ČESKÉ VYSOKÉ

UČENÍ TECHNICKÉ

V PRAZE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití dopravních dat pro podporu carsharingu a elektromobility

Autor práce: Ing. Bc. Daniel Drnec

Vedoucí práce: Ing. Alexandra Dvořáčková, Ph.D.

2023

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Ing. Daniel Drnec

Studijní program (obor/specializace) studenta:

navazující magisterský – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Využití dopravních dat pro podporu carsharingu a elektromobility**

Název tématu (anglicky): Using of Traffic Data to Support Carsharing and Electromobilit

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- dData charaktrerizující dopravní obslužnost městské lokality se zaměřením na IAD a dopravu v klidu, metody jejich sběru a vyhodnocování
- Elektromobilita a carsharing - podstata, technické a technologické podmínky, možnosti a pomínky využití pro IAD
- Případová studie: lokalita Ústí nad Labem Skalka - sběr a analýza dat (demografické a dopravní charakteristiky zájmového území, porovnání dat z vlastních průzkumů a ze sekundárních zdrojů)
- Případová studie: lokalita Ústí nad Labem Skalka - posouzení možnosti podpory elektromobility a carsharingu v lokalitě na základě zjištěných dat (dostatečnost a ekonomická výhodnost posílení infrastruktury, potenciál poptávky, možné modely fungování)
- Zhodnocení a doporučení pro lokalitu - porovnání výsledků vyplývajících z vlastních a ze sekundárních dat

Rozsah grafických prací:	podle pokynů vedoucího diplomové práce
Rozsah průvodní zprávy:	minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
Seznam odborné literatury:	Pichrt J, Boháč R.: Sdílená ekonomika 3 roky poté, Praha 2019 Kočárková D.: Základy dopravního inženýrství, Praha 2009 Frivaldský M.: Elektromobilita, Bratislava 2020

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Alexandra Dvořáčková, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2021**
(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 diplomové práce: **30. listopadu 2023**
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

L. S.

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy

prof. Ing. Ondřej Přibyl, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Ing. Daniel Drnec
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 17. května 2023

Čestné prohlášení

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

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

V Praze dne 30. 11. 2023

Daniel Drnec

Poděkování

Děkuji vedoucí práce Ing. Alexandře Dvořáčkové, Ph.D. a konzultantům Ing. Martinu Schánovi a Ing. Jiřímu Zeiskovi za cenné rady, připomínky, vstřícný přístup a trpělivost při zpracovávání diplomové práce.

Anotační list

Autor práce:	Ing. Bc. Daniel Drnec	
Vedoucí práce:	Ing. Alexandra Dvořáčková, Ph.D.	
Název práce:	Využití dopravních dat pro podporu carsharingu a elektromobility	
Title:	Using of Traffic Data to Support Carsharing and Electromobility	
Rok:	2023	
Studijní program:	Logistika a řízení dopravních procesů	
Studijní obor:	bez oboru	
Ústav:	Ústav logistiky a managementu dopravy	
Rozsah práce:	Počet stran:	168
	Počet obrázků:	13
	Počet tabulek:	21
	Počet grafů:	35
	Počet příloh:	10
Klíčová slova	doprava v klidu, carsharing, elektromobilita, nabíjení elektromobilů, sídliště, Ústí nad Labem	
Keywords	static traffic, carsharing, electromobility, electric vehicles charging, estate, Usti nad Labem	

Anotace

Práce se zabývá využitím dat o dopravě v klidu pro analýzu možností carsharingu a elektromobility. Předmětem první části jsou metody sběru dat o dopravě v klidu. Druhá část se zabývá popisem carsharingu a elektromobility. Ve třetí části je popsán sběr dat o dopravě v klidu na sídlišti Skalka v Ústí nad Labem a základní informace o této lokalitě. Vyhodnocení těchto dat ve vztahu k elektromobilitě a carsharingu je provedeno ve čtvrté části. Pátá část se pak zabývá zhodnocením výsledků čtvrté části.

