čas jízdy [min]	64

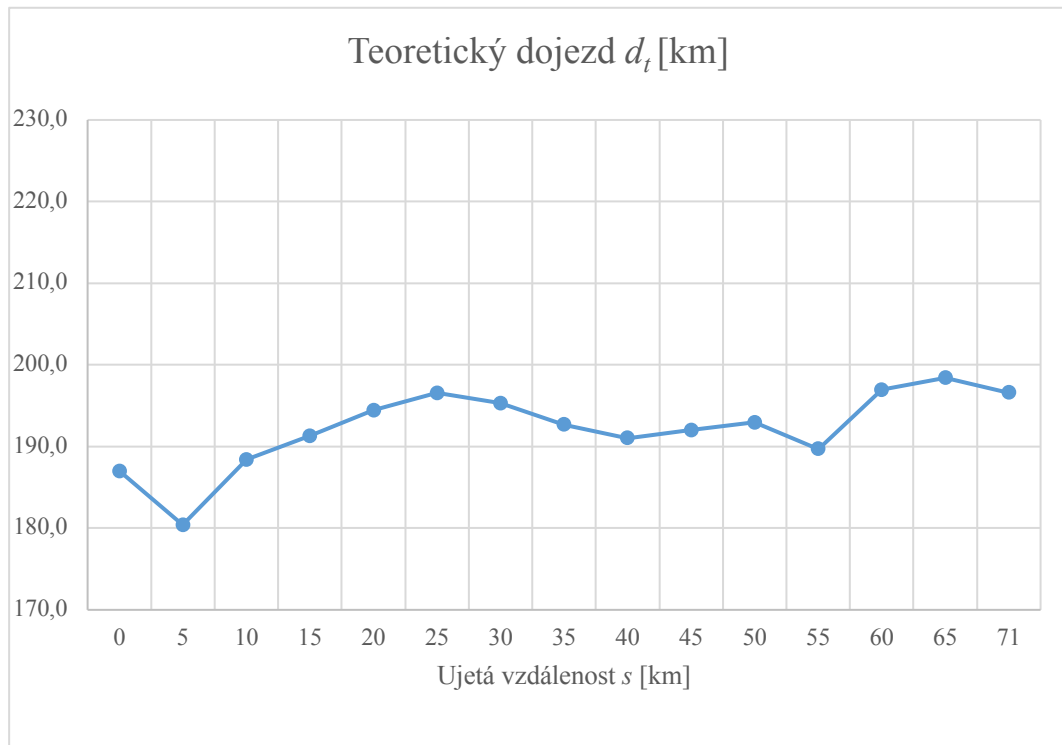
Maximální hodnoty teoretického dojezdu bylo dosaženo na 65. kilometru a naopak nejkratší dojezd byl naměřen na 5. kilometru. Za nejkratší dojezd bych ale považoval hodnotu na 10. kilometru, protože do prvních 10 kilometrů probíhá adaptace palubního počítače na daný jízdní režim. Spotřeba energie uvedená v tabulce 12 byla naměřena 20 kWh.100 km⁻¹.

Tabulka 12 Naměřené hodnoty teoretického dojezdu při standardní jízdě mimo město

Standardní jízda		Mimo město	
Ujetá vzdálenost s [km]	Okamžitý dojezd d_o [km]	Stav baterie S_b [%]	Teoretický dojezd d_t [km]
0	187	100	187,0
5	175	97	180,4
10	179	95	188,4
15	176	92	191,3
20	175	90	194,4
25	171	87	196,6
30	166	85	195,3
35	158	82	192,7
40	149	78	191,0
45	144	75	192,0
50	137	71	193,0
55	129	68	189,7
60	130	66	197,0
65	125	63	198,4
71	116	59	196,6
Dobitá energie E_d [kWh]	14,2	Spotřeba energie E_s [kWh.100km ⁻¹]	20,0

Hodnoty dojezdu z tabulky 12 jsou znázorněny graficky v grafu 1, kde na svislé ose je dojezd a na vodorovné délka trasy po 5 kilometrech. Na 5. kilometru vidíme velký propad ale od 10. kilometru už se dojezd ustálil a držel se nad hodnotou 190 km.

Graf 1 Standardní jízda mimo město - Teoretický dojezd



5.2 Ekonomická jízda mimo město

Údaje naměřené na konci testu můžeme nalézt v tabulce 13.

