



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

Analýza využití e-mobility v rámci samosprávy

Analysis of the use of e-mobility within local municipality

Diplomová práce

Študijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Študijní obor: Elektrotechnika a management

Vedúci práce: Ing. Jíří Beranovský, Ph.D., MBA

Bc. Milan Klempay

Praha, 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Klempay** Jméno: **Milan** Osobní číslo: **439592**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Analýza využití e-mobility v rámci samosprávy

Název diplomové práce anglicky:

Analysis of the use of e-mobility within local municipality

Pokyny pro vypracování:

1. Legislativa a současný stav e-mobility v ČR nebo v SR
2. Technologie a trendy v nabíjení elektromobilů
3. Ekonomická a technická analýza využití e-mobility
4. Vyhodnocení variant, shrnutí, diskuse a formulace závěrů

Seznam doporučené literatury:

'ELECTRIC CAR DRIVERS: DEMANDS, DESIRES & DREAMS' od portálu cleantechnica
'Orkney electric vehicle strategy 2018-2023' Steve Sankey
'The state of public & private electric vehicle charging infrastructure, and the landscape looking forward' taktiež portál cleantechnica

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **29.01.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **05.01.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2021**

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som predloženú diplomovú prácu na tému „Analýza využiti e-mobility v rámci samosprávy“ vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a že som na konci práce uviedol všetky použité informačné zdroje v súlade s Metodickým pokynom o dodržiavaní etických princípov pri príprave vysokoškolských záverečných prác.

V Prahe, dňa

Podpis autora

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval Ing. Jiřímu Beranovskému, Ph.D., MBA. za konzultácie a cenné rady pri tvorbe diplomovej práce. Veľká vďaka patrí aj mojej rodine, ktorá bola veľkou oporou počas celého môjho štúdia.

Abstrakt

Diplomová práca sa zaoberá širším spektrom problematiky rozvoja elektromobility. Tému som zvolil na základe neefektívneho využívania dotácií územných celkov na Slovensku, pre tento účel. V prvej časti rozoberám legislatívny rámec napojený na rozvoj alternatív v oblasti dopravy, ktorý z veľkej časti udáva smer rozvoja elektromobility v Česku a na Slovensku. Druhá kapitola sa zameriava na prieskum trendov v technológiách nabíjania. V praktickej časti je dôraz kladený hlavne na ekonomickú a ekologickú stránku prevádzky elektromobilu v oblasti samosprávy. V závere sú sumarizované výsledky jednotlivých modelov. Cieľom práce je hľadanie hodnoty v ekosystéme elektromobility pre samosprávu. Nechýbajú ani odporúčania samospráve aký postoj pri zavádzaní elektromobility v meste zaujať.

Kľúčové slová

Elektromobilita, nabíjanie, emisie, dotácie, udržateľnosť, obnoviteľné zdroje, TCO

Abstract

The diploma thesis deals with a broader range of issues of electromobility development. I chose the topic based on the inefficient use of subsidies by local authorities' in Slovakia for this purpose. In the first part, I analyze the legislative framework related to the development of alternatives in transport, which broadly indicates the direction of electromobility development in the Czech Republic and Slovakia. The second chapter focuses on the survey of trends in charging technologies. In the practical part, the emphasis is placed mainly on electric car operation's economic and ecological side in the local government's environment. Finally, the results of individual models are summarized. The work aims to find value in the electromobility ecosystem for municipalities. There are also recommendations to the local government regarding what position to take when introducing electromobility in the city.

Keywords

Electromobility, charging, emissions, subsidies, sustainability, renewable sources, TCO

Obsah

Abstrakt	10
Kľúčové slová	10
Abstract	10
Keywords	10
Obsah.....	11
Úvod.....	7
1 Legislatíva a súčasný stav e-mobility v ČR a SR	8
1.1 Povinnosti vyplývajúce z európskej legislatívy.....	8
1.2 Legislatíva Slovenskej republiky v oblasti elektromobility	10
1.2.1 Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030.....	10
1.2.2 Akčný plán rozvoja elektromobility v Slovenskej republike	12
1.2.3 Analýza národnej legislatívy	12
1.3 Súčasná situácia e-mobility v Európe a vo svete	13
1.4 Porovnanie súčasnej situácie e-mobility v SR a ČR.....	15
1.4.2. Podpora elektromobility v ČR	17
2 Technológie a trendy v nabíjaní elektromobilov	19
2.1 Nabíjanie elektromobilu	19
2.1.2 Normy formujúce rozvoj nabíjacej infraštruktúry	20
2.2 Nabíjanie vodivým spojením.....	20
2.2.1 Režimy nabíjania	21
2.3 Nabíjacie konektory.....	23
2.4 Inovácie v oblasti nabíjania	25
2.5. Preádzka nabíjacej siete.....	25
2.5.1. Ekosystém nabíjacích služieb	26
2.5.2 Komunikačné protokoly.....	28
3 Ekonomická a technická analýza využitia e-mobility.....	29
3.1 LCA.....	30
3.1.1 Emisná náročnosť výroby	30
3.2 Výber lokalít pre inštaláciu nabíjacej infraštruktúry	31
3.3 Využitie elektromobilu v rámci samosprávy.....	33
3.3.1 Tvorba modelu	33
3.3.2. Vstupy	34
4 Vyhodnotenie variant, zhrnutie, diskusia a formulácia záveru	37

4.1 Varianty kúpy elektromobilu za pomoci dotácie.....	37
4.2 Analýza citlivosti významných vstupov	38
4.3 Konkrétne odporúčania pre samosprávu	40
4.4 Ostatné návrhy podpory elektromobility	40
Záver.....	41
Zoznam obrázkov	42
Zoznam tabuliek	43
Zoznam grafov	43
Zoznam použitých skratiek	44
Literatúra	45
Prílohy	48
Príloha č. 1	48
Príloha č. 2	49
Príloha č. 3	50

Úvod

Ambiciózne ciele Európskej Únie vyzývajú všetky členské štáty na prechod k zelenejšej budúcnosti. Po takzvanom pláne 20-20-20, kedy sa krajiny európskej únie zaviazali znížiť spoločné emisie v sektore bývania, poľnohospodárstva, odpadu a dopravy o 20 %, sa dnes posúvame k ďalším métam pre roky 2030 a 2050. Ultimátnym cieľom Európskej Únie je stať sa prvým uhlíkovo-neutrálnym blokom na svete. Táto vízia sa stala základným kameňom pre akčný plán s názvom Európska zelená dohoda, ktorá nadväzuje na Parížsku dohodu a pokračuje v úsilí zmierniť globálnu zmenu klímy.

Doprava vrátane tej leteckej má na svedomí štvrtinu vyprodukovaných skleníkových plynov, v rámci Európskej únie. Samotná cestná doprava, kde ma elektromobilita najväčší potenciál, zodpovedá za 70 % emisií skleníkových plynov v sektore dopravy. Elektrifikácia dopravy tak dáva nádej sektoru, priblížiť sa k bez emisnej budúcnosti.

Neudržateľne veľké množstvo spotreby ropných produktov, tlak na znižovanie emisií, aj to sú dôvody rastu záujmu o elektromobilitu. Štatistiky registrácií osobných automobilov v Českej a Slovenskej republike, však ukazujú, že autá na elektrický pohon sa na celkovom počte podieľajú len zanedbateľne. Dôvodmi pre pomalú adopciu v našom regióne sú napríklad vysoké počiatočné náklady na kúpu elektromobilu a absencia dostatočnej nabíjacej siete.

Silnejúcim argumentom pre využívanie automobilov na elektrický pohon sú nízke prevádzkové náklady. Prostredníctvom ekonomického modelu, ktorý sleduje celkové náklady spojené s vlastníctvom, je možné stanoviť podmienky, ktoré musia byť splnené pre vyrovnanie vyššej počiatočnej investície.

V súčasnosti existuje o elektromobilite množstvo dezinformácií, ktoré tvrdia, že jazda elektromobilom je z hľadiska emisií CO₂ rovnaká, ak nie horšia než jazda benzínovým autom. Tieto názory sa opierajú o premisu, že pôvod všetkej elektriny pochádza uhoľných elektrární a že batérie sú náročné na výrobu a recykláciu. Skutočné ekologické dopady boli v práci rozobrané za pomoci metodiky LCA pre analýzu životného cyklu.

Keďže úspešný prechod k bezemisnej doprave sa nezaobíde bez dostatočnej nabíjacej infraštruktúry, je potrebné sledovať trendy aj v tomto odvetví. Vývoj tu napreduje míľovými krokmi, netreba však zabúdať na potreby a túžby konečného zákazníka. Normy a smernice, sú v tejto oblasti vhodným prvkom pre zabezpečenie správnej užívateľskej skúsenosti. Adaptáciu na novú technológiu môžu uľahčiť aj vhodne nastavené bonusy.

Význam a obsah práce dáva možnosť územným celkom, podnikateľom, ale aj fyzickým osobám použiť ju ako sprievodcu svetom elektromobility.

1 Legislatíva a súčasný stav e-mobility v ČR a SR

Slovo elektromobil je rozsiahly pojem a v svojom najširšom slova zmysle zahŕňa akýkoľvek automobil, ktorý k svojmu pohonu využíva elektrickú energiu. Pre účely tejto práce budeme elektromobilmi nazývať len vozy, ktoré sú schopné prijímať elektrickú energiu z vonkajšieho zdroja. S touto podmienkou sa výber zúži na BEV a PHEV.

Autá na čisto elektrický pohon BEV, využívajú na pohyb len elektromotor, ktorý je napájaný trakčnou batériou vozidla. Tá získava energiu primárne z nabíjacích staníc.

Plug-in hybridné vozidlo je väčšinou schopné fungovať na princípe sériovo paralelnej prevádzky. Auto zapája elektromotor a spaľovací motor v rôznych kombináciách. Dôležitou vlastnosťou je možnosť nabíjania trakčnej batérie zo zásuvky.

		 KONVENČNÝ	 HYBRID	 PLUG-IN HYBRID	 ELEKTRICKÝ
ZDROJ ENERGIE					
SPOTREBA					
EMISIE					 ŽIADNE EMISIE

Obrázok 1 Definícia automobilov pre účely diplomovej práce

1.1 Povinnosti vyplývajúce z európskej legislatívy

Úspešná adaptácia elektromobility si vyžaduje dobre pripravený legislatívny rámec. Z rozličnosti členských krajín Európskej Únie a ich sociálno-ekonomickej vyspelosti vyplýva, že každá jurisdikcia pristupuje k problematike rozdielne. Na podporu dosiahnutia všeobecných cieľov v elektromobilite, existuje rámec európskej legislatívy obsahujúci niekoľko smerníc, nariadení a rozhodnutí.

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2014/94/EÚ o zavádzaní infraštruktúry pre alternatívne palivá. Túto smernicu po medzi inštitucionálnych rokovaní prijal Európsky parlament a Rada 29. septembra 2014. Jej ciele sú stručne popísané v článku 1: „Touto smernicou sa zriaďuje spoločný rámec opatrení na zavedenie infraštruktúry pre alternatívne palivá v Únii s cieľom minimalizovať závislosť od ropy a zmierniť vplyv dopravy na životné prostredie. V tejto smernici sa stanovujú minimálne požiadavky na výstavbu infraštruktúry pre alternatívne palivá, vrátane nabíjacích staníc pre elektrické vozidlá a čerpacích staníc zemného

plynu (LNG a CNG) a vodíka, ktoré sa majú vykonať prostredníctvom národných politických rámcov členských štátov, ako aj spoločných technických špecifikácií týkajúcich sa takýchto nabíjacích a čerpacích staníc a požiadaviek týkajúcich sa informácií pre používateľov.“ Finálne znenie smernice požadovalo od členských štátov, aby do novembra roku 2016 mali vypracovaný národný politický rámec pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami.[1]

Smernica Európskeho Parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie v aktuálnom znení. „Touto smernicou sa ustanovuje spoločný rámec presadzovania energie z obnoviteľných zdrojov energie. Stanovujú sa v nej záväzné národné ciele pre celkový podiel energie z obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej energetickej spotrebe a pre podiel energie z obnoviteľných zdrojov energie v doprave. Stanovujú sa v nej pravidlá týkajúce sa štatistických prenosov medzi členskými štátmi, spoločných projektov medzi členskými štátmi a s tretími krajinami, potvrdení o pôvode, administratívnych postupov, informovania a odbornej prípravy a prístupu k elektrizačnej sústave pre energiu z obnoviteľných zdrojov energie. Touto smernicou sa ustanovujú kritériá trvalej udržateľnosti pre biopalivá a biokvapaliny“. Požiadavky smernice sú na národnej úrovni implementované do národných akčných plánov pre energiu z obnoviteľných zdrojov.[2]

Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/2002 z 11. decembra 2018, ktorou sa mení smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti. „Touto smernicou sa stanovuje spoločný rámec opatrení na podporu energetickej efektívnosti v Únii s cieľom zabezpečiť dosiahnutie hlavných cieľov Únie v oblasti energetickej efektívnosti na rok 2020 na úrovni 20 % a jej hlavných cieľov v oblasti energetickej efektívnosti na rok 2030 na úrovni aspoň 32,5 %, a vytvárajú sa ňou podmienky na ďalšie zlepšovanie energetickej efektívnosti v období po týchto rokoch.

Táto smernica stanovuje pravidlá na odstránenie prekážok na trhu s energiou a prekonanie zlyhaní trhu, ktoré bránia efektívnosti pri dodávke a využívaní energie, a stanovuje zavedenie indikatívnych národných cieľov energetickej efektívnosti a príspevkov na roky 2020 a 2030.

Okrem iného smernica prispieva k implementácii zásady prvoradosti energetickej efektívnosti.“ [3]

Na základe tejto smernice a následného nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/1999 z 11. decembra, MHSR spracovalo Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030.

Tabuľka č.1 obsahuje prehľad zmienovaných a ďalších smerníc a stratégií vplývajúcich na rozvoj elektromobility.

Smernica, nariadenie, alebo rozhodnutie	Ciele	Opatrenia
Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2014/94/EÚ o zavádzaní infraštruktúry pre alternatívne palivá	Vykonať posúdenie súčasného stavu trhu a vyhliadok budúceho rozvoja trhu. Stanoviť národné ciele na zavádzanie infraštruktúry a opatrení potrebných na ich plnenie. 2020 – dostatočný počet nabíjacích staníc s cieľom zabezpečiť premávku elektrických vozidiel v husto obývaných oblastiach v rámci určených sietí.	Stanovenie štandardných pravidiel o zavádzaní infraštruktúry pre alternatívne palivá v EÚ (t. j. nabíjacie stanice pre elektrické vozidlá alebo čerpacie stanice zemného plynu) v rozličných krajinách EÚ. Ustanovujú sa ňou minimálne požiadavky na výstavbu tejto infraštruktúry, ktoré sa majú zaviesť v rámci vnútroštátneho politického rámca každej krajiny EÚ.
Smernica Európskeho Parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie v aktuálnom znení	Ustanovenie spoločného rámca na presadzovanie energie z obnoviteľných zdrojov energie.	Stanovenie záväzných národných cieľov pre celkový podiel energie z obnoviteľných zdrojov energie v doprave.
Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/2002 z 11. decembra 2018, ktorou sa mení smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti	Kľúčovým prvkom zmenenej a doplnenej smernice je hlavný cieľ energetickej účinnosti do roku 2030 vo výške najmenej 32,5%. Cieľ, ktorý sa má dosiahnuť kolektívne v celej EÚ	Od členských štátov sa vyžaduje, aby vypracovali integrované desaťročné národné plány v oblasti energetiky a klímy (NECP), v ktorých uvedú, ako zamýšľajú dosiahnuť energetickú účinnosť a ďalšie ciele do roku 2030.

Tabuľka 1 Analýza európskej legislatívy v oblasti elektromobility

Medzi ďalšie smernice a rozhodnutia nepriamo zasahujúce do rozvoja elektromobility patrí

- Smernica Európskeho Parlamentu a Rady 2009/29/ES, ktorou sa mení a dopĺňa smernica 2003/87/ES s cieľom zlepšiť a rozšíriť schému Spoločenstva na obchodovanie s emisnými kvótami skleníkových plynov.
- Rozhodnutie Európskeho parlamentu a Rady č. 406/2009/ES z 23. apríla 2009 o úsilí členských štátov znížiť emisie skleníkových plynov s cieľom splniť záväzky Spoločenstva týkajúce sa zníženia emisií skleníkových plynov do roku 2020.

1.2 Legislatíva Slovenskej republiky v oblasti elektromobility

Slovensko implementovalo s ohľadom na rozvoj elektromobility požiadavky Európskeho rámca do niekoľkých ťažiskových dokumentov. Národná legislatíva, neskôr vytvára a aktualizuje znenie zákonov tak, aby ciele strategických plánov mohli byť úspešne naplnené.

1.2.1 Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030

V roku 2019 sa SR zaviazala dosiahnuť uhlíkovú neutralitu do roku 2050. Národný energetický mix, ktorý predstavuje podiel jednotlivých zdrojov energie na celkovej vyrobenej elektrine znázorňuje tabuľka č.1. OZE sa v roku 2019 na výrobe elektrickej energie podieľali 18,02 percentami a na hrubej konečnej spotrebe 17,01 percentami.

	2019
Obnoviteľné zdroje - celkom	18,02%
Biomasa	5,01%
Slnečné	1,78%
Veterné	1,72%
Vodné	8,07%
Geotermálne	0,00%
Ostatné obnoviteľné	1,44%
Fosílné zdroje - celkom	26,49%
Čierne uhlie	6,86%
Hnedé uhlie	5,18%
Plyn	12,36%
Olej	1,49%
Ostatné fosílné	0,60%
Jadrové zdroje - celkom	55,49%

Tabuľka 2 Národný energetický mix SR [4]

Redukovanie emisií pri výrobe elektrickej energie, priamo prispieva k znižovaniu emisnej stopy elektromobilu počas jeho životného cyklu. Emisie CO₂ z uvedeného energetického mixu predstavujú 198,59 gCO₂ na jednu vyrobenú kWh energie. V praktickej časti tejto práce bude predstavený vplyv tejto hodnoty na nepriamo vyprodukované emisie pri využívaní auta na elektrický pohon.[4]

Národný energetický a klimatický plán má za úlohu propagovať trvalo udržateľný rozvoj, bez obmedzenia kvality života budúcich generácií. Dáva preto dôraz na potrebnú modernizáciu a zmenu návykov na strane výroby ale aj spotreby.