Abstract

The master thesis deals with the use of data of static traffic for the analysis of carsharing and electromobility possibilities. The subject of the first part are the methods of collecting data about static traffic. The second part deals with the description of carsharing and electromobility. The third part describes the collection of data of static traffic in the Skalka housing estate in Ústí nad Labem and basic information about this locality. The evaluation of these data in relation to electromobility and carsharing is carried out in the fourth part. The fifth part deals with an evaluation of the results of the fourth part.

Obsah

Obsah 7

Úvod 11

1 Doprava v klidu – struktura a metody sběru 13

1.1 Účel sběru dat o dopravě v klidu 14

1.1.1 Operativní použití 14

1.1.2 Strategické použití 14

1.1.3 Použití dat v této práci 15

1.2 Metody sběru dat 15

1.2.1 Přímé metody se zjišťováním konkrétní pozice vozidel 15

1.2.1.1 Detekce z obrazu kamery zabírající parkoviště 16

1.2.1.2 Detektory ve vozovce 17

1.2.1.3 Detektory nad parkovacími místy 18

1.2.1.4 Snímání registračních značek kontrolním vozidlem 18

1.2.1.5 Ruční zaznamenávání pozorovatelem 19

1.2.2 Přímé metody měření počtu vozidel v dané oblasti 20

1.2.2.1 Detekce kamerami na vjezdech a výjezdech 20

1.2.2.2 Počítání vozidel projíždějících závorami 21

1.2.2.3 Počet vystavených parkovacích lístků 21

1.2.2.4 Ruční zaznamenávání pozorovatelem 21

1.2.3 Nepřímé metody 21

1.2.3.1 Analýza průzkumů dopravního chování 21

1.2.3.2 Využití dat mobilních operátorů 22

1.2.4 Shrnutí možností metod sběru dat o dopravě v klidu 23

1.2.5 Metoda použitá v této práci 23

2 Elektromobilita a carsharing 25

2.1 Elektromobilita 25

2.1.1 Dělení automobilů dle míry elektrifikace ... 25
2.1.1.1 Pohony automobilů relevantní pro analýzu v této práci ... 27
2.1.2 Nabíjení elektromobilů ... 30
2.1.2.1 Parametry nabíjení pro analýzu v této práci ... 31
2.1.3 Energetické potřeby elektromobility ... 32
2.1.3.1 Spotřeba modelového vozidla ... 33
2.1.3.2 Účinnost nabíjení ... 36
2.1.3.3 Účinnost přenosové a distribuční soustavy ... 41
2.1.3.4 Energetické potřeby elektromobility pro analýzu v této práci ... 42
2.1.4 Dopady rozvoje elektromobility na distribuční síť ... 43
2.1.4.1 Modelování vlivu elektromobility na distribuční soustavu v této práci ... 43
2.2 Carsharing ... 44
2.2.1 Formy vlastnictví/užívání vozidel ... 46
2.2.1.1 Koupě z vlastních úspor ... 47
2.2.1.2 Nákup na splátky (úvěr) ... 47
2.2.1.3 Finanční leasing ... 47
2.2.1.4 Operativní leasing ... 47
2.2.1.5 Flexibilní pronájem ... 48
2.2.1.6 Půjčovna ... 48
2.2.1.7 Carsharing ... 48
2.2.1.8 Spolujízda, taxi ... 50
2.2.2 Stávající nabídka carsharingu v České republice ... 50
2.2.3 Ekologické přínosy carsharingu ... 52
2.2.3.1 Menší počet automobilů ... 52
2.2.3.2 Menší používání automobilů ... 53
2.2.3.3 Efektivnější vozidla ... 53
2.2.3.4 Efektivnější využívání vozidel ... 54