Tabulka 13 Ekonomická jízda mimo město - Údaje na konci testu

Údaje na konci testu	
Dojezd dle palubního počítače d_a [km]	146
Ujetá vzdálenost s [km]	71
Stav baterie S_b [%]	72
Průměrná rychlost [km.h ⁻¹]	58,2
Dobitá energie E_d [kWh]	10,9
Průměrná spotřeba energie E_s [kWh.100km ⁻¹]	15,4
Čas jízdy [min]	73

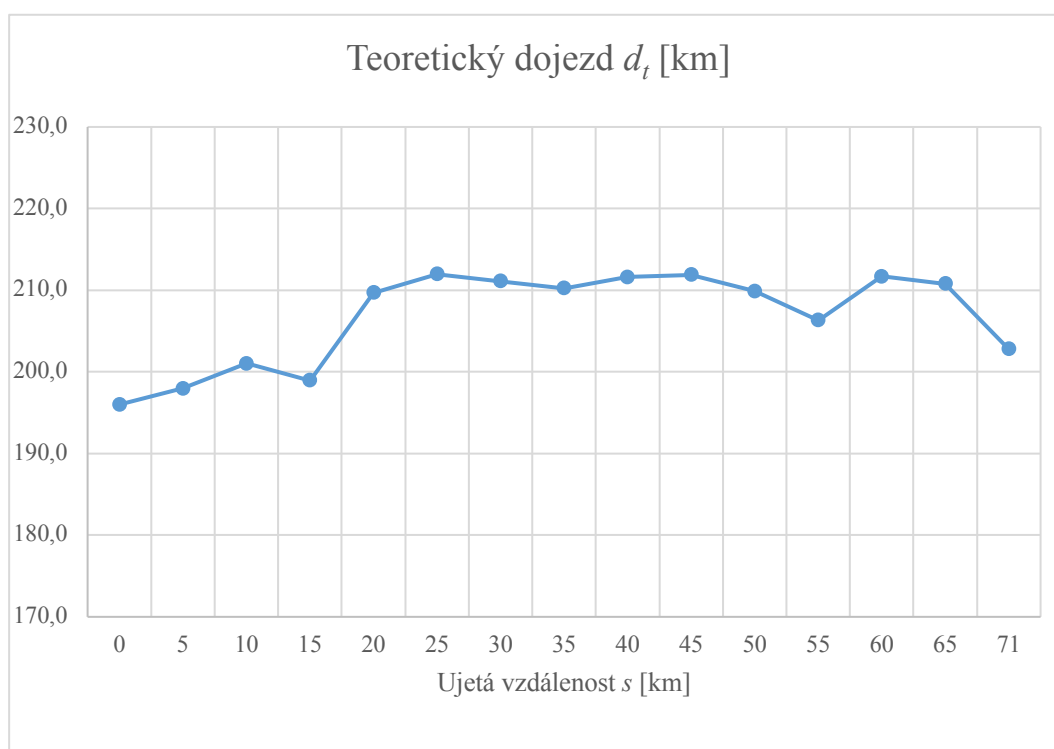
V tabulce 14 vidíme, že nejdelší teoretický dojezd byl naměřen na 25. kilometru a naopak nejkratší na začátku jízdy a pak okolo 15. kilometru.

Tabulka 14 Ekonomická jízda mimo město - Teoretický dojezd

Ekonomická jízda		Mimo město	
Ujetá vzdálenost s [km]	Okamžitý dojezd d_o [km]	Stav baterie S_b [%]	Teoretický dojezd d_t [km]
0	196	100	196,0
5	194	98	198,0
10	195	97	201,0
15	189	95	198,9
20	195	93	209,7
25	195	92	212,0
30	190	90	211,1
35	185	88	210,2
40	182	86	211,6
45	178	84	211,9
50	170	81	209,9
55	163	79	206,3
60	163	77	211,7
65	156	74	210,8
71	146	72	202,8
Dobitá energie E_d [kWh]	10,9	Spotřeba energie E_s [kWh.100km ⁻¹]	15,4

V grafu 2 je znázorněn teoretický dojezd z tabulky 14. Od 0. do 20. kilometru se dojezd zvyšuje a od 20 kilometru se ustálil okolo hodnoty 210 km. Ke konci jízdy klesl opět k hodnotě 200 km. To souvisí s profilem trasy, kde se nachází na trase poslední 3 kilometry táhlé stoupání.

Graf 2 Ekonomická jízda mimo město - Teoretický dojezd



5.3 Standardní jízda ve městě

Údaje naměřené na konci testu nalezneme v tabulce 15.

Tabulka 15 Standardní jízda ve městě - Údaje na konci testu.

