



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

David Mička
IMPLEMENTACE SMART CHARGING

Bakalářská práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K620..... Ústav dopravní telematiky

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

David Mička

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Implementace Smart Charging**

Název tématu (anglicky): Smart Charging in Practice

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- dlouhodobá strategie EU pro snižování emisí a potenciál pro Smart Charging
- smart technologie v domě a chytré elektroměry
- Tecomat Foxtrot a jeho zapojení v prostředí Mosaic
- implementace Smart Charging do domu a jeho řízení přes Foxtrot

Rozsah grafických prací: podle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: KLABAN, J.: Domácí automatizace - hračka, spotřební elektronika, nebo seriózní disciplína? Automa 7/2016, str.11

ŠMEJKAL, L.: Měření v chytrém domě a Tecomat, Automa 6/2017, str. 16 až 18

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislav Šmejkal, CSc.

Datum zadání bakalářské práce:

23. října 2018

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

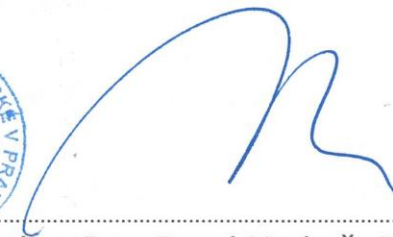
26. srpna 2019

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
- b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.

vedoucí
Ústavu dopravní telematiky



doc. Ing. Pavel Hruběš, Ph.D.

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



David Mička

jméno a podpis studenta

V Praze dne 23. října 2018

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Ladislavovi Šmejkalovi, CSc. za odborné vedení práce, poskytnuté informace k praktické části z firmy Teco, a.s. a pozvánky na přínosné konference a veletrhy. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Wilczekovi a panu Ing. Suchánkovi z firmy SmartEV za zprostředkování materiálů a dat k praktické části této práce a zaměstnancům a hostům Fakulty elektrotechniky ČVUT za poskytnutí specializovaných přednášek k získání informací pro zpracování bakalářské práce.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonu (autorský zákon).

V Praze dne 26. 8. 2019



.....

podpis

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Implementace Smart Charging“ je analyzovat strategie České republiky v oblasti dopravy a energetiky, popsat vývoj technologií řízení přísunu energie a navrhnout řešení pro dynamické nabíjení elektromobilů.

Klíčová slova

Elektromobilita, dobíjecí infrastruktura, dynamické řízení, wallbox, energetická špička

Abstract

The subject of the bachelor thesis „Smart Charging in practice“ is to analyze the Clean Mobility Action Plan of the Czech Republic, describe the progress in power management technology and create a solution for dynamic charging.

Key words

Electromobility, charging infrastructure, dynamic management, wallbox, peak time

Obsah

1. Úvod	8
2. Progres České republiky v čisté mobilitě	10
2.1. Národní akční plán České republiky pro čistou mobilitu	10
2.1.1. Současný stav a predikce dalšího vývoje vozidel na elektrický pohon	12
2.1.2. Ministerstvo průmyslu a obchodu	12
2.1.3. Ministerstvo dopravy	15
2.1.4. Asociace pro elektromobilitu České republiky	16
2.1.5. Praha	17
2.1.6. Centrum dopravního výzkumu	17
3. Integrace elektrických vozidel do elektrické sítě	20
3.1. Využití zaparkovaných elektromobilů pro stabilitu sítě	21
3.2. Energy Outlook	21
3.3. Innovation Outlook	22
4. Smart charging	23
4.1. Služby chytrě nabíjených elektromobilů	23
4.1.1. Peak shaving	23
4.1.2. Doplnkové služby	24
4.1.3. Behind-the-meter optimalizace a back-up power	24
4.2. Bateriová úložiště jako služby v síti	24
4.2.1. Technický slovník pro klasifikování bateriových technologií	24
4.3. Typy smart charging	26
4.3.1. Vehicle-to-home (V2H)	26
4.3.2. Vehicle-to-grid (V2G)	26
4.3.3. Současné projekty Smart charging	28
4.4. Dobíjecí infrastruktura	31
4.4.1. Současná dobíjecí infrastruktura	31
4.4.2. Dopad nabíjení na energetický systém	31
4.4.3. Dopad na dopravní provoz v různých městech a krajích	32

5.	Business modely a regulatorní výhledy	33
5.1.	Regionální rychlodobíjecí sítě	33
5.2.	Lokální iniciativa malých a středních podniků	33
5.3.	Komerční dobíjení.....	33
5.4.	E-flotily a podnikání	34
5.5.	Obce a města	34
5.6.	Hodnocení typů smart charging	34
6.	Reálná instalace	36
6.1.	Teco a.s.....	36
6.1.1.	Aplikační sada PowerFox pro AC nabíjení	36
6.1.2.	Vlastnosti AS PowerFox	37
6.2.	SmartEV	39
6.3.	Aplikace SmartEV POWER.....	40
6.4.	Elektrická instalace	40
6.5.	Konfigurace systému pro byznys	41
6.5.1.	Příklad zadání.....	42
6.6.	Konfigurace systému v domácnosti.....	42
6.6.1.	Příklad zadání.....	43
7.	Závěr	46
8.	Bibliografie.....	48

Seznam použitých zkratek

A	.....	Ampér
a.s.	.....	Akciová společnost
AC	.....	Střídavý proud
CNG	.....	Compressed natural gas
CO ₂	.....	Oxid uhličitý
ČEZ	.....	České energetické závody
ČR	.....	Česká republika
DC	.....	Stejnoseměrný proud
DHCP	.....	Dynamic Host Configuration Protocol
DoD	.....	Depth of Discharge
DPH	.....	Daň z přidané hodnoty
EoL	.....	End of life
EP	.....	Evropský parlament
EU	.....	Evropská Unie
EV	.....	Elektrické vozidlo
EVSE	.....	Electric vehicle supply equipment
FVE	.....	Fotovoltaická elektrárna
GWh	.....	Gigawatthodina
IP	.....	Internet Protocol
IRENA	.....	International Renewable Energy Agency
kW	.....	Kilowatt
LNG	.....	Liquid natural gas
MD	.....	Ministerstvo dopravy
MHD	.....	Městská hromadná doprava
MID	.....	Measuring Instruments Directive
MPO	.....	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NAP ČM	.....	Národní akční plán Čistá mobilita

NT.....	Nízký tarif
OPD.....	Operační program Doprava
OZE	Obnovitelný zdroj energie
PSA CEF	Programme Support Action Connecting Europe Facility
PLC	Programovatelný logický automat
RFID	Radio frequency identification
SDA	Svaz dodavatelů automobilů
SoC	State of charge
SPZ	Státní poznávací značka
TEN-T	Transeuropean Transport Network
ÚJV.....	Ústav jaderného výzkumu
V	Volt
VGI	Vehicle-grid integration
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí
VT.....	Vysoký tarif
V1G	Jednosměrné řízení dobíjení
V2G	Obousměrné řízení dobíjení vehicle-to-grid
V2H/B	Obousměrné řízení dobíjení vehicle-to-house/building
V2X.....	Obousměrné řízení dobíjení Vehicle-to-everything

1. Úvod

Země po celém světě se kvůli ekonomice, bezpečnosti i životnímu prostředí snaží elektrifikovat dopravu. A stejně jako budoucnost dopravy leží v masivní elektrifikaci, budoucnost elektrické sítě musí maximálně využít různých obnovitelných zdrojů energie. Už nízký počet napojených elektromobilů bude mít značný dopad na elektrickou síť. Jedno EV napojeno na rychlonabíječku může peakovou spotřebu jednoho domu až zdvojnásobit. Proto je velmi důležité nabíjení elektromobilů řídit. Smart charging minimalizuje zatížení z dobíjení elektrických vozidel a otevírá možnosti flexibilně pracovat s větrnou a solární energií. Chytré nabíjení elektrických vozidel je klíčovou technologií k propojení čisté dopravy a nízkouhlíkové elektřiny. Baterie ve vozidlech by tak mohly být nápomocné pro začlenění vysokého podílu obnovitelných zdrojů energie do elektrické sítě. Řešení výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a elektrifikace vozidel předpokládá přesun části této poptávky po energii z fosilních paliv na jiné primární zdroje energie. Tyto dvě technologie mají mezi sebou přirozenou synergii, elektromobily jsou přirozeným zdrojem flexibility na straně nabídky i poptávky, což může zmírnit negativní vedlejší účinky obnovitelných zdrojů.

Proto se v následující kapitole věnuji práci nejrůznějších státních i soukromých orgánů, které se podílejí na implementaci Národního akčního plánu čisté mobility, který vychází z iniciativ Evropské Unie. Veškerá vládní opatření a dotační programy se snaží předbíhat trh ve výstavbě dobíjecí infrastruktury a monetárními i nemonetárními pobídkami stimulují poptávku po vozidlech na alternativní pohon, v případě této práce dávám důraz pouze na elektromobily.

Kapitola o využití elektromobilů pro stabilizaci sítě uvádí podklady zabývající se problematikou narůstajícího počtu elektrických vozidel, využívání širokého energetického mixu a bateriových technologiích, zpracované zahraničními firmami. VGI technologie rozebírané v této literatuře jsou hlavní náplní další části. Podrobně představuje služby, které elektromobily mohou poskytovat energetickému sektoru, ať už se jedná o efektivnější využívání obnovitelných zdrojů, akumulaci energie, nebo naopak vyplňování špiček. Krátce se věnuji i technologii využívaných baterií, protože jejich fyzikální vlastnosti jsou klíčovým faktorem při řešení těchto služeb. VGI se může dělit na jednostranné a oboustranné řízení přenosu energie, pro domácnosti i veřejnou síť.

Strategie pro výstavbu dobíjecí infrastruktury ovlivňují také lokální podmínky, jako skladba dopravy a ekonomika v daných oblastech. Proto se v práci dotýkám i problémů, které musí vyřešit podnikatelé a veřejná správa, která chce do dobíjecí infrastruktury investovat. Existuje množství různých přístupů a každý z nich by se měl při plánování instalace dobíjecích stanic zaměřovat na různé faktory. Nakonec vyvstává několik otázek ohledně technického provedení

a naceňování energií, když dobíjecí stanice spadá pod soukromého vlastníka, nebo je veřejně přístupná.

V poslední části jsem ve spolupráci s firmou Teco a.s. a SmartEV představil konkrétní řešení dobíjecích stanic pro domácnost i pro firmu, kde by se mohlo vyskytovat více elektromobilů najednou. Jedná se hlavně o přehlednost řízení, monitorování přes aplikaci a možnost dále využít data z elektroměru.

2. Progres České republiky v čisté mobilitě

Aktualizace národních strategií pro udržitelnost vycházejí z několika různých směrnic Evropského parlamentu, nařízení Rady a jiných evropských legislativ. Jedná se například o směrnici EP a Rady z prosince 2018 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, nařízení EP a Rady stanovující emisní normy pro nové automobily v rámci integrovaného přístupu Unie ke snižování emisí CO₂, nebo směrnice Evropského parlamentu a Rady, kterou se mění starší verze o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel. V této kapitole zpracovávám politiky a opatření České republiky spolu s aktualizací od několika vládních i nevládních organizací, které se do příslušných strategií zapojují. (1)

2.1. Národní akční plán České republiky pro čistou mobilitu

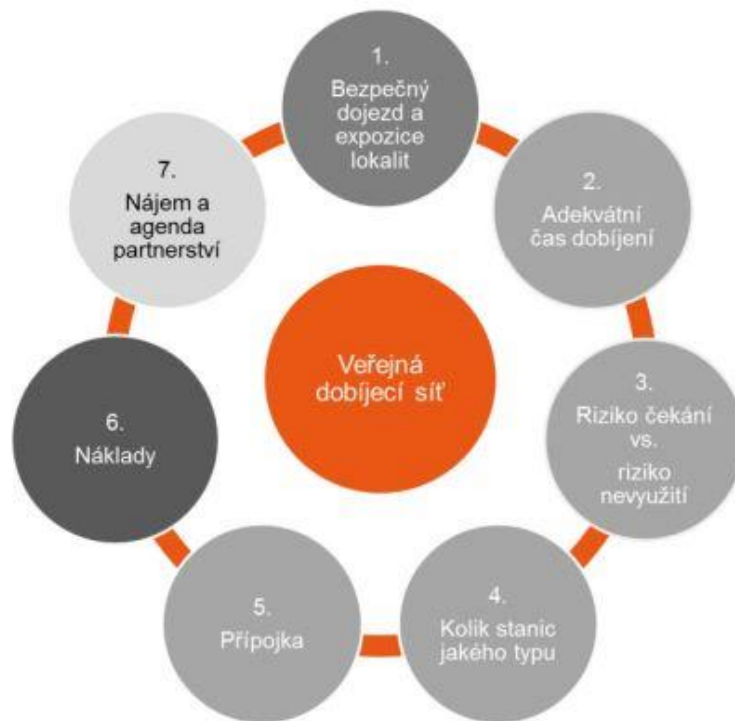
Národní akční plán se zabývá elektromobilitou, CNG, LNG a vodíkovou technologií. V této práci se ale podívám pouze na části o elektrickém pohonu. V návaznosti na strategické dokumenty v oblasti energetiky, dopravy a životního prostředí pokládá cíle za účelem snížení negativních dopadů dopravy na životní prostředí a závislosti na kapalných palivech, diverzifikace zdrojového mixu a vyšší energetické účinnosti v dopravě. (1)

Jako první uvádí výstavbu dobíjecí infrastruktury. Protože elektromobily mají omezený dojezd, je potřeba vybudovat dostatečně hustou síť, která je v současnosti malá nejen v porovnání se sítí čerpacích stanic, ale i se zahraničními sousedy. Jak píše Tomáš Cafourek pro iDNES, nejhustší nabíjecí infrastrukturou disponuje Nizozemsko a Německo, které dohromady představují téměř polovinu všech stanic v Evropě. Česká republika se na celkovém počtu podílí jen něčím přes půlku procenta, a to i vzhledem k rozloze je slabý výsledek. (2)

Pro naplnění tohoto cíle jsou navržena následující opatření:

- Investiční podpora budování veřejné i neveřejné dobíjecí infrastruktury,
- jednotná metodika schvalování výstavby sítě dobíjecích stanic,
- povinné kvóty pro developery na konektivitu dobíjecí infrastruktury.

Při tvorbě strategie rozvoje sítě nabíjecích stanic zohledňuje řadu faktorů, které nespádají pouze pod geografické pokrytí infrastrukturou, ale i typem stanice a dalších využití. Shrnutí těchto faktorů lze vidět na obrázku 1.



Obrázek 1 - Klíčové faktory rozvoje veřejné sítě dobíjecích stanic (1)

Další cíl pracuje se stimulací poptávky po elektromobilech. Jeden z velkých problémů rozvoje elektromobility je vysoká pořizovací cena. Návratnost vyšších vstupních nákladů mohou urychlit některé z následujících opatření:

- Podpora nákupu elektrických vozidel pro státní správu a samosprávy a jim podřízeným organizacím,
- podpora pořízení vozidla s pohonem na elektřinu pro podnikatele,
- podpora nákupu vozidel na alternativní paliva do flotil dopravců zajišťující veřejnou hromadnou dopravu,
- úprava sazeb silniční daně pro vozidla na alternativní paliva.