2.2.3.5 Celková úspora emisí CO_2 ... 54
2.2.4 Finanční výhodnost carsharingu ... 54
2.2.4.1 Náklady soukromého auta ... 56
2.2.4.2 Náklady sdíleného auta ... 58
2.2.4.3 Porovnání nákladů soukromého a sdíleného auta ... 58
2.2.5 Výhody a nevýhody carsharingu ... 59
2.2.6 Potenciál carsharingu ... 61
2.2.6.1 Potenciální uživatelé ... 61
2.2.6.2 Odhad potenciálu ... 62
2.2.6.3 Možnosti zvýšení potenciálu ... 62
2.2.6.4 Možnosti autonomních vozidel ... 62
2.2.7 Shrnutí poznatků o carsharingu pro analýzu v této práci ... 62
3 Sběr a analýza dat v lokalitě Skalka (Ústí nad Labem) ... 65
3.1 Lokalita ... 65
3.1.1 Obyvatelstvo ... 66
3.1.2 Dopravní situace ... 67
3.1.3 Zhodnocení lokality ... 69
3.2 Sběr dat ... 70
3.3 Zpracování dat ... 72
3.3.1 Úprava naměřených dat ... 72
3.3.2 Doplnění dat ... 77
3.4 Modelování ... 81
3.4.1 Příprava dat o vlastnostech vozidel modelu ... 82
3.4.2 Přiřazovaná data modelu ... 83
3.4.3 Modelový carsharing ... 86
3.4.4 Dopočítání dat modelu ... 89
4 Možnosti carsharingu a elektromobility ... 92

4.1 Vyhodnocení výsledků ve vztahu k elektromobilitě 93
4.1.1 Každodenní nabíjení 93
4.1.2 Řízené každodenní nabíjení 96
4.1.3 Občasné nabíjení 98
4.1.4 Nabíjení dojíždějících 100
4.1.5 Srovnání různých způsobů nabíjení 103
4.2 Vyhodnocení výsledků ve vztahu ke carsharingu 107
4.2.1 Potenciál carsharingu v lokalitě sídliště Skalka 107
4.2.2 Potenciál carsharingu v České republice 113
5 Zhodnocení a doporučení 118
5.1 Elektromobilita 118
5.1.1 Shrnutí hlavních výsledků v oblasti elektromobility 118
5.1.2 Zhodnocení výsledků v oblasti elektromobility v kontextu jiných studií 120
5.1.3 Doporučení pro využití výsledků v oblasti elektromobility 122
5.1.4 Doporučení pro další výzkum v oblasti elektromobility 123
5.2 Carsharing 124
5.2.1 Shrnutí hlavních výsledků v oblasti carsharingu 124
5.2.2 Zhodnocení výsledků v oblasti carsharingu v kontextu jiných studií 127
5.2.3 Doporučení pro využití výsledků v oblasti carsharingu 129
5.2.4 Doporučení pro další výzkum v oblasti carsharingu 132
Závěr 134
Zdroje 137
Seznam zkratek 161
Seznam obrázků 164
Seznam tabulek 165
Seznam grafů 166
Seznam příloh 168

Úvod

Cílem práce je využití dat o dopravě v klidu k odhadu potřebného příkonu pro nabíjení elektromobilů a potenciálu carsharingu na panelovém sídlišti v krajském městě. Data byla zjišťována na sídlišti Skalka v Ústí nad Labem, které má k tomuto účelu vhodnou topologii – sídliště je na komunikační síť města napojeno pouze dvěma komunikacemi, což usnadňuje sběr dat.

Carsharing i elektromobilita jsou v současnosti hojně skloňované pojmy. Mediální obraz těchto rozvíjejících se technologií často budí dojem, že v budoucnu budou mít dominantní postavení. V obou případech se udává řada positiv pro uživatele i společnost (nižší finanční náklady, nižší emise, menší zábor prostoru). U obou technologií je však stále značné množství problémů, z nichž některé je možné (nutné) vyřešit pomocí technických opatření, a jiné jsou naopak spíše charakteristickými nevýhodami daných technologií. I přes řadu positiv mohou být tyto nevýhody pro řadu uživatelů natolik zásadní, že pro ně bude daný produkt neatraktivní.