Podiel energie vyrobenej z obnoviteľných zdrojov energie na koncovej spotrebe elektriny v SR v roku 2018 bol 11,9 %. Do roku 2030 NECP navrhuje cieľ 19,2 %, čo predstavuje nárast o 5,2 percentuálneho bodu v porovnaní s cieľom stanoveným pre rok 2020. Referenčné body na ceste k tejto hodnote pre roky 2022, 2025 a 2027 sú stanovené na 14,94 %, 16,24 % a 17,38 %.[4, 5]

Celkové investičné náklady pre dosiahnutie cieľov v oblasti OZE sa odhadujú na 4,3 mld. Eur. Výber vhodných elektrární na podporu formou príplatku bude prebiehať prostredníctvom aukčného systému. Toto opatrenie, má zabrániť neadekvátne vysokým výkupným cenám elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov.

Určenie kvantifikátorov v sektore dopravy s ohľadom na elektromobilitu je zložitejšie. Energia z OZE je započítavaná len raz, teda pomerná časť tuzemskej spotreby elektriny z OZE je započítavaná v doprave a nie v hrubej konečnej spotrebe elektriny. K výpočtu sú ďalej používané multiplikátory, ktorých použitie, pre prípad cestnej dopravy je zdôvodnené nasledovne: Keďže nieje možné do štatistík započítať prostredníctvom špeciálneho merania (napríklad nabíjanie doma), mali by byť pre zaistenie riadneho započítania pozitívnych dopadov elektrifikovanej dopravy založené na energii z obnoviteľných zdrojov použité multiplikačné koeficienty.

Pre správne pochopenie pojmu hrubá konečná spotreba energie z OZE na celkovej hrubej konečnej spotrebe je potrebné poznať metodiku výpočtu. Zjednodušene sa hrubá konečná spotreba energie z obnoviteľných zdrojov vypočíta ako súčet hrubých konečných spotrieb z OZE elektriny, dopravy vykurovania a chladenia.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
OZE - výroba tepla a chladu v (%)	13	14,3	14,6	15,2	16,1	16,7	17,5	18,1	18,5	19
OZE - výroba elektriny (%)	22,4	23,4	23,9	24,4	24,8	25,9	26,4	26,7	27	27,3
OZE - doprava vrátane multiplikácie (%)	8,9	9,2	9,5	9,7	9,8	10,4	10,7	11,2	12,3	14
Celkový podiel OZE (%)	14	15	15,4	15,8	16,4	17,1	17,8	18,2	18,7	19,2

Tabuľka 3 Odhadovaná trajektória OZE v jednotlivých sektoroch na konečnej energetickej spotrebe od roku 2021 do 2030[5]

1.2.2 Akčný plán rozvoja elektromobility v Slovenskej republike

Akčný plán pre rozvoj elektromobility vznikol s cieľom zabezpečiť, vnímanie nízkoemisnej mobility v čo najlepšom možnom svetle. Hlavný dôraz, dáva preto na bezproblémovú adaptáciu spotrebiteľov na nové trendy a to aj v prípade zrýchleného budovania infraštruktúry. Opatrenia reflektujú ciele vyplývajúce z už uvedených strategických dokumentov ako Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2009/28/ES a 2014/94/EÚ.

Hlavné predpoklady plánu zahŕňajú 1 200 stojanov pre stredne rýchle nabíjanie (do 22 kW) a 300 stojanov pre rýchle nabíjanie (nad 22 kW) do roku 2025. „Národný politický rámec pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami“, ďalej odhaduje, že na cestách sa v roku 2030 bude pohybovať 35 000 elektrických vozidiel a plug in hybridov. Novšie predikcie v roku 2030 už počítajú so 141 000 vozidlami s trakčnou batériou.[6, 7]

1.2.3 Analýza národnej legislatívy

Legislatívny rámec, ktorý sa buď priamo alebo nepriamo dotýka elektromobility je pomerne široký. Prehľad jednotlivých zákonov a ich účinností poskytuje nasledovná tabuľka.

Zákon	Hlavné body týkajúce sa elektromobility
Zákon č. 251/2012 Z.z. o energetike a o zmene a doplnení niektorých zákonov	Zákon definuje základné pojmy ako, elektrické motorové vozidlo, nabíjací bod, nabíjaciú stanicu a verejne prístupnú nabíjaciú stanicu.
Zákon č. 555/2005 Z.z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov	Zákon dáva za povinnosť vybaviť každú novú a významne obnovovanú budovu nabíjacími stanicami pre elektromobily. Konkrétnym podmienkam sa venuje § 8a tohto zákona.
Zákon č. 71/2013 Z.z. o poskytovaní dotácií v pôsobnosti Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky v aktuálnom znení	Podľa zákona je možné poskytnúť dotáciu na financovanie projektov výskumu, vývoja a inovácií.

	<p>Do tejto kategórie spadá budovanie verejnej nabíjacej infraštruktúry ale aj nákup vozidiel využívajúcich alternatívne palivá.</p> <p>Oprávnenosti a podmienkam čerpania dotácií na budovanie nabíjacích staníc sa bližšie venuje § 8b tohto zákona.</p> <p>Oprávnenosti a podmienkam čerpania dotácií na nákup vozidla na alternatívne palivo sa bližšie venuje § 8c tohto zákona.</p>
Zákon č. 8/2009 Z.z. o cestnej premávke v aktuálnom znení	Na základe tohto zákona je majiteľ vozidla BEV alebo PHEV oprávnený žiadať o tabuľku s evidenčným číslom určenú pre také vozidlá.
Zákon č. 137/2010 Z.z. o ovzduší a neskorších predpisov	Dáva obciam možnosť všeobecne záväzným nariadením zriadiť nízkoemisnú zónu, do ktorej je povolený vjazd len cestným motorovým vozidlám na elektrický a vodíkový pohon. § 9 tohto zákona ďalej definuje možnosti charakterizácie nízkoemisnej zóny.

Tabuľka 4 Identifikovaný legislatívny rámec vzťahujúci sa k elektromobilite v SR

Na lokálnej úrovni do rozvoja elektromobility ďalej zasahujú všeobecné záväzné nariadenia. Ide o právnu normu, ktorá je vydávaná orgánom samosprávy vo veciach územnej samosprávy a prenesenej štátnej správy, ktorá je všeobecne záväzná pre všetky osoby a subjekty pôsobiace na území daného samosprávneho kraja. Príkladom VZN vplývajúceho na rozvoj elektromobility je nariadenie o dani za vjazd a zotrvanie motorového vozidla v historickej časti mesta.

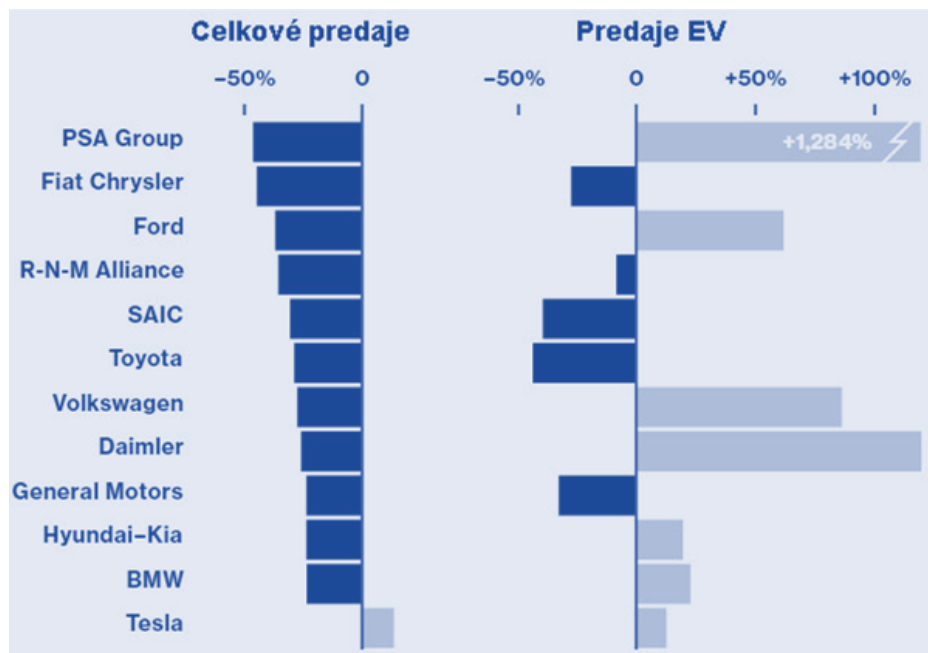
1.3 Súčasná situácia e-mobility v Európe a vo svete

V roku 2019 EÚ investovala až 60 miliárd € do elektromobility, čo je zhruba trikrát viac ako samotná Čína. To je priamy dôkaz toho, že Európa začína brať elektromobilitu vážne a chce byť na čele zmeny v automobilovom priemysle. Trend potvrdzuje aj nový klimatický a energetický rámec pre rok 2030 a rapídne sa zvyšujúci podiel elektromobilov na predaných vozidlách. V prvom kvartáli roku 2019 bol podiel elektromobilov na predaji 2,5 %, v rovnakom období v roku 2020 poskočila hodnota na takmer 7 %. [8]

Viac než 80 % všetkých predaných elektromobilov v EÚ, je pokrytých skupinou šiestich ekonomicky najsilnejších krajín. V ostatných krajinách EÚ, je stále najväčším problémom vysoká obstarávacía cena elektromobilu. Mnohí analytici predpokladajú, že zlomovým bodom k cenovej parite ICE a BEV vozidiel bude cena batérie pod 100 USD/ kWh. V súčasnosti sa pohybuje na cene okolo 140 USD za kWh úložného priestoru v batérii. Najaktuálnejšia predpoveď BloombergNEF pracuje s verziou, že k zlomovej hodnote nás delia už len tri roky. Za znižujúcou cenou, sa schováva vývoj v technológiách a fakt, že každé zdvojnásobenie dopytu po batériách, šetrí až 18 % nákladov ich výroby. Batérie nie sú palivo ale technológia, vďaka čomu je možné počítať s úsporami z rozsahu výroby. [9]

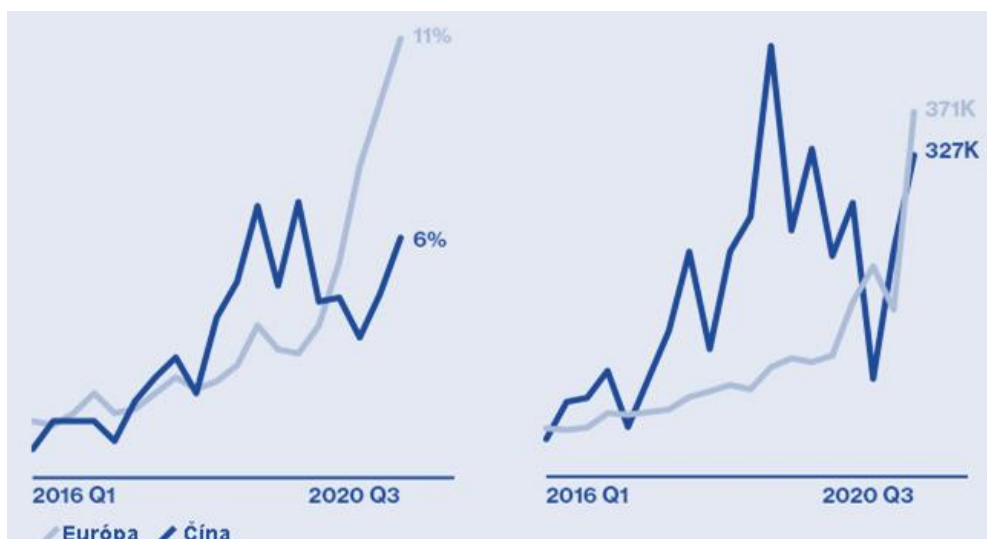
Rok 2020 poznačený vírusom COVID-19, však potvrdil obrovský záujem spoločnosti o nízkoemisnú dopravu. Automobilky v súčasnosti pripravujú až 35 nových modelov pre rok 2021. Každá veľká automobilka zaznamenala významný pokles predajov svojich konvenčných vozidiel. Predaj elektromobilov rastie aj navzdory znižujúcim sa celkovým predajom

v automobilovom priemysle. Tesla sa v roku 2020 stretla s historicky najvyššími predajmi. Volkswagen a Daimler zaznamenali rekordne znížený dopyt po svojich spaľovacích modeloch, zatiaľ čo ich elektromobilová divízia rástla až dvojnásobne. Graf 1 zobrazuje a porovnáva dáta predajov prvých troch kvartálov roku 2020 a 2019.



Graf 1 Predaje elektromobilov v roku 2020 oproti celkovým predajom významných automobiliek [9]

Nórsko je v predajoch EV stále na popredných priečkach, kde 70 % novo predaných áut, malo možnosť externe nabíjať batériu svojho vozidla. V roku 2020 sa podarilo Európe vziať prvenstvo Číne aj v celkovej počte predaných elektromobilov. V treťom kvartáli roku sa predaj elektromobilov v Európe vyšvihol až na 11 %.



Graf 2 Tržný podiel EV a kvartálne predaje v Číne a Európe [9]

Prevaha ekonomicky vyspelejších krajín EÚ sa prejavuje aj vo výstavbe nabíjacej infraštruktúry. 75 % všetkých nabíjacích bodov EÚ je sústredených v Holandsku, Nemecku, Francúzsku a Spojenom Kráľovstve. Tento nepomer podtrhuje fakt, že Holandsko ma viac než 1 000 krát viac nabíjacích bodov ako Cyprus.

EÚ celkovo	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nabíjacie body	34 448	59 200	89 214	126 449	142 803	199 825

Tabuľka 5 Počet nabíjacích bodov v rámci celej EÚ [10]

Na porovnanie SR a ČR s EÚ v oblasti rozvoja infraštruktúry som prevzal metriku počtu km² na jeden nabíjací bod. Je zrejmé, že v hustote nabíjacích bodov významne zaostávame za úniovým priemerom.

	Počet nabíjacích bodov 2019	Územná rozloha km ²	Počet km ² na jeden nabíjací bod
Česká republika	808	78 867	98
Slovenská republika	649	49 036	76
Celkom EÚ	199 825	4 479 961	22,42

Tabuľka 6 Štatistika nabíjacích bodov v roku 2019 [11]

1.4 Porovnanie súčasnej situácie e-mobility v SR a ČR

V oboch krajinách sú aplikované rozdielne nástroje na napĺňanie záväzných cieľov. Najvyššie kontrolné úrady oboch krajín sa však zhodujú, že súčasné opatrenia nie sú dostatočné na to, aby významnou mierou prispeli k naplneniu stanovených cieľov. Ďalej sa obe najvyššie kontrolné inštitúcie zhodujú, že ak majú byť jednotlivé opatrenia účinné, musia byť vykonávané komplexne, pričom finančné a daňové opatrenia môžu mať zásadný význam. Zodpovedné štátne orgány sú zodpovedné za prípravu sady opatrení, ktoré významne zvýšia ekologizáciu dopravy a podiel fotovoltiky na energetickom mixe. Dôležitý je predpoklad dostupnosti nových zdrojov v porovnaní s konvenčnými zdrojmi energie. Momentálne je nutné konštatovať pre obe krajiny, absenciu takýchto dlhodobých opatrení. Kroky podniknuté doteraz boli len krátkodobé a ich vplyv na plnenie cieľov bol nevýznamný.[11]

Z dát roku z 2019 sa dá vypožorovať, že počet elektromobilov vo vzťahu k celkovému počtu vozidiel bol nevýznamný. V ČR tvoril podiel elektromobilov na registráciách nových vozidiel cca 0,5 % a v SR cca 0,4 %.

	BEV	PHEV	Spolu
SK	0,16%	0,20%	0,36%
ČR	0,22%	0,28%	0,50%
EÚ	1,90%	1,10%	3,00%

Tabuľka 7 Podiel registrácií nových BEV a PHEV osobných automobilov v SR, ČR a EU v roku 2019 [12]

Navzdory 480% rastu výskytu nabíjacích staníc v EÚ medzi rokmi 2014 až 2019, je ich celkový počet stále nízky oproti tomu čo je potrebné. Konzervatívne odhady Európskej Komisie, predpokladajú potrebu minimálne 2,8 mil. nabíjacích bodov do koca roku 2030.

V ČR bolo v roku 2019 dostupných 808 verejných nabíjacích bodov. 410 z nich poskytuje výkon do 22 kW a 398 má k dispozícii 22 kW a viac. Najväčšími prevádzkovateľmi nabíjacej siete v krajine sú ČEZ, a.s., PRE, a.s. a E.ON Česká republika, s.r.o.

V SR bolo v roku 2019 dostupných 649 verejných nabíjacích bodov. Z toho 350 o výkone do 22 kW a 299 s výkonom vyšším ako 22 kW. Najväčšími prevádzkovateľmi nabíjacej siete v krajine sú GreenWay Infrastructure s.r.o. a Západoslovenská energetika, a.s..

1.4.1. Podpora elektromobility v SR

V Slovenskej Republike bol systém podpory v oblasti elektromobility prirodzene rozdelený medzi rozvoj infraštruktúry a stimuly na nákup elektrického vozidla.

Objem dotácií na podporu BEV a PHEV v rokoch 2015 až 2018 v SR predstavoval 5,2 mil. €. Projekt sa zakladal na vyplácaní finančného príspevku 5 000 € pri kúpe BEV a 3 000 € pri kúpe PHEV. Nízky počet skladových zásob elektromobilov spôsobil, že záujem využiť túto formu podpory bol vyšší ako schopnosť trhu dopyt uspokojiť. Kvôli nedostatku BEV a PHEV, preto dotácie neboli vyčerpané v plnom rozsahu. Z alokovanej čiastky 5,2 mil. € bola vyčerpaná suma 3,5 mil. €, ktorou bol podporený nákup 831 elektromobilov.

Roky	BEV		PHEV		Spolu	
	Počet	Suma v €	Počet	Suma v €	Počet	Suma v €
2016	64	320 000	14	42 000	78	362 000
2017	231	1 155 000	185	555 000	416	1 710 000
2018	219	1 095 000	118	354 000	337	1 449 000
Spolu	514	2 570 000	317	951 000	831	3 521 000

Tabuľka 8 Čerpanie dotácií na elektromobily pre fyzické a právnické osoby v rámci prvej dotačnej schémy [11]

Elektromobily v SR ďalej čerpajú výhody v podobe nulovej sadzby dane z motorových vozidiel a majú fixný registračný poplatok za prihlásenie vozidla do evidencie vo výške 33 € bez ohľadu na výkon motora. Motivovať podnikateľov k nákupu BEV alebo PHEV má aj novo zavedená odpisová skupina, ktorá umožňuje odpisovanie v dvoch rokoch namiesto štyroch.

Nevyužité prostriedky prvej dotačnej schémy boli presunuté na MŽP SR, ktoré v 2. polroku 2018, prostredníctvom Environmentálneho fondu spustilo druhú dotačnú schému. Tento krát bola určená len pre obce a samosprávne kraje s alokovanou sumou vo výške 1 mil. €. Výška príspevku mohla predstavovať až 95 % kúpnej ceny vozidla a maximálna výška dotácie bola 30 000 €.