Důležitý aspekt je pak lepší vnímání elektromobility na straně zákazníků. Zkušenosti s ní má totiž jen velmi malý počet řidičů, a tak se ostatní potenciální zákazníci bojí třeba výdrži baterií. V řadě států přijali opatření, která zavádí určitá přednostní práva právě pro řidiče elektrických aut. Mezi vybraná opatření patří například:

- využití dedikovaných pruhů pro hromadnou dopravu a taxi elektrickými vozidly,
- parkování zdarma na veřejných parkovištích a modrých zónách,
- informování účastníků silničního provozu o vybavení a umístění dobíjecích stanic prostřednictvím systémů ITS.

S velkou pravděpodobností bude rozvoj elektromobility a zahušťování dobíjecí sítě způsobovat problémy s distribucí elektřiny. Plánování distribuční soustavy tak musí reflektovat i případný rozvoj dobíjecí infrastruktury. Tzv. chytré sítě mohou mít výrazný vliv na eliminaci špiček přípravou na rozložení nabíjení a vybíjení v době nízké a vysoké spotřeby. Této oblasti je věnován samostatný akční plán Smart Grids, který bude koordinovat s NAP CM tak, aby se doplňovaly. Elektromobily budou vykonávat funkci velkého akumulátoru, který bude moct uskladňovat energii v době přebytku a v případě potřeby naopak elektřinu dodávat do sítě. (1)

2.1.1. Současný stav a predikce dalšího vývoje vozidel na elektrický pohon

Hlavními faktory rozvoje je regulace emisí CO₂, která zrovna v EU představuje jeden z klíčových parametrů klimatické politiky, tlak na zlepšování kvality ovzduší z důvodu urbanizace a bezpečnost dodávek ropy a zemního plynu. V rámci rozvoje veřejné infrastruktury probíhaly expertní diskuse, ze kterých vyplynula prioritizace pobídek. Mezi monetární pobídky s vysokým dopadem se zařadilo snížení nákupní ceny přes snížení nebo vyjmutí DPH, snížení mýtného pro použití silnic, dálnic nebo mostů, zlevněný tarif ceny elektřiny pro elektromobily, nebo plná daňová uznatelnost nákladů elektromobilu. V nemonetárních pobídkách s vysokým dopadem se objevilo snížení mýtného za vjezd do center měst, podpora parkování na způsob rezervovaných míst veřejných parkovišť a parkování zdarma a možnost využívání prioritních pruhů pro hromadnou dopravu. Z analýzy Roland-Berger lze vyčíst, jak může ovlivnit zapojení vlády situaci v adaptaci elektromobility. Regulace jako dříve zmíněné nemonetární pobídky v parkování a využívání vyhrazených pruhů společně s monetárními pobídkami mohou pomoci ve zvládnutí nákladů, zatímco se počítá se snižováním cen baterií. Jako další krok v potřebách mobility může vláda podporovat zrychlené vybudování infrastruktury, podle plánů by měla být základní část dokončena do roku 2020. (3)

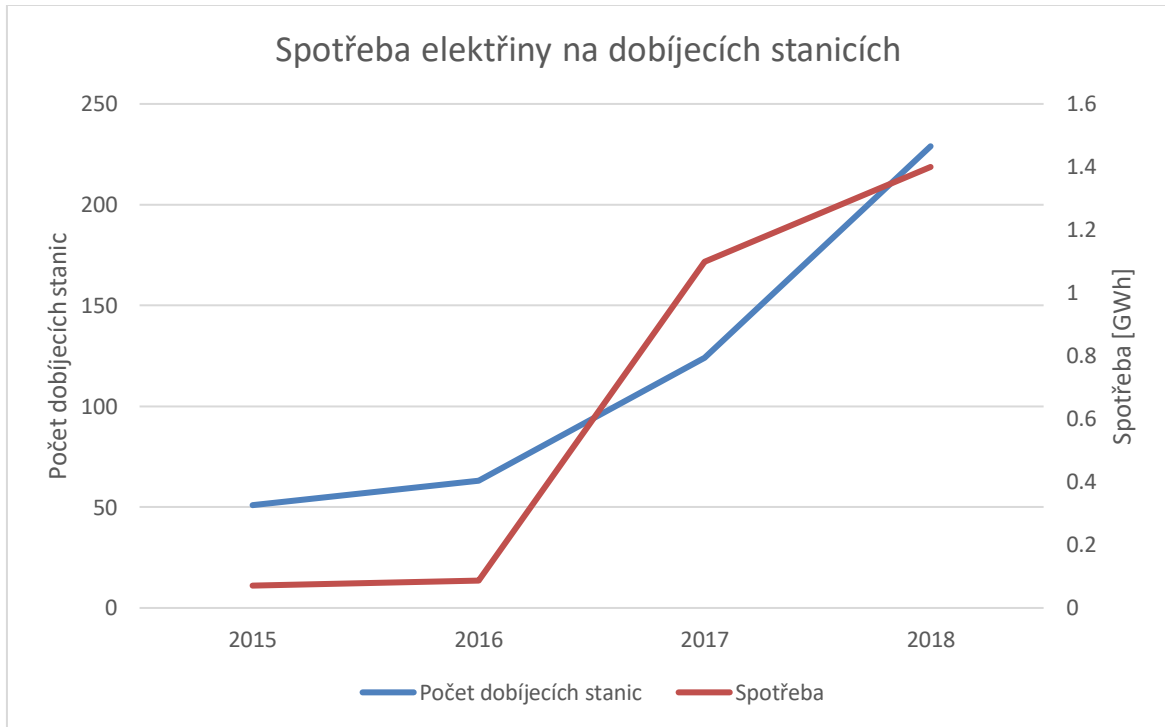
V květnu proběhl 6. ročník konference čisté mobility v Loučni, kde vystupovaly všechny zapojené orgány, jako je Ministerstvo dopravy, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Ministerstvo životního prostředí, ČEZ, ÚJV Řež, Asociace pro elektromobilitu a další.

2.1.2. Ministerstvo průmyslu a obchodu

Náměstek ministra Ing. Eduard Muřický prezentoval opatření MPO z NAP ČM. Mezi splněná zařadil mimo jiné program obměny vozového parku státní správy a samosprávy za vozidla s alternativním pohonem, podporu pořízení vozidel na alternativní paliva a související infrastrukturu, nebo zvýhodněné parkování na jinak vyhrazených místech pro vozidla na alternativní paliva, do nerealizovaných ale spadá opatření v budování neveřejné nabíjecí

infrastruktury pro MHD, nebo že pro proces schvalování výstavby infrastruktury dobíjecích stanic neexistuje jednotná metodika. (3)

Na následujícím grafu (obrázek 2) také ukázal statistiku o spotřebě elektřiny na dobíjecích stanicích za poslední 4 roky.



Obrázek 2 - Spotřeba elektřiny na stanicích (3)

V dalším vystoupení prezentoval spolupráci s automobilovým průmyslem. Nová vládní opatření by měla zajistit urychlení přípravy a realizace sítě dobíjecích stanic, snížit odvody z pořizovací ceny elektromobilu u služebního vozidla, nebo vyjasnit daňové souvislosti pro poskytnutí wallboxu zaměstnancům pro účely nabíjení v místě bydliště. (3)

Stav plnění některých opatření v elektromobilitě lze vidět v následující tabulce 1.

Tabulka 1 - Plnění opatření v oblasti elektromobility (3)

Elektromobilita	Stav plnění
Analýza možnosti podpory nákupu a provozu elektromobilů	25 %
Zrychlené odpisy na elektromobily	0 %
Označení elektromobilu pro zvýhodnění v městském provozu	100 %
Podpora nákupu vozidel na alternativní pohon pro města	100 %
Analýza a návrh řešení podpory rozvoje domácí dobíjecí infrastruktury	25 %

Provozní podpora veřejné dobíjecí infrastruktury jako doplněk investiční podpory	25 %
Přizpůsobení elektrotechnické kvalifikace pro výrobu a servis elektrických vozidel	75 %
Uspadnění realizace výstavby páteřní sítě dobíjecích stanic na pozemcích ve vlastnictví státu	100 %

Tomáš Chmelík, vedoucí PS Elektromobilita, přednesl výsledky projekce zpracované Euroenergy o vývoji počtu vozidel v tabulce 2. Existují dva alternativní pohledy, jeden je přes cíl obnovitelných zdrojů energie, kde se počet vozidel odhaduje od spotřeby OZE v dopravě, a druhý je podle omezení CO₂ pro automobilky – kolik vozidel by bylo v ulicích, kdyby se naplnil cíl na území ČR při zachování struktury importu a exportu. Dnes se počet elektromobilů blíží třem tisícům, výsledkem projekce je tak interval 250 000–500 000 vozidel k roku 2030. Nižší hodnota odpovídá cílům OZE, vyšší hodnota cílům CO₂. (4) (5)

Tabulka 2 - Projekce počtu vozidel (4)

Kategorie vozidel	Počet vozidel	Podíl na celku	Spotřeba v GWh
Osobní vozy (kat. M1)	200 000	3,59 %	296,52
Autobusy (kat. M2, M3)	500	2,72 %	51,80
Užitkové vozy (kat. N1, N2, N3)	16 000	2,17 %	217,55

Projekce EuroEnergy odhadovala i počty dobíjecích stanic (tabulka 3). Do výsledků se promítla výrazně větší nejistota kvůli vývoji technologie (kombinace 3,5–350 kW), kapacity akumulátorů, nebo chování masového zákazníka. Řešilo se to odhadem roční dodávky elektřiny na úrovni 1000–1500 GWh (scénář 250 000 vozidel) a 2000–3000 GWh (scénář 500000 vozidel) k roku 2030. (4)

Tento výkon by se rozložil mezi dobíjecí stanice různých výkonů:

- Rezidenční dobíjení (6–10 hodin)
- Body zájmů (2–3 hodiny)
- Tranzit (30–60 minut)

Tabulka 3 - Projekce počtu dobíjecích stanic (4)

Scénář\Rok	2020	2025	2030
Nízký	140	500	6 500
Střední	340	3 500	18 000
Vysoký	900	12 500	66 000

Nakonec uvedl cíle ve třech hlavních oblastech. Je třeba podporovat výstavbu infrastruktury i po roce 2020 z OPD, aby výstavba do roku 2030 do určité míry předbíhala trh, zjednodušit stavební předpisy s cílem zrychlení výstavby a vyčlenění míst pro parkování. Ministerstvo dopravy tak chce z OPD podpořit na 500 nových rychlodobíjecích stanic v nadcházejících 4 letech. Nákup a provoz vozidel se dá podpořit například daňovými a účetními aspekty ve firemních flotilách a v poslední řadě pro regulační prostředí je třeba aktualizovat definice a (5) zlepšit situaci v oblasti sběru dat. (4) (5)

2.1.3. Ministerstvo dopravy

Pověřenec ministra dopravy pro čistou mobilitu Mgr. Jan Bezděkovský prezentoval přijatá opatření v oblasti Národního akčního plánu pro čistou mobilitu, mezi které patří podpora výstavby veřejných dobíjecích stanic, posouzení potenciálu pro využití vodíkového pohonu v ČR, vytvoření legislativního rámce na podporu čisté mobility a zajištění informovanosti účastníků silničního provozu o umístění, typu a vybavení dobíjecích stanic prostřednictvím ITS. (6)

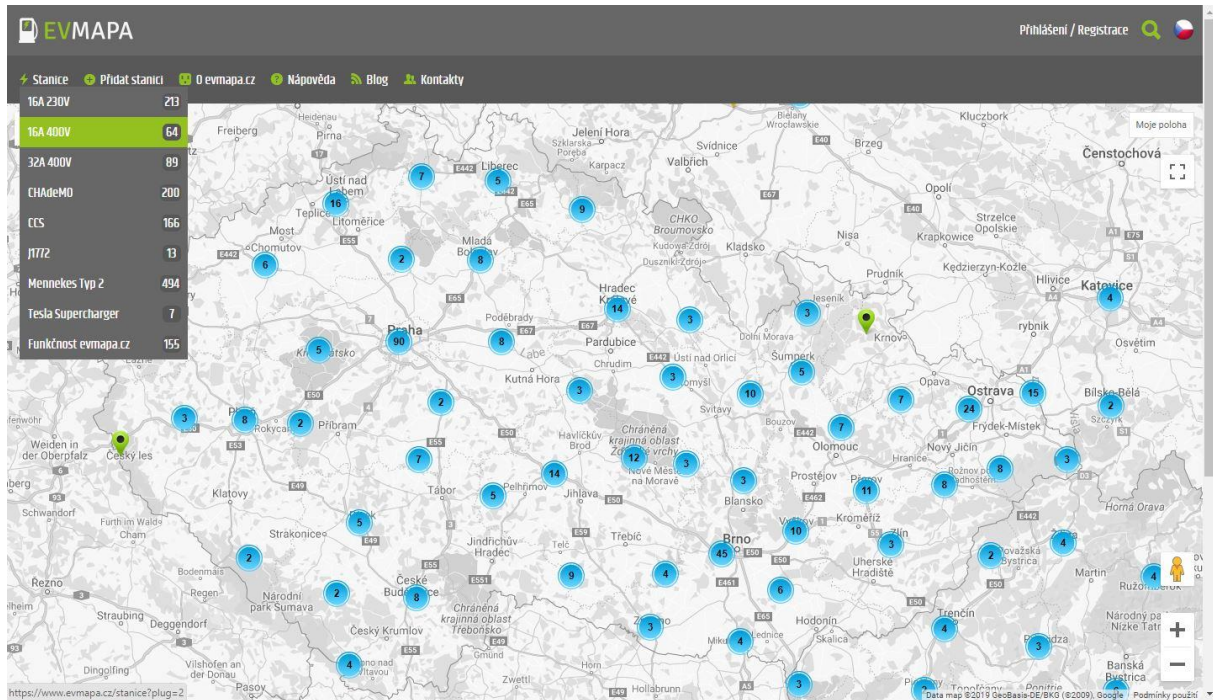
Dosavadní výsledky dotačního programu OPD představil v následující tabulce 4.