V případě elektromobility je jedním z aktuálních problémů nabíjení elektromobilů. Je potřeba zajistit dostatečný počet nabíjecích bodů o požadovaných parametrech (např. nabíjecí výkon), dostatek samotné elektřiny (ideálně nízkoemisní) i potřebné parametry přenosové sítě. Všechny tyto problémy by nicméně měly být technicky řešitelné. Ačkoliv je nutnost častějšího dobíjení oproti tankování určitou charakteristickou nevýhodou, je možné ji minimalizovat právě dostatečnou nabíjecí sítí, umožňující nabít auto přes noc v místě bydliště a v případě delších cest na rychlonabíjecích stanicích.

V případě carsharingu je při současném rozsahu problémem horší dostupnost vozidel, a ačkoliv jsou často uváděným benefitem nižší náklady oproti vlastnímu autu, řada nákladových položek se vyskytuje v obou případech, přičemž u carsharingu je navíc nutné počítat s režijními náklady provozovatele. Lze předpokládat, že dostupnost vozidel se bude zlepšovat s rozvojem služby, ve vzdálenější budoucnosti pak může napomoci autonomní řízení. Nicméně je otázkou, jaký je vzhledem k uvedenému skutečný potenciál této služby z pohledu výhodnosti pro zákazníka. Nutnost režijních nákladů a horší dostupnost je možné označit za charakteristickou nevýhodu dané služby, ačkoliv je určitý prostor pro zlepšení vlivem technických inovací.

Přínosem práce je vyjasnění popsaných problémů elektromobility a carsharingu na základě rešerše stávajících studií, provedení vlastního měření a jejich společném zhodnocení.

První část práce se zabývá sběrem dat o dopravě v klidu. Jsou zde shrnuty běžné účely sběru těchto dat a z nich vyplývající požadavky. Následuje popis samotných metod, které lze ke sběru dat o dopravě v klidu využít.

Druhá část práce obsahuje rešerši stávajících poznatků o carsharingu a elektromobilitě. Nejprve je vždy proveden úvod do problematiky, na který navazuje podrobnější popis.

Třetí část se zabývá sběrem dat na sídlišti Skalka. Jsou zde také shrnuty základní údaje o posuzované lokalitě a popsán proces modelování dat pro následné vyhodnocení v další části.

V čtvrté části je provedeno vyhodnocení naměřených dat ve vztahu k elektromobilitě a carsharingu. Jsou zde popsána specifika jednotlivých modelovaných případů a výsledky samotného modelování.

Pátá část je zaměřena na celkové zhodnocení výsledků modelování v kontextu jiných studií a doporučení pro jejich použití v praxi a další výzkum.

1 Doprava v klidu – struktura a metody sběru

Dopravu obecně definuje norma ČSN 01 8500 jako „*úmyslný pohyb (jízda, plavba let) dopravních prostředků po dopravních cestách nebo činnost dopravních zařízení*“, a dále také jako „*odvětví národního hospodářství, které zajišťuje a uskutečňuje přemisťování osob a věcí*“ [1]. Silniční dopravu pak tato norma definuje jako „*dopravu, při níž se zajišťuje přemisťování osob (osobní doprava) a věcí (nákladní doprava) silničními vozidly (silniční dopravní prostředky), jakož i přemisťování silničních vozidel samých po pozemních komunikacích, dopravních plochách a volném terénu*“ [1]. Slovník Eurostatu pro potřeby dopravních statistik definuje silniční dopravu (road transport) jako „*any movements of goods and/or passengers using a road vehicle on a given road network*“, což lze přeložit jako „*jakýkoliv pohyb nákladu a/nebo osob využívající silniční vozidlo na dané silniční síti*“ [2]. Další definici silniční dopravy uvádí zákon č. 111/1994 Sb.: „*Silniční doprava je souhrn činností, jimiž se zajišťuje přeprava osob (linková osobní doprava, kyvadlová doprava, příležitostná osobní doprava, taxislužba), zvířat a věcí (nákladní doprava) vozidly, jakož i přemisťování vozidel samých po dálnicích, silnicích, místních komunikacích a veřejně přístupných účelových komunikacích a volném terénu.*“ [3]