Údaje na konci testu	
Dojezd dle palubního počítače d_a [km]	106
Ujetá vzdálenost s [km]	68
Stav baterie S_b [%]	59
Průměrná rychlost [km.h ⁻¹]	30,9
Dobitá energie E_d [kWh]	14,2
Průměrná spotřeba energie E_s [kWh.100km ⁻¹]	20,9
Čas jízdy [min]	129

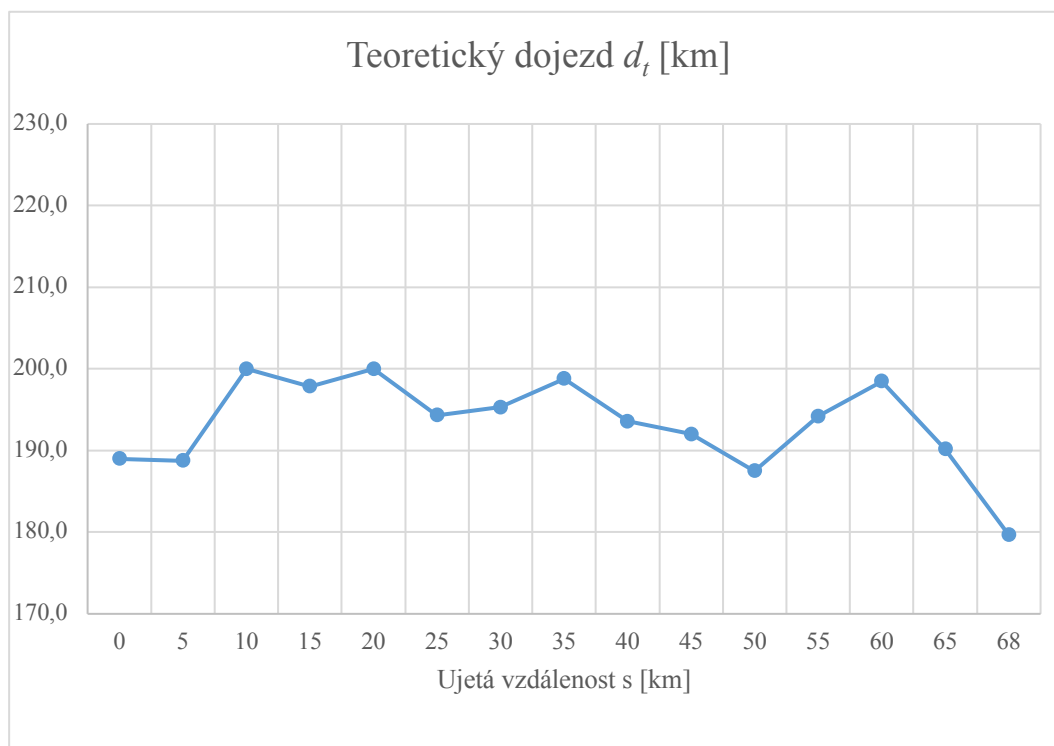
V tabulce 16 je patrné, že maximální teoretický dojezd byl naměřen na 10. a 20. kilometru a to 200 km. Až do 45. km se teoretický dojezd pohyboval nad hranicí 190 km a na konci jízdy už byl jen 179 km.

Tabulka 16 Standardní jízda ve městě - Teoretický dojezd.

Standardní jízda		Ve městě	
Ujetá vzdálenost s [km]	Okamžitý dojezd d_o [km]	Stav baterie S_b [%]	Teoretický dojezd d_t [km]
0	189	100	189,0
5	185	98	188,8
10	194	97	200,0
15	184	93	197,8
20	180	90	200,0
25	171	88	194,3
30	166	85	195,3
35	163	82	198,8
40	151	78	193,6
45	144	75	192,0
50	135	72	187,5
55	134	69	194,2
60	129	65	198,5
65	116	61	190,2
68	106	59	179,7
Dobitá energie E_d [kWh]	14,2	Spotřeba energie E_s [kWh.100km ⁻¹]	20,9

V grafu 3 je znázorněn teoretický dojezd z tabulky 16. Od nultého do 10. kilometru se dojezd zvyšuje a pak do 35. kilometru zůstává stejný v rozmezí 5 kilometrů. Od 35. do 50. kilometru se dojezd snižuje a své minimum má na konci jízdy v hodnotě 179 km.

Graf 3 Standardní jízda ve městě - Teoretický dojezd



5.4 Ekonomická jízda ve městě

Údaje naměřené na konci testu nalezneme v tabulce 17.

Tabulka 17 Ekonomická jízda ve městě - Údaje na konci testu.