Tabulka 4 - Výsledky dotačního programu OPD po uzavření žádostí v rámci 1. a 2. výzvy (6)

Výzva	Alokovaná částka (v mil. Kč)	Počet žádostí	Počet podpořených stanic	Celková požadovaná částka podpory (v mil. Kč)
Páteřní síť rychlodobíjecích stanic – 1. výzva	130	1	125	78,1
Doplňková síť běžných dobíjecích stanic	100	4	132	25,9
Páteřní síť rychlodobíjecích stanic – 2. výzva	130	2	125	77,5
Doplňková síť rychlodobíjecích stanic – 2. výzva	174	5	912	128,1

Mezi úspěšné projekty se zařadily 3 od společnosti E.ON CZ/MOL a 2 od ČEZ. Výsledek těchto projektů se dá shrnout na 111 rychlodobíjecích bodů na TEN-T koridorech, 38 rychlodobíjecích bodů na hlavní síti TEN-T mimo koridory a 10 ultrarychlých dobíjecích bodů. Odkazuje také na

web EVMAPA, který poskytuje uživatelům interaktivní mapu nabíjecích stanic s možností sdílení informací samotnými uživateli, provozovatelům nabíjecích stanic poskytuje možnost přímé platby bez nutnosti registrace nebo zapojit se do pohodlného systému kreditového dobíjení. Ilustrační screenshot je na obrázku 3. (7)



Obrázek 3 - Interaktivní mapa nabíjecích stanic EVMAPA (7)

V České republice je dnes okolo 400 dobíjecích stanic. ČEZ vlastní 100 rychlodobíjecích stanic a dalších 60 pak umožňuje normální, pomalejší nabíjení. (5)

Pro informování účastníků silničního provozu prostřednictvím systémů ITS se zapojilo Ministerstvo dopravy do projektu PSA CEF – Elektromobilita, který bude sbírat a zveřejňovat statická a dynamická data ve vztahu k dobíjecím stanicím a vést příslušné registry aktérů elektromobility. Ředitelství silnic a dálnic také zadalo analýzu proveditelnosti právě této funkce informovanosti, která by měla zahrnovat definici klíčových hráčů a cílů, analýzu současného stavu v ČR a EU, návrh udržitelné architektury systému, funkčního modulu NDIC a vymezení rolí a odpovědnosti jednotlivých orgánů. (6)

2.1.4. Asociace pro elektromobilitu České republiky

Asociace pro elektromobilitu se v prezentaci zabírala způsobem nabíjení elektromobilů. Většina nabíjení podle ní bude z běžné zásuvky, protože doma se dá uspořit čas za tankování a dojezd na čerpací stanici a před odjezdem vyrovnat klimatizaci, nebo topení. Domácí AC nabíjení je prý také nejlevnější způsob, v porovnání se současnými cenami rychlodobíjení DC je jako benzin za 100 Kč/l. Pomalé 50kW DC nabíjení není ekonomické a není ani vhodné na

cesty, protože trvá několik hodin. Nominálních 50kW je u většiny výrobců spíše 33–43kW, bez možnosti rozumného dobíjení více aut najednou. Zmiňuje pak nutnost ultrarychlého DC nabíjení (až 350 kW), kde se auta dobijí na dojezd 120 km za 5 minut, jedna stanice pokryje několik aut současně, a tak bude efektivní ve špičkách a bude napojena na VN/VVN síť a lokální OZE. (8)

2.1.5. Praha

Praha začala plnit plán testováním hybridních a elektrických autobusů. Nasazení elektrobusu SOR EBN 11 posloužilo jako zdroj dat a zkušeností pro projekty v ostatních evropských městech a díky pozitivním výsledkům z provozu ukončeného 31. srpna 2016 se rozhodlo o prodloužení zkušebního provozu do konce srpna roku 2017. Cílem druhého roku provozu bylo sledování životnosti baterií a hodnocení dalších technických úprav, kde byl systém topení a klimatizace doplněn o tepelné čerpadlo. Průběžné výsledky vyhodnocuje Dopravní podnik hlavního města Prahy a ty jsou porovnávány na odborných konferencích dopravních podniků ČR a EU. U hybridů SOR a elektrobusů Siemens se vyskytlo několik problémů, a výsledky tak nebyly přesvědčivé, proto se nasazuje elektrobus SOR NS 12. (9) (10)

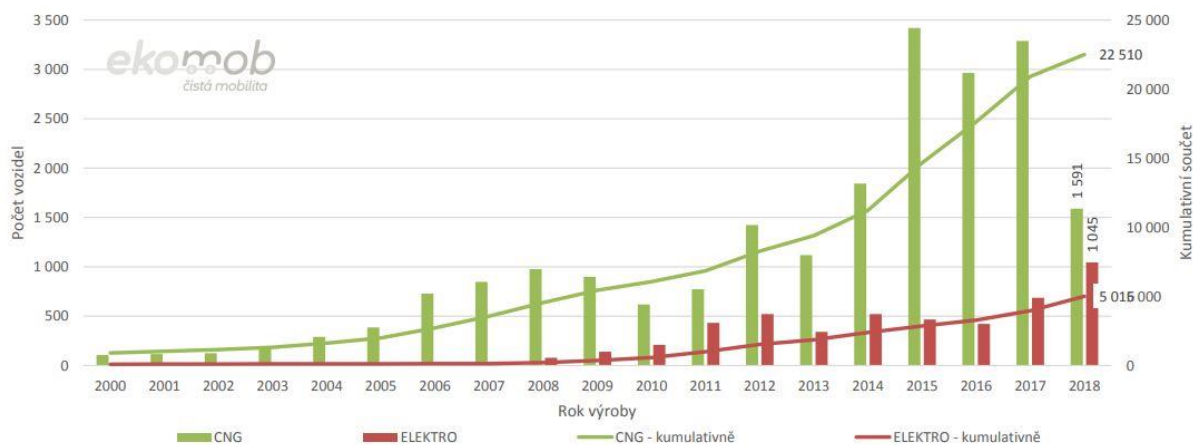
Praha chce také zprostředkovat službu e-carsharingu, která by měla fungovat od roku 2020. Mělo by se objevit 150 nových dobíjecích stanic a do provozu by mělo být dodáno až 600 sdílených automobilů na elektrický pohon. Ke stanicím budou poskytnuty parkovací místa městem, vozidlům pravidelný servis a údržba, technická kontrola a zajištění povinného pojištění. Nakonec se musí zprovoznit mobilní aplikace a podmínky užívání služby, včetně nastavení tarifu. (11)

Mezi budoucí pražské projekty zařadili:

- Garanci dostupného pomalého dobíjení
- Překryvnou síť rychlodobíjecích hubů
- Sdílenou mobilitu a mikromobilitu
- Elektrické autobusy a lodě

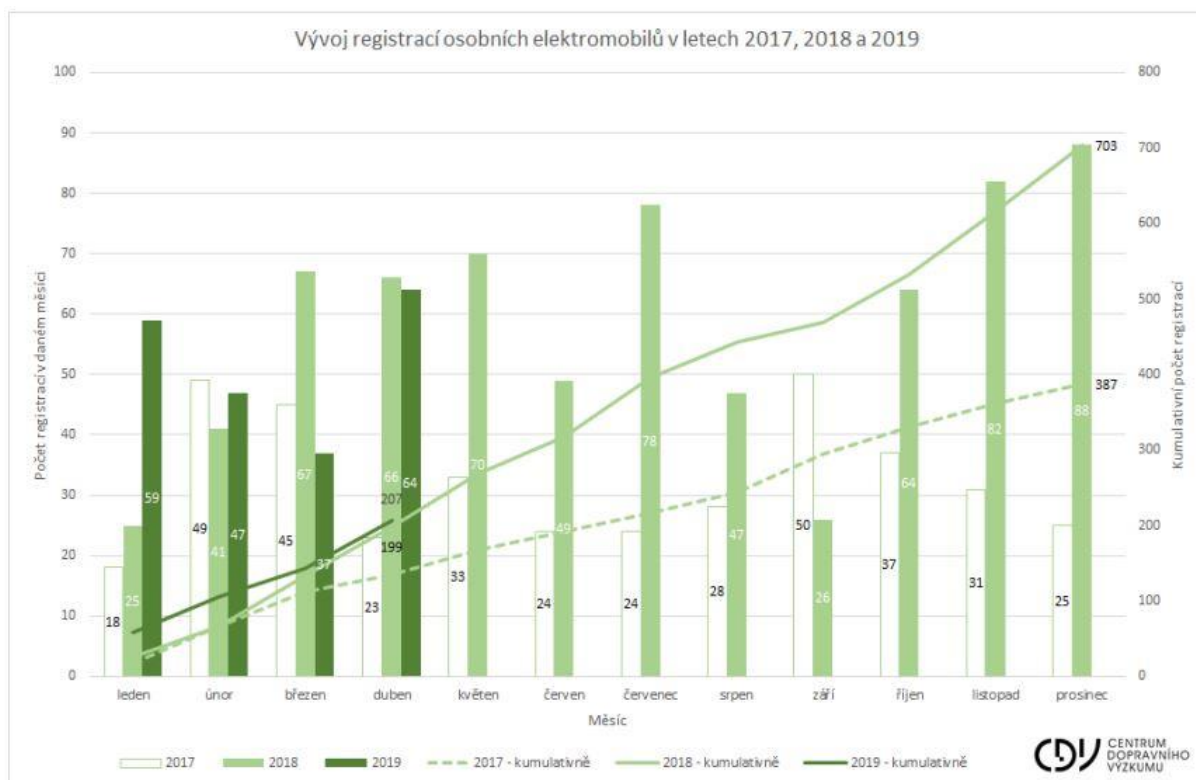
2.1.6. Centrum dopravního výzkumu

V oblasti elektromobility zpracovává CDV několik projektů, mezi něž patří Analýza složení vozidlového parku České republiky v návaznosti na NAP ČM, nebo Analýza podpory nákupu elektromobilů. První odprezentoval Ing. Lukáš Kadula na grafech vývoje za posledních pár let, složení vozidlového parku z vozidel na CNG a na elektrický pohon od roku 2000 (obrázek 4) a aktuální vývoj registrací od roku 2017 (obrázek 5). (12)



Obrázek 4 - Analýza složení vozidlové parku ČR

Graf na obrázku 5 reflektuje data od Svazu dovozců automobilů a představuje prozatímní meziroční nárůst elektromobilů o 4 %.



Obrázek 5 - Aktuální vývoj registrací osobních elektromobilů

Podle dostupné tabulky o všech nových osobních automobilech (tabulka 5) se ale jedná o 10% propad, s vozidly na naftu o 23 %, CNG 62 %, a to i přestože počet hybridů se téměř zdvojnásobil. LPG v tabulce nezahrnuji z důvodu malého dopadu na celkový počet. (12)

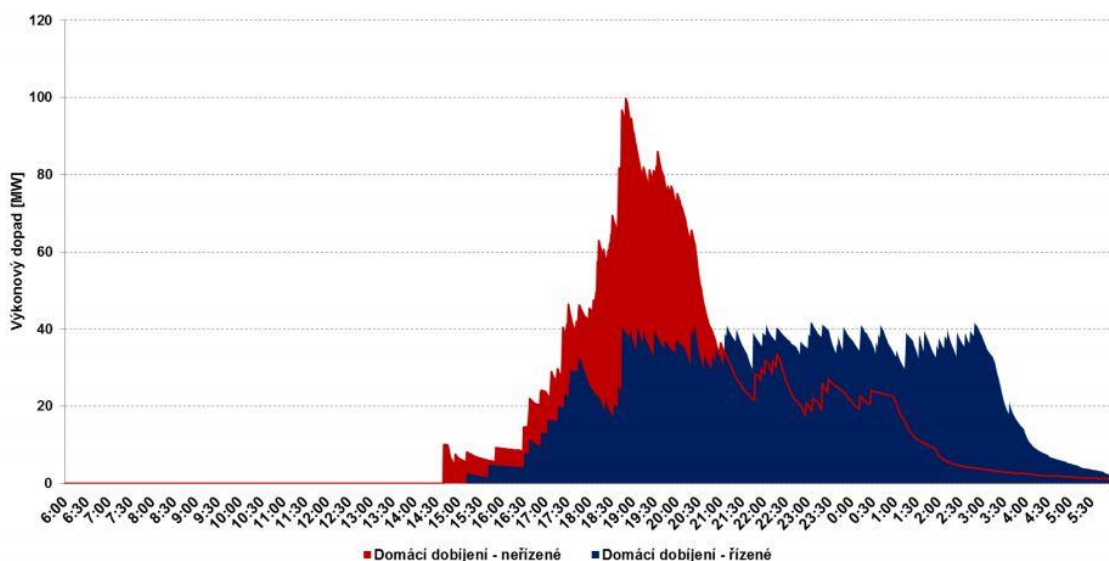
Tabulka 5 - Aktuální registrace nových osobních automobilů dle paliva (zdroj: SDA, (12))

Registrace nových osobních automobilů dle paliva	Benzin	Nafta	CNG	Elektro	Hybrid	Celkem
2018	59 924	29 601	877	199	1 134	92 132
2019	57 893	22 797	328	207	2 172	82 537
Meziročně	-2 031	-6 804	-549	8	1 038	-9 595
	-3,4 %	-23,0 %	-62,6 %	4,0 %	91,5 %	-10,4 %

3. Integrace elektrických vozidel do elektrické sítě

Elektrická vozidla drasticky mění styl podnikání v energetice a zatížení stávající infrastruktury. Společnosti, které byly aktivní a vyvíjely integrovaná řešení pro své zákazníky, jsou v nejlepším postavení k využívání příležitostí, které elektrifikace dopravy přináší, a minimalizují tak potenciální rizika. Smart grid je klíčovou součástí smart charging a umožňuje dohled a kontrolu pro ochranu součástí distribuční sítě, jako jsou transformátory, před přetížením elektromobily a zajištění efektivní výroby elektrické energie. Se smart gridem mohou společnosti řídit, kdy a jak nabíjení probíhá při dodržování přání zákazníků, sbírat data z elektromobilů, správně tvořit ceny za nabíjení a poskytovat informace zákazníkům. (13)

Společnost EuroEnergy zpracovala studii pro ČEZ, ČEPS, E.ON ... a v souvislosti s možností ovlivnit špičkové výkonové dopady nabíjení na elektrickou soustavu ČR uvádí některé možnosti, jak motivovat řidiče k nabíjení svých vozidel mimo špičky v průběhu dne. Jak se lze dočíst v nadcházejících kapitolách, zmiňují zde cenovou motivaci k přesunutí dobíjení mimo špičkové hodiny a využití chytrého řízení pro hromadné nabíjení elektromobilů, které zahrnuje komunikaci mezi dobíjeným autem, stanicí a příslušnou elektrickou sítí k optimalizaci průběhu dobíjecího cyklu. Na následujícím obrázku (6) ilustruje dopad zavedení chytrého nabíjení. (14)



Obrázek 6 - Dopad zavedení chytrého nabíjení (14)

Červený průběh představuje denní průběh tzv. neřízeného nabíjení založeného na představě, že se lidé připojí večer a ukazuje tak domácí dobíjení. Možný průběh chytrého nabíjení je pak vykreslený modře a lze z něj vyvodit, že nebude mít tak kritický dopad na stabilitu sítě.