Z uvedených definic je zřejmé, že všechny spojují (silniční) dopravu s pohybem. K jejímu úspěšnému fungování je však nutná i stacionární doprava a s ní související infrastruktura, která umožňuje vstup do dopravního systému. Jedná se například o zastávky veřejné dopravy nebo o parkovací místa k odstavování vozidel, v obou případech v dosažitelné vzdálenosti od počátku či cíle cesty. Pro parkující vozidla se v českém prostředí běžně používá označení „doprava v klidu“ nebo „statická doprava“. Z pohledu legislativy, konkrétně zákona č. 361/2000 Sb., je v případě dopravy v klidu rozlišováno mezi zastavením a stáním, přičemž „*zastavit znamená uvést vozidlo do klidu na dobu nezbytně nutnou k neprodlenému nastoupení nebo vystoupení přepravovaných osob anebo k neprodleném naložení nebo složení nákladu*“ a „*stát znamená uvést vozidlo do klidu nad dobu dovolenou pro zastavení*“ [4]. Dopravu v klidu je možné monitorovat z různých důvodů od kontroly dodržování pravidel silničního provozu přes plánování infrastruktury až po monitoring počtu návštěvníků určitého místa, přičemž je k tomu možné využít různé techniky vhodné pro konkrétní účel. Účely sběru dat o dopravě v klidu a možné metody jsou popsány v následujících podkapitolách.

1.1 Účel sběru dat o dopravě v klidu

Nejčastěji se doprava v klidu monitoruje k zefektivnění organizace samotné dopravy v klidu. Je však možné využít i toho, že primárním účelem dopravy není doprava sama o sobě, ale dosažení nějaké aktivity v cíli cesty. Z počtu aut na parkovišti tak lze například odhadovat návštěvnost místa, ke kterému parkoviště náleží (např. nákupního centra nebo turistické oblasti).

Účely sběru dat lze rozdělit na operativní, kdy je monitorován především aktuální stav v reálném čase, a strategické, kdy je naopak potřeba mít data za delší časový úsek.

1.1.1 Operativní použití

Jak již bylo zmíněno, operativní použití dat zahrnuje takové použití, při kterém je potřeba znát aktuální stav s co nejmenší časovou prodlevou, a naopak není důležité uchovávat data za delší časový úsek. Typickým příkladem je informování řidičů o počtu volných parkovacích míst na jednotlivých parkovištích pomocí ukazatelů nebo mobilních aplikací. Dalším příkladem operativního použití je detekce porušování pravidel silničního provozu souvisejících s dopravou v klidu – např. neuhrazení parkovného, neoprávněné stání na vyhrazeném místě nebo stání v místě, kde vlivem toho dochází k ohrožování ostatních účastníků silničního provozu (např. příliš blízko přechodu pro chodce).

Zatímco v případě uzavřených parkovišť se závorami je možné mít data prakticky vždy téměř v reálném čase, v případě dohledu nad parkováním v ulicích rozlehlých rezidenčních oblastí jsou data často zjišťována pouze několikrát v daném časovém období (např. v Praze byl v roce 2019 požadavek na minimální počet průjezdů aut kontrolujících zóny placeného stání stanoven na 15 průjezdů měsíčně každou ulicí [5]).

1.1.2 Strategické použití

Strategické použití je takové použití, při kterém je potřeba znát data o dopravě v klidu za delší časový úsek, aby na jejich základě mohly být provedeny dlouhodobější záměry. Může se jednat například o zjišťování deficitu počtu parkovacích míst pro následný návrh nových parkovišť nebo jejich zpoplatnění. Dalším příkladem je zjišťování obratu vozidel na parkovišti pro návrh dostatečně kapacitních vjezdů a výjezdů na/z parkoviště. Toto se týká zejména parkovacích domů, přičemž důležité je takovéto posouzení provést při uvažování o použití automatického parkovacího systému.