Údaje na konci testu	
Dojezd dle palubního počítače d_a [km]	146
Ujetá vzdálenost s [km]	68
Stav baterie S_b [%]	72
Průměrná rychlost [km.h ⁻¹]	58,2
Dobitá energie E_d [kWh]	10,0
Průměrná spotřeba energie E_s [kWh.100km ⁻¹]	14,6
Čas jízdy [min]	135

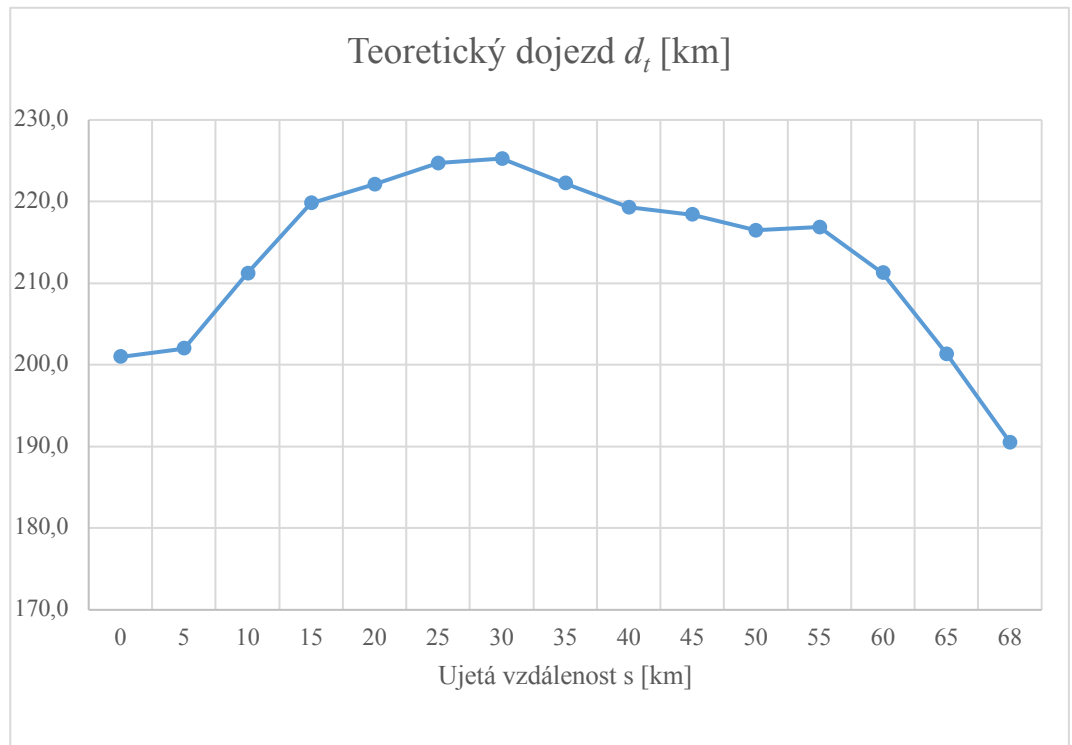
V tabulce 18 vidíme, že se dojezd od začátku jízdy zvyšoval až na hodnotu 225,3 km, které dosáhl na 30. kilometru. Poté začal pomalu klesat až do 60. kilometru a následně posledních 8 kilometrů klesl o 20 km až na hodnotu 190 km. Tento zlom souvisí s terénem dané trasy, kde od 60. kilometru je výrazné stoupání.

Tabulka 18 Ekonomická jízda ve městě - Teoretický dojezd.

Ekonomická jízda		Ve městě	
Ujetá vzdálenost s [km]	Okamžitý dojezd d_o [km]	Stav baterie S_b [%]	Teoretický dojezd d_t [km]
0	201	100	201,0
5	200	99	202,0
10	207	98	211,2
15	211	96	219,8
20	211	95	222,1
25	209	93	224,7
30	205	91	225,3
35	200	90	222,2
40	193	88	219,3
45	190	87	218,4
50	184	85	216,5
55	180	83	216,9
60	169	80	211,3
65	151	75	201,3
68	141	74	190,5
Dobitá energie E_d [kWh]	10,0	Spotřeba energie E_s [kWh.100km ⁻¹]	14,6

V grafu 4 je znázorněn teoretický dojezd z tabulky 18. Je zde vidět, že po městě se dojezd držel nad hranicí 210 km.

Graf 4 Ekonomická jízda ve městě - Teoretický dojezd.



6. Diskuse

Z mnou naměřených výsledků průměrné spotřeby elektrické energie a teoretického dojezdu je patrné, že dopravní trasa má na vozidlo značný vliv. Když porovnáme s výsledky testů z různých internetových zdrojů, které se elektromobilitou zabývají, tak mnou naměřené výsledky se shodují s redaktory ze serveru Hybrid.cz. Naopak dojezd 122 km a průměrná spotřeba 22 kWh.100km⁻¹, kterou uvádí server Autobible.cz je hodně nízký a k jeho dosažení je zapotřebí zacházet s vozidlem opravdu neopatrně a neekonomicky. Dle mého názoru byl tento test zaujatý vůči elektromobilům, protože elektromobily v ostatních testech dosahují dojezdu o 20-30 % nižší, než udává výrobce, ale nikoli jeho polovinu.