3.1. Využití zaparkovaných elektromobilů pro stabilitu sítě

Dnešní průměrné auto stále jezdí na fosilních palivech, rostoucí tlak na opatření v oblasti klimatu, klesající náklady na baterie a obavy ze znečištění ovzduší ve městech však oživily kdysi cenově zvýhodněné a zanedbávané elektrické vozidlo. S mnoha novými elektromobily, které již překonávají své protějšky se spalovacím motorem, se energetici zaměřují na přenesení inovací do garáže – v 95 % času je totiž auto zaparkované. Je tedy na místě pečlivé plánování a správná infrastruktura. Zaparkovaná a zapojená elektroauta by mohla sloužit jako bateriová úložiště budoucnosti, stabilizující elektrické sítě poháněné větrnou a solární energií. Jak říká Dolf Gielen, ředitel Innovation and Technology Centre agentury IRENA, elektromobily mají potenciál vytvořit obrovské kapacity pro ukládání energie, ale když si všichni své vozidlo začnou nabíjet záraz ráno nebo večer, elektrické sítě se mohou přetížit. Nabíjecí doba je tedy rozhodující. Smart charging, které zároveň dobíjí a podporuje síť, otevírá prostor, ve kterém obnovitelné zdroje dělají dopravu čistší a EV mnohem lépe využívají jejich nestabilní energii. (15)

3.2. Energy Outlook

Elektromobilita rapidně roste v osobní i veřejné dopravě. BP Energy ve svém Energy Outlook předpokládá, že počet EV dosáhne 350 milionů v roce 2040, ze kterých bude 300 milionů osobních aut, což je ekvivalentem okolo 15 % všech aut a 12 % těžkých vozidel. Nárůst prosperity vede k odklonu od zaplněných autobusů a veřejné dopravy k osobním autům a může tak přidat budoucí dopravní zácpy. Elektrická vozidla jsou výhodná pro integrování obnovitelných zdrojů do sítě díky jejich schopnosti ukládání energie podle produkce. Představují zátěže, které odebírají značné kvantum energie ze sítě, ale nabíjení může být kdykoli ukončeno pro dosažení systémových požadavků v časech, kdy není dobítí prioritou. Nízké náklady na přepínání EV dobíjení jsou výhodné pro reagování na neplánované změny ve výrobě energie z obnovitelných zdrojů a pomáhají tak se stabilizováním sítě v reálném čase. Kromě výhod na straně poptávky lze EV baterii použít jako akumulační jednotku, čímž efektivně poskytuje „vyrovnávací paměť“ proti nejistotám v dodávce elektřiny z OZE. Pokud jsou EV vylepšeny funkcemi V2X, což je schopnost dodávat energii zpět do sítě, do domácnosti, nebo do jakéhokoli jiného zařízení, je možné navýšit výhody integrace obnovitelných zdrojů. (16)

Všechny tyto přínosy však závisí na rozšíření elektromobilů. Vzhledem k významným investicím do infrastruktury a ke společenským změnám, které jsou nutné k tomu, aby se přínosy projevíly v měřítku užitečném pro elektroenergetické systémy, by byl zapotřebí mnohem vyšší nárůst počtu elektrických vozidel, než je v současnosti pozorováno. (17)

3.3. Innovation Outlook

Společnost IRENA (International Renewable Energy Agency) vydala letos v květnu dokument obsahující analýzy vývoje OZE technologií, který zvyšuje efektivitu a kompetenčnost ve světovém energetickém systému. Dotýká se problému propojování obnovitelných zdrojů jako fotovoltaické elektrárny a větrné elektrárny s elektrickými vozidly. Řeší možnost masivního nasazení smart charging do půlky 21. století. Každá kapitola tak identifikuje technologii, průmysl a politické výzvy a stanoví další průzkumy pro řešení založených na obnovitelné energii. (18)

4. Smart charging

Smart charging pracuje s pomalým, rychlým i ultrarychlým nabíjením. Řešení, jako je výměna baterií, nabíjecí stanice s „vyrovnávací pamětí“ a noční nabíjení pro EV flotily, mohou pomoci zabránit špičkové zátěži z rychlého a ultrarychlého dobíjení. Pomalé nabíjení (typicky do 22 kW) se používá povětšinou pro domácnosti. Baterie elektromobilu zapojená do sítě po dlouhou dobu zvyšuje potenciál poskytování flexibilních služeb do sítě. Rychlé dobíjení (typicky od 50 kW) spíše využívá stejnosměrný proud, často podél dálnic a uvnitř měst. Ultrarychlé nabíječky pak pracují nad 150 kW. Pomalé nabíjení je tak mnohem lepší volbou pro chytré řízení. Rychlé a ultrarychlé nabíjení nenechává baterie v systému dostatečně dlouho na to, aby se s nimi dalo pracovat. Naopak vliv těchto dobíječek na síť bude muset být kompenzován instalací nových stanic v oblastech s nižší agregátní spotřebou. (18)

4.1. Služby chytré nabíjených elektromobilů

Smart charging využívající technologie VGI je způsob zvládnání zátěže při nabíjení. Realizuje se buď zákazníky řídicími se podle cen, dobíjecími stanicemi automaticky zpracovávajícími aktuální stavy sítě a trhu, nebo kombinací obou zohledňující zákaznickou potřebu využívat vozidlo. Spočívá v posouvání některých dobíjecích cyklů v čase nebo modulaci přísunu energie podle fyzických omezení (např. kapacita sítě, požadavky uživatele, reálná lokální výroba energie). Smart charging tak optimalizuje nabíjecí proces odpovídající omezením distribuční sítě a lokální dostupnosti energie a stejně tak preferencím řidičů a EVSE stanicím. (18)

Pokud se nabíjí chytré, elektromobily se nejenže vyhýbají přebytečnému zatěžování distribuční sítě, ale také poskytují služby pro dodání flexibility na lokální i systémové úrovni. Chytré nabíjená (a vybíjená) elektrická vozidla mohou pomoci lépe využívat OZE s jejich negativními vlastnostmi a částečně nahradit investice do posilování kapacit sítě proti přetížení. (18)

Elektrická vozidla tak mohou sloužit jako bateriová úložiště napojená na síť s potenciálem poskytovat širokou nabídku služeb do systému. Mohou měnit své nabíjecí cykly pro zplošťování špičkové poptávky, zaplňovat nedostatek nabídky a podporovat tak balancování sítě v reálném čase. Konkrétněji, přizpůsobení nabíjecích cyklů EV, které dnes po většinu parkovacího času nejsou aktivní (90–95 % času pro většinu aut, podle agentury IRENA), by mohlo přispět k následujícím procesům. (18)

4.1.1. Peak shaving

Zploštění špičkového zatížení a vyplnění „údolí“ v poptávce motivováním k nabíjení v pozdním ránu/odpoledne v systémech s vysokou penetrací solární energie a nočnímu nabíjení pro

přizpůsobování větrné produkci, protože auta bývají zaparkovaná déle, než potřebují k plnému nabití. Nabíjení v podvečer, které by jinak zvýšilo špičky, by se takto dalo redukovat.

4.1.2. Doplnkové služby

Jedná se o podporu vyvažování zátěže v reálném čase nastavováním nabíjecích úrovní k udržení stabilního napětí a frekvence. Zatímco technologie byla vyvíjena na systémové úrovni operátory přenosové sítě, operátoři na distribučních sítích ještě povětšinou nejsou vybaveni flexibilními technologiemi pro distribuci elektrické energie, přestože existuje nespočet demonstrativních projektů a intenzivní regulační diskuse ve státech Evropské Unie a USA.

4.1.3. Behind-the-meter optimalizace a back-up power

Zahrnují zvyšování odběru lokální produkce z obnovitelných zdrojů energie stejně jako snižování závislosti na elektrické síti a menší náklady kupováním levnější energie ze sítě mimo špičky (NT), kterou domácnosti využívají, když je cena vyšší (VT).

4.2. Bateriová úložiště jako služby v síti

Kapacita EV baterií a technické charakteristiky určují rozsah, jak moc auta mohou napomáhat integraci obnovitelných zdrojů. Dnes se většina elektromobilů spoléhá na určitý typ Li-ion baterií. Nižší ceny spolu s lepším výkonem baterie a jednoduchým zapojením do síťových aplikací dělají z této technologie vhodnou volbu. V tomto kontextu je schopnost baterií poskytovat specifické síťové služby klíčová, necháme-li stranou jejich vliv na výkon auta. Schopnosti pro poskytování těchto služeb a korespondující technologie budou záviset na konkrétní aplikaci. (18)

4.2.1. Technický slovník pro klasifikování bateriových technologií

4.2.1.1. End of life (EoL)

Okamžik, kdy baterie udrží pouze zlomek (typicky 70 %) své původní kapacity. Vyjadřuje se v procentech z původní kapacity.

4.2.1.2. Hloubka vybití (DoD)

Procento (v poměru s plnou kapacitou), do kterého se baterie může vybitet.

4.2.1.3. Stav nabití (SoC)

Kapacita baterie vyjádřena v procentech z plné kapacity, ve které se baterie nachází při využívání.






4.2.1.4. Cycling rate (C-rate)

Rychlost nabití, nebo vybití. 1C odpovídá nabití nebo vybití za 1 hodinu, 2C za 2 hodiny a 0,5C za 30 minut.

Například pro vyrovnávání obnovitelných zdrojů energie je potřeba vysoká tolerance hloubky vybití, tj. úroveň, na kterou se může baterie vybit. Pro doplňkové služby je také potřeba nízká hloubka vybití. Protože baterie musí být schopny energii vydávat (když je frekvence nízká) a spotřebovávat (když je frekvence vysoká), ideální stav nabití je zhruba 50 %, což znamená, že vybrané baterie by měly být schopny pracovat při nižších stavech nabití. (18)

Dnes jsou Li-ion baterie převládající technologií pro EV baterie. Srovnání s jinými typy používanými v dopravě je uvedeno v tabulce 6.

Tabulka 6 - Srovnání baterií pro dopravu s ostatními (18)

Aplikace		Obnovitelné úložiště	Doplňkové služby		Záloha		
Bateriové charakteristiky		Vysoká DoD	50% SoC	Nízká DoD	Nízký C-rate	Dlouhá výdrž na vysokých SoC	70% DoD
Li-ion	NCA 	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	NMC 	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	LFP 	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	LTO	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Lead Acid		✗	✓	✓	✓	✓	✓
Redox Flow		✓	✓	✓	✓	✗	✓
LMP 		✗	✗	✗	✓	✗	✓
ZEBRA 		✗	✗	✗	✓	✗	✗

Li-iontové baterie jsou v současnosti nejvhodnější technologií pro síťové aplikace, ale evoluce v alternativních technologiích vyvíjených automobilovými výrobci by mohly podstatně ovlivnit schopnosti EV baterií poskytovat služby v síti. Smart grid algoritmy vyvinuté v tomto projektu umožňují řidičům sledovat, kolik energie může být z baterie spotřebováno bez toho, aniž by ji negativně ovlivnili, nebo naopak jak navýšit životnost. (19)

Nástup elektromobilů má v tomhle ohledu jednu špatnou stránku, a to nedostatečnou recyklaci baterií. Li-iontové baterie jsou známé svou nízkou životností a recyklovat je prozatím obtížné a zhruba pětikrát nákladnější než těžba nových surovin. Za několik let by se po světě nacházely miliony nepoužitelných akumulátorů. Nové metody vedou k zařazení lithiových baterií mezi nebezpečné odpady, nebo dokonce prodloužení jejich životnosti. (20)

4.3. Typy smart charging

Smart charging zahrnuje různé naceňování a způsoby nabíjení. Základní technické možnosti jsou shrnuty na obrázku 7 a plnohodnotné informace jsou sepsány v tabulce 7 spolu s možnými využitími a stupni realizace.

Nejprostší forma stimulu – time-of-use pricing – vybízí spotřebitele k odklonu od nabíjení ve špičkách. Je relativně jednoduchá na implementaci z pohledu technických požadavků (smart meter integrovaný v EV nebo EVSE) a prokazatelně efektivní v odkládání nabíjení mimo špičkové hodiny. Nicméně základní struktury pro tvorbu cen energií závislé na čase mohou vytvářet špičky jinde podle agregátní rezidenční poptávky. (21)

Mechanismy s přímým řízením, které by se daly uskutečnit díky elektromobilům a dobíjecím stanicím, budou nezbytné pro dlouhodobé řešení vysokých penetračních úrovní a pro stabilizaci v reálném čase. Tyto mechanismy mohou začínat jako základní zapínání/vypínání nabíjení neboli nepřímá kontrola vozidel a EVSE (nazývána V1G), které umožňují zvyšovat a snižovat příkon, a pokračovat k obtížnějším oboustranným vehicle-to-everything. (18)

Pro V2X jsou relevantní zejména tyto dvě specifické konfigurace.

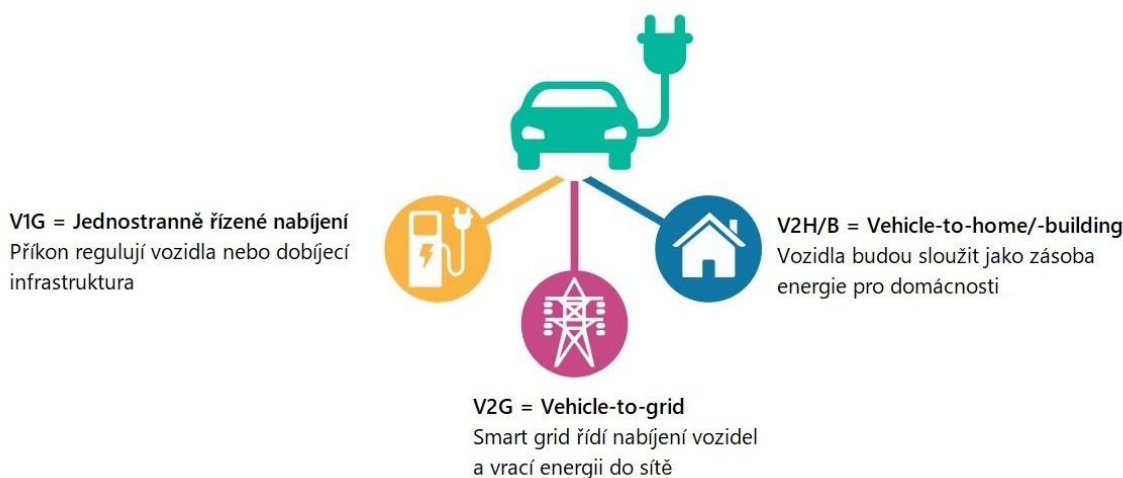
4.3.1. Vehicle-to-home (V2H)

Vehicle-to-home nebo také vehicle-to-building (V2B) typicky neovlivňují výkonnost sítě přímo. Elektrické vozidlo je využíváno jako rezidenční záloha pro dodávku elektřiny v době výpadku a pro zvyšování nezávislosti na síti.

4.3.2. Vehicle-to-grid (V2G)

V2G odkazuje na poskytování služeb do sítě ve vybíjecím modu. Operátoři elektrizační soustavy mají možnost zakoupit energii od zákazníků během špiček ve spotřebě, nebo použít kapacitu EV baterií k doplňkovým službám, jako je vyvažování a řízení frekvencí včetně prvního a druhého regulačního stupně.

Existuje i V2Tool, nebo V2Load, kde elektromobil napájí přilehlý spotřebič přímo.



Obrázek 7 - Typy smart charging (18)

Tahle řešení se mohou kombinovat – například time-of-use tarif může být nasazen spolu s V1G automatem k dosažení efektivnější odezvy. Některé nové dobíjecí stanice jsou vybaveny jak V1G, tak V2G. Narozdíl od vyspělejších V1G řešení V2X se ještě nedostalo na trh, s výjimkou Japonska, kde se komerční V2H využívají od roku 2012 jako záložní zdroj v případě výpadku sítě.

Ve Spojených státech amerických V2G řešení podporují síť v oblastech se slabou elektrickou infrastrukturou. V Evropě existuje několik pilotních projektů prováděno obecně lokálním energetickým managementem, například v Dánsku, Německu, Nizozemí (Amsterdam) a Španělsku (Malaga). Ze začátku roku 2019 se zapojilo do V2X iniciativ několik automobilek, jako Nissan, Mitsubishi, Toyota, nebo Renault.