Počet prijímateľov dotácie	Schválená dotácia v €	Čerpaná dotácia v €
36	997 380	917 200

Tabuľka 9 Čerpanie dotácií na elektromobily pre obce a samosprávne kraje v druhej dotačnej schéme [11]

V druhej polovici roka 2019 boli prostredníctvom MHSR zavedené nové dotačné schémy, týkajúce sa už aj výstavby nových dobíjacích staníc. Historicky prvú výzvu na podporu budovania nabíjacej infraštruktúry na Slovensku, vyhlásilo MHSR v siedmom mesiaci roku 2019. Šancu získať dotáciu dostali vtedy len samosprávy. Tie si prerozdělili 350 000 €, vďaka ktorým pribudlo v mestách a obciach 71 nabíjacích staníc pre elektromobily.

Druhé kolo spustené v septembri roku 2020, dovoľovalo čerpať dotáciu aj na DC nabíjacie stanice a to do výšky 18 000 € respektíve 36 000 € v prípade právnických osôb

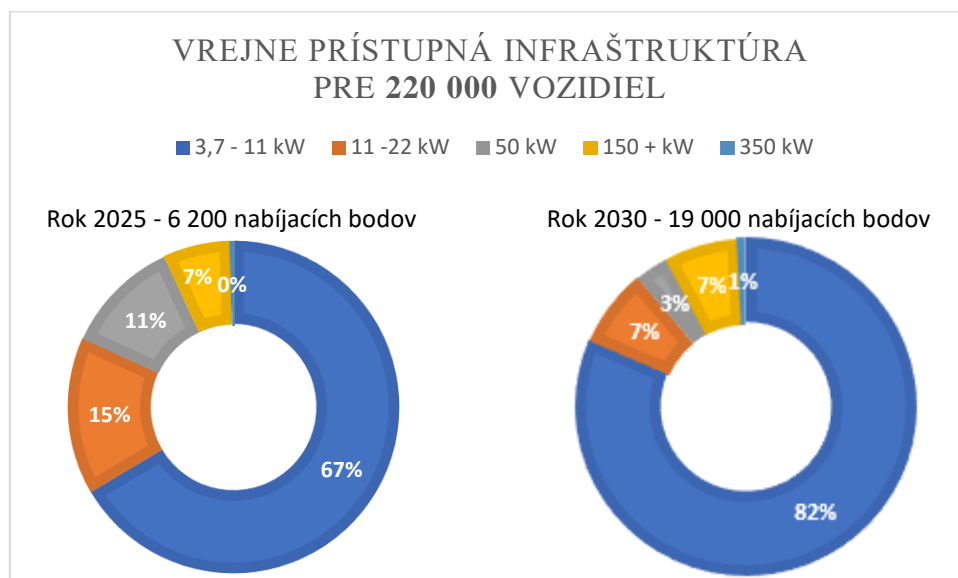
a podnikateľských subjektov. Indikatívna výška finančných prostriedkov zo zdrojov štátneho rozpočtu vyčlenených na výzvu bola 650 000 €. [13]

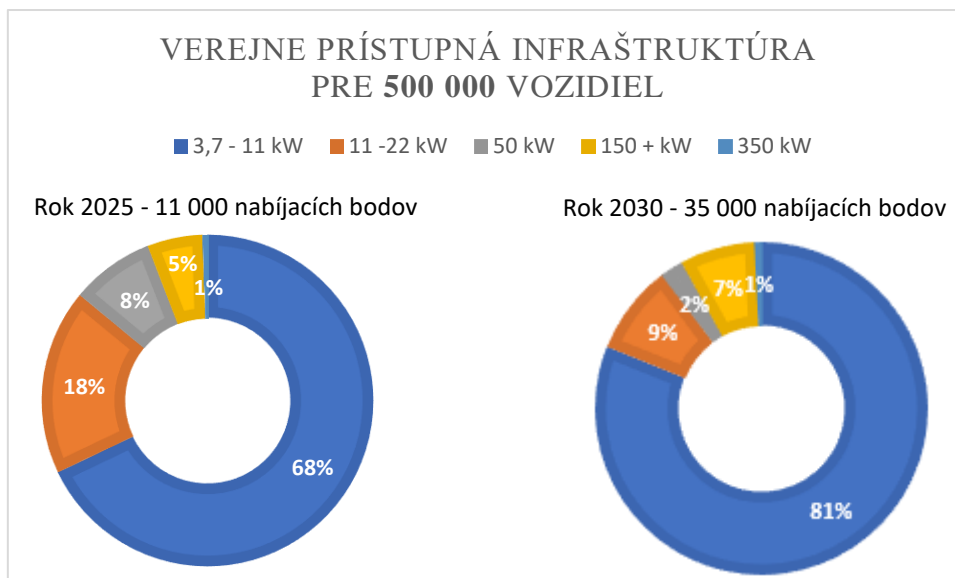
Štátna schéma s najväčšou pravdepodobnosťou stojí za prepadom nových registrácií v roku 2019. Hoci rezort hospodárstva vyhlásil podmienky novej výzvy na štátny príspevok pre kúpu elektromobilu a plug-in hybridu až koncom novembra, verejnosť už vopred vedela, že vláda chystá pokračovanie dotácií – išlo o jedno z opatrení schváleného Akčného plánu rozvoja elektromobility SR. Motoristi, ktorí zvažovali elektrický pohon, sa preto rozhodli počkať. Registrácia bola spustená koncom vlaňajška. V priebehu štyroch minút sa rozpočet programu 6 mil.eur kompletne zarezervoval. Ovocie výzvy v podobe značného nárastu registrácií áut s pohonom na elektrinu sa tak prejaví až v roku 2020. V tomto prípade bol vyplácaný finančný príspevok 8 000 € pri kúpe BEV a 5 000 € pri kúpe PHEV.

1.4.2. Podpora elektromobility v ČR

V nadväznosti na už uvedené strategické dokumenty ako Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2009/28/ES a 2014/94/EÚ, MZP ČR vypracovalo NAP čistej mobility. Plán stanovuje strategické ciele pre alternatívne pohony v cestnej doprave. Ako kľúčový ukazovateľ rozvoja je braný predaj vozidiel BEV a PHEV. Na základe dát zo zväzu dovozcov vozidiel NAP CM predikuje v roku 2025, 68 tis. Elektrických vozidiel a na konci dekády až 217 200 elektrických vozidiel celkom. [14]

Pri rozvoji nabíjacej infraštruktúry NAP CM pracuje s indikátorom celkového spoločného výkonu verejných nabíjacích staníc. Preto sa počíta s takým množstvom staníc o určitom výkone, tak aby dokázali dodať elektromobilom v roku 2030, 1 000 – 1 500 GWh (nízky scenár) a až 2 000 - 3 000 GWh elektriny (vysoký scenár).





Graf 3 Odhad potreby typu dobíjajúcich staníc podľa množstva vozidiel [14]

Zatiaľ čo Slovensko výraznejšie podporovalo autá na elektrický pohon, Česká republika v rokoch 2015 až 2018 zaviedla viaceré opatrenia na podporu áut s CNG pohonom. Majitelia týchto vozov boli oslobodení od cestnej dane. Štát dodatočne podporoval samosprávne kraje, štátne organizácie a obchodné spoločnosti, v ktorých mal nadpolovičný podiel. Týmto spôsobom tak dosiahla priemerná ročná dotáciu v Česku viac ako 640 000 €. Ďalšou formou podpory dopravy na stlačený zemný plyn, bolo zníženie spotrebnej dane približne o polovicu v porovnaní so sadzbami pre klasické pohony.

Čo sa týka priamej motivácie pri nákupe elektromobilov, Česká republika podporovala len podnikateľov a samosprávne kraje. Dotačná podpora bola realizovaná z operačného programu Podnikanie a inovácie pre konkurencieschopnosť a Národného programu životné prostredie.

V ČR sa podpore rozvoja nabíjacej infraštruktúry venuje Ministerstvo Dopravy prostredníctvom Operačného programu Doprava. Jeho prioritami je rozvíjať verejnú infraštruktúru pre čistú mobilitu v sieti TEN-T ale aj mimo nej. Účelom je zaručiť prepojenie centier a regiónov, zvýšiť bezpečnosť a efektívnosť cestnej dopravy.

Rok	Názov výzvy	Alokácia v mil. Kč
2018	Výzva č. 30 – Podpora infraštruktúry pro alternativní paliva - Podpora rozvoje páteřní sítě dobíjajúcich staníc	130
2018	Výzva č. 36 – Podpora infraštruktúry pro alternativní paliva - Podpora rozvoje doplňkové sítě dobíjajúcich staníc	100
2019	Výzva č. 65 - Podpora infraštruktúry pro alternativní paliva – Podpora rozvoje páteřní sítě dobíjajúcich staníc	130
2019	Výzva č. 67 – Podpora infraštruktúry pro alternativní paliva - Podpora rozvoje doplňkové sítě dobíjajúcich staníc	174
2019	Výzva č. 68 - Infraštruktúra pro alternativní paliva - Podpora rozvoje páteřní sítě dobíjajúcich staníc	130
2019	Výzva č. 69 - Podpora infraštruktúry pro alternativní paliva – Podpora rozvoje doplňkové sítě dobíjajúcich staníc	146
2019	Výzva č. 70 - Infraštruktúra pro alternativní paliva - Podpora rozvoje páteřní sítě dobíjajúcich staníc	145

2020	Výzva č. 82 - Podpora infraštruktúry pro alternatívni paliva – Podpora rozvoje doplňkové sítě dobíjecích stanic	60
2021	Výzva č. 84 - Podpora rozvoje doplňkové sítě dobíjecích stanic	70
Spolu	8 výziev podpory rozvoja siete dobíjacích staníc v ČR	1085

Tabuľka 10 Prehľad výziev na budovanie verejnej nabíjacej infraštruktúry [14]

Expost forma platby podpôr v súčasnosti nedáva možnosť vyhodnotiť výsledky týchto pomerne nových projektov.

Majitelia BEV a PHEV sú v ČR počas vlastníctva elektromobilu momentálne oslobodení od platby diaľničných poplatkov a v mestách ako Praha aj poplatkov za parkovanie. Prehľad v kontrole dodržiavania týchto nariadení, pomáha udržiavať špeciálne elektro evidenčné číslo.

2 Technológie a trendy v nabíjaní elektromobilov

V súčasnosti sme svedkami revolúcie v celej oblasti elektromobility. Rýchlo rozvíjajúce sa odvetvie nám pomôže odkloniť sa od benzínových a naftových automobilov a zmierniť tak nepriaznivý vplyv dopravy na životné prostredie.

Viacere argumenty podporujúce rozvoj elektromobility ako, lepšia účinnosť elektromotoru, nulové lokálne emisie, nízka hlučnosť a prašnosť, stále nie sú dostatočným impulzom na masívny prechod k alternatíve na elektrický pohon. Pre ilustráciu, výdajový stojan na bežnej čerpacej stanici má prietok 40 litrov paliva za minútu, čo je 364 kWh vydannej energie. Ak by sme elektromobil nabíjali s dnes najlepšou dostupnou technológiou o výkone 450 kW, prenos rovnakého množstva energie by trval 49 krát dlhšie.[15]

Zabezpečenie spoľahlivej a užívateľsky prívetivej nabíjacej infraštruktúry, je preto jednou z najväčších výziev nástupu nového trendu elektromobility. V tejto kapitole rozoberiem kľúčové časti nabíjacieho ekosystému a poukážem na ich nevyhnutnosť.

2.1 Nabíjanie elektromobilu

Súčasťou každého elektromobilu je trakčná batéria, ktorá je dobíjaná z externých zdrojov. Najpoužívanejšou technológiou dneška, na uskladnenie elektrickej energie pre potreby automobilov je lithium-ion (Li-ion) batéria. Vyznačuje sa pomerne veľkou energetickou hustotou Wh/kg a je schopná udržať elektrický náboj počas dostatočne dlhého časového obdobia.

Pred tým než popíšem jednotlivé možnosti nabíjania, je potrebné si uvedomiť, že používateľské návyky pri využívaní automobilov na elektrický pohon sa odlišujú od návykov používateľov využívajúcich vozidlá so spaľovacím motorom. Na základe viacerých prieskumov sa s určitosťou dá povedať, že viac než 90 % času svojho života, automobily trávajú zaparkované. Rozsiahla sieť elektrizačnej sústavy, dáva možnosť tento čas využiť na nabíjanie trakčného akumulátoru. Nižšie nabíjacie výkony do 22 kW, sú preto vhodným riešením na tak zvané dobíjanie v cieľovej destinácii. [16, 17]

Distribúcia benzínu a nafty takouto výhodou nedisponuje, majitelia spaľovacích automobilov tak musia navštevovať čerpacie stanice, len za účelom dotankovania palivových hmôt. Z toho

vyplýva aj dopyt po vysokej rýchlosti prenosu energie. Ďalšou výhodou na strane elektromobility je vyššia účinnosť elektrického motoru.

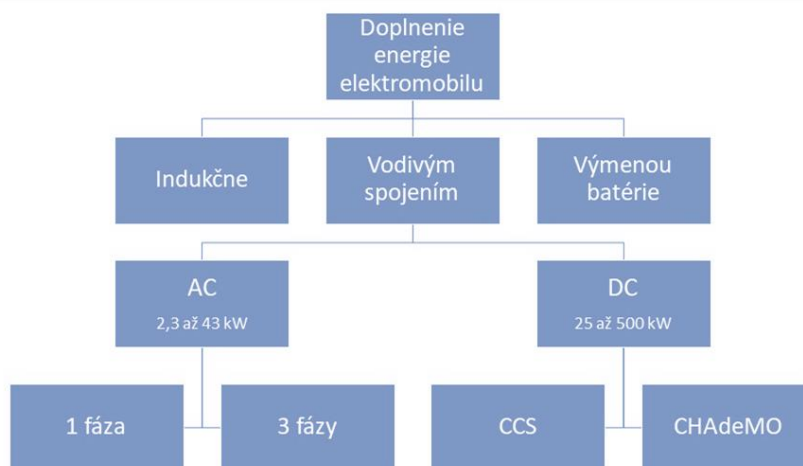
2.1.2 Normy formujúce rozvoj nabíjacej infraštruktúry

Hlavným parametrom, ktorý vplýva na rýchlosť nabíjania jeho cenu a fluktuáciu v sieti, je úroveň nabíjacieho výkonu. Deleniu na režimy nabíjania vodivým spojením, podľa jednotlivých parametrov, sa venuje medzinárodný štandard IEC 61851. Kategorizuje spôsoby nabíjania elektromobilu na palubné (on-board) alebo vonkajšie (off-board) s jednosmerným alebo obojsmerným tokom výkonu:

- Jedsosmerný tok výkonu (auto sa nabíja) zjednodušuje požiadavky na hardvérové vybavenie nabíjačky a prepojenie elektromobilu s nabíjacou stanicou,
- obojsmerný tok výkonu, umožňuje prechod energie z nabíjacej stanice do elektromobilu a naopak.

Palubné nabíjačky umiestnené vo vnútri vozidla (on-board) umožňujú automobil na elektrický pohon nabíjať všade kde je dostupná elektrická energia. Výkon palubných nabíjačiek je obmedzený ich rozmermi a nákladmi na výrobu. Vonkajšie (off-board) nabíjačky sú navrhované pre vyššie rýchlosti nabíjania a zvyčajne nie sú obmedzené rozmermi alebo hmotnosťou.[18]

Ďalšie štandardy, ktoré sa zaoberajú aspektmi nabíjania elektromobilov, pojednávajú o typoch zásuviek a zástrčkách norma IEC 62196 a norma IEC 61980 sa zaoberá bezdrôtovým prenosom energie. Na obrázku 1 je vyobrazené delenie nabíjania tak ako to udávajú normy medzinárodnej elektrotechnickej komisie.



Obrázok 2 Možnosti doplnenia energie elektromobilu

Vyššie spomínané medzinárodné štandardy IEC 61851, IEC 62196 a IEC 61980 sú ďalej implementované do českých a slovenských technických noriem.

2.2 Nabíjanie vodivým spojením

Nabíjanie vodivým spojením je v súčasnosti technologicky najjednoduchšie a najefektívnejšie riešenie. Elektrická energia je do elektromobilu prenášaná pomocou káblu s daným druhom konektoru. Tento spôsob nabíjania je predovšetkým náročný pre zaistenie bezpečnosti osôb

vzhľadom k tomu, že malé percento majiteľov elektrického vozidla má aj elektrotechnické vzdelanie a uvedomuje si riziká pri nabíjaní elektrickým prúdom.

Nabíjaniu vodivým spojením sa bližšie venuje norma STN EN 62196-1, ktorá špecifikuje požiadavky na zástrčky, zásuvky, konektory, vstupy, a káblové zostavy, ktoré sa používajú pri nabíjaní elektrických vozidiel typu BEV a PHEV. Norma ďalej približuje spôsoby užitia komponentov vo vodivých nabíjaciach systémoch, kde napätie pri prevádzke nepresahuje:

- 690 V AC 50-60 Hz pri menovitom prúde nepresahujúcom 250 A,
- 1500 V DC pri menovitom prúde nepresahujúcom 400 A. [19]

2.2.1 Režimy nabíjania

Podľa normy STN EN 61851-1 existujú štyri režimy nabíjania elektromobilu. Norma popisuje nabíjanie akumulátorov z verejných elektrických rozvodov a ďalej stanovuje bezpečnostné požiadavky na obsluhu. Pre všetky režimy je vyžadovaný prúdový chránič, minimálne ekvivalent typu A v kombinácii s nadprúdovým istiacim prvkom.[20]

2.2.1.1 Režim nabíjania 1



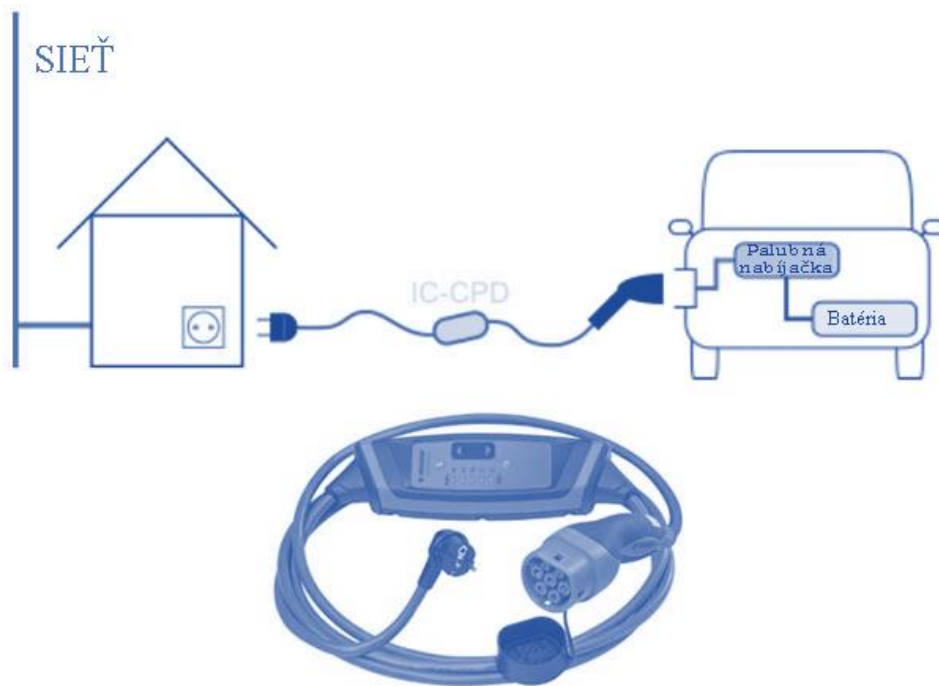
Obrázok 3 Schéma pripojenia elektromobilu v režime 1 [21]

Hodnota napätia v domácej sieti nie je stále konštantná, navyše zásuvky a zástrčky v dome nemusia byť dostatočne odolné proti trvalému odberu prúdu v maximálnej menovitej hodnote.