7. Závěr

Cílem této práce bylo změřeni dojezdové vzdálenosti na dvou různých trasách a ve dvou režimech jízdy.

Díky této práci jsem se podrobněji seznámil s problematikou elektromobility a získal cenné zkušenosti s řízením elektromobilu v běžném provozu.

Z výsledků je patrné, že nejdelšího dojezdu by elektromobil dosáhl při jízdě ve městě v ideálně plynulém provozu, kde by nemusel řidič zastavovat a jen by pomalu zpomaloval a zrychloval. Na maximální dojezd má vliv hustota provozu, vnější teplota (ideální teplota je okolo 18 °C, kdy řidič nemusí vozidlo vytápět ani chladit), řidičské schopnosti řidiče a technický stav daného vozidla. Za těchto ideálních podmínek by bylo možné dosáhnout dojezdu až 250 km na jedno nabití jak udává výrobce vozidla. Rozdíl času jízdních režimů ve městě činil 6 minut, což je zanedbatelná doba, když jízda trvala přes 2 hodiny. Naopak se, díky pomalejší jízdě a předvídání provozu, podařilo uspořit 4,2 kWh na trase 72 km. Tato úspora při ceně elektrické energie v domácím tarifu za sníženou sazbu 3 Kč.kWh⁻¹ činí 19 Kč na ujetých 100 km.

Při nabíjení elektromobilu byla využita výrobcem dodávaná nabíječka na napětí 230 V, která slouží pro dlouhodobé nabíjení v domácích podmínkách. Bohužel s vozidlem nebyl zapůjčen jiný kabel (např. Mennekes, Typ 2) na nabíjení z nabíjecí stanice. Při nabíjení dodá originální nabíječka napojená na zásuvku 230 V, 16 A do elektromobilu 2,2 kWh, což při průměrné spotřebě vozu 20 kWh.100km⁻¹ znamená prodloužení dojezdu přibližně o 11 km za každou jednu nabíjecí hodinu. Nabíjení z domácí zásuvky o napětí 230 V trvá tedy 15 hodin, jak uvádí výrobce. To značně

snižuje použitelnost elektromobilu, protože pokud se například přijede s vybitým vozem domů okolo 22. hodiny a ráno v 6 hodin se jede do práce, tak se dojezd elektromobilu prodlouží jen o 88 km. Tento problém lze vyřešit zakoupením tzv. wallboxu, který zkrátí čas nabíjení na 6 až 8 hodin. Další možností je nabíjení vozu na veřejných nabíjecích stanicích, kterých ale například v Českých Budějovicích není mnoho, nebo nejsou dostupné na důležitých místech, kde by řidič elektromobilu mohl nabíjet. Typicky jde o nákupní centra nebo parkovací domy. Výjimku tvoří CityGreen Park v ulici F. A. Gerstnera, kde byla NS vybudována na konci roku 2017. Je zpoplatněna částkou 8 Kč za 1 kWh a odebraná energie se platí spolu s parkovacím poplatkem v parkovacím automatu.

Při jízdě například v zástavbě domů, nebo po rušném parkovišti u supermarketu je potřeba si počínat obzvláště opatrně, jelikož chodci elektromobil neslyší. Ve vyšších rychlostech už je situace lepší, protože hluk je vytvářen také pneumatikami.

Elektromobil je primárně koncipován jako druhé další vozidlo, například do rodiny k již stávajícímu vozidlu se spalovacím motorem. Slouží tedy především k přepravě na kratší vzdálenosti například za prací, nebo k pohybu po městě, kde nevytváří žádné emise spalin. Zvýšení dojezdu elektromobilů by mělo za následek i prodloužení doby nabíjení, proto se zatím na delší vzdálenosti více hodí vozidlo se spalovacím motorem.

K rozvoji elektromobility u nás i ve světě by přispělo snížení ceny elektromobilu na hranici maximálně 500 000 Kč a nový elektromobil. Do té doby budou elektromobily jen okrajovou záležitostí, nebo je stát bude muset finančně podpořit určitou částkou ve formě dotace, aby o ně zákazníci začali mít vážný zájem a nepovažovali je jen za výstřelek moderní doby. Důležité je také vštípit zákazníkům péči o životní prostředí a informovat je o elektromobilitě obecně. Začít s informovaností by bylo nejlepší už na středních a vysokých školách, kde by se studenti mohli seznámit se všemi pozitivy a negativy.