Tabulka 7 – Projekty smart charging

Typ aplikace	Smart control nad příkonem	Možné využití	Pokrok
Neřízené, s time-of-use tarifem	Žádný	Peak shaving s odezvou na poptávku; dlouhodobý management kapacity sítě (přenosové i distribuční)	Vysoký (založeno pouze na změnách dobíjení)
Základní ovládání	Zapnout/Vypnout	Management síťových kongescí	Vysoký (částečné nasazení na trhu)
Jednosměrné ovládání (V1G)	Navyšování a snižování příkonu v reálném čase	Doplňkové služby, řízení frekvencí	Vysoký (částečné nasazení na trhu)

Obousměrné V2G	Okamžitá reakce na situaci sítě; vyžaduje úpravy hardwaru u většiny vozidel a EVSE	Doplňkové služby včetně řízení frekvencí a napětí, sledování zátěže a krátkodobá integrace obnovitelných zdrojů	Mírný (pokročilé testování)
Obousměrné V2H	Integrace mezi V2G a domácími systémy	Mikrosíťová optimalizace	Mírný (pokročilé testování)
Dynamická tvorba cen pro elektromobily	Vestavěné elektroměry v EVSE a téměř real-time komunikace mezi vozidlem, EVSE a sítí	Sledování zátěže a krátkodobá integrace obnovitelných zdrojů	Nízký

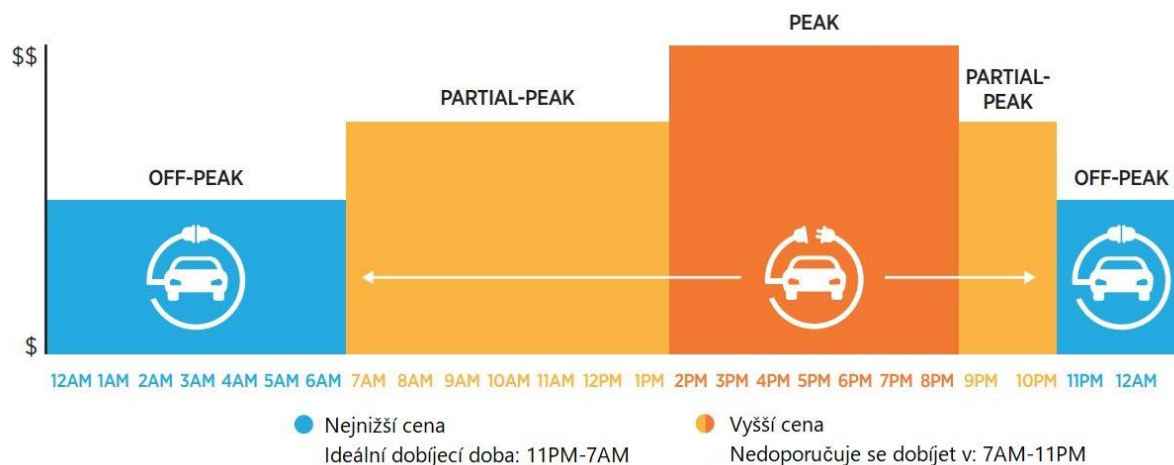
4.3.3. Současné projekty Smart charging

Následující odstavce jsou založeny na výsledcích relevantních pilotních projektů z celého světa. Většina se spoléhá na pomalé dobíjení. (18)

4.3.3.1. Time-of-use tarify

Nejvíce zkušeností plyne z time-of-use nabíjení. Ukazuje, že čím širší cenová nabídka je mezi odběrem ve špičkách a mimo ně, tím lépe funguje nový rate design. Nastavení doby špiček se řídí charakteristikami lokálního elektrického systému. Ve většině případů si řidičů mohou přednastavit nabíjení na off-peak hodiny přes aplikaci nebo v palubním systému vozidla. Zákazníci mají buď jeden elektroměr pro dům a jeden pro EV, nebo jeden tzv. dual-meter. Dual-metering, které umí odlišit EV spotřebu od ostatní spotřeby energie tím, že má jednu přípojku pro vozidlo a jeden pro zbytek domácnosti, se prokázal jako úspěšnější s ohledem na vliv na chování zákazníků při dobíjení.

Na obrázku 8 lze vidět příklad spotřeby od Pacific Gas & Electric v Kalifornii, která dosahuje špiček brzo po poledni kvůli klimatizaci, což se může v budoucnosti změnit díky vyšším penetracím fotovoltaických panelů. (22)



Obrázek 8 - Příklad time-of-use charging (22)

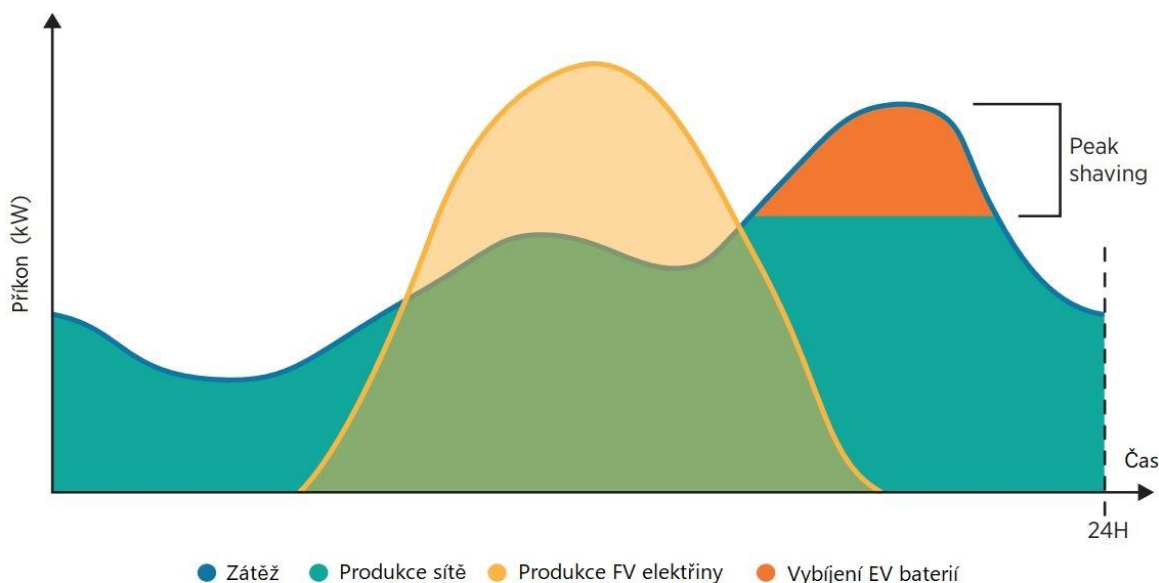
4.3.3.2. V1G a dynamické ceny

Se zvětšujícím se podílem obnovitelných zdrojů a elektrických vozidel musí trh pobízet odběratele ke změnám v chování při dobíjení. V1G se tak může kombinovat s dynamickým naceňováním (ceny reflektují ceny energií v reálném čase v hodinových i kratších intervalech) doplněného o automatizované řešení na straně odběratele.

4.3.3.3. Hodnocení V2G nabíjení

Stejně jako dynamické naceňování, V2X je omezeno povětšinou pro nasazení mimo trh. Jedinou výjimkou je Japonsko, kde Nissan přivedl na trh soupravu poskytující záložní zdroj pro japonské domácnosti. Při spotřebě 12 kWh by jejich 40kWh baterie mohly udržet domácnost v chodu tři dny.

V2G má ve většině aplikací větší komerční potenciál než V2H/B. Kromě využití jako záložní zdroje a jiné doplňkové služby může vykonávat peak-shaving (obrázek 9). Kdyby se elektrická vozidla nabíjela mimo špičky a pak by se selektivně vybíjela, aby se špičky „okrájely“, služby v elektrizační soustavě by mohly předejít potřebě investování do nových ochranných kapacit.



Obrázek 9 – Peak-shaving efekt (18)

V2G je relevantní zejména pro pomalá nabíjení v oblastech s vyšší koncentrací elektromobilů, jako jsou například parkoviště. Pro poskytování flexibilních služeb se musí flexibilita elektromobilů řešit hromadně. Aby se tato opatření dala nasadit ve velkém, muselo by v každé V2G transakci dojít k výměně 1–2 MW, to je ekvivalent zhruba 500 elektromobilů napojených na standardní 3,7 kW evropskou síť. Elektromobily ale nejsou vždy k dispozici, proto by jejich počet musel být mnohem vyšší. (18)

4.3.3.4. VGI s rychlým nabíjením

Fast charging neboli nabíjení s vysokým příkonem mají obecně nízký potenciál pro VGI, přestože to je technicky proveditelné. Když je potřeba rychlého nabíjení, neexistuje žádná opravdově flexibilní možnost (kvůli krátké době) a špičková zátěž na dálničních stanicích přirozeně nebude kolidovat s obvyklými špičkami. Vliv rychlého dobíjení na síť je potřeba redukovat instalací dobíjecích stanic v oblastech s nízkým vlivem na lokální zátěž a kongesci společně s dosažením vysoké využitelnosti pro výnosnost.

Nicméně v určitých aplikacích se fast charging přece jen vyskytne. Například řidič elektrobusu, který má možnost nabíjet na několika zastávkách se může rozhodnout nenabíjet, pokud je to pro něj výhodné a nebude to mít vliv na přepravu. Flexibilita fast charging pro těžká elektrická vozidla bude rozebírána ve čtyřletém projektu Evropské Unie ASSURED, který započal v roce 2017. Tento projekt bude řešit těžká a středně těžká vozidla s různými interoperabilními koncepty, které se vyvinou v business case s ohledem na komerční a sociální dopady a výhody.

Lokální optimalizace se může provést kombinací fast charging se stacionárními bateriemi a lokálně instalovanými obnovitelnými zdroji energie. Solární panely s bateriemi se mohou integrovat do dobíjecí infrastruktury, nebo přímo na čerpací stanice. Pomůže to omezit spotřebu ze sítě a dovolit tak vyšší dobíjecí kapacity s nižším vlivem na elektrickou síť. (18)

4.4. Dobíjecí infrastruktura

4.4.1. Současná dobíjecí infrastruktura

Způsob nabíjení je jeden z důležitých faktorů určujících flexibilitu elektromobilů. V distribuční síti proudí střídavý proud, kdežto EV baterie potřebují stejnosměrný, je tedy potřeba AC/DC měnič. Může být umístěn přímo ve stanici (off-board charger), nebo ve vozidle (on-board charger). Střídavý proud je také mnohem lépe přenositelný, tím pádem palubní střídače znamenají více lokací pro nabíjení. (18)

- Pro malý příkon (typicky do 22 kW) jsou nasazeny palubní měniče. Umožňují elektromobilům nabíjet z konvenčních konektorů nebo na nízkonákladových AC dobíjecích stanicích.
- Středně velký příkon (22 kW až 50 kW) se ze začátku tolik nepoužíval a když ano, řešilo se to střídavým proudem. Nicméně čím dál víc poskytovatelů energie navrhuje v tomto rozmezí nabíjet stejnosměrným proudem (off-board charging).
- Pro velké příkony (rychlé dobíječky, typicky od 50 kW výš) se nasazují off-board střídače. Protože jsou větší, těžší a dražší se zvyšujícím se příkonem, jsou postaveny na dobíjecích stanicích. Těžká vozidla a obzvláště městské autobusy na svých zastávkách a točnách většinou odebírají mezi 150 a 300 kW.

Rychlé a ultrarychlé dobíječky jsou prioritou pro dopravní sektor, pomalé nabíjení je ale pro smart charging vhodnější. Mimoto rychlé dobíječky mohou navyšovat zatěžování lokální sítě při špičkách. Proto se v souvislosti s rychlým nabíjením objevují řešení jako výměna baterie, dobíjecí stanice se záložními zdroji a noční nabíjení flotily elektromobilů. (18)

4.4.2. Dopad nabíjení na energetický systém

Jak už bylo řečeno v předchozích kapitolách, smart charging bude klíčovým faktorem v maximalizaci synergie mezi elektrickými vozidly a obnovitelnými zdroji. Různé způsoby nabíjení budou mít různé dopady na energetiku. Tradiční poptávka po nabíjení plyne z malých odběratelů s pomalým nabíjením, ne z veřejných rychlodobíječek. Operátoři nemají přehled ani kontrolu nad tím, kdy se zákazník připojí, a tyto odběry se také různí v instalovaných výkonech, napojených elektromobilech a délce dobíjení. (23)

Podle agentury IRENA se dopady pohybují ve dvou dimenzích. První je geografická, a to, jak velký rozsah bude mít. Vliv na izolované systémy s vysokým podílem obnovitelných zdrojů bude mnohem vyšší a bude těžší ho vyrovnávat než v propojených systémech. Bude důležité zvážit přidanou hodnotu V1G a V2G v takových extrémních případech. Druhá je, v jakém časovém rámci bude nabíjení probíhat. Bude potřeba zhodnotit jak krátkodobé, tak dlouhodobé dopady na operativní řízení a evoluci systému nabíjení. Dlouhodobě by V1G a V2G umožňovalo rozložit poptávku mimo špičky do doby, kdy pracují obnovitelné zdroje, a tak je využívat efektivněji, aby nezasahovaly do stability sítě, jako to dělají teď při neřízeném dobíjení a agregátní produkci energie. Elektromobily využívané jako akumulátory (V2G) otevírají dveře pro lepší integraci větrných a solárních elektráren a snižují průměrnou cenu energie. Teoreticky tak vyrovnají náklady energie vytvořené z nově instalovaných OZE. (18)

4.4.3. Dopad na dopravní provoz v různých městech a krajích

Různá skladba dopravy v obcích bude mít různé potřeby na dobíjecí infrastrukturu. Z velké části bude hrát roli hustota zalidnění a ekonomika dané oblasti. V rozvojových zemích s vysokou hustotou obyvatel, špatná kvalita vozovek a kongesce může bránit v nasazení sdílené mobility. S urbanizací v Africe a Asii se více lidí setká se sdílenými jednostopými vozidly (jak lze vidět na byznysu s motorkami v Asii), v rozvinutých a hustě zalidněných městech s dobrou dopravní infrastrukturou se ale sdílené dopravě bude dařit lépe. Naopak ve vysokopříjmových městech s nižším počtem obyvatel zůstane soukromé vlastnictví hlavní faktor v dopravě. (18) Tabulka 8 poukazuje na 3 hlavní typy obcí a vysvětluje jejich poptávku po dopravě do budoucna.