V režime 1 je elektrické vozidlo pripojené priamo na sieť striedavého napätia využitím normalizovaných zásuviek s menovitým prúdom neprevyšujúcim 16 A s jednofázovým striedavým napätím do 250 V, respektíve do 480 V pri trojfázovom striedavom napätí. Pripojenie je realizované pomocou pracovných vodičov a vodiča ochranného uzemnenia, chýba však komunikácia. Tým pádom je pri tomto spôsobe nabíjania nemožné riadiť výkon a ostatné parametre nabíjania. Z dôvodu veľmi nízkej bezpečnosti je tento režim nabíjania zakázaný vo väčšine krajín. [20, 21]

Maximálny možný nabíjací výkon pri jednofázovom zapojení je 3,7 kW, respektíve 11 kW pri zapojení trojfázovom. Uzamykanie konektoru prebieha na strane vozidla.

2.2.1.2 Režim nabíjania 2



Obrázok 4 Schéma pripojenia elektromobilu v režime 2 a príslušný kábel pre nabíjanie [21]

V režime 2 prebieha nabíjanie rovnako ako v režime 1 prostredníctvom striedavého prúdu, pri ktorom je elektromobil pripojený priamo k elektrickej sieti využitím normalizovaných jednofázových alebo trojfázových zásuviek s menovitým prúdom do 32 A s jednofázovým striedavým napätím do 250 V, respektíve 480 V pri trojfázovom striedavom napätí.

Bezpečnostnému riziku z nepretržitého vysokého odberu z bežnej domácej zásuvky sa dá predísť nabíjacím káblom vybaveným káblovým a ochranným zariadením (IC-CPD). Toto ochranné zariadenie zaisťuje riadiace a ochranné funkcie ako, overenie a monitorovanie prítomnosti ochranného uzemnenia, poruchu zemného spojenia, kontrolu nadprúdov a ochranu proti prehriatiu. Voliteľnou vymoženosťou je schopnosť prepínania nabíjacieho výkonu v závislosti na stave vozidla. Ochranné zariadenie, musí byť umiestnené maximálne 0,3 m od vidlice, po prípade môže byť jej súčasťou. [20, 21]

Maximálny možný nabíjací výkon je pri jednofázovom zapojení je 7,4 kW, respektíve 22 kW pri zapojení trojfázovom. Uzamykanie konektoru prebieha na strane vozidla.

2.2.1.3 Režim nabíjania 3



Obrázok 5 Schéma pripojenia elektromobilu v režime 3 v dvoch možných prípadoch [21]

Režim nabíjania 3 je zo všetkých režimov najbežnejší. Na pripojenie k rozvodovej sieti využíva pevnú dedikovanú nabíjaciu stanicu, ktorá je trvale pripojená k sieti. EVSE alebo EVSE so systémom vozidla musí zabezpečiť tieto funkcie:

- kontrolu správnosti pripojenia elektromobilu,
- stálu kontrolu spojenia vodiča ochranného uzemnenia,
- napájanie systému,
- prerušenie dodávky energie do káblovej sústavy

Medzi voliteľné funkcie v tomto režime patrí:

- voľba rýchlosti nabíjania
- určenie požiadaviek na ventiláciu nabíjacieho priestoru,
- nastavovanie dostupného nabíjacieho prúdu v reálnom čase,
- mechanické zaistenie/uvoľnenie pripojenia,
- riadenie obojsmerného toku výkonu do elektromobilu a z neho.

Maximálny možný nabíjací výkon je pri jednofázovom zapojení s menovitým prúdom 32 A je 7,4 kW, respektíve 43,5 kW pri zapojení trojfázovom o menovitom prúde 63 A. Uzamykanie konektoru prebieha na strane vozidla aj stanice.

2.2.1.4 Režim nabíjania 4



Obrázok 6 Schéma pripojenia elektromobilu v režime 4 [21]

V režime 4 je pripojenie elektromobilu na rozvodovú sieť realizované pomocou mimopalubnej (off-board) nabíjačky. Striedavý výkon zo siete, sa usmerňuje v nabíjacej stanici, DC nabíjacia stanica tak má riadiacu aj ochrannú funkciu. Nabíjací kábel je v tomto režime pevnou súčasťou nabíjacej stanice.

Maximálny možný nabíjací výkon siahá až do výšky 450 kW DC, v závislosti na použitej technológii a schopnosti auta daný výkon prijať. Uzamykanie konektoru prebieha na strane vozidla.

2.3 Nabíjacie konektory

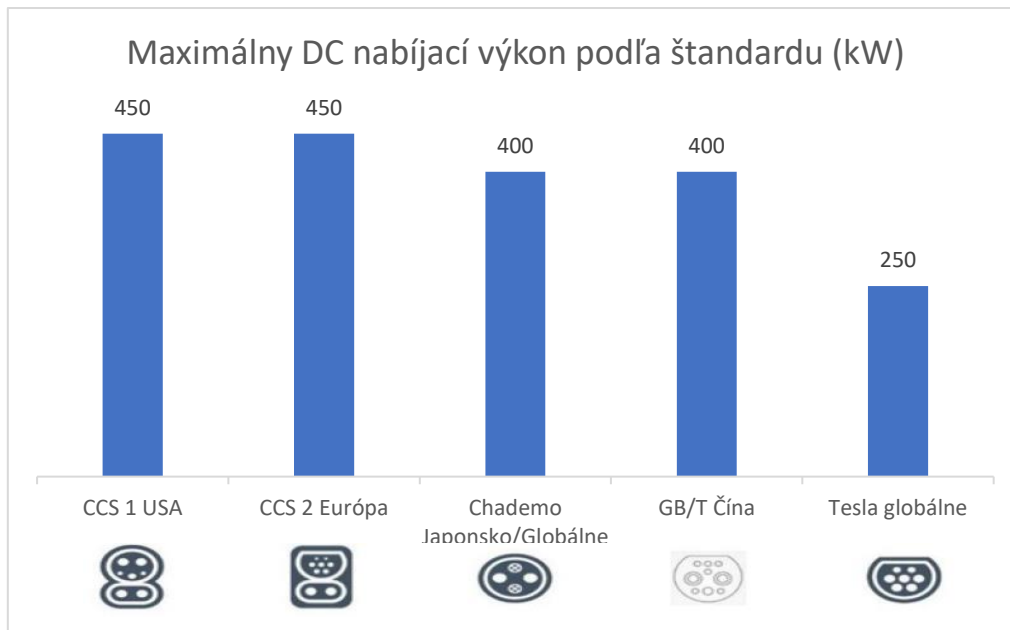
Technológie spojené s nabíjaním EV sú vyvíjané súčasne mnohými výrobcami po celom svete. Výsledkom je, že EV a EVSE používajú niekoľko rôznych konektorov, ktoré nie sú celosvetovo univerzálne.

Typ 1 (IEC 62196 and SAE-J1772), Typ 2 (IEC 62196-2), type 3, CHAdeMO (IEC 62196-1), Combo (IEC 62196-2) and Combo2 (IEC 62196-3). Takáto zbierka je jedným z dôvodov, prečo zhoda s konkrétnymi normami nezaručuje interoperabilitu a potenciálne znižuje používateľský komfort majiteľa EV. Dá sa povedať, že dnes sa na území EÚ stretáme s tromi hlavnými štandardmi, ak nerátame zvláštny systém Tesly.

Na AC nabíjanie sa vo väčšine elektromobilov a plug-in hybridov používa konektor Typ 2. Podporuje jedno aj trojfázové nabíjanie a kábel s pripojením k 230 V zásuvke (Schuko) na jednej strane a Typom 2 na druhej strane je väčšinou súčasťou základnej výbavy auta. Z dôvodu častej absencie permanentných káblov na AC staniciach do 22 kW, je doporučené mať vo výbave aj kábel Typ 2 – Typ 2.

CCS (Combined Charging System) je najviac používaný konektor u väčšiny elektromobilov určených pre Európu. Iniciatíva CharIN e.V. pôsobiaca v Európe, sa rôznymi spôsobmi snaží motivovať a pomáhať automobilkám implementovať tento systém. CCS kombinuje možnosť AC a DC nabíjania. Pri AC nabíjaní sa využíva časť konektora, ktorá je kompatibilná s konektorom typu 2 Mennekes. U DC nabíjania sa využíva celý konektor, pre prevod energie najmä jednosmerná časť zabezpečená hrubšími kontaktmi, schopná prenášať vyššie výkony. Je pravidlom, že konektor je stále súčasťou kábla, ktorým disponuje nabíjacia stanica. CCS štandard druhej generácie pri správnom chladení kábla, umožňuje nabíjať výkonom až 450 kW. Úspešné presadenie tejto technológie demonštruje projekt pre výstavbu európskej nabíjacie siete Ionity, ktorá využíva len rýchlonabíjací štandard CCS. Spoločnosť Ionity vznikla zo spoločnej investície automobiliek ako BMW Group, Daimler, Ford Motor Company a Volkswagen Group.

Názov štandardu CHAdeMO je odvodený z japonskej frázy O cha demo ikaga desuka. Do slovenčiny sa dá voľne preložiť ako „A čo tak šálka čaju?“. Naznačuje tým rýchlosť nabíjania, ktorú umožňuje tento štandard, určený výhradne pre jednosmerné DC nabíjanie. Dnes väčšina staníc s výkonom 50 kW disponuje týmto nabíjacím štandardom. Je to dané do veľkej miery tým, že sa u nás na začiatku elektromobilovej éry darilo výrobcovi z Ázie. S nástupom nových modelov elektromobilov sa však jeho podiel postupne znižuje. V súčasnej verzii umožňuje nabíjanie maximálnym výkonom 65 kW a vo verzii 2.0 má umožňovať výkon až 400 kW. Je otáznosť, či sa táto verzia ešte dostane do krajín EÚ. Skutočnosť, že tento štandard je v Európe už za zenitom, potvrdzuje aj novo postavený rýchlo dobíjací hub na nemeckej diaľnici A8 medzi Stuttgartom a Karlsruhe. Z desiatich nabíjacích bodov len jeden umožňuje nabíjanie prostredníctvom CHAdeMO štandardu.



Graf 4 Prehľad nabíjacích DC štandardov a ich jednotlivé výkony [22]

2.4 Inovácie v oblasti nabíjania

Alternatívou k súčasným nabíjacím technológiám prostredníctvom vodivého spojenia, predstavujú technológie ako „battery-swapping“, čiže výmena batérií alebo indukčné nabíjanie. K dnešnému dňu metódu výmeny batérií v automobilovej doprave, komerčne využíva len spoločnosť NIO Inc. z Čínskej ľudovej republiky. Ku globálnemu zavedeniu tejto technológie by bola nutná úzka spolupráce medzi všetkými svetovými automobilkami, čo predstavuje najväčšiu prekážku tejto metódy.

Indukčná väzba sa skladá z dvoch cievok, ktoré využívajú na prenos energie magnetické pole. Prúd v cievke nabíjacej podložky vytvára magnetické pole, ktoré prechádza a excituje prijímaciu cievku tokom, čím sa prenáša energia. Indukčné nabíjanie, teoreticky dáva možnosť nabíjať elektromobil aj počas jazdy v prípade, že nabíjacie podložky sú súčasťou cestnej komunikácie. Nevýhodami sú rýchlosť nabíjania a veľké straty pri prenose elektrickej energie.[22]

2.5. Prevádzka nabíjacej siete

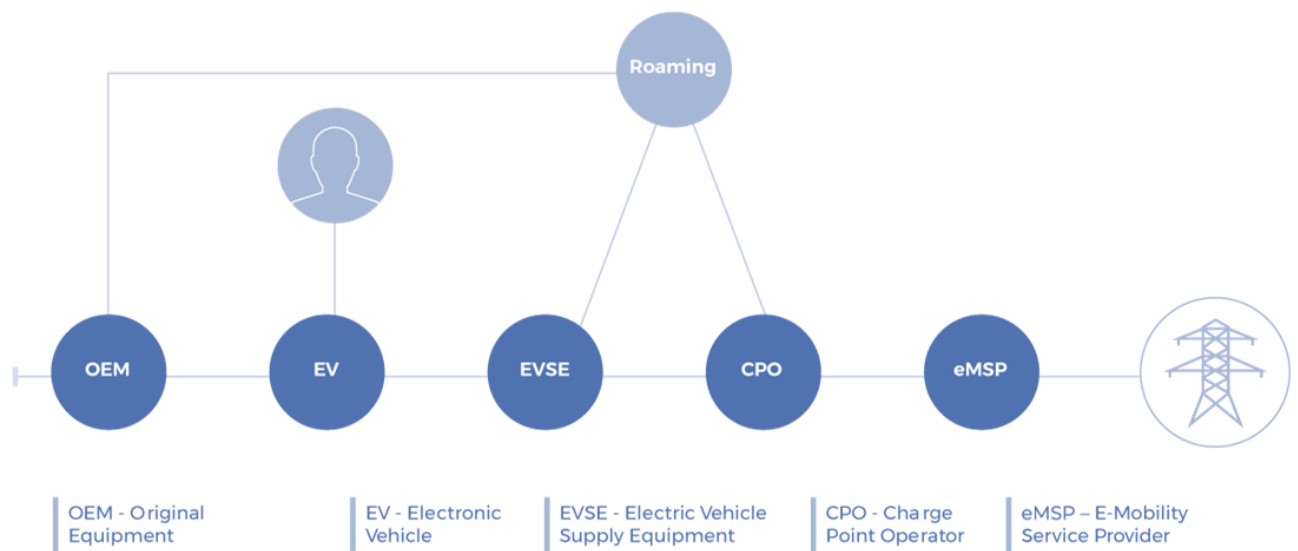
Ak má byť prechod k elektromobilite čo najrýchlejší, problémy spojené s verejným nabíjaním musia byť dostatočne adresované. Po vysokých obstarávacích nákladoch na elektromobil a absencii nabíjacích staníc, dnes majitelia elektromobilov, čelia nedostatkom aj pri samotnom nabíjaní. Používatelia verejných nabíjacích staníc, pravidelne vznášajú podnety na spotrebiteľské organizácie, kvôli nedostatku transparentnosti a spravodlivosti pri spoplatnených službách nabíjania. Príliš často sa stáva, že operátori nabíjacích bodov neposkytujú možnosti autentifikácie na nabíjacej stanici pre neregistrovaných zákazníkov. To predstavuje závažný problém pri prekonávaní väčších vzdialeností. V súčasnosti, sa používateľ pred započatím samotnej cesty, musí dobre oboznámiť s možnosťami platby na jednotlivých nabíjacích bodoch, ktoré navštívi. Tak zvanú úzkosť z nepostačujúceho dojazdu zvyčajne mnohokrát aj nedostupnosť nabíjacích staníc, spôsobená nedostatočnou údržbou. [23, 24]

2.5.1. Ekosystém nabíjácích služeb

Nabíjacíu stanicu je potrebné vnímať ako komplexný komponent, ktorý je súčasťou širšieho celku. S rozvojom trhu sa postupne začínajú formovať role v rámci ekosystému verejného nabíjania, ktoré sú znázornené na obrázku č. 7. Základné prvky, úlohy hodnotového reťazca nabíjania sú jasné. Systém musí byť schopný bezpečne prenášať energiu zo zásuvky do vozidla. Ďalej musí byť schopný sledovať informácie prevádzkovateľa siete a jej používateľa. V neposlednom rade musí obsahovať ľahký platobný systém, ktorý je ideálne už zaintegrovaný v existujúcich fakturačných systémoch. Na konci nesmieme zabudnúť na vládne nariadenia a požiadavky výrobcov automobilov.

Cieľom tejto kapitoly je vysvetliť úlohy aktérov v zavedenej terminológii v hodnotovom reťazci nabíjácích služieb.

V súčasnosti v tomto odvetví pôsobia spoločnosti, ktoré v celom systéme zaštitujú viacero rolí. Firma tak môže v jednom momente pôsobiť na trhu, ako poskytovateľ e-mobilných služieb (eMSP), ale aj ako operátor nabíjácích bodov (CPO) zároveň.



Obrázok 7 Schéma stakeholderov v oblasti nabíjania [25]

2.5.1.1 Používateľ elektromobilu

Používatelia elektromobilov ako koncový spotrebiteľia hrajú kľúčovú rolu na trhu elektromobility. Technologické riešenia v oblasti nabíjácích služieb, sú preto tvorené so zreteľom na zákazníka.

Hlavnou úlohou spotrebiteľov v ekosystéme je využívanie elektromobilov a následné nabíjanie na zariadeniach pre dodávku energie do batérie (EVSE).

Pri pohľade do budúcnosti, batérie elektromobilov prinášajú príležitosť pre prevádzkovateľov distribučných sietí. Obrovskú kumulovanú kapacitu trakčných akumulátorov v dobe ich pripojenia k EVSE, je možné využiť ako podpornú službu na zaistenie bezpečnej dodávky elektrickej energie.

Pre používateľov elektromobilu, je v rámci ich rýchlej adaptácie potrebné zabezpečiť nasledovné:

- Jednoduchú komunikáciu pri využívaní nabíjacej infraštruktúry,
- v prípade, že batéria elektromobilu je schopná dodávať elektrickú energiu do siete, by mala mať batéria dostatočný stav nabitia (SoC) na dosiahnutie ďalšej destinácie,
- eliminovať strach z nízkeho dojazdu,
- interoperabilitu medzi EV a EVSE naprieč všetkými krajinami EÚ

2.5.1.2 EV a EVSE – výrobca originálnych zariadení (OEM)

Sem patria výrobcovia fyzických produktov a hardvéru. Ich hlavnou úlohou je poskytovať výrobky a komponenty, ktoré dodržiavajú zavedené štandardy, spĺňajú očakávania koncových používateľov a využívajú najmodernejšie dostupné technológie.