8. Seznam použité literatury

- [1] *První elektromotory a elektromobily na světě se datují od roku 1834* [online]. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <http://www.inuru.com/index.php/planeta/mezniky-vedy/468-historie-elektromobil-elektromotor>
- [2] *La Jamais Contente* [online]. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/La_Jamais_Contente
- [3] *Historie elektromobilismu* [online]. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/historie-elektromobilismu>
- [4] *Stručná historie elektromobilů* [online]. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <http://original.elektromobily-os.cz/stručná-historie-elektromobilu>
- [5] *Historie elektromobily* [online]. [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: <http://www.elektromobilita.cz/cs/o-nas/historie-elektromobility.html>
- [6] *Úsvit elektromobilů*. [online]. [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/1-era-elektromobilu-185>
- [7] *Tama Electric* [online]. [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: https://www.nissan-global.com/EN/HERITAGE/tama_electric.html
- [8] *Elektromobily - historie a současnost* [online]. [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <http://www.pro-energy.cz/clanky7/3.pdf>
- [9] *Když dojde ropa* [online]. [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/historie-elektromobilu-2-dil---kdyz-dojde-ropa-354>
- [10] *Pod 500km dojezd na silnici nelez* [online]. [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/historie-elektromobilu-3-dil-pod-500km-dojezd-na-silnice-nelez-412>
- [11] *EMA: český elektromobil, kterému nebylo přáno předběhnout dobu* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.autickar.cz/clanek/ema-cesky-elektromobil-kteremu-nebylo-prano-predbehnout-svou-dobu/>
- [12] *BMW to zkouší s elektromobily už přes 40 let* [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/fascinace/bmw-to-zkousi-s-elektromobily-uz-pres-40-let-jen-s-malymi-pokroky/>
- [13] MOM, Gijs. *The Electric Vehicle: Technology and Expectations in the Automobile Age*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005. ISBN 0-8018-7138-7.

- [14] *BMW i3 specifikace* [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z:
<http://www.hybrid.cz/bmw-i3-cena-dojezd-specifikace>
- [15] *Fiat 500e* [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z:
<https://www.chytraauta.cz/fiat-500e-je-strela-prozene-mestem-201707/>
- [16] *Elektromobily pomalu dotahuji spalovaci motory* [online]. [cit. 2018-02-13].
Dostupné z: <http://autoroad.cz/eko/81209-elektromobily-pomalu-dotahuji-spalovaci-motory-renault-zoe-umi-i-400-kilometru>
- [17] *Elektromobil Mitsubishi iMiEV* [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z:
<http://www.hybrid.cz/test/elektromobil-mitsubishi-i-miev>
- [18] *Nissan Leaf specifikace* [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z:
<https://www.nissan.cz/vozidla/nova-vozidla/leaf/ceny-specifikace.html#grade-LEAFZE1A-3|overview>
- [19] *Tesla* [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z:
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Tesla_\(automobilka\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Tesla_(automobilka))
- [20] *Meet the Chevy Bolt* [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z:
<https://www.wired.com/2016/01/meet-the-chevy-bolt-the-first-electric-car-for-the-masses/>
- [21] *Kia Soul EV* [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z:
<http://www.kia.com/cz/modely/soul-ev/objevte/>
- [22] VLK, František. *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel : alternativní pohony : komfortní systémy : řízení dynamiky : informační systémy*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5276-0.
- [23] *Hyundai Ioniq je v ČR* [online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z:
<http://www.hybrid.cz/hyundai-ioniq-je-v-cr-electric-od-849-990-kc-dojezd-280-km>
- [24] *Volkswagen e-Golf a e-Up* [online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z:
<http://www.auto.cz/volkswagen-e-golf-e-up-elektricti-jezdci-wolfsburgu-76328>
- [25] *Modernizované modely Volkswagen-Golf GTE a e-Golf již v prodeji* [online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/modernizovane-modely-volkswagen-golf-gte-e-golf-jiz-v-prodeji>
- [26] *Elektromobily v ČR – srovnání dojezdu* [online]. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z:
<http://www.autoeco.cz/elektromobily/2017/12/07/elektromobily-v-cr-srovnani-dojezdu/>