Tabulka 8 - Dobíjecí preference podle typu obce (18)

	Soukromá auta	Sdílená mobilita	Veřejná doprava	Jednostopá vozidla	Převažující způsob dobíjení
Nízkopříjmové oblasti s vysokou hustotou zalidnění			++	++	Veřejné dobíjecí stanice, huby pro autobusy
Vysokopříjmová předměstí	++	+	+		Domácí dobíjení
Vysokopříjmové oblasti s vysokou hustotou zalidnění	+	++			Dobíjecí huby, více fast charging

5. Business modely a regulatorní výhledy

Situace na evropském trhu s elektromobily se postupem času zlepšuje. Zatímco v roce 2014 se prodej zvedl o 55 %, rok 2015 měl téměř 100% navýšení oproti předchozímu, jak píše firma Ensto. Nejvíce se do výsledku promítlo Nizozemsko a Švédsko, kde zákazníci využívali vládní pobídky na plug-in hybridy. Norsko je se svým podílem 19 % elektromobilů stále ve vedení a spolu s Nizozemskem, Británií, Francií a Německem vykazuje nejvyšší růst prodeje. Vznikl tak obrovský potenciál pro poskytování služeb v oblasti dobíjení automobilů a je důležité vytvořit správný business case, který pracuje s riziky investic, nízkými náklady a který zajistí v této oblasti zisk. (24)

5.1. Regionální rychlodobíjecí sítě

Pro velké soukromé a veřejné podniky jako jsou obchodní řetězce, hotely a jiné služby se objevuje příležitost vyplnit mezery v propojení měst v rámci elektromobility. Zprostředkováním nabíjecích stanic pro veřejnost mohou získat konkurenční a marketingové výhody, už jen proto, že řidiči elektromobilů jsou atraktivní zákazníci z toho pohledu, že mají většinou vyšší než průměrné příjmy. Stanice s více dobíječkami mohou obnovit stagnující podnik a pomoci nastartovat nové. Na národní i celoevropské úrovni existují dotační programy pro čistou mobilitu, které navazují na širší ekologické strategie, jak je uvedeno v kapitole 2. (24) (6)

5.2. Lokální iniciativa malých a středních podniků

Turistické destinace typicky soutěží v ubytování, službách a různých aktivitách. Pro taková města, která jsou závislá na dálniční síti, se stává EV infrastruktura kritickou. Potřeby řidičů aut se mění s narůstajícím počtem elektromobilů v aktivním provozu a předpokládáme-li, že osobní auta budou v budoucnosti zastoupená řádově stejně jako dnes, turistickým destinacím s nejlepší dobíjecí infrastrukturou se bude dařit nejlépe. Pro vytvoření lokální infrastruktury bude potřeba koordinace mezi hospodářskými komorami a podobnými krajskými orgány, turistickými atrakcemi, kulturou, sporty a environmentálními spolky. Problémy můžou nastat při schvalování na úřadech. Tento model se dá využít firmami a organizacemi, které vydělávají na sezónních akcích. (24)

5.3. Komerční dobíjení

Nákupní centra, hotely, bistra, parkoviště a všechny možné typy podniku s odděleným parkováním teď může nabízet dobíjení elektromobilů bez vynaložení většího úsilí. Pro hotelové a fastfoodové řetězce to tak představuje strategický krok. Technologický vývoj EVSE se za poslední roky hodně posunul a stává se dostupnějším i pro malé podniky s nízkým rizikem propadu investice. Obchodníci s energiemi a operátoři dobíjecích stanic nabízejí jak řešení na

míru, tak white-label aplikace¹. Často se jedná o management systémy dobíječek, které zprostředkují autorizaci uživatele (např. přes RFID) a příslušné naceňování. Úspěch závisí na hardwaru a spolehlivém připojení. Mezi výhody patří zisk nových, movitějších zákazníků, delší čas strávený v prodejně, recenze, dále dosažení strategických cílů o udržitelnosti a zvyšování spokojenosti zákazníků. Dnes je také potenciální výhodou tvořit si image zelené společnosti. (24)

Dobíjení ale nemusí být jen pro zákazníky. Využití také pro zaměstnance, ale i vlastní flotilu podniku zvyšuje návratnost investice. To samozřejmě závisí na plánování využití. Protože do většiny nákladů spojených s dobíjením se odráží každodenní používání. Výběr levného hardwaru typicky vede k vyšším nákladům na servisování, z čehož navíc plyne dlouhá doba mimo provoz. (24)

5.4. E-flotily a podnikání

Ve velkých korporacích se čím dál více adoptují e-flotily. Tlak na dosažení udržitelných cílů a poptávka od zaměstnanců vede ředitele k příklonu k elektrickým autům. Nicméně k adopci EV flotil vede lákavý business case. Nižší náklady na doplňování paliva, předvídatelné ceny pohonných hmot a daňové úlevy jsou oblíbené. Provoz šedých vozových parků přináší příležitost pro vytváření výnosů a státní pobídky pro e-flotily jsou k dispozici po celé EU i v ČR, jak se lze dočíst v NAP ČM. (24)

5.5. Obce a města

Krajské a obecní úřady v celé Evropě jsou pod tlakem, aby prokázaly své zapojení do elektromobility a podpořily přechod na elektrická vozidla pro obyvatele a podniky. Veřejná poptávka po nabíjení roste. Vládní programy pro vozidla s nízkými emisemi také vedou k přechodu na EV. Města se zavázala redukovat znečišťování a zlepšovat kvalitu ovzduší a také existují různé místní i evropské pobídky pro veřejné flotily. Mnoho obcí má své elektrické vozové parky, nebo poskytuje zařízení pro taxíky, soukromé půjčovny a kurýry. Celkově lze říci, že přechod na elektrická vozidla a poskytování EV nabíjení má potenciál snížit náklady a být cenným zdrojem příjmu. (24)

5.6. Hodnocení typů smart charging

Stanice by měly aktivně promýšlet zakomponování EV zařízení do svých sítí. Možnosti zahrnují – kdo vlastní EVSE, kdo je zodpovědný za instalaci EVSE a kdo zajišťuje naceňování služeb EVSE. Navíc by si měly rozmyslet, jestli tvořit rozlišné ceny pro dobíjení a jak moc se chtějí podílet na managementu dobíjecích služeb. V prvních fázích vývoje EVSE trhu

¹ White-label produkty nabízejí většinou elektronické a IT firmy a jedná se o generické výrobky, které si nakonfigurují až zákazníci, tedy poskytovatelé jednotlivých služeb.

vyvstávaly otázky ohledně toho, jestli zákazníci chtějí, nebo by měli chtít vlastnit soukromé EVSE. Příklady z jiných odvětví by mohly některé zodpovědět. Například operátoři kabelové televize nainstalují a vlastní spotřebitelův set-top box. A stejně jako kotel, centrální klimatizace, nebo ohřívač vody EVSE k instalaci vyžadují elektrikáře, lidem by připadaly jako součást rezidenční infrastruktury (potenciálně s přidanou hodnotou) a po odchodu nájemníka z bytu zůstanou na místě. (13)

Obdobný příklad lze sledovat v hromadném nasazování chytrého měření spotřeby energie ve Velké Británii. Informuje o tom Dian Hrozek na webovém portálu oEnergetice.cz. Naplnění lhůty (dokončení do roku 2020) a výše původní ceny jsou nepravděpodobné. Problém také vyvstává v instalované technologii. Chytrý elektroměr první generace přestane být „chytrý“ po změně dodavatele. Zákazníci tak mají na výběr, buď dražší tarify s výhodami smart meterů, nebo investici nechat propadnout a mít konkurenční, levnější nabídku od jiného dodavatele energií. (25)

I kdyby soukromé vlastnictví EVSE bylo atraktivní, představuje rizika vzhledem k cenám a měřicí přesnosti. Při hodnocení vlastnění EVSE zákazníci by se měly zvážít tyto klíčové otázky:

- Pokud je v EVSE měřič čerpacích stanic a zákazník vlastní toto EVSE, bude o ceně rozhodovat provozovatel?
- Co by provozovatel dělal, kdyby zákazník na EVSE připojil jiné spotřebiče, například pračku, sušičku, klimatizaci, uplatňovaly by se nižší ceny pro EVSE nabíjení, nebo nižší?
- Kdyby zákazník vlastnil EVSE a měřič dal do garáže, měl by poskytovatel přístup k datům? Co když zablokuje komunikaci k měřiči a poskytovatel by tak neměl možnost ověřit jeho přesnost?
- Kdo platí za údržbu a ověřování, zdali je měřič v soukromém vlastnictví přesný?
- Pokud elektromobilita vzroste na úroveň běžného používání, spotřební daně se nejspíš přenesou ze spalovacích paliv na elektřinu pro nabíjení EV. Co se stane, když data od zákazníka nebudou odpovídat odběru elektřiny?

Vlastnictví čerpadel je jedna z možností, které by mohly vyžadovat práva pro inspekci a kontrolu přesnosti elektroměru. Společnosti, které se účastní ve smart grids a přiklonili se k vlastnění EVSE zařízení, mají dobrou pozici pro zavedení smart charging, včetně spolupráce na časovém plánování použití a jiných programech pro zlepšení jejich schopnosti komunikace v dobíjecí síti. Aby se tyto problémy správně podchytily a řešily, poskytovatelé musí zvážít všechna pro a proti zakomponování různých možností integrace elektromobilů. (13)

6. Reálná instalace

6.1. Teco a.s.

Kolínská firma Teco a. s. je významným výrobcem řídicích systémů kategorie PLC (programovatelných automatů). Své systémy Tecomat vyrábí ve dvou řadách. Tecomat TC700 je velký modulární systém, určený pro rozsáhlé aplikace, především v průmyslu, energetice a dopravě. Tecomat Foxtrot je kompaktní systém s modulární rozšiřitelností. Jeho aplikační možnosti jsou rovněž velmi široké, ale nejvíce se uplatňuje především v řízení budov, jejich energetiky a v souvisejících oborech, obvykle označovaných módním přívlastkem "smart" (smart building, smart energy, smart metering, smart grid, smart cities apod.). Předurčuje ho k tomu výpočetní výkon, široké komunikační možnosti a rozsáhlý sortiment periferních modulů, se kterými může komunikovat. Obě řady systémů Tecomat jsou univerzální a volně programovatelné, vyznačují velkým výpočetním výkonem a širokými komunikačními možnostmi. K jejich programování slouží jednotný vývojový systém Mosaic. Je uživatelsky přívětivý a komfortní, prioritně "mluví česky", ale existují i cizojazyčné mutace.

Firma Teco a. s. spolupracuje s mnoha partnerskými firmami, které jsou jejími systémovými integrátory a poskytuje jim kvalifikovaný informační servis – sama ale kompletní aplikace neřeší. Perspektivní aplikačním oborem systémů Tecomat Foxtrot je podpora elektromobility, zejména v souvislosti s integrovaným řízením domů (rodinných domů i velkých objektů a firemních sídel) a jejich energetiky, s využitím fotovoltaiky, akumulace energie a s využitím různých možností optimalizace spotřeby a ceny energie. Je to náročný problém a pro jeho řešení firma Teco a. s. navrhla a dodává aplikační sadu PowerFox. Je určena pro systémové integrátory a instalační firmy. Jejím cílem je podporovat řešení nabíjecí infrastruktury. O ní pojednává následující kapitola.

6.1.1. Aplikační sada PowerFox pro AC nabíjení

S panem Ing. Šmejkalem jsme prošli řešení chytrého nabíjení od firmy Teco. Společnost Teco nabízí ve svém sortimentu AC aplikační sadu PowerFox pro řešení nabíjecí infrastruktury, určenou pro systémové integrátory a instalační firmy, kde se řeší následující:

- Připojení nabíjecí EV stanice nebo řetězce stanic na odběrné místo bez nutnosti navyšovat velikost hlavního jističe a tím paušální poplatky za rezervovaný výkon,
- Mít přehled o odběru budovy a nabíjecí stanice, řídit spotřebiče a nastavit priority pro jednotlivé odběry v objektu,
- Integrovat nabíjecí stanici do platebního systému v objektu

- Vytvořit základ pro jednotné řízení při rozšiřování otevřeného systému o další energetické části (FVE, bateriová úložiště, vytápění, chlazení, ...) a inteligentní řízení domu nebo firmy (stínění, osvětlení, řízení zásuvek, zabezpečovací systém, ...)

Jedinečnost tohoto řešení na trhu pro EV nabíjení, které společnost Teco vytvořila ve spolupráci se společnostmi Axomer a PRE, vychází z implementace řídicího systému Foxtrot do EV nabíjecí infrastruktury a tím propojení řízení budovy či areálu s řízením nabíjecích stanic. Výsledkem je poté logické propojení řízení nabíjení EV s řízením a monitorováním odboru areálu či budovy a optimální nastavení parametrů odběrového místa. Řídicí systém Foxtrot také dále nabízí pro rozšiřování energetického systému (FVE, bateriové úložiště), kdy je celé energetické řízení prováděno právě jedním centrálním řídicím systémem Foxtrot s jednotným uživatelským rozhraním a dalšími výhodami jednotného systému pro veškeré technologie v objektu.

6.1.2. Vlastnosti AS PowerFox

Aplikační sada Powerfox umožňuje vlastní sestavení AC nabíjecí stanice implementační firmou a je nabízena ve dvou základních variantách.

AS PowerFox M (master) je aplikační sada vybavená řídicí jednotkou Foxtrot se základními programy pro nabíjení.

AS PowerFox S (slave) je aplikační sada řízena buď AS PowerFox M nebo externím Foxtrotem.

Kombinací AS PowerFox M a PowerFox S lze sestavit vícenásobnou nabíjecí stanici nebo řetězec centrálně řízených dobíjecích stanic. Aplikační sada může obsahovat i RFID čtečku, ovládací displej s RFID čtečkou a orientační elektroměr s možností instalace uvnitř nebo vně nabíjecí stanice. Základní nabíjecí programy, které jsou součástí aplikační sady (v knihovně Mosaic), je možné rozšířit o aplikační profily (placené verze nabíjecích programů) nebo řešit programy na míru pro nabíjení, či integraci s okolními systémy.

AS PowerFox obsahuje:

- Silovou část a Teco produkty pro řízení a měření nabíjení,
- Základní programy pro nabíjení,
- Volitelně RFID čtečku a ovládací displej s RFID čtečkou,
- Schéma doporučeného zapojení.

Mezi nabízené příslušenství, které se objednává zvlášť, patří:

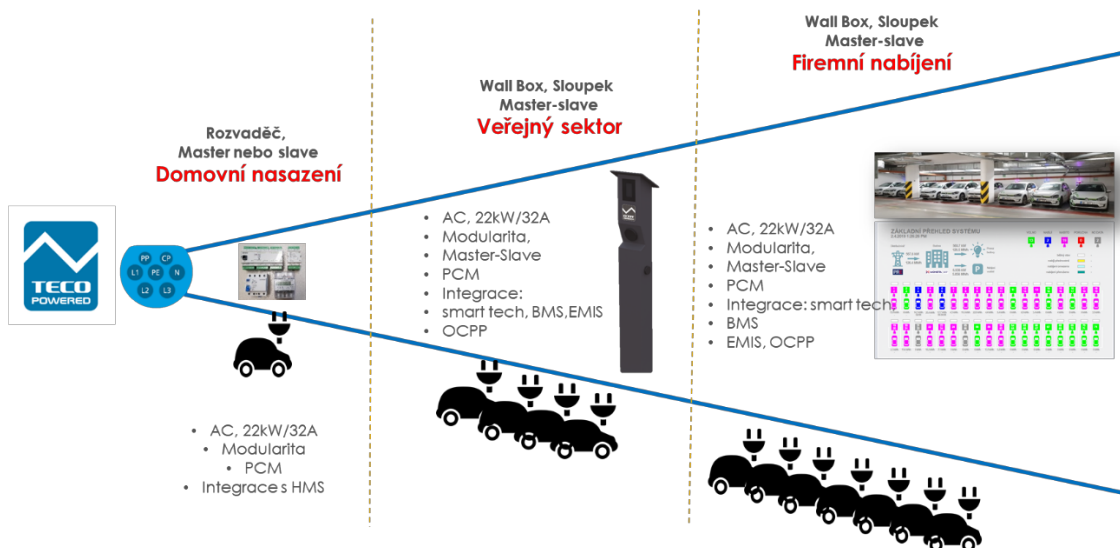
- Druh a typ přípojky pro EV (kabel nebo zásuvka, typ konektoru),

- Řídící modul pro zamykací zásuvku,
- Platební terminál,
- Elektroměr pro celkové měření odběru v objektu,
- Řídící jednotka Foxtrot
- Aplikační profily pro nabíjení nebo programy na míru
- Skříně (wallboxu, sloupek, rozvaděč) na obrázku 10



Obrázek 10 - příklady provedení AC nabíjecí stanice sestavené z AS PowerFox a skříně (zdroj: Teco, a.s.)