1.1.3 Použití dat v této práci

V této práci nejsou data o dopravě v klidu použita pro organizování samotné dopravy klidu, ale jako data, na jejichž základě je možné odhadnout využití a potřebné parametry určitých služeb – carsharingu a elektromobility.

V případě carsharingu je možné na základě počtu aut mimo posuzovanou oblast (konkrétně sídliště Skalka) odhadnout, kolik sdílených aut by bylo teoreticky potřeba pro pokrytí veškerých potřeb dopravy automobily výhradně s využitím komunitního carsharingu. S využitím dalších dat pak lze odhadnout, pro jak velký počet obyvatel by byla daná služba skutečně atraktivní v porovnání s vlastním automobilem a jaký tedy může být reálný potenciál dané služby, včetně potřebného počtu sdílených vozidel.

V případě elektromobility je zřejmé, že nabíjení elektromobilů bude mít nezanedbatelný podíl na spotřebě elektrické energie – pokud by všechna osobní auta jezdila na elektřinu, pak by spotřebovala okolo 20 TWh elektřiny ročně, což je hodnota odpovídající přibližně 27 % současné spotřeby elektřiny v České republice [6] [7]. Kromě množství potřebné elektřiny je však důležité i rozložení jejího čerpání v čase. V současnosti standardně používané technologie nabíjení vyžadují, aby vozidla stála vedle nabíjecího stojanu –vozidla je tedy možné nabíjet pouze v době, kdy jsou zaparkovaná. Ze znalosti doby, kdy jsou vozidla zaparkovaná, odhadu jejich denní spotřeby elektrické energie a znalosti použité nabíjecí technologie lze odhadnout, jaký elektrický příkon je potřeba přivést do dané oblasti (zde sídliště Skalka) pro budoucí nabíjení elektromobilů.

1.2 Metody sběru dat

Pro sběr dat o dopravě v klidu je možné využít řadu metod, které se liší nároky na zařízení, podrobností zaznamenaných údajů a jejich přesností. Tyto metody je možné podle charakteru zjišťovaných dat rozdělit do tří skupin, které jsou popsány v následujících podkapitolách.

1.2.1 Přímé metody se zjišťováním konkrétní pozice vozidel

Přímé metody sběru dat o dopravě v klidu se zjišťováním konkrétní pozice vozidel se uplatňují zejména tam, kde znalost konkrétní pozice vozidel přináší přidanou hodnotu. Jedná se například o přesnější navádění řidičů na velkých parkovištích nebo o kontrolu stání na vyhrazených místech. Ze strategického hlediska je pak možné data využít například pro zjišťování lokálního deficitu parkovacích míst v rozsáhlejší oblasti. Konkrétní pozice

vozidel se zjišťuje také v případech, kdy je to přímo vlastnost použité metody (např. detekce kamerami zabírajícími celé parkoviště).

1.2.1.1 Detekce z obrazu kamery zabírající parkoviště

V případě této metody je parkoviště zabíráno jednou nebo více kamerami tak, aby byla pokryta celá monitorovaná plocha. Obrazy z kamer jsou následně zpracovány pomocí neuronových sítí. Výsledkem jsou informace o obsazení každého z monitorovaných parkovacích míst. Příkladem této technologie je systém společnosti Smartiple, v jehož případě je udávaná přesnost 99,7 %, aktualizace dat je možná každou sekundu a jedna kamera může pokrýt až 90 parkovacích míst. Výhodou systému je jednoduchá instalace a možnost využití stávajících kamer (vyhodnocování probíhá vzdáleně). Systém má také nízké provozní náklady, zejména při využití stávajících kamer (náklady na monitorování parkoviště na obrázku 1 v letech 2019 a 2020 pomocí dvou měrných bodů činily 1 666 CZK měsíčně včetně DPH [9]). Další výhodou je možnost rozpoznávání registračních značek vozidel (pokud je to vzhledem k rozlišení a úhlu záběru možné). Navádění ke konkrétním volným místům je u tohoto typu možné s využitím aplikace nebo pomocí externího navigačního zařízení. Určité omezení představuje nutnost volného výhledu na monitorovanou plochu. [8]