- [27] Celjak, I.: *Předmět Konstrukce a provoz vozidel, přednáška: Základní pojmy*, Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky, ZF, JČU České Budějovice, 2017;
- [28] *Elektromobilů už jezdí po světě tři miliony*. [online]. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/elektromobilu-uz-jezdi-po-svete-tri-miliony-letos-se-jejich-pocet-rapidne-zvysi>
- [29] *TEST: nový Nissan Leaf zvládá 150 km na jedno nabití* [online]. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test-novy-nissan-leaf-zvlada-150-km-na-jedno-nabiti>
- [30] *Nejprodávanější elektromobil na světě Nissan LEAF slaví 5. narozeniny a 200 000 prodaných kusů* [online]. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://newsroom.nissan-europe.com/cz/cs-cz/media/pressreleases/140391/nejprodavanejsi-elektromobil-na-svete-nissan-leaf-slavi-5-narozeniny-a-200-000-prodanych-kusu>
- [31] *Tesla Model S* [online]. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S
- [32] *Tesla Model X* [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_X#Specifikace
- [33] *Tesla Roadster je v Česku* [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/tesla-roadster-je-v-cesku/>
- [34] *Tesla Roadster: Z 0 na 100 za 1,9 s a z 8000 dolarů na 0 za minutu* [online]. [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/tesla-roadster-0-100-za-19-8000-dolaru-0-za-minutu-komentar/>
- [35] *TEST: BMW i3 - elektromobil pro moderní město* [online]. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test-bmw-i3-elektromobil-pro-moderni-mesto>
- [36] *Ceny a specifikace – Nissan Leaf 2018 – elektromobil* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.nissan.cz/vozidla/nova-vozidla/leaf/ceny-specifikace.html#grade-LEAFZE1A-3%7Coverview>
- [37] *BMW i3: Technické údaje* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.bmw.cz/cs/all-models/bmw-i/i3/2017/technicke-udaje.html#tab-1>
- [38] *Nové BMW i3 a i3s - Ceny a výbava* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: https://www.bmw.cz/content/dam/bmw/marketCZ/bmw_cz/topics/pricelists-brochures/pricelists/Cenik_BMW_i3_I01.pdf.asset.1514973666278.pdf

- [39] *Kia Soul EV* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z:
http://www.kia.com/content/dam/kwcms/kme/cz/cs/assets/contents/utility/brochure/price-list/Soul_PSEVMY18_cenik.pdf
- [40] *Technical Data Smart.com* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z:
<https://www.smart.com/cz/cs/index/smart-fortwo-electric-drive-453/technical-data.html#engine1>
- [41] *Ceník Smart.com* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z:
https://www.smart.com/content/dam/smart/CZ/pdf/Cenik_smart_07_2017.pdf
- [42] *Hyundai Ioniq* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z:
<https://www.hyundai.cz/files/download/model/ionic-electric/hyundai-ioniq-2017-tech-specs-v2.pdf>
- [43] *TEST: elektromobil Hyundai Ioniq Electric má 200 km dojezdu jistých* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test-elektromobil-hyundai-ioniq-electric-ma-200-km-dojezdu-jistych>
- [44] *Připojení systému k nabíjecí stanici* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z:
http://www.smartev.cz/wp-content/uploads/2017/02/Schneider_theorie.pdf
- [45] *2 Plug-in Electric Vehicles and Charging Technologies* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.nap.edu/read/21725/chapter/4#28>
- [46] *Německý velmi kvalitní nabíjecí kabel vylepšené druhé generace Typ 2 - Typ 1* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z:
<https://www.evexpert.cz/p/227/phoenix-contact-nabijeci-kabel-druhe-generace-typ2-typ1-32a>
- [47] *Veřejné dobíjecí stanice ČEZ* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z:
<http://www.elektromobilita.cz/cs/dobijeni-na-cestach.html>
- [48] *Alternativní pohony motorových vozidel*. [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>
- [49] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.
- [50] *Příslušenství a ceny Yogomo* [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupné z:
<http://www.greencars.cz/cenik>
- [51] *Mapa dobíjecích stanic* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z:
<http://www.elektromobilita.cz/cs/mapa-dobijecich-stanic.html>

- [52] *V ČR je již přes 300 nabíjecích míst pro elektromobily* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/rychle-zpravy/v-cr-je-jiz-pres-300-nabijecich-mist-pro-elektromobily-rust-pokracuje/>
- [53] *Nabíjení PREmobilita* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/nabijeni/>
- [54] Firemní literatura automobilky Nissan 2017
- [55] Firemní literatura automobilky Volkswagen 2017
- [56] Firemní literatura automobilky Kia 2017
- [57] *Hyundai Ioniq Electric vs. Nissan Leaf vs. BMW i3: Kdo dojede nejdál? Na 200 km zapomeňte* [online]. [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/hyundai-ioniq-electric-vs-nissan-leaf-vs-bmw-i3-kdo-dojede-nejdal-na-200-km-zapomente/>
- [58] *TEST: vyzkoušeli jsme nový Nissan Leaf s 30kWh baterií* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test-vyzkoušeli-jsme-novy-nissan-leaf-s-30kwh-baterii>
- [59] *Nissan Leaf 24 kWh vs. 30 kWh – Soutěž baterií* [online]. [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/test-nissan-leaf-24-kwh-vs-30-kwh-soutez-baterii-93958?cely-clanek>
- [60] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [61] *Baterie v elektromobilech* [online]. [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech>