Jasné pochopenie očakávaní koncových používateľov a zainteresovaných strán v procese štandardizácie, je dôležité pre správne fungovanie výrobcov. K tomuto im ďalej napomáha možnosť online diagnostiky samotných zariadení.

2.5.1.3 Operátor nabíjacích bodov (CPO)

CPO má v celej schéme zvláštnu úlohu, prepájať jednotlivých aktérov ekosystému. Prevádzkuje najmenej jedno EVSE ako službu pre poskytovateľov elektromobilných služieb (eMSP) a ich zákazníkov (používateľov elektromobilu). CPO však nemá s koncovými zákazníkmi žiadny trvalý zmluvný vzťah.

CPO môže byť zodpovedný za úkony ako kontrola a správa EVSE, nákup elektrickej energie pre nabíjanie, manažment spojený s identifikáciou a autorizáciou platobnej metódy. Charakter úloh CPO si vyžaduje komunikáciu s dodávateľmi energie, prevádzkovateľmi distribučnej sústavy a s eMSP.

2.5.1.4 Poskytovateľ elektromobilných služieb (eMSP)

Zväčša ide o právnickú osobu, ktorá má s používateľmi elektromobilov uzatvorenú zmluvu pre spoplatnené služby, ktoré sa týkajú nabíjania. eMSP je jediný subjekt ekosystému, ktorý dokáže prepojiť identifikačné číslo používateľa elektromobilu s jeho osobnými údajmi. V prípade spoplatnenej služby nabíjania funkcia autentifikácie, autorizácie a účtovania slúži na overenie užívateľa nabíjacej stanice. Populárne spôsoby autentifikácie na verejných nabíjacích staniach zahŕňujú overenie RFID tagom a oskenovanie QR kódu.

Rolu, ktorú eMSP zastáva v hodnotovom reťazci:

- Poskytovanie elektromobilných služieb
- Overovanie platnosti zmluvy používateľov EV a autorizácia poplatkov
- Zabezpečuje napojenie na roamingovú platformu, ktorá spája eMSP na národnej a nadnárodnej úrovni.

2.5.1.5 Roamingová platforma

Eroaming ponúka vodičom EV možnosť nabíjať svoje vozidlá na všetkých nabíjacích staniach - bez ohľadu na uzatvorené zmluvy s operátormi. Fakturácia sa uskutoční následne prostredníctvom vlastného zmluvného partnera zákazníka. Preto sú rôzni hráči na trhu s

elektrickou mobilitou prepojení prostredníctvom obchodnej a IT platformy (napr. Hubject, Gireve, e-clearing.net). Roamingová platforma tak pomocou komunikácie s eMSP zaisťuje, že všetci vodiči EV môžu využívať nabíjací bod bez ohľadu na ich zmluvu.

2.5.1.6. Prevádzkovatelia distribučných sietí

Prevádzkovatelia distribučných sústav, sú zodpovední za miestne distribučné sústavy elektrickej energie. Aj v tomto odvetví je badať silný vývoj vďaka novým nestálym zdrojom energie v sieti. Súčasťou rozvoja nabíjacia infraštruktúra je zavádzanie inteligentných meracích prístrojov. Nabíjania EV dramaticky zmení prácu PDS a zavedie potrebu miestneho dispečingu energie. PDS má veľmi dôležitú úlohu ako neutrálny sprostredkovateľ trhu, ktorý umožní ďalší rozvoj. [22]

2.5.2 Komunikačné protokoly

Za účelom lepšej komunikácie medzi zainteresovanými stranami bolo vytvorených niekoľko komunikačných protokolov. Vo výsledku by takto prepojený systém mal priniesť zákazníčkovi bezproblémovú užívateľskú skúsenosť. V tejto podkapitole rozoberiem balík štandardov, ktoré poskytujú flexibilitu potrebnú pre celý trh elektromobilov a sú predpokladom budúceho vývoja infraštruktúry nabíjania elektromobilov.

Ocpp (Open Charge Point Protocol) protokol slúži pre komunikáciu medzi nabíjacími stanicami a centrálnym riadiacim systémom tak zvaným back endom. Ide o medzinárodný štandard, ktorý bol vyvinutý alianciou Open Charge a je voľne prístupný. Protokol sa stal osvedčeným spôsobom, ako minimalizovať riziko investícií do sieťovej infraštruktúry. V neposlednom rade poskytuje operátorom nabíjacích bodov jednoduchú diagnostiku a umožňuje jednoduchý prístup k nabíjaniu. K vývoju protokolu prispelo mnoho kľúčových hráčov EV priemyslu ako výrobcovia nabíjacích staníc, ich operátori a dodávatelia dohľadového systému.

Po vypočítaní prání komunity pôsobiacej v elektromobilite vznikla najnovšia verzia Ocpp 2.0. Tá disponuje množstvom vylepšených funkcií, ako manipuláciu s transakciami, bezpečnosť, funkciou inteligentného nabíjania alebo podporu displeja a správ. Nový protokol taktiež ponúka možnosť podpory plug and charge pre elektrické vozidlá podporujúce protokol ISO 15118.

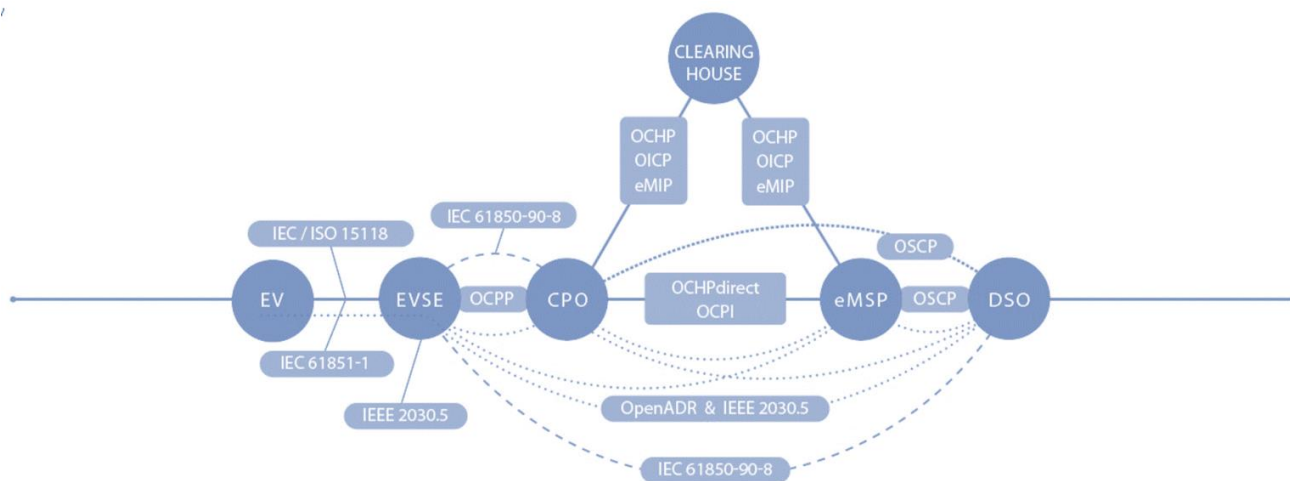
Ďalší protokol zabezpečujúci ideálnu nabíjaciu skúsenosť na verejných nabíjacích miestach je OCPI (Open Charge Point Interface) protokol. Rozhranie je určené na výmenu informácií o nabíjacích bodoch medzi CPO a eMSP s cieľom umožniť škálovateľné služby nabíjania.

OpenADR (Open Automated Demand Response) alebo automatická odpoveď na dopyt, je základom pre interoperabilnú výmenu informácií reakcie na dopyt. Spravidla sa používa na zasielanie informácií a signálov medzi prevádzkovateľmi distribučných sústav, verejnými službami a systémami riadenia a kontroly energie na vyrovnanie špičiek. Za rozvojom štandardu, bola energetická kríza v Kalifornii. U nás sa na kontrolu spotreby energie v energetike využíva systém HDO.

OSCP (Open Smart Charging Protocol) je otvorený protokol pre komunikáciu medzi systémom správy a nabíjacích bodov a systémom riadenia distribučnej sústavy. Protokol je možné využiť na komunikáciu predpovede miestnej kapacity elektrickej siete v reálnom čase s operátorom nabíjacieho bodu. OSCP umožňuje výkonovo inteligentné nabíjanie elektromobilov.

Ďalšími protokolmi, ktoré umožňujú výmenu informácií medzi, eMSP a CPO sú OCHP (e-clearing.net), OICP (Hubject) a eMIP – eMobility Interoperation Protocol. Tieto štandardy ponúkajú roaming nabíjacích služieb a tým zoskupujú širokú paletu nabíjacích bodov v sieti. Prehľad jednotlivých komunikačných protokolov využívaných stakeholdermi v oblasti nabíjania elektromobilov je znázornený na obrázku 8.

ISO15118 je medzinárodný štandard pre obojsmernú digitálnu komunikáciu medzi elektrickými vozidlami a nabíjacou stanicou. Mimo iného definuje komunikačné rozhranie V2G pre obojsmerné nabíjanie/vybíjanie elektrických vozidiel. ISO15118 je kľúčovým predpokladom plug and charge, ktorý umožňuje autentifikáciu samotných EV. Tento proces umožní digitálny certifikát umiestnený vo vozidle, schopný komunikovať so systémom správy nabíjacích bodov. Systém zaisťuje plynulý proces nabíjania bez nutnosti použitia karty RFID, aplikácie alebo iného spôsobu overenia.



Obrázok 8 Súhrn protokolov a ich využitie v ekosystéme nabíjania [26]

3 Ekonomická a technická analýza využitia e-mobility

Vysoké avizované investície do rozvoja elektromobility, dávajú aj samosprávam impulz angažovať sa v tejto oblasti. Vzhľadom na komplikovanú podstatu nabíjacích služieb, je pre samosprávy v dnešnej forme neudržateľné sa o takýto systém starať. Po konzultácii s viacerými autoritami slovenských samospráv, som došiel k záveru, že vytvárať obchodný model na poskytovaní nabíjacích službách nieje v ich záujme.

Ak by mesto, obec chcela prispieť vlastnou iniciatívou k rozšíreniu elektromobility, prostredníctvom výstavby nabíjacej infraštruktúry, je doporučený model Stadtwerke aplikovaný nemeckými samosprávami. Zaujímavým príkladom je nemecké mesto Rostok, kde mesto počas troch rokov prevádzkovalo dotačný program pre občanov, aby na svojich pozemkoch vybudovali nabíjacie stanice s verejným prístupom. Po dokončení projektu a splnení kritérií mesto preplatilo 100 % danej investície realizátorovi.

Motívom analýzy je otestovať konkurencieschopnosť využitia elektromobility v rámci konkrétnej samosprávy. Hlavným cieľom ekonomickej analýzy je určiť výhodnosť nákupu elektromobilu na základe niekoľkých hodnotiacich kritérií. V neposlednom rade analýza LCA poukazuje na environmentálny prínos kúpy elektromobilu do mestskej flotily a vyvracia mýty o neekologickosti batériových elektrických vozidiel. Rozbor možností nabíjacej infraštruktúry má za cieľ prispieť k efektívnejšej implementácii opatrení na rozvoj elektro-mobility v meste Spišská Nová Ves.

3.1 LCA

Okolo elektromobility koluje množstvo dezinformácií, ako napríklad názor, že jazda autom na batérie je z hľadiska emisií CO₂ rovnaká, ak nie ešte horšia, než jazda benzínovým autom, pretože elektrina sa sama nevyrobí a batérie sú energeticky náročné na výrobu. V tejto časti sa preto venujem aj environmentálnej stope spojenej s prevádzkou elektromobilu. Na určenie celkových emisií počas životného cyklu som využil LCA metodiku. Do úvahy boli brané všetky významné procesy životného cyklu vozidla, ktoré sa dajú kvantifikovať. Do budúca je potrebné brať v úvahu, že vývoj technológií stále napreduje a faktory uvedené v tomto hodnotení, sa pravdepodobne v priebehu času výraznejším spôsobom zmenia. Dôkazom toho je integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030, kde sa Slovensko zaviazalo k značnej redukcii emisií pri výrobe elektrickej energie.

3.1.1 Emisná náročnosť výroby

Rozdiel medzi EV a ICE začína hneď pri výrobe automobilu. Podľa dostupnej literatúry, sa pri výrobe spaľovacieho vozidla emituje 5,5 kg CO₂ na každý kilogram pohotovostnej hmotnosti vozidla. Emisie na výrobu spaľovacieho vozidla tak boli modelom jednoducho prepočítané na základe hmotnosti automobilu. [27]

Pri výpočte emisnej náročnosti výroby batériového elektrického vozidla som využil nasledovný vzorec:

$$Emisie_{výroba} = Q \times E_{bat} + (m_{aut} - m_{bat}) \times E_{aut} \quad (1)$$

kde Q je kapacita batérie v kWh

E_{bat} sú emisie na výrobu batérie 200 kg CO₂/kWh,

m_{aut} je váha automobilu

m_{bat} je váha batérie.

E_{aut} sú emisie na výrobu konvenčného automobilu 5,5 kg CO₂/kg.

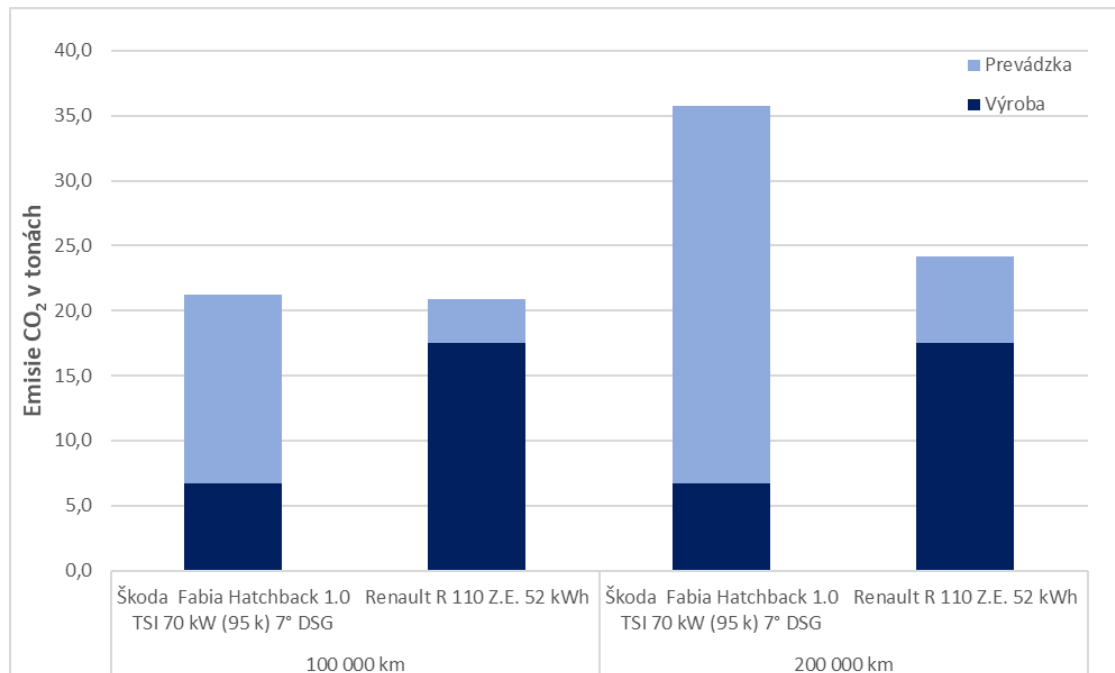
Hmotnosť batérie bola vypočítaná na základe konštanty z literárneho zdroja 250 Wh/kg.[27, 28]

3.1.2. Emisná náročnosť prevádzky

Samotná jazda BEV je bezemisná, avšak do LCA započítavam výrobu elektrickej energie, ktorou je batéria nabíjaná a má za následok produkciu emisií CO₂. Zdroj elektrickej energie, preto zohráva veľkú rolu v emisnej náročnosti na prevádzku. Slovensko má vysoký podiel nízko-emisnej produkcie energie CO₂ vďaka nadpolovičnému zastúpeniu jadra

a hydroelektrární. LCA model počíta so 198,59 gCO₂ na jednu vyrobenú kWh energie, čo vyplýva z energetického mixu Slovenskej republiky. Prostredníctvom spotreby Wh/km je možné vypočítať nepriame emisie prevádzky, podľa najazdených kilometrov. Model tak prirodzene zanedbáva straty v prenose a záporné saldo vývozu elektrickej energie.

Pre určenie emisií prevádzky automobilu na spaľovací pohon, som využil katalógové údaje CO₂ v gramoch na kilometer. Dáta sú dopočítané podľa druhu paliva a priemernej spotreby. Treba podotknúť, že sa jedná o tak zvané Tank-to-Wheel emisie, ktoré pojednávajú o emisiách vzniknutých počas jazdy.



Graf 5 Emisie CO₂ v tonách na základe LCA hodnotenia

Hodnotil som veľkostne a výkonovo podobné modely Škoda Fabia Hatchback 1.0 TSI 70 kW (95 k) 7° DSG a Renault R 110 Z.E. 52 kWh v prostredí slovenského trhu. Je zrejme že ekologickosť prevádzky elektromobilu, bude rásť s množstvom najazdených kilometrov.