Obrázek 1: Detekce z obrazu kamery zabírající parkoviště v Děčíně [8]

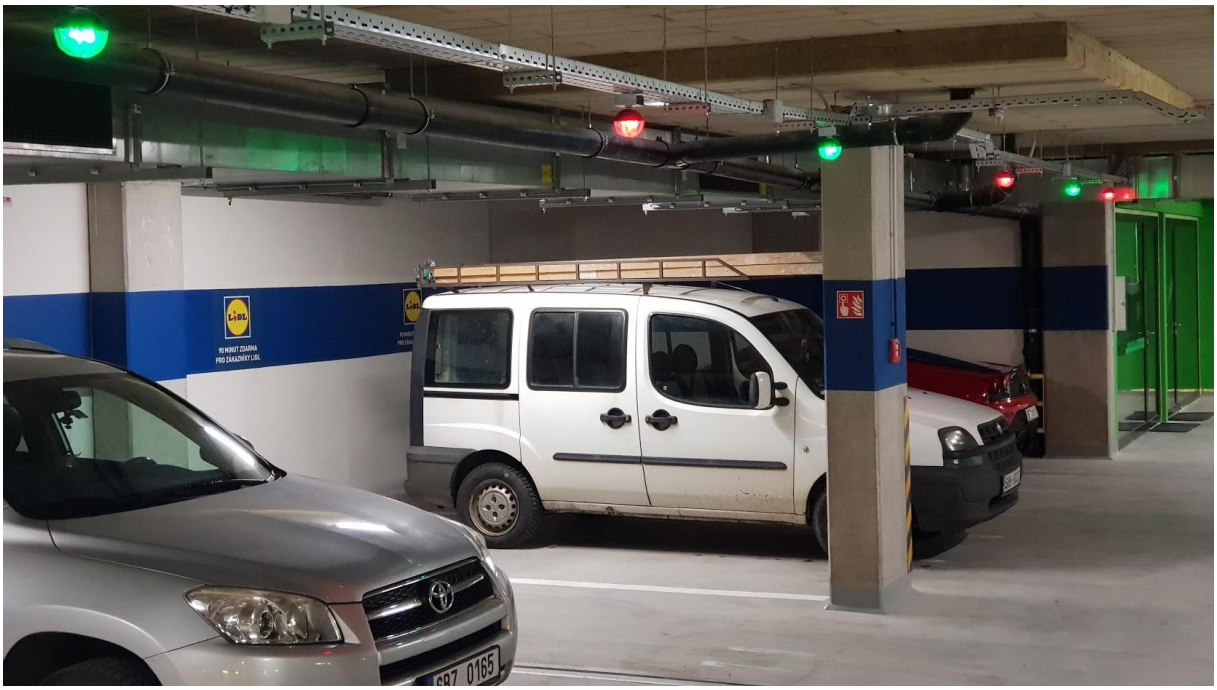
1.2.1.2 Detektory ve vozovce

Při detekci obsazenosti parkovacích míst pomocí detektorů ve vozovce je na každém monitorovaném parkovacím místě umístěn detektor, který zjišťuje, zda je nad ním zaparkované auto. Tyto detektory využívají různé fyzikální jevy – ultrazvuk, radarové odrazy, infračervené záření nebo magnetické pole. Data o obsazenosti jsou odesílána bezdrátově po vlastní síti na hlavní server, napájení je řešeno pomocí baterií v detektorech. Udávaná životnost baterií se pohybuje řádově ve vyšších jednotkách let. Cena jednoho detektoru se pohybuje kolem 100 až 200 GBP v závislosti na množství, k tomu je dále nutné připočítat náklady na bezdrátovou síť, které se pohybují řádově ve vyšších stovkách GBP. V České republice je tento typ detektorů používán na Karlově náměstí v Kolíně a v rámci projektu Smart Parking v Pardubicích. V případě Pardubic je součástí zmíněného projektu za zhruba 60 milionů CZK parkovací systém s přibližně 3 300 detektory, 85 parkovacích automatů za 18,5 milionů CZK a Městské dopravní informační centrum [12] [13]. Použité detektory umí nejen kontrolovat obsazenost parkovacích míst, ale i to, zda má stojící vozidlo platnou elektronickou rezidentní kartu (pokud je vozidlo vybaveno elektronickým zařízením PepIQ, které s detektory komunikuje) [14]. V Kolíně je použit podobný systém s 57 detektory, cena systému takovéhoto rozsahu se standardně pohybuje kolem 1 mil. CZK (2017), servisní poplatek činí 12 500 CZK měsíčně (2017) [15]. Navádění k volným místům je možné pomocí mobilní aplikace nebo externího zařízení (navigační tabule apod.). Některé typy senzorů jsou náchylnější k nepřesnostem vlivem vnějších vlivů (např. senzory na bázi infračerveného záření musí být čisté – některé nicméně umí znečištění detekovat a nahlásit). [10] [11]

Obrázek 2: Detektor ve vozovce v Pardubicích [12]

1.2.1.3 Detektory nad parkovacími místy