9. Seznam obrázků

Obrázek 1 Uspořádání hnacího ústrojí pro elektromobily: a) přední nebo zadní pohon; b) tandemový pohon; c) pohon v nábojích kol; B – baterie; E – elektromotor a usměrňovač příp. převodovka; D – diferenciál. [49]	11
Obrázek 2 Mapa nabíjecích stanic skupiny ČEZ 2018 – červené rychlonabíjecí NS, zelené běžné NS. [51]	18
Obrázek 3 Mapa nabíjecích stanic skupiny PRE 2018. [53].....	18
Obrázek 4 Elektromobil Jamais Contente vystaven na zámku v Compiègne. [2]	20
Obrázek 5 Elektromobily BMW [4].....	22
Obrázek 6 Elektromobil GM EV1 v roce 1996. [4]	23

Obrázek 7 Statistika registrací EM po roce 2000, přednáška předsedy Asociace elektromobilového průmyslu pana Marušince, 29.11.2017. Foto: autor.....	26
Obrázek 8 Elektromobil Nissan Leaf 2018. [36].....	28
Obrázek 9 Elektromobil Tesla Model S. [31]	29
Obrázek 10 Elektromobil BMW i3 REX. Foto: Autor.....	30
Obrázek 11 Elektromobil Volkswagen e-Golf. [26].....	31
Obrázek 12 Elektromobil Kia Soul EV. [39].....	32
Obrázek 13 Elektromobil Smart Fortwo ED Cabrio. [26].....	33
Obrázek 14 Elektromobil Hyundai Ioniq Electric. [43].....	34
Obrázek 15 Elektromobil Yogomo Q9.[50].....	35
Obrázek 16 Trasa mimo město.....	37
Obrázek 17 Výškový profil trasy mimo město.	37
Obrázek 18 Trasa ve městě	38
Obrázek 19 Výškový profil trasy ve městě	38
Obrázek 20 Testovací vozidlo Nissan Leaf. Foto: autor.....	40

10. Seznam grafů

Graf 1 Standardní jízda mimo město - Teoretický dojezd.....	45
Graf 2 Ekonomická jízda mimo město - Teoretický dojezd	47
Graf 3 Standardní jízda ve městě - Teoretický dojezd.....	49
Graf 4 Ekonomická jízda ve městě - Teoretický dojezd.....	51

11. Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání času nabíjení při různém výkonu nabíjení [44].....	14
Tabulka 2 Technické parametry elektromobilu Nissan Leaf 2017 a 2018. [36] [54].	27
Tabulka 3 Technické parametry elektromobilů Tesla [31].....	29
Tabulka 4 Technické parametry elektromobilů BMW [37][38]	30
Tabulka 5 Technické parametry elektromobilů Volkswagen. [55]	31
Tabulka 6 Technické parametry elektromobilu Kia Soul EV. [39] [56]	32
Tabulka 7 Technické parametry elektromobilů Smart. [40] [41].....	33
Tabulka 8 Technické parametry elektromobilu Hyundai Ioniq Electric. [42].....	34
Tabulka 9 Technické parametry elektromobilu Yogomo Q9. [50]	35
Tabulka 10 Technické parametry elektromobilu Nissan Leaf. [54].....	41
Tabulka 11 Standardní jízda mimo město - Údaje na konci testu.....	43

Tabulka 12 Naměřené hodnoty teoretického dojezdu při standardní jízdě mimo město	44
Tabulka 13 Ekonomická jízda mimo město - Údaje na konci testu	45
Tabulka 14 Ekonomická jízda mimo město - Teoretický dojezd.....	46
Tabulka 15 Standardní jízda ve městě - Údaje na konci testu.....	47
Tabulka 16 Standardní jízda ve městě - Teoretický dojezd.	48
Tabulka 17 Ekonomická jízda ve městě - Údaje na konci testu.....	49
Tabulka 18 Ekonomická jízda ve městě - Teoretický dojezd.	50

12. Seznam použitých zkratk

%	procento
°C	stupeň Celsia
s. r. o.	společnost s ručením omezeným
EM	elektromobil
Kč	koruna česká
kg	kilogram
km.h ⁻¹	kilometr za hodinu
kWh	kilowatthodina
km	kilometr
kWh.km ⁻¹	kilowatthodina na kilometr
kW	kilowatt
Nm	Newton metr
např.	například
V	volt
s	sekunda
A	ampér
Kč.kWh ⁻¹	koruna česká za kilowatthodinu
DPH	daň z přidané hodnoty
AC	střídavý proud
DC	stejnoseměrný proud
min	minuta
mm	milimetr
Kč.min ⁻¹	koruna česká za minutu
NS	nabíjecí stanice