Výsledok modelu hodnotí od určitého nájazdu kilometrov, elektromobil ako ekologickejšiu voľbu a to aj navzdory maximálne opatnej metodike výpočtu. Pri zisťovaní prevádzkových emisií elektromobilu bol využitý holistický prístup Well - to - Wheel, ktorý berie v úvahu aj samotnú výrobu elektrickej energie. Model na konci životného cyklu nepočíta s recykláciou a znovu použitím materiálov v ostatnom priemysle. Elektromobily pritom vynikajú možnosťou druhotného využitia trakčnej batérie v stacionárnom prostredí, s menej náročným profilom zaťaženia. [29]

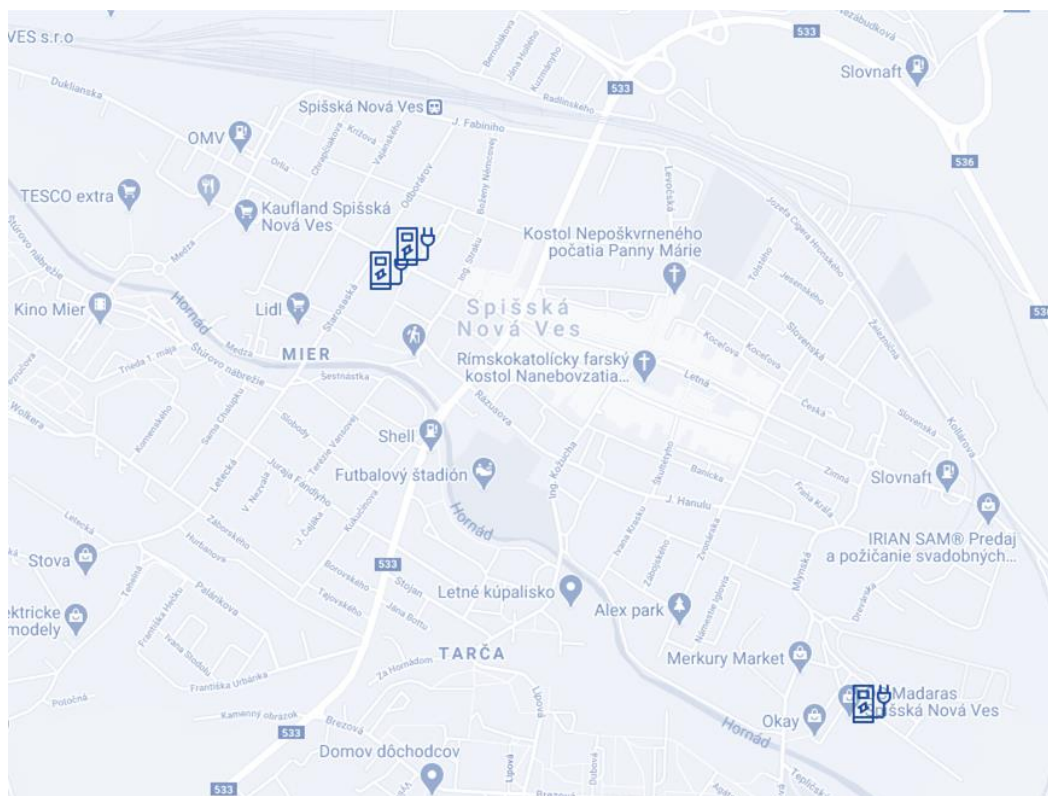
3.2 Výber lokalít pre inštaláciu nabíjacej infraštruktúry

Aktuálne nízky počet nabíjacích staníc v meste, je spôsobený špecifickou dopravnou dostupnosťou okresu. Možnosť dobiť si batérie elektromobilu ponúkajú tri lokality s celkovým počtom deviatich nabíjacích bodov s výkonom 22 kW. V súčasnosti v meste chýba možnosť rýchleho nabíjania nad 50 kW.

Prevádzkovateľ	Lokalita	Výkon	Cena €/kWh
Východoslovenská energetika a.s.	Štefánikovo námestie 1358/1	2x22kW	0
Green24 Holding a.s.	Námestie SNP 2178	2x22kW	0,16
ejoin s.r.o	Mlynská 39	5x22kW	0,15

Tabuľka 11 Prehľad súčasných možností nabíjania v meste Spišská Nová Ves

Východisková situácia mesta Spišská Nová Ves v oblasti dopravnej dostupnosti, je daná vzdialenosťou od diaľnice D1. Mesto samotné sa nachádza 10 km od cesty I. triedy 18 smer Žilina – Poprad – Levoča – Prešov a 12 km od spomínanej diaľnice. V meste ani v okrese sa nenachádzajú cesty I. triedy, len relatívne hustá sieť ciest II. triedy.



Obrázok 9 Umiestnenie existujúcich nabíjajúcich staníc v meste Spišská Nová Ves

K výberu vhodnej lokality je možné pristupovať ako k problému viackriteriálneho rozhodovania. Definíciu globálneho cieľa zaisťuje nasledovná veta. Hľadáme lokalitu pre výstavbu nabíjacieho bodu pre elektromobily, s dobrou dopravnou dostupnosťou, s dostatočným občianskym vybavením v okolí a jednoduchými podmienkami pripojenia. Obecné ciele som dekomponoval na množiny podcieľov, ktoré sú na sebe jednoznačne nezávislé sú konečné a obsahujú rozumný počet kritérií. Príloha č. 1 zobrazuje akou formou sú dekomponované kritéria merané, vyhodnocované a na akej stupnici sa nachádzajú. Hodnoty priorit jednotlivých kritérií boli starostlivo volené v spolupráci s kolegami z Pražskej energetiky a.s., ktorí sa venujú výstavbe nabíjacej infraštruktúry. Najvyššiu prioritu a váhu majú globálne ciele dostupnosti pripojenia, pretože je zámerom mesta rozširovať nabíjajúcu infraštruktúru s čo najmenším zásahom do infraštruktúry existujúcej.

Na stanovenie váh bola využitá bodovacia metóda s nepárnym počtom stupňov od 0 až po 10. Kde kritérium s hodnotou 0 je redundantné a na druhej strane stupeň 10 predstavuje najdôležitejšie kritérium. Váhy jednotlivých kritérií boli určené na základe vzorca.

$$v_k = \frac{b_k}{\sum_{i=1}^m b_i} \quad (2)$$

V čitateli sa nachádza aktuálny stupeň stupnice, ktorý je priradený kritériu a v menovateli je celkový počet všetkých priradených stupňov.

Výber množiny kandidátov ide uskutočniť viacerými spôsobmi. Po vzore Pražskej energetiky a.s., som varianty lokalít volil podľa umiestnenia transformátorových staníc v meste Spišská Nová Ves. Počas obdobia tvorby tejto diplomovej práce sa mi však nepodarilo zistiť potrebné informácie od prevádzkovateľa distribučnej siete na naplnenie kritérií dátami. Preto sa zvyšná časť tejto kapitoly bude venovať tvorbe aparátu na zvolenie vhodnej lokality.

Kvôli charakteristike kritérií a jednoduchosti výpočtu, odporúčam na výber vhodných lokalít metódu váženého súčtu poradí. Najlepšie riešenie podľa metódy váženého súčtu sa určí pomocou vzťahu:

$$\min_i (\sum_{j=1}^m v_j q_{i,j}) \quad (3)$$

kde i je číslo varianty

j je číslo kritéria

q je hodnota funkcie poradia a

v sú váhy jednotlivých kritérií

V prípade neúplných kritérií je možné nevyplnenú hodnotu vynechať, alebo ju považovať za najhoršiu v poradí.

3.3 Využitie elektromobilu v rámci samosprávy

Úroveň znečistenia ovzdušia v katastrálnom území mesta Spišská Nová Ves najväčšou mierou ovplyvňujú emisie stacionárnych zdrojov znečistenia ovzdušia a emisie výfukových plynov z automobilovej dopravy. Samospráva mesta Spišská Nová Ves má vo svojej flotile niekoľko vozidiel, z toho jeden elektromobil. Účelom praktickej časti práce je aj ekonomické zhodnotenie kúpy elektromobilu do vozového parku mestskej polície, kde sa najlepšie uplatnia jeho prevádzkovo technické vlastnosti.

Verejná správa týmto štýlom pôjde verejnosti príkladom a podporí u občanov zmýšľanie nad čistejšími alternatívami dopravy. Model vytvorený za účelom tejto práce stanovuje podmienky ekonomickej a ekologickej návratnosti kúpy elektromobilu. Výhodou modelu je jeho univerzálnosť pri stanovovaní jednotlivých parametrov.

3.3.1 Tvorba modelu

Cieľom je vytvorenie modelu v spotrebiteľskom kontexte, s využitím dát najpredávanejších vozidiel na automobilovom trhu, s ohľadom na skutočnú cenu vlastníctva. TCO alebo celková cena vlastníctva, je zameraná na pochopenie skutočných nákladov konkrétneho tovaru. Jedná sa o užitočný výpočet pre všetkých spotrebiteľov, ktorý dokáže posúdiť súvisiace priame

a nepriame náklady s nákupom. V našom prípade je TCO dôležité, pretože kúpna cena automobilu, nie je jediným nákladom spojeným s jeho použitím. Ak spotrebiteľ vyhodnocuje nákup produktu len na základe obstarávacej ceny, vzniká potenciál na vznik nehospodárneho rozhodnutia. [22]

V modeli na porovnanie nákladov využívam model Škoda Fabia Hatchback 1.0 TSI 70 kW (95 k) 7° DSG a Renault R 110 Z.E. 52 kWh v prostredí slovenského trhu. Pri súčasnej úzkej ponuke elektromobilov, je náročné nájsť spaľovaciemu náprotivkovi adekvátny ekvivalent. Charakteristiky oboch spomínaných vozidiel, však uspokojujú cieľové využitie automobilu. Príloha č.2 diplomovej práce zobrazuje náklady na prevádzky porovnávaných automobilov v čase.

Model	Škoda Fabia Hatchback 1.0	
	TSI 70 kW (95 k) 7° DSG	Renault R 110 Z.E. 52 kWh
Trieda	Kompakt	Kompakt
Pohon	ICE	elektromobil
Modelový rok	2017	2019
Cena základnej verzie s DPH	14 430 €	27 900 €
Dojazd (km)	672	310
Kapacita batérie (kWh)	0	52
Výkon (kW)	70	80
Kombinovaná spotreba (Wh/100km)	0	168
Spotreba mesto (l/100km)	7	0

Tabuľka 12 Základné charakteristiky porovnávaných automobilov

3.3.2. Vstupy

Analýza zahŕňa 15-ročné obdobie kalkulácie nákladov od januára 2020 do decembra 2024. 15-ročné obdobie analýzy sa môže javiť ako neprimerané, pretože jednotlivci môžu obmieňať svoje vozidlá v rýchlejšom časovom slede. Avšak scenár pre využitie automobilu počas doby 15-tich rokov nám dáva dostatočne veľký priestor na zistenie, kedy sa elektromobil stáva ekonomicky výhodnejším. Navyše, priemerný vek vozidiel na Slovensku je 13,9 rokov a v Českej republike je to dokonca 14,8 rokov.[30]

Celkové náklady na vlastníctvo pre každý automobil databázy sú vypočítané podľa nasledujúcej rovnice:

$$TCO = (NC - \check{S}D) + RD + \sum_{y=1}^Y \frac{PN_y(D) + NU_y + NO_y}{(1+r)^y} \quad (4)$$

- kde
- NC je obstarávacia cena vozidla
 - ŠD je vládny stimul pri kúpe vozidla
 - RD je registračná daň
 - Y je dĺžka vlastníctva automobilu
 - PN sú predpokladané náklady na pohonné hmoty v roku y
 - D je ročný nájazd automobilu
 - NU sú náklady na údržbu

NO sú ostatné náklady špecificky spojené s druhom pohonu

r je ročná diskontná miera.

Nastavenie základných predpokladov	
Ročný počet najazdených kilometrov	20000
Cena za kWh elektriny (€)	0,16
Cena benzínu za liter (€)	1,33
Cena nafty za liter (€)	1,23
Diskont	2%
Výška štátnej dotácie (€)	5 000
Náklady na údržbu elektromobilov na 10 tis. km (eur)	310
Náklady na údržbu hybridov na 10 tis. km (eur)	710
Náklady na údržbu spaľovacích áut na 10 tis. km (eur)	560

Tabuľka 13 Vstupné predpoklady modelu

3.3.2.1 Ročný počet najazdených kilometrov

Analýza predpokladá, že porovnávané vozidlá budú mať rovnaký priemerný ročný nájazd. Ako vieme nižšie prevádzkové náklady elektromobilu, môžu dopomôcť k vyššej využitiel. Preto som po konzultácii s predstaviteľmi mesta, ktorý sa starajú o vozový park mestskej polície, zvolil štandardný priemerný ročný nájazd na 20 000 km. Pri premennej ročného nájazdu platí priama úmera, vyšší nájazd znamená vyššie úspory z prevádzky.

3.3.2.2 Ceny pohonných hmôt

Cena elektrickej energie na dobíjanie elektromobilu sa môže výrazne líšiť vzhľadom na spôsoby dobíjania. Predpokladám, že batéria Renaultu ZOE, zabezpečí dostatočný denný dojazd, bez potreby rýchleho ale drahšieho DC nabíjania počas dňa. Väčšina nabíjania sa z toho dôvodu bude odohrávať v hluchých prevádzkových miestach počas dňa. Priemernú cenu celkových nákladov 0,157 €/kWh, som stanovil z poskytnutej faktúry od dodávateľa Východoslovenská energetika a.s na základe vzorca (3). VAR sú náklady na variabilnú zložku, FIX náklady na fixnú zložku a DPH predstavuje 20% daň.

$$Cena = \frac{VAR+FIX+DPH}{Spotreba} \quad (3)$$

Pri výpočte nákladov na pohon spaľovacích modelov som využil priemerné ceny pohonných látok v SR v roku 2019. Cena benzínu za liter je v modeli nastavená na 1,326 €/l a cena nafty je 1,23 €/l.

3.3.2.3 Diskont

Základná analýza používa 2% diskontnú sadzbu. Analýzou modelu som dospel k záveru, že vyššie diskontné sadzby znevýhodňujú kúpu elektromobilu. Tento efekt je spôsobený zvýšenými relatívnymi nákladmi, pretože vyššia sadzba znižuje hodnotu úspor paliva behom porovnávacej doby. Relatívne nízka hodnota je daná aj charakterom investora v skúmanom modeli a skutočnosťou, že model zanedbáva eskaláciu cien.

3.3.2.4 Výška dotácie

Najjednoduchší spôsob, ktorým je možné výrazne znížiť dobu návratnosti je poskytnutie dotácie. Do dnešného dňa mali samosprávy v SR možnosť využiť tri rôzne schémy na podporu

kúpy elektromobilu. V poslednej výzve z roku 2019 bolo možné čerpať dotáciu vo výške 8 000 € na elektromobil a 5 000 € na plug-in hybrid. Po rekordne rýchlom vyčerpaní alokovanej čiastky určenej pre výzvu, MHSR avizovalo zníženie celkovej investičnej podpory na elektromobily. Vstupný predpoklad modelu, preto pre zjednodušenie počíta s dotáciou vo výške 5 000 € pre BEV aj PHEV.

3.3.2.5 Náklady na údržbu

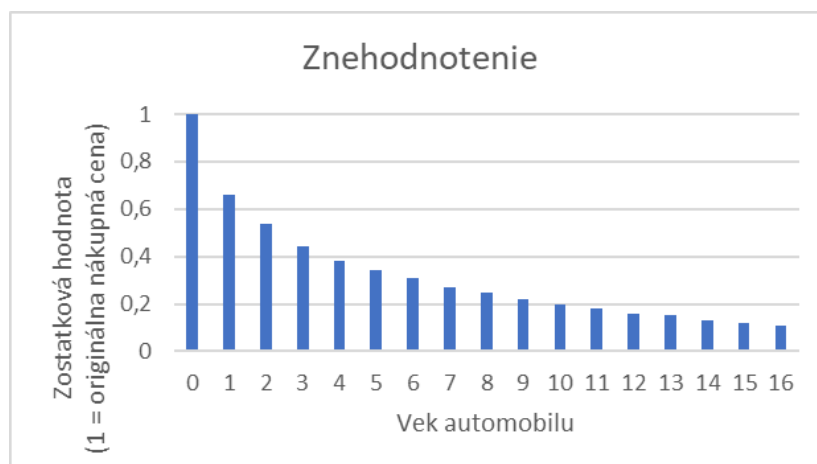
Udržanie si bezpečnej a plynulej prevádzky automobilu, si vyžaduje pravidelnú údržbu. Problém určenia nákladov na údržbu spočíva v naviazaní výšky výdavkov na konkrétny automobil a povahu jeho prevádzky. Opravy sú spojené s náhodnými a ťažko predvídateľnými javmi. Pre účely modelu, som pracoval so štyrmi štúdiami, ktoré skúmali náklady životného cyklu automobilov na základe ich pohonu. Po spriemerovaní ukazovateľov jednotlivých vedeckých prác som dostal hodnoty prezentované v tabuľke č. 12. Najvyššie náklady na údržbu predstavujú plug-in hybridné vozidlá, ktoré kombinujú technológie BEV a ICE. [31–34]

3.3.2.6 Znehodnotenie

Znehodnotenie, je definované ako rozdiel medzi kúpnu cenou vozidla a jeho zostatkovou hodnotou, respektíve hodnotou pri opätovnom predaji na konci doby vlastníctva. Odhady zostatkových cien vozidiel pre roky 2020 -2035, sú zo svojej podstaty neisté. Špeciálne to platí pri odhadoch znehodnotenia BEV a PHEV, kde ešte nieje k dispozícii dostatočné množstvo ojazdených vozidiel na trhu. Odborná literatúra upozorňuje na niekoľko faktorov, ktoré s najväčšou pravdepodobnosťou ovplyvnia zostatkovú hodnotu elektromobilu.

Prítomnosť počiatkových stimulov, môže mať za následok zníženie cien nových vozidiel ale aj zníženie zostatkovej hodnoty. Pretože elektromobily majú potenciál významne znižovať prevádzkové náklady, cena elektrickej energie v budúcnosti, môže zohrať veľkú rolu na trhu s ojazdenými vozidlami. Ďalšie významné faktory ovplyvňujúce zostatkovú cenu sú dostupnosť nabíjacej infraštruktúry, potvrdené náklady na údržbu a vývoj v batériových technológiách.

Z dôvodu množstva neistôt pri stanovovaní zostatkovej hodnoty automobilu som pre spaľovacie a batériové vozidlá zvolil jednotné tempo znehodnotenia. [29]



Tabuľka 14 Tempo znehodnotenia automobilov využité v modeli [29]

3.3.2.7 Ostatné náklady

Ostatné náklady spojené s prevádzkou automobilu ako opotrebovanie pneumatík a poistenie boli zanedbané, pretože sú porovnateľné pre všetky druhy pohonov. [29]

Náklady na financovanie neboli brané v úvahu, vďaka predpokladu úhrady plnej čiastky pri zakúpení vozidla.

4 Vyhodnotenie variant, zhrnutie, diskusia a formulácia záveru

Na základe informácií z predchádzajúcich kapitol, je možné vyhodnotiť ekonomickú a ekologickú stránku kúpy elektromobilu v prostredí samosprávy.