Vhodnou kombinací aplikační sady PowerFox a příslušenství (obrázek 11) je možné sestavit AC nabíjecí stanici v provedení wallboxu, dvojité wallboxu, sloupek, dvojité sloupek nebo rozvaděč s těmito základními vlastnostmi: maximální nabíjecí výkon 22 kW, maximální nabíjecí proud 32 A, napájecí napětí 230/400 V.



Obrázek 11 - Příklad nasazení dobíjecí stanice PowerFox (zdroj: Teco a.s.)

6.2. SmartEV

S panem inženýrem Wilczkem z firmy SmartEV jsme rozebírali možnosti řízení nabíjení elektromobilů. V závislosti na způsobu využití je potřeba elektromobily dobít každé 2 až 3 dny a dobíjení by mělo být rychlé a pohodlné. Elektromobily vyžadují pro nabíjení velké množství energie po dobu tří až osmi hodin.

Domácí řešení spočívá v zapojení zařízení SmartEV boxu do rozvaděče v rodinném domě. Nepřetržitě monitoruje okamžitou spotřebu elektrické energie v celém domě, sleduje množství vyráběné elektrické energie pomocí FVE na střeše domu a na základě těchto měření SmartEV box ovládá nabíjecí stanici tak, aby byl vždy využíván její maximální možný výkon v čase. Mezi výhody patří:

- Ochrana před přetížením domácí sítě
- Optimalizace využití vyrobené solární energie
- Zrychlení procesu nabíjení až o 50 %
- Veškeré informace jsou online odesílány na server moje.smartev.cz

Pro firemní řešení SmartEV box umožňuje bezpečně nabít více elektromobilů současně s využitím plné kapacity aktuálního připojení k elektrické síti, aniž by bylo opět potřeba jejího navýšení u dodavatele energií. Výhody se dají shrnout v těchto bodech:

- Kontinuální měření spotřeby celého objektu
- Dynamické přidělování volné energie mezi nabíjecí stanice
- Wallboxy osazeny RFID identifikací tak, aby uživatel, který nemá oprávnění, nemohl na dané stanici nabít

- Provozovatel dobíjecích stanic v aplikaci moje.smartev.cz přiděluje práva jednotlivým klientům
- Přehledný nástroj pro vyúčtování za odebranou elektrickou energii
- Možnost rezervací stanice v daném místě
- Možnost nastavit prioritní režim s alokací maximálního možného výkonu pro rychlé nabití konkrétního vozidla

6.3. Aplikace SmartEV POWER

Uživatel má k dispozici webovou aplikaci SmartEV POWER, která umožňuje:

- Konfiguraci parametrů SmartEV boxu a nabíjecích stanic
- Přepínání mezi SmartEV boxy, které jsou v různých firemních objektech
- Online sledování provozu celého systému na firmě
- Prohlížení historie nabíjení vozidel se statistikou odebrané energie
- Zadávání zákazníků s oprávněním nabíjet na jednotlivých stanicích
- Zadávání RFID karet přiřazených k jednotlivým vozidlům klientů
- Grafické přehledy spotřeb celého objektu po měsících, dnech a hodinách
- Grafické přehledy výroby energie z FVE a odběrů z nabíjení EV
- Podklad pro fakturaci jednotlivým zákazníkům za odebranou energii
- Možnost rezervace konkrétní nabíjecí stanice s vazbou na RFID kartu

Správce systému i jednotliví uživatelé mají k dispozici přístup do aplikace na moje.smartev.cz, ve kterém správce přiřazuje karty jednotlivým uživatelům (vazba karta – SPZ) a práva nabíjet na určitých stanicích. Uživatelé mají možnost rezervovat si čas na konkrétní nabíjecí stanici. Na konci každého měsíce má správce podklad pro fakturaci odebrané energie jednotlivými uživateli.

6.4. Elektrická instalace

Pro bezpečné připojení se doporučuje vybrat jistič podle následující tabulky (tabulka 9). Při výběru jističů 20 A se musí brát ohled na nadřazené ochrany a náběhový proud vozidla při začátku nabíjení.

Tabulka 9 - Ochrana a jištění

Jmenovitý proud nabíjecí stanice				
	10–16 A 1F	16–32 A 1 F	10–16 A 3F	16–32 A 3F
Jistič	20 A, typ B nebo C	40 A, typ C	20 A, typ C nebo D	40 A, typ C

Proudový chránič	30 mA, typ Asi	30 mA, typ Asi	30 mA, typ B	30 mA, typ B
-------------------------	----------------	----------------	--------------	--------------

Elektroměr může být jednosazbový, nebo více sazbový. Pro proudy vyšší než 63 A na fázi je nutné použít měřicí transformátory proudu. Mezi typy elektroměrů, které lze propojit se SmartEV BOXem (od výrobce Schneider Electric, řada iEM3000) patří:

- iEM3150 – přímé měření, jeden tarif
- iEM3155 – přímé měření, více tarifů
- iEM3250 – nepřímé měření, jeden tarif
- iEM3255 – nepřímé měření, více tarifů

6.5. Konfigurace systému pro byznys

Při výběru firemních nabíjecích stanic neboli wallboxů a jejich instalace je potřeba vzít v úvahu kapacitu baterií elektromobilů, umístění parkovacích míst a celkový počet míst, které chceme osadit. Stejně důležité jako výkonnostní a bezpečnostní hlediska stávají elektroinstalace jsou důležité i další aspekty, jako je účtování služeb za spotřebovanou elektrickou energii a řízené dobíjení.

U firemního nabíjení a v garážích obytných domů je potřeba zajistit autorizaci nabíjení pouze oprávněných uživatelů a dále pak mít možnost provést vyúčtování jednotlivých nabíjení podle spotřebované elektrické energie. Flexibilní správa uživatelů a jejich přístupů ke stanicím je pomocí RFID karet. Přehledné statistiky nabíjecích procesů jsou online k dispozici ve webové aplikaci. Náklady na elektrickou energii jsou automaticky shromažďovány a připraveny pro další zpracování v účetních systémech.

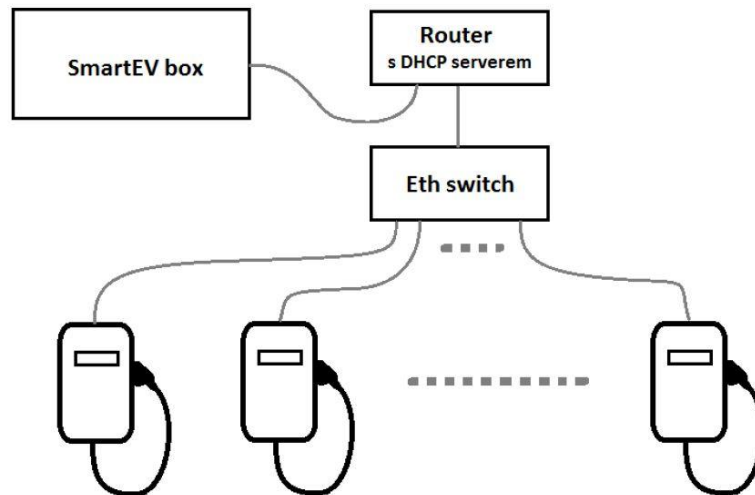
Řídící ústředna SmartEV BOX zajišťuje na firmě bezproblémový chod všech elektrospotřebičům tím, že v reálném čase dynamicky řídí výkony nabíjecích stanic. Vždy dochází k řízení a omezování výkonu nabíjecích stanic tak, aby nebyl překročen maximální povolený odběr pro všechna nabíjecí místa, resp. celé firmy či objektu. Uživatel si může zvolit mezi několika režimy nabíjení podle aktuálních priorit a tím nastavovat, kolik energie bude přiřazeno pro každou nabíjecí stanici v systému.

SmartEV Business přináší komplexní řešení pro nabíjení elektromobilů ve firmách a obytných domech s přihlédnutím ke všem výše uvedeným požadavkům. Řešení se skládá z těchto základních součástí:

- nabíjecí stanice Schneider Electric Smart Wallbox nebo EVlink Parkoviště
- systém pro řízení a monitoring SmartEV BOX
- elektroměr pro měření spotřeby celého objektu

- volitelné elektroměry MID pro fakturační měření odběrů na nabíjecích stanicích
- síťový router s DHCP serverem a možností rezervace IP adres
- ethernetový switch, pokud router nemá dostatečný počet zásuvek (obrázek 12)

Pro řízení více nabíjecích stanic je potřeba každou propojit ethernetovým kabelem se SmartEV boxem přes router. Pokud má router dostatečný počet zásuvek pro všechny nabíječky a SmartEV box, je možné propojit vše prostřednictvím routeru.



Obrázek 12 - Propojení většího počtu nabíjecích stanic se SmartEV boxem přes router a switch

6.5.1. Příklad zadání

Business centrum pro firmy s parkovacím stáním, kde je vyhrazeno z celkového počtu 50 parkovacích míst, 6 míst pro elektromobily. Systém zajišťuje dynamické řízení výkonu nabíjecích stanic tak, aby nedošlo k překročení hodnoty maximálního příkonu, který je daný hlavním jističem určeným pro tento okruh v objektu, tedy 3x125 A.

Ve statistice zpracovávám pouze celkovou spotřebu energie autosalonu po hodinách.

Statistika

6.6. Konfigurace systému v domácnosti

Při výběru domácí nabíjecí stanice neboli wallboxu a její instalace je potřeba vzít v úvahu kapacitu baterie elektromobilu, umístění parkovacího místa a polohu nabíjecí zásuvky na autě.

Pro řešení nabíjení elektromobilů v domácnostech se využije SmartEV HOME a skládá se z těchto základních součástí:

- Nabíjecí stanice Schneider Electric SmartWallbox
- Systém pro řízení a monitoring SmartEV BOX
- Elektroměr pro měření spotřeby domácnosti

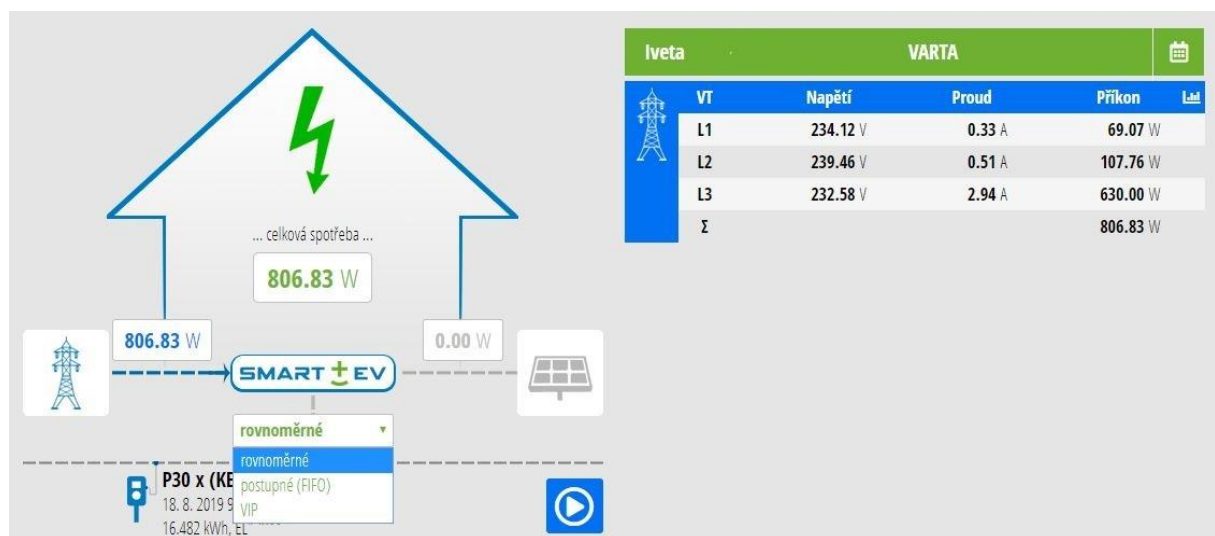
V době, kdy je spotřeba domácnosti vyšší, dojde k omezení výkonu nabíjení tak, aby nedošlo k přetížení hlavního jističe v domácnosti. Uživatel si může zvolit, zda chce nabíjet jen v době, kdy má nízký tarif (NT), následně pak dochází k automatickému přerušení nabíjení EV v době vysokého tarifu (VT).

6.6.1. Příklad zadání

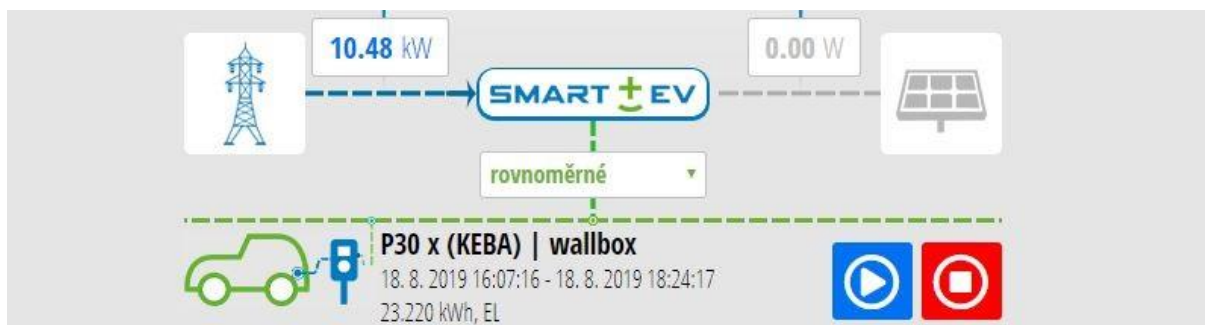
Rodinný dům s hlavním jističem 3x25 A, jehož majitel si pořídil elektromobil, který chce nabíjet doma z wallboxu, a to pouze v době, kdy má k dispozici levnější sazbu elektřiny NT. Dále má na střeše domu fotovoltaickou elektrárnu a v době přebytků výroby, chce energii ukládat do baterie EV, pokud bude k nabíjecí stanici připojeno.

Majitel domu má zapojené monitorování spotřeby celého domu včetně napojení informací z fotovoltaické elektrárny. Systém SmartEV mu dynamicky řídí výkon nabíjecí stanice tak, aby nedošlo k překročení odběru hlavního jističe domu 3x25 A v závislosti na aktuálně zapnutých všech spotřebičích v domě. V aplikaci moje.smartev.cz si pak může nastavit, zda se má nabíjet pouze v době NT, nebo kdykoliv, zda chce nabíjet v režimu EKO (pouze z elektřiny vyrobené FVE bez odběru z distribuční sítě). V grafech pak vidí přehledně spotřeby domu, výrobu FVE, spotřebu na nabíjení po měsících, dnech, nebo hodinách. V přehledu pak celkovou odebranou energii za měsíc, kterou předloží jako podklad svému zaměstnavateli k proplacení.

Na přehledové obrazovce v aplikaci moje.smartev.cz (obrázek 13 a 14) lze sledovat spotřebu v reálném čase, nastavovat způsob nabíjení a dálkově zapínat a vypínat dobíjení.