4.1 Varianty kúpy elektromobilu za pomoci dotácie

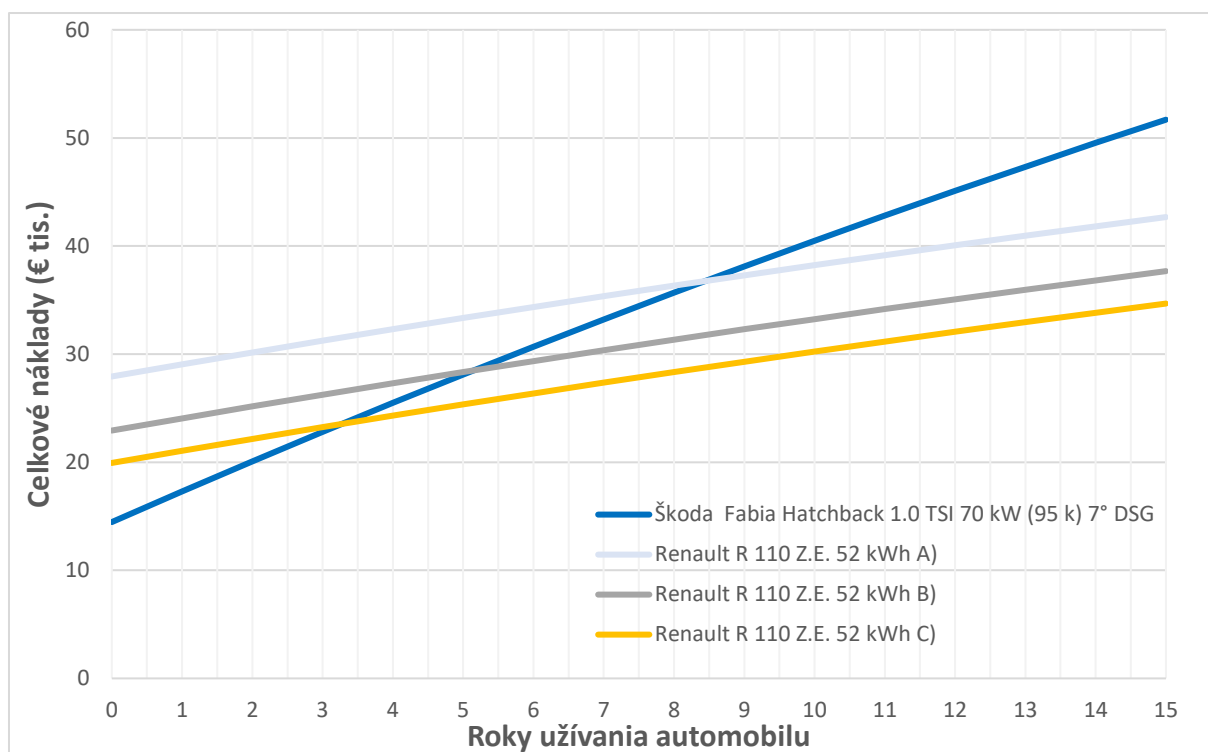
Pretože v niektorých prípadoch modelu je doba návratnosti pomerne dlhá, skúmal som u jednotlivých variant vplyv výšky štátnej dotácie. Z histórie minulých dotačných schém, vieme že výška štátnej podpory bola v rozsahu od 3000 € až do 95 % hodnoty vozu. Preto som použil tri rôzne scenáre, pre ktoré určujem hodnotu základných ekonomických kritérií.

- A) Predpoklad zaobstarania BEV, bez poskytnutia dotácie.
- B) Predpoklad poskytnutia dotácie na kúpu BEV vo výške 5 000 €
- C) Predpoklad poskytnutia dotácie na kúpu BEV vo výške 8 000 €

Zvyšné predpoklady tabuľky 13 ostávajú konštantné. Výsledky jednotlivých variant sú prezentované v tabuľke hodnotiacich kritérií a príslušnom grafe.

Variant		A	B	C
Dotácia	€	-	5 000	8 000
PP	rok	7	4	3
DPP	rok	8	5	3
NPV	€	6 618	11 519	14 460
IRR	%	8	17	29

Tabuľka 15 Hodnotiace kritéria pre rôzne varianty dotácie



Graf 6 Vplyv výšky dotácie na dobu návratnosti

Na vyhodnotenie a porovnanie ekonomického prínosu kúpy elektromobilu som zvolil hodnotiace kritéria doby návratnosti, NPV a IRR. NPV z anglického Net Present Value je definovaná ako diskontovaný súčet hotovostných tokov počas doby životnosti projektu. Po predpokladaných 15-tich odjazdených rokoch, som v poslednom roku pripočítal k NPV rozdiel zostatkových cien porovnávaných automobilov. Príklad tabuľky hotovostných tokov modelov sa nachádza v prílohe č. 3. Hotovostné toky boli brané ako úspory z prevádzky elektromobilu. Počiatočná investícia je definovaná rozdielom kúpnej ceny medzi BEV a ICE.

$$NPV = \sum_{t=0}^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (4)$$

Vyššia hodnota NPV a IRR indikuje výhodnejšiu investíciu. Vo všetkých prípadoch sa kúpa elektromobilu vďaka kladnému NPV a IRR väčšiemu než 8 %, javí ako ekonomicky priaznivá. Avšak v prípade, žeby sa majiteľ vozu rozhodol využívať automobil po dobu kratšiu než 8 rokov, hodnotiace kritériá by boli priaznivé len v scenároch so štátnou dotáciou.

4.2 Analýza citlivosti významných vstupov

Predpoklady TCO modelu, ktoré sú pre analýzu kľúčové, sú zdrojom značnej neistoty v rámci výsledkov. V tejto časti, preto niektoré predpoklady podrobujem citlivostnej analýze. Základný model berie v úvahu diskontnú sadzbu vo výške 2 % ročne. S narastajúcim diskontom, TCO klesá z dôvodu nižších súčasných hodnôt všetkých budúcich nákladov. Ročný nájazd v km je odhadovaný na 20 000 km, čím viac elektromobil najazdí tým nižšie budú celkové náklady na kilometer prevádzky. V prípade kúpy elektrického Renaultu Z.E. a štátnej dotácie vo výške 5 000 €, bude musieť mestská polícia najazdiť minimálne 7 884 km ročne aby sa investícia do elektromobilu oplátila.

Menené parametre		Dolná hranica		Horná hranica		Kritérium
Ročný nájazd v km		2500		27500		NPV
				Diskont		
11 519,65 €		1%	2%	3%	4%	5%
Ročný počet najazdených kilometrov	2500	-4475,05	-5118,5	-5596,11	-5950,69	-6213,39
	5000	-1695,27	-2741,62	-3546,31	-4168,47	-4651,75
	7500	1084,519	-364,741	-1496,51	-2386,25	-3090,12
	10000	3864,305	2012,138	553,2925	-604,027	-1528,49
	12500	6644,09	4389,017	2603,094	1178,195	33,14831
	15000	9423,876	6765,896	4652,896	2960,417	1594,782
	17500	12203,66	9142,774	6702,698	4742,639	3156,416
	20000	14983,45	11519,65	8752,5	6524,861	4718,05
	22500	17763,23	13896,53	10802,3	8307,083	6279,684
	25000	20543,02	16273,41	12852,1	10089,31	7841,318
27500	23322,8	18650,29	14901,9	11871,53	9402,952	

Tabuľka 16 Citlivostná analýza na ročný nájazd pre variant B)

Neistote a rozdielom podlieha aj cena nabíjania. Tá je závislá na druhu nabíjania a na vývoji ceny energie na trhu. V prípade kúpy elektrického Renaultu Z.E. a štátnej dotácie vo výške 5 000 €, bude musieť mestská polícia nabíjať svoj elektromobil pod 0,47 €/kWh aby sa zvýšená počiatočná investícia oplatila.

Menené parametre		Dolná hranica		Horná hranica		Kritérium
Cena za kWh elektriny €		0,12		0,2		NPV
				Diskont		
11 519,65 €		1%	2%	3%	4%	5%
cena za kWh elektriny (€)	0,12	16563,87	12871,01	9917,896	7538,127	5605,903
	0,16	14855,3	11410,08	8658,008	6442,705	4646,062
	0,2	13146,74	9949,162	7398,12	5347,282	3686,221
	0,24	11438,18	8488,24	6138,232	4251,859	2726,38
	0,28	9729,612	7027,318	4878,345	3156,436	1766,539
	0,32	8021,048	5566,396	3618,457	2061,013	806,6986
	0,36	6312,484	4105,474	2358,569	965,5899	-153,142
	0,4	4603,92	2644,552	1098,681	-129,833	-1112,98
	0,44	2895,356	1183,63	-161,206	-1225,26	-2072,82

Tabuľka 17 Citlivostná analýza na cenu nabíjania BEV pre variant B)

Z doteraz vypočítaných hodnôt sa kúpa elektromobilu pre účely samosprávy javí ekonomicky rentabilne, hoci návratnosť môže byť veľmi dlhá. Tabuľka 18 obsahuje hraničné hodnoty pre NPV rovné nule, pri najcitlivejších vstupoch. V scenári bez štátnej podpory by automobil musel ročne po dobu 15 rokov najazdiť 13 040 km. Pre vytvorenie tabuľky bol menený stále len jeden parameter predpokladov.

Tabuľka 18 Stanovenie hodnôt hlavných parametrov pre kladné NPV v jednotlivých scenároch

Variant		A	B	C
Ročný nájazd pre NPV>0	km	13 040	7v884	4 790
Celkový nájazd pre NPV>0	km	195600	118260	71850
cena EE pre NPV>0	€/kWh	0,34	0,47	0,55

4.3 Konkrétne odporúčania pre samosprávu

Na európskych cestách prebieha masívny prechod k elektrifikácii dopravy a je len otázkou času, kedy budú elektromobily jazdiť po väčšine miest. Kúpa elektromobilu samosprávou, demonštruje politickú vôľu, aby sa spôsoby dopravy stali zdravšími a čistejšími. Transparentná prevádzka EV flotily, zabezpečí verejný záujem a vzdelanie verejnosti. Za nevyhnutné považujem zapojenie sa samosprávy do diskusií so súkromnými podnikmi pôsobiacimi v tejto oblasti a ich snahu o maximálnu súčinnosť. Mobilita nesmie byť limitovaná hranicami mesta a nabíjacie služby by mali byť prevedené v štandardizovaných riešeniach. Mestské úrady, by mali propagovať využívanie EV výsadami, ako sú znížené parkovacie poplatky alebo možnosť jazdy v MHD pruhoch. Ďalším mocným nástrojom samosprávy je regulácia využitia pôdy v komunite. Dnes už viac ako 200 miest v celej Európe vytvorilo zóny s nízkymi alebo nulovými emisiami na reguláciu typu vozidiel, ktoré do nich môžu vstúpiť. Prejaviť snahu v budovaní infraštruktúry môže mesto pomocou poskytnutia vhodných pozemkov pre dobíjacie stanice bez poplatkov, alebo vo forme prenájmu pôdy. Svoj vplyv v neposlednom rade, dokáže využiť na hájenie záujmov občanov a stanovovať tak hranice cien.

Dôležité je aj zapojenie verejnosti do tvorby mozaiky nabíjacej infraštruktúry. Príkladom je Amsterdam kde majitelia elektrických vozidiel, ktorý žijú alebo pracujú v meste majú možnosť hlasovať za umiestnenie nabíjacieho bodu.[23]

4.4 Ostatné návrhy podpory elektromobility

Nabíjacie stanice sú charakterom svojej spotreby špecifickým prvkom elektrizačnej sústavy. Dopyt po rýchlom nabíjaní, kladie značné nároky na veľkosť ističa. Objem samotnej spotrebovanej elektrickej energie je rozdelený nerovnomerne čo významne predražuje priemernú cenu za kWh. Riešenie existuje vo vytvorení nových taríf regulačným úradom, usporobovaných pre prevádzkovateľov nabíjacej infraštruktúry.

Vhodné nastavenie NN tarify, by malo motivovať k nabíjaniu v časových intervaloch nízkej spotreby, tak aby sa vyrovnávalo zaťaženie v distribučnej sieti. Pomocou takéhoto riešenia, budú prevádzkovatelia distribučných sústav schopní v budúcnosti ušetriť na investíciách do siete.

Pre bezproblémovú adaptáciu elektromobility, musí byť nabíjacia infraštruktúra budovaná s určitým predstihom tak, aby jej nedostatok netvoril prekážku rozvoju. Doterajšie inštalácie boli väčšinou pripojené na hladinu nízkeho napätia. Pri predpoklade, že prekážka nabíjania na sídliskách, bude riešená tzv. nabíjacími hniezdami, bude potrebné navyšovať kapacitu aj na VN strane. Podľa slovenskej asociácie pre elektromobilitu dnes pri projektoch nabíjacích hniezd pripojených k VN tvoria fixné náklady, viac ako dve tretiny nákladov na nabíjanie. Riešením môže byť, zavedenie jednozložkovej distribučnej tarify pre pripojenie na VN strane v prípade, že hlavná náplň odberného miesta je nabíjanie elektromobilov. [35]

Záver

Elektrifikácia dopravy, je obrovská príležitosť na zníženie uhlíkovej stopy v doprave. Ciele, ktoré si stanovili krajiny Európskej Únie, budú naplnené len v prípade masívnych zmien v mobilite, ako ju dnes poznáme. Jasne stanovené ciele a vhodný legislatívny rámec sú kľúčom k bezproblémovej adaptácii. Slovenská a Česká republika na popud EÚ, vypracovali národné akčné plány, ktoré stanovujú národné ciele a vízie v tejto oblasti. Je nutné konštatovať, že doterajšie kroky, zatiaľ nepriniesli významný počet elektromobilov na naše cesty. Voči najvyspelejším krajinám EÚ zaostávame aj vo výstavbe nabíjacej infraštruktúry.

Na základe holistického prístupu k emisiám počas životného cyklu, bola dokázaná menšia uhlíková stopa elektromobilu v prevádzkových podmienkach samosprávy. Vyššia environmentálna záťaž na výrobu elektromobilu je kompenzovaná nižšou produkciou emisií pri prevádzke. K priaznivým výsledkom prispieva aj pomerne čistý energetický mix Slovenskej republiky.

Pri porovnávaní automobilov rovnakej kategórie, je elektromobil stále náročnejší na počiatocnú investíciu. Ak sa však na nákup vozidla pozrieme komplexnejšie, cez metódu celkových nákladov spojených s vlastníctvom, zistíme že nižšie náklady na prevádzku dokážu vyšší úvodný náklad vykompenzovať. Pri konkrétnom porovnaní vozidiel Škoda Fabia Hatchback 1.0 TSI 70 kW a Renault R 110 Z.E. 52 kWh v podmienkach samosprávy vychádza doba návratnosti na 8 rokov. Kým nenastane na trhu cenová parita medzi kúpnou cenou BEV a ICE, skrátenie doby návratnosti, ide uskutočniť prostredníctvom štátnej dotácie. Vyrovnanie hladiny cien sa očakáva v roku 2023, kedy by cena výroby komerčných trakčných batérií mala klesnúť na 100 \$/kWh.

Využívanie automobilu je individuálne a základné predpoklady na prevádzku sa líšia u každého používateľa. Výsledok tejto práce dáva možnosť územným celkom, podnikateľom ale aj fyzickým osobám použiť ju, ako sprievodcu svetom elektromobility. Model, ktorý počíta s celkovými nákladmi na vlastníctvo, zasa funguje ako rozhodovací aparát pri výbere medzi BEV a ICE.

Praktická časť práce v neposlednom rade poskytuje nástroj na výber vhodného miesta pre inštaláciu nabíjacej stanice. Je založený na viackriterálnom rozhodovaní. Kritéria a ich priority boli starostlivo vybrané na základe doterajších skúseností z výstavby.

Vo výsledku, práca dáva čitateľovi prehľad o komplexnosti prechodu k novej forme mobility. Na základe odbornej literatúry a ekonomického modelu, je možné elektromobilitu hodnotiť pozitívne. Dúfam preto, že počty elektromobilov na našich cestách budú rásť podľa tých najoptimistickejších scenárov a nabíjacia infraštruktúra nebude zaostávať.

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Definícia automobilov pre účely diplomovej práce	8
Obrázok 2 Možnosti doplnenia energie elektromobilu	20
Obrázok 3 Schéma pripojenia elektromobilu v režime 1 [21]	21
Obrázok 4 Schéma pripojenia elektromobilu v režime 2 a príslušný kábel pre nabíjanie [21]	22
Obrázok 5 Schéma pripojenia elektromobilu v režime 3 v dvoch možných prípadoch [21]	22
Obrázok 6 Schéma pripojenia elektromobilu v režime 4 [21]	23
Obrázok 7 Schéma stakeholderov v oblasti nabíjania [25]	26
Obrázok 8 Súhrn protokolov a ich využitie v ekosystéme nabíjania [26]	29
Obrázok 9 Umiestnenie existujúcich nabíjajúcich staníc v meste Spišská Nová Ves	32

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Analýza európskej legislatívy v oblasti elektromobility	10
Tabuľka 2 Národný energetický mix SR [4].....	11
Tabuľka 3 Odhadovaná trajektória OZE v jednotlivých sektoroch na konečnej energetickej spotrebe od roku 2021 do 2030[5]	12
Tabuľka 4 Identifikovaný legislatívny rámec vzťahujúci sa k elektromobilite v SR	13
Tabuľka 5 Počet nabíjacích bodov v rámci celej EÚ [10]	15
Tabuľka 6 Štatistika nabíjacích bodov v roku 2019 [11]	15
Tabuľka 7 Podiel registrácií nových BEV a PHEV osobných automobilov v SR, ČR a EU v roku 2019 [12]	15
Tabuľka 8 Čerpanie dotácií na elektromobily pre fyzické a právnické osoby v rámci prvej dotačnej schémy [11]	16
Tabuľka 9 Čerpanie dotácií na elektromobily pre obce a samosprávne kraje v druhej dotačnej schéme [11]	16
Tabuľka 10 Prehľad výziev na budovanie verejnej nabíjacej infraštruktúry [14]	19
Tabuľka 11 Prehľad súčasných možností nabíjania v meste Spišská Nová Ves.....	32
Tabuľka 12 Základné charakteristiky porovnávaných automobilov.....	34
Tabuľka 13 Vstupné predpoklady modelu	35
Tabuľka 14 Tempo znehodnotenia automobilov využité v modeli [29].....	36
Tabuľka 15 Hodnotiace kritéria pre rôzne varianty dotácie.....	37
Tabuľka 16 Citlivostná analýza na ročný nájazd pre variant B)	39
Tabuľka 17 Citlivostná analýza na cenu nabíjania BEV pre variant B).....	39
Tabuľka 18 Stanovenie hodnôt hlavných parametrov pre kladné NPV v jednotlivých scenároch	40

Zoznam grafov

Graf 1 Predaje elektromobilov v roku 2020 oproti celkovým predajom významných automobiliek [9]	14
Graf 2 Tržný podiel EV a kvartálne predaje v Číne a Európe [9].....	14
Graf 3 Odhad potreby typu dobíjacích staníc podľa množstva vozidiel [14]	18
Graf 4 Prehľad nabíjacích DC štandardov a ich jednotlivé výkony [22]	25
Graf 5 Emisie CO ₂ v tonách na základe LCA hodnotenia	31
Graf 6 Vplyv výšky dotácie na dobu návratnosti	38

Zoznam použitých skratiek

AC	Striedavý prúd (Alternative current)
CCS	Kombinovaný nabíjací systém (Combined charging system)
CPO	Operátor nabíjacieho bodu (Charge point operator)
ČR	Česká republika
ČSN	Československá norma
DC	Jednosmerný prúd (Direct current)
eMSP	Prevádzkovateľ služieb elektromobility (e-mobility service provider)
EVSE	Zariadenia na dodávku energie (Electric vehicle supply equipment)
HDO	Hromadné diaľkové ovládanie
IC-CPD	Ochranné zariadenie kábla (in cable control and protective device)
LCA	Hodnotenie životného cyklu (Life cycle assessment)
MHSR	Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky
NECP	Národný klimatický plán (National energy climate plan)
NKÚ	Najvyšší kontrolný úrad
NN	Nízke napätie
NPŽP	Národný program životné prostredie
OCPI	Otvorené rozhranie medzi eMSP (Open charge point interface)
OCPP	Otvorený protokol na správu nabíjacích bodov (Open charge point protocol)
OpenADR	Signály na kontrolu zariadení v sieti (Open automated demand response)
OPPIK	operačného programu Podnikanie a inovácie pre konkurencieschopnosť
PDS	Prevádzkovateľ distribučnej siete
SR	Slovenská republika
STN	Slovenská technická norma
VN	Vysoké napätie

Literatúra

- [1] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2014/94/EÚ z 22. októbra 2014 o zavádzaní infraštruktúry pre alternatívne palivá* [online]. 2014 [vid. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=SK>
- [2] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES z 23. apríla 2009 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie a o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc 2001/77/ES a 2003/30/ES*. nedatováno.
- [3] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) 2018/ 2002 - z 11. decembra 2018, - ktorou sa mení smernica 2012/ 27/ EÚ o energetickej efektívnosti*. nedatováno.
- [4] *Štatistiky | Záruky pôvodu | OKTE, a.s.* [online]. [vid. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://www.okte.sk/sk/zaruky-povodu/statistiky>
- [5] *Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 - 2030* [online]. [vid. 2020-12-06]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/sk_final_necp_main_sk.pdf
- [6] *Tlačová správa: V SR bude o desať rokov 140 000 elektromobilov, pomôžu aj zvýšiť bezpečnosť dodávok elektriny - SEVA - Slovak Electric Vehicle Association* [online]. [vid. 2020-12-23]. Dostupné z: <https://www.seva.sk/tlacova-sprava-v-sr-bude-o-desat-rokov-140-000-elektromobilov-pomozu-aj-zvysit-bezpecnost-dodavok-elektriny/>
- [7] *Návrh-Národného politického rámca pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami*. nedatováno.
- [8] *Can electric cars beat the COVID crunch? Transport & Environment* [online]. 2020 [vid. 2020-12-26]. Dostupné z: www.transportenvironment.org
- [9] *Battery Pack Prices Cited Below \$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \$137/kWh | BloombergNEF* [online]. [vid. 2020-12-26]. Dostupné z: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/>
- [10] *ENABLING FACTORS FOR ALTERNATIVELY-POWERED CARS AND VANS IN THE EUROPEAN UNION* [online]. 2020 [vid. 2020-12-25]. Dostupné z: www.eafo.eu.
- [11] *SPRÁVA O KOORDINOVANEJ KONTROLE Daňová a dotačná podpora klimaticko-energetickej politiky v ČR a SR* [online]. nedatováno [vid. 2020-12-13]. Dostupné z: www.nku.gov.sk
- [12] *Počet elektromobilů se v České republice blíží desetitisícové hranici | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.* [online]. [vid. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/pocet-elektromobilu-se-v-ceske-republice-blizi-desetitiscove-hranici/>
- [13] *Výzva na predkladanie žiadostí o poskytnutie dotácie na podporu budovania verejne prístupných elektrických nabíjacích staníc* [online]. [vid. 2020-12-14]. Dostupné z: <https://www.mhsr.sk/uploads/files/R3BWcnt7.pdf>
- [14] *Aktualizace NAP CM 2*. nedatováno.
- [15] *Správa o oprávnenom meraní prevádzkovej účinnosti systému II. stupňarekuperácie benzínových pár naČS PHM SLOVNAFT, Vranov nad Topľou* [online]. říjen [vid. 2020-11-20]. Dostupné z: https://slovnaft.sk/images/slovnaft/pdf/o_nas/trvalo_udrzatelny_rozvoj/spravy_a_ukazova_tele/Vysledky_opravneneho_merania_ucinnosti/cs_slovnaft_vranov_cemerne.pdf

- [16] BATES, John a David LEIBLING. *Spaced Out Perspectives on parking policy* [online]. 2012 [vid. 2020-11-20]. Dostupné z: www.racfoundation.org
- [17] „Cars are parked 95% of the time". *Let's check!* [online]. [vid. 2020-11-20]. Dostupné z: <https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html>
- [18] FALVO, Maria Carmen, Danilo SBORDONE, I Safak BAYRAM a Michael DEVETSIKIOTIS. *EV Charging Stations and Modes: International Standards*. nedatováno.
- [19] SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKEJ NORMALIZÁCIE. Vidlice, zásuvky, konektory vozidiel a prívodky vozidiel. Nabíjanie elektrických vozidiel vodivým prepojením. Časť 1: Všeobecné požiadavky. 2015, (05/15).
- [20] SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKEJ NORMALIZÁCIE. Systém nabíjania elektrických vozidiel vodivým prepojením. Časť 1: Všeobecné požiadavky. 2012.
- [21] *The Four EV Charging Modes in the IEC 61851 Standard - Technical Articles* [online]. [vid. 2020-11-20]. Dostupné z: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/four-ev-charging-modes-iec61851-standard/>
- [22] *Elektromobilita 2020* [online]. [vid. 2020-12-26]. Dostupné z: [https://www.pcrevue.sk/library/PDF ARCHIV/Elektromobilita 2020+inz.pdf](https://www.pcrevue.sk/library/PDF%20ARCHIV/Elektromobilita%2020+inz.pdf)
- [23] *MAKING ELECTRIC CARS CONVENIENT BEUC recommendations The Consumer Voice in Europe* [online]. nedatováno [vid. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.transportenvironment.org/press/forty-percent-europeans-say-next-car-they-buy-likely-be->
- [24] *EV World: Meet JOSEV — A Flexible EV Charger Operating System* [online]. [vid. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://cleantechnica.com/2020/11/19/ev-world-meet-josev/>
- [25] *The EV Charging Ecosystem* [online]. [vid. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://www.guardknox.com/electric-vehicle-charging-ecosystem/>
- [26] *EV Related protocol study* [online]. [vid. 2020-12-27]. Dostupné z: https://www.elaad.nl/uploads/downloads/downloads_download/EV_related_protocol_study_v1.1.pdf
- [27] WILSON, L. *Shades of green: electric cars' carbon emissions around the globe*. 2013.
- [28] CHENG, Xin Bing, Rui ZHANG, Chen Zi ZHAO, Fei WEI, Ji Guang ZHANG a Qiang ZHANG. A review of solid electrolyte interphases on lithium metal anode. *Advanced Science* [online]. 2015, **3**(3). ISSN 21983844. Dostupné z: doi:10.1002/adv.201500213
- [29] REHME, M., S. RICHTER, Aniko TEMMLER a U. GÖTZE. CoFAT 2016 - Second-Life Battery Applications - Market potentials and contribution to the cost effectiveness of electric vehicles. *undefined*. 2016.
- [30] *Average age of the EU vehicle fleet, by EU country | ACEA - European Automobile Manufacturers' Association* [online]. [vid. 2020-12-27]. Dostupné z: <https://www.acea.be/statistics/article/average-vehicle-age>
- [31] BREETZ, Hanna L. a Deborah SALON. Do electric vehicles need subsidies? Ownership costs for conventional, hybrid, and electric vehicles in 14 U.S. cities. *Energy Policy* [online]. 2018, **120**, 238–249. ISSN 03014215. Dostupné z: doi:10.1016/j.enpol.2018.05.038
- [32] PROPFFE, Bernd, Martin REDELBACH, Danilo J SANTINI a Horst FRIEDRICH. *Cost analysis of Plug-in Hybrid Electric Vehicles including Maintenance & Repair Costs and Resale Values* [online].

- nedatováno [vid. 2020-12-28]. Dostupné z: http://www.transportation.anl.gov/modeling_
- [33] *A United States-Based Comprehensive Assessment*. nedatováno.
- [34] HAGMAN, Jens, Sofia RITZÉN, Jenny Janhager STIER a Yusak SUSILO. Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion. *Research in Transportation Business and Management* [online]. 2016, **18**, 11–17. ISSN 22105395. Dostupné z: doi:10.1016/j.rtbm.2016.01.003
- [35] *SEVA-Slovenská asociácia pre elektromobilitu www.seva.sk Nové e-tarifý na NN a VN strane pre nabíjanie elektrických vozidiel* [online]. nedatováno [vid. 2021-01-02]. Dostupné z: www.seva.sk

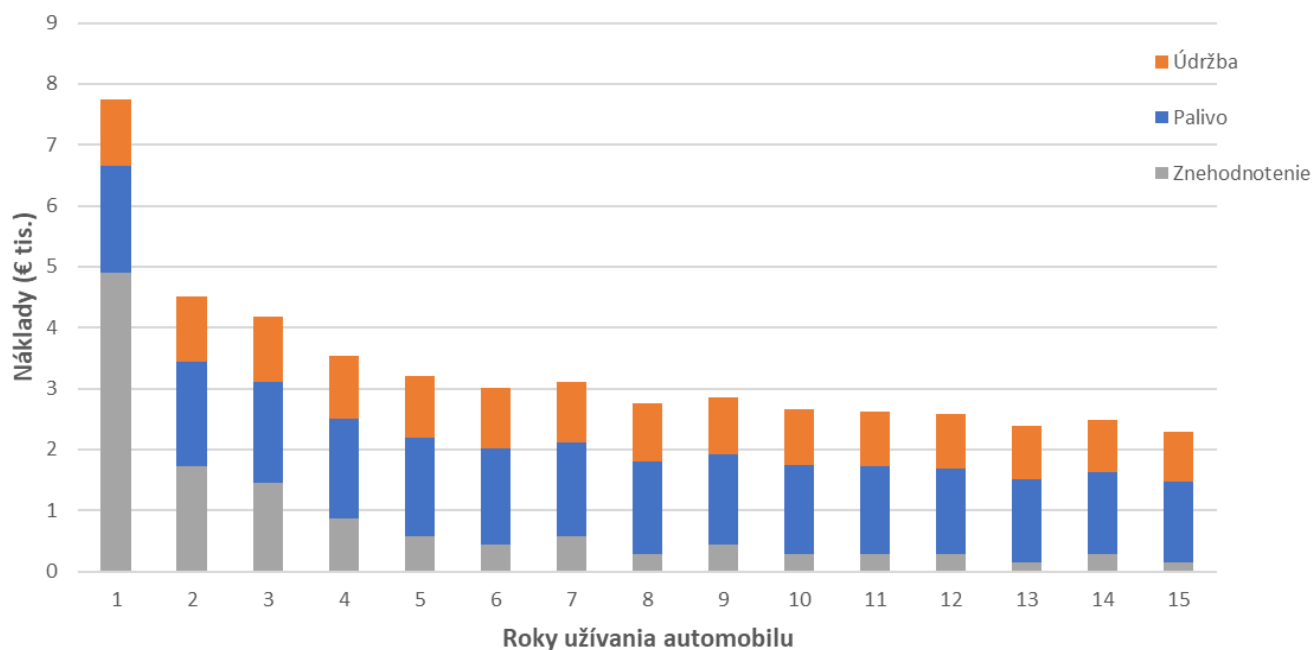
Prílohy

Príloha č. 1

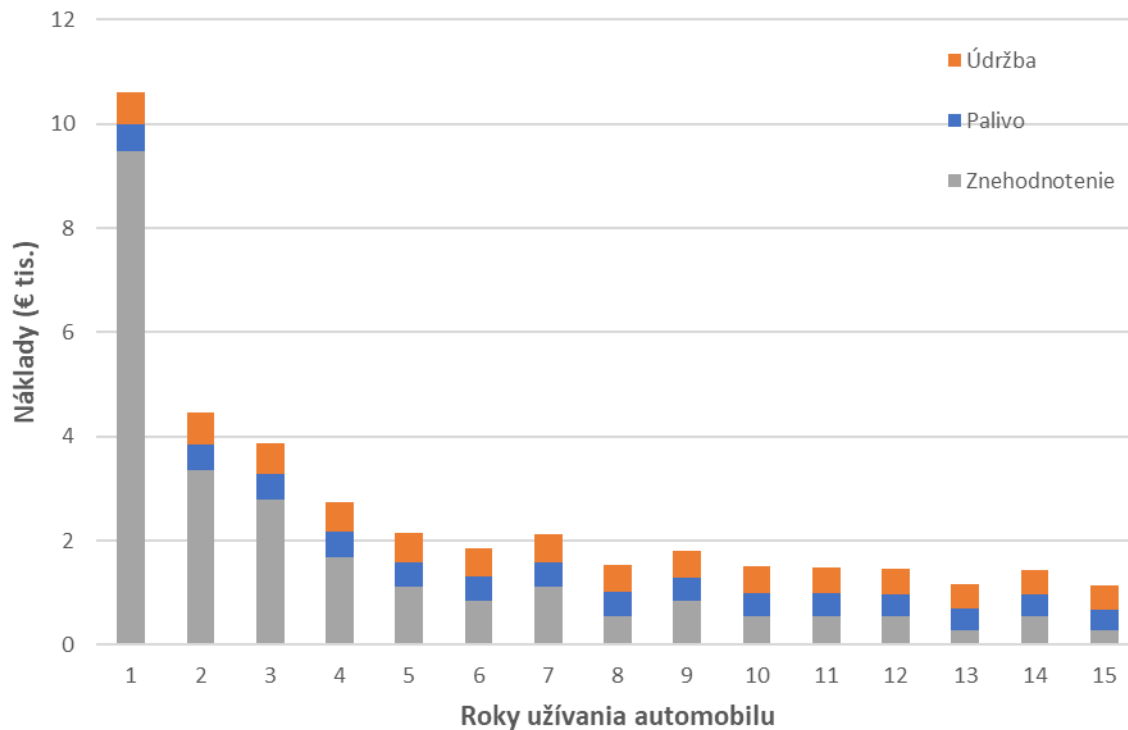
Globálne ciele	Dekomponované globálne ciele	Typ kritéria	Stupnica	Priorita (MAX 0-10)	Váhy (Bodovacia metóda)
dostupnosť pripojenia	vzdialenosť k bodu pripojenia (m)	MIN	pomerová	9	0,140625
	výkonová rezerva (kW)	MAX	pomerová	10	0,15625
dostupnosť parkovania	Rekonštrukcia TS (0,1)	MIN	ordinálna	7	0,109375
	pozemok vo vlastníctve mesta (0,1)	MAX	ordinálna	7	0,109375
	spevnená plocha v oblasti NS (0,1)	MAX	ordinálna	1	0,015625
	obchodné centrum (0,1)	MAX	ordinálna	6	0,09375
blízke body záujmu	reštauráčné zariadenie (0,1)	MAX	ordinálna	4	0,0625
	úradu (0,1)	MAX	ordinálna	5	0,078125
orientované na výstavbu	súčasť väčšieho stavebného zámeru	MAX	ordinálna	2	0,03125
	dostupnosť cesty II. triedy (0,1)	MAX	ordinálna	8	0,125
orientované na zákazníka	hlasovanie (0-100) [%]	MAX	pomerová	5	0,078125

Príloha č. 2

Náklady na prevádzku modelu Škoda Fabia Hatchback 1.0 TSI 70 kW (95 k) 7° DSG



Náklady na prevádzku modelu Renault R 110 Z.E. 52 kWh



Príloha č. 3

	0	20000	40000	60000	80000	100000	120000	140000	160000	180000	200000	220000	240000	260000	280000	300000
Škoda Fabia Hatchback 1.0 T																
Počet najazdených kilometrov	0	20000	40000	60000	80000	100000	120000	140000	160000	180000	200000	220000	240000	260000	280000	300000
Náklady v priebehu rokov	14 463,0 €	2 840,0 €	2 784,4 €	2 729,8 €	2 676,2 €	2 623,8 €	2 572,3 €	2 521,9 €	2 472,4 €	2 423,9 €	2 376,4 €	2 329,8 €	2 284,1 €	2 239,4 €	2 195,4 €	2 152,4 €
Počiatočná investícia, nákup auta	14 430 €															
Dotácia	0															
Registrácia daň	33															
Poistenie																
Palivo	1 742,0 €	1 707,8 €	1 674,4 €	1 641,5 €	1 609,3 €	1 577,8 €	1 546,8 €	1 516,5 €	1 486,8 €	1 457,6 €	1 429,0 €	1 401,0 €	1 373,6 €	1 346,6 €	1 320,2 €	
Údržba	1 098,0 €	1 076,5 €	1 055,4 €	1 034,7 €	1 014,4 €	994,5 €	975,0 €	955,9 €	937,2 €	918,8 €	900,8 €	883,1 €	865,8 €	848,8 €	832,2 €	
Kumulatívne náklady	14 463 €	17 303,0 €	20 087,4 €	22 817,1 €	25 493,4 €	28 117,1 €	30 689,4 €	33 211,3 €	35 683,7 €	38 107,7 €	40 484,1 €	42 813,9 €	45 098,1 €	47 337,4 €	49 532,9 €	51 685,3 €
Renault R 110 Z.E. 52 kWh																
Počet najazdených kilometrov	0	20000	40000	60000	80000	100000	120000	140000	160000	180000	200000	220000	240000	260000	280000	300000
Náklady v priebehu rokov	27 933 €	1 125 €	1 103 €	1 081 €	1 060 €	1 039 €	1 019 €	999 €	979 €	960 €	941 €	923 €	905 €	887 €	870 €	853 €
Počiatočná investícia, nákup auta	27 900 €															
Dotácia	0															
Registrácia daň	33															
Poistenie																
Palivo	517,2 €	507,0 €	497,1 €	487,3 €	477,8 €	468,4 €	459,2 €	450,2 €	441,4 €	432,8 €	424,3 €	415,9 €	407,8 €	399,8 €	392,0 €	
Údržba	607,84 €	595,92 €	584,24 €	572,78 €	561,55 €	550,54 €	539,75 €	529,16 €	518,79 €	508,62 €	498,64 €	488,87 €	479,28 €	469,88 €	460,67 €	
Kumulatívne náklady	27 933 €	29 058 €	30 161 €	31 242 €	32 302 €	33 342 €	34 361 €	35 360 €	36 339 €	37 299 €	38 241 €	39 164 €	40 068 €	40 955 €	41 825 €	42 678 €