Obrázek 13 - Přehledová obrazovka v aplikaci (zdroj: moje.smartev.cz)



Obrázek 14 - Přehledová obrazovka v aplikaci s dobíjeným autem (zdroj: moje.smartev.cz)

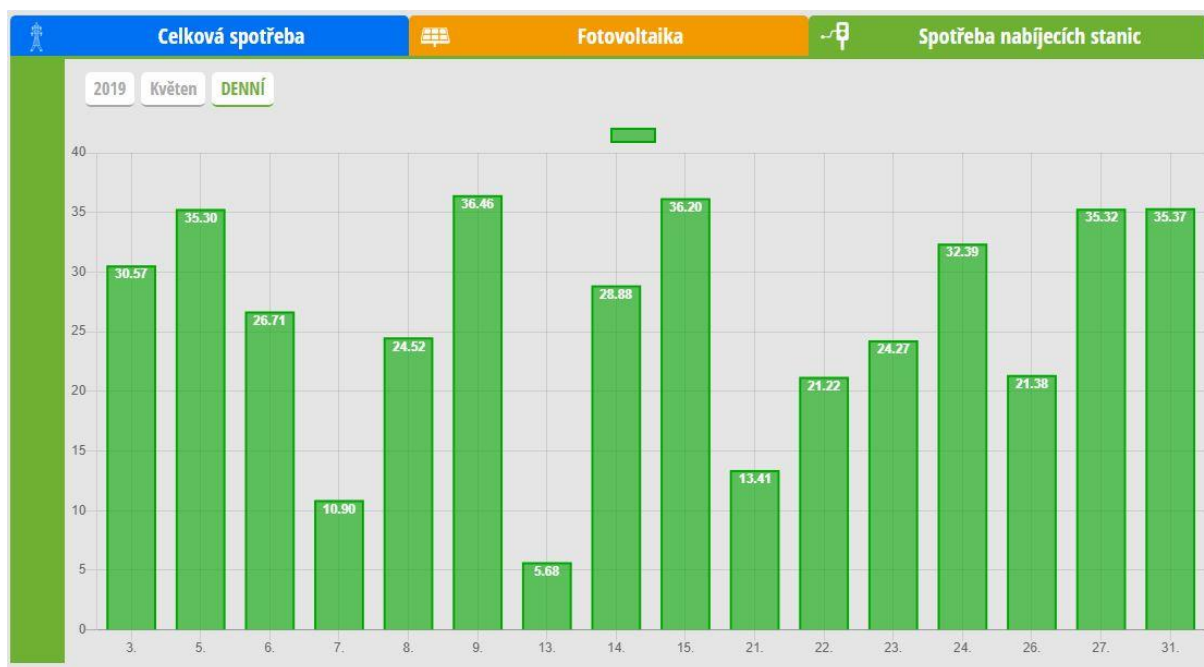
Ve spodní části obrazovky se zobrazují data spotřeby zpracovaná podle typu – celková spotřeba domácnosti, produkce solární elektrárny (pokud je nainstalována) a konkrétní odběry z nabíjecí stanice, jak lze vidět na obrázku 15.



Obrázek 15 - Celková spotřeba domácnosti v průběhu měsíce (zdroj: moje.smartev.cz)

Data se v grafech mohou zobrazovat jako hodinová spotřeba přes den, suma celých dnů v průběhu měsíce, měsíční spotřeba, a nakonec i roční bilance, to vše rozdělené mezi spotřebu při vysokém (VT) a nízkém tarifu (NT).

Do grafů spotřeby se pak promítají konkrétní data o čase a datu začátku transakce, konce transakce, odebrané množství v dané době a počítá se denní suma spotřebované energie v kilowatthodinách.



Obrázek 16 - Spotřeba nabíjecích stanic po dnech (zdroj: moje.smartev.cz)

Spotřeba nabíjecích stanic má nejnižší rozlišovací úroveň v řádu dní (obrázek 16). Pro reálnou potřebu zákazníka stačí měsíční suma, aby ji např. mohl posílat zaměstnavateli v případě, že to má domluvené pro fakturaci na služební auto.

Aplikace moje.smartev.cz také zachovává podrobnou historii spotřeby nabíjecích stanic v online databázi (obrázek 17), ze které se dá vyčíst, které zařízení dodávalo energii, co za zákazníka se připojilo (v rámci domácnosti to není důležitý údaj, ale ve firemní aplikaci se může registrovat více odběratelů, kteří mají různé přístupy), SPZ dobíjeného auta a popis VOZU.

Smart EV box	Zákazník	SPZ	Popis vozu	Začátek transakce	Konec transakce	Odebrané množství	Σ denní
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	23. 3. 2019 17:48:14	24. 3. 2019 8:54:34	31.52 kWh	31.52 kWh
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	24. 3. 2019 22:13:30	24. 3. 2019 22:18:23	0 kWh	
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	24. 3. 2019 22:18:29	24. 3. 2019 22:21:08	0 kWh	
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	24. 3. 2019 22:21:17	24. 3. 2019 22:24:17	0 kWh	
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	24. 3. 2019 22:24:22	25. 3. 2019 8:54:54	10.50 kWh	10.50 kWh
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	25. 3. 2019 15:21:39	25. 3. 2019 21:22:31	34.14 kWh	34.14 kWh
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	26. 3. 2019 16:26:10	26. 3. 2019 18:34:59	8.22 kWh	8.22 kWh
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	27. 3. 2019 16:15:44	27. 3. 2019 20:10:11	26.86 kWh	
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	27. 3. 2019 20:21:50	27. 3. 2019 21:30:39	4.09 kWh	30.94 kWh
201703001 (VARTA)		EL178AA	BMW i3	29. 3. 2019 18:47:15	30. 3. 2019 10:02:18	28.73 kWh	28.73 kWh

Obrázek 17 - Historie nabíjení v aplikaci (zdroj: moje.smartev.cz)

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, jakým směrem se ubírá rozvoj dobíjecí sítě pro elektromobily a ukázat reálná řešení chytrého řízení na konkrétních případech. Evropská Unie se politikou snižování emisí zhostila pozice lídra v podpoře elektromobility a technologií obnovitelných zdrojů energie. V průběhu minulého roku jsem se zúčastnil několika konferencí na téma klimatu pořádaných skupinou Europeum a Pulse of Europe za účelem získání informací o budoucím směřování Evropské Unie v oblasti energetiky a dopravy, které patří mezi největší faktory znečišťování životního prostředí a ovzduší. Také jsem každý čtvrtek navštěvoval hodiny na fakultě elektrotechniky na ČVUT, kde studentům posledních ročníků přednášeli hosté z oboru elektroenergetiky.

Ve směřování bakalářské práce mě nejvíce ovlivnila prezentace pana Ing. Radima Černého, člena představenstva společnosti ČEZ Distribuce, a.s., kde právě na toto téma zmínil potřebu smart charging. V druhé kapitole jsem se tak snažil vypsát nejnovější informace o tom, jak se Česká republika připravuje na nástup elektromobility. Čerpal jsem zde z prezentací několika různých orgánů vystupujících na konferenci pořádané Ministerstvem životního prostředí letos v květnu v Loučni, mezi které patří Ministerstvo dopravy, Ministerstvo průmyslu, Ministerstvo pro místní rozvoj, Praha, Moravskoslezský kraj, ČEZ, ÚJV Řež, nebo Centrum dopravního výzkumu. Všechny prezentovaly své výhledy do budoucna i hodnocení současného pokroku v implementaci národních akčních plánů.

K základním informacím o moderních způsobech řízení dobíjení jsem se dostal díky zpracovaným podkladům firem BP Energy a IRENA. Vyhodnocují zde dopady masového nabíjení na elektrickou síť, technologie řízení dobíjení, bateriové technologie, nebo business modely. BP Energy se spíše zaměřovala na energetický mix a životní prostředí. Stejně tak kladou důraz na nutnost mít jednoduchý a přehledný systém regulací pro výstavbu a podnikání v této oblasti. Koordinace mezi hospodářskými komorami, turistickými destinacemi a obchodními řetězci je důležitá pro efektivní investování do dobíjecí sítě a podniky s přílehlými parkovacími místy mají nejjednodušší pozici k budoucí výstavbě dobíjecích bodů, které pro řadu z nich představují potenciál ke zvýšení tržeb.

V poslední části jsem sepsal reálná řešení od dvou českých firem pro dynamické řízení nabíjení. První je Teco a.s., která se věnuje hlavně inteligentním budovám a řízení pomocí programovatelných logických automatů. Ta nově představila aplikační sadu PowerFox, která umožňuje sestavit AC nabíjecí stanici s programy, které jsem rozebíral v této práci. Díky panu vedoucímu jsem se dostal do kontaktu s panem Ing. Wilczekem z firmy SmartEV, kterého jsme potkali na brněnském veletrhu Amper a se kterým jsem později měl schůzku ohledně domácích a firemních řešení pro chytré nabíjení jeho firmou. Ukázal mi kompletní sadu řešení včetně

jejich solárního přístřešku, různých typů stojanů a dodal i přístup do aplikace konkrétního domácího řešení. V této aplikaci pak zákazník může dálkově ovládat spínání a způsob nabíjení, sledovat spotřebu v reálném čase a listovat podrobnou historii všech svých nabíjení.

8. Bibliografie

1. **Ministerstvo průmyslu a obchodu.** Národní akční plán čistá mobility. *Ministerstvo životního prostředí.* [Online] Říjen 2015. [Citace: 4. Červen 2019.] [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/\\$FILE/SOPSZP-NAP_CM-20160105.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/SOPSZP-NAP_CM-20160105.pdf).
2. **Cafourek, Tomáš.** Česko je v elektromobilitě outsiderem. *iDNES.cz.* [Online] MAFRA, 28. říjen 2018. [Citace: 4. Červen 2019.] https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/elektrina-automobilovni-stanice-vystavba-elektromobil-doprava.A181026_181846_eko-doprava_mato?.
3. **Muřický, Eduard.** Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility. *Ministerstvo životního prostředí.* [Online] 9. květen 2019. https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar.
4. **Chmelík, Tomáš.** Představení kapitoly Elektromobilita. *Ministerstvo životního prostředí.* [Online] 9. květen 2019. https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar.
5. **ČTK.** ČEZ zdvojnásobil počet rychlodobíjecích stanic, v Česku už jich nabízí sto. *iRozhlas.* [Online] ČTK, 18. Červenec 2019. [Citace: 20. červenec 2019.] https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/rychlodobijeci-stanice-elektromobil-dobijeni-cez-vystavba-rozvoj_1907181242_mpr.
6. **Bezděkovský, Jan.** Plnění NAP CM a nové výzvy v souvislosti s aktualizací NAP CM z pohledu MD. *Ministerstvo životního prostředí.* [Online] 9. Květen 2019. https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar.
7. **Evmmap.** evmapa.cz - nabíjení na dotek. *EVMAPA.* [Online] 2019. <http://www.evmapa.cz>.
8. **Hataš, Lukáš.** Municipální dobíjecí infrastruktura. *Ministerstvo životního prostředí.* [Online] 9. Květen 2019. https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar.
9. **DPP.** Testování elektrobuse SOR nyní na linkách číslo 163 a 213. *Dopravní podnik hlavního města Prahy.* [Online] <https://www.dpp.cz/elektrobus-sor-zamiril-do-bezneho-provozu-s-cestujicimi/>.
10. **Beránek, Jaromír.** Plnění NAP ČM z pohledu hl. m. Prahy. *Ministerstvo životního prostředí.* [Online] 9. Květen 2019. https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar.
11. **Srb, Luboš.** Miliardová zakázka na pražský e-carsharing. Co všechno víme? *Elektrické Vozy.* [Online] 19. Prosinec 2018. <https://elektrickevozy.cz/clanky/miliardova-zakazka-na-prazsky-e-carsharing-co-vsechno-vime>.

12. **Kadula, Lukáš.** Příklady aktivit CDV v oblasti čisté mobility. *Ministerstvo životního prostředí.* [Online] 9. Květen 2019. https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar.
13. **Silver Spring.** Dollars and Sense of Smart EV Charging. *EV Charging Pros.* [Online] Červen 2015. [Citace: 10. Březen 2019.] <http://evchargingpros.com/wp-content/uploads/2015/06/Silver-Spring-Dollars-and-Sense-of-Smart-EV-Charging.pdf>.
14. **EuroEnergy.** Predikce vývoje elektromobility v ČR. *Ministerstvo průmyslu a obchodu.* [Online] 3. Duben 2018. [Citace: 10. Srpen 2019.] https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/konference-seminare/2018/11/Studie-NAPS-SG-A25_Elektromobilita.pdf.
15. **IRENA.** Smart Charging: parked EV batteries can save billions in grid balancing. *energypost.* [Online] 6. Červen 2019. <https://energypost.eu/smart-charging-parked-ev-batteries-can-save-billions-in-grid-balancing/>.
16. **BP Energy.** BP Energy Outlook. *BP.* [Online] 2019. [Citace: 16. Červenec 2019.] <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf>.
17. **Weiller, Claire.** The Role of Plug-In Electric Vehicles with Renewable Resources in Electricity Systems. *Révue d'économie industrielle.* [Online] 30. Prosinec 2016. [Citace: 21. Srpen 2019.] <https://journals.openedition.org/rei/6008#tocto2n10>.
18. **IRENA.** Innovation Outlook: Smart charging for electric vehicles. *International Renewable Energy Agency.* [Online] May 2019. <https://irena.org/publications/2019/May/Innovation-Outlook-Smart-Charging>.
19. **Smart Cities Connect.** University of Warwick demonstrates vehicle-to-grid technology. *Smart Cities Connect.* [Online] 2017. <https://smartcitiesconnect.org/university-of-warwick-demonstrates-vehicle-to-grid-technology/>.
20. **Březinová, Jana.** 7 problémů, které budou muset elektromobily vyřešit. *Elektrina.cz.* [Online] 15. Srpen 2019. [Citace: 16. Srpen 2019.] https://www.elektrina.cz/problemy-elektromobilu?fbclid=IwAR21tmvuQfNF5c9J4QoueloThmRRZ55Fy3kAlesehffzeCC_aiE7x7WJres.
21. **ICCT.** Comparison of leading electric vehicle policy and development in Europe. *International Council on Clean Transportation.* [Online] May 2016. www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EVpolicies-Europe-201605.pdf.

22. **PG&E.** Electric vehicle (EV) rate plans. *Pacific Gas and Electric*. [Online] 2018. https://www.pge.com/en_US/residential/rate-plans/rate-plan-options/electric-vehicle-base-plan/electric-vehicle-base-plan.page.
23. **Nelder, Chris.** Rate-Design Best Practices for Public Electric-Vehicle Chargers. *Rocky Mountain Institue*. [Online] 6. Duben 2017. [Citace: 27. Červenec 2019.] <https://rmi.org/rate-design-best-practices-public-electric-vehicle-chargers/>.
24. **Ensto.** 5 Great EV Charging Business Models. *ENSTO*. [Online] 15. Leden 2019. <https://www.ensto.com/company/newsroom/blogs/5-great-ev-charging-business-models/>.
25. **Hrozek, Dian.** Nasazení chytrých měřidel nejde v Británii podle představ. Spotřebitelé zaplatí nejméně o 500 milionů liber více. *oEnergetice*. [Online] 28. Listopad 2018. [Citace: 5. Prosinec 2018.] <https://oenergetice.cz/zahranicni/nasazeni-chytrych-meridel-nejde-britanii-podle-predstav-spotrebitele-zaplati-nejmene-500-milionu-liber-vice>.