Detektory nad parkovacími místy fungují podobně jako detektory ve vozovce – detektor zjišťuje, zda pod ním na monitorovaném parkovacím místě stojí vozidlo. Tyto detektory většinou využívají ultrazvuk a používají se nejčastěji v parkovacích domech, protože musí být umístěné na konstrukci nad parkovacím místem. Při použití tohoto typu detekce se často používají světelné indikátory obsazenosti konkrétních parkovacích míst, které mohou být přímo součástí detektoru, nebo mohou být umístěny i samostatně, je-li to žádoucí například pro zajištění jejich lepší viditelnosti. Tyto indikátory zjednodušují orientaci na parkovišti bez nutnosti použít naváděcí tabulce nebo aplikaci v mobilním telefonu, které zvláště v podzemních garážích nemusí mít vždy dostatečný signál. [16] [17] [18]



Obrázek 3: Detektory nad parkovacími místy [18]

1.2.1.4 Snímání registračních značek kontrolním vozidlem

Kontrola parkujících aut pomocí kontrolního vozidla se využívá pro monitoring rozsáhlých zón placeného stání. Vozidlo vybavené kamerami projíždí danou oblast a snímá registrační značky parkujících vozidel. Nasnímané registrační značky se následně porovnají s neustále aktualizovanou databází vozidel s některou z forem oprávnění k parkování v dané lokalitě (rezidentní nebo abonentní parkovací karty a krátkodobé placené stání). Do roku 2022 provozovala tato vozidla v Praze firma Eltodo. Její vozidla musela každou ulicí projet alespoň 15x měsíčně, přičemž každou ulicí projela vždy dvě vozidla s odstupem několika minut,

aby byla pokutována pouze déle stojící vozidla. Jednou za měsíc pak vozidla jezdila (2019) pro statistické účely, v tomto případě se každou ulicí projíždělo 7x denně. Každé vozidlo denně ujelo kolem 200 km. Provoz sedmi vozidel stál kolem 40 mil. CZK ročně, přičemž denně tato vozidla odhalila v průměru kolem 2 000 podezření na parkovací přestupek. Úspěšnost byla kolem 95 %. V roce 2022 vyhrála výběrové řízení společnost Iterait s nabídkovou cenou 200 mil. CZK za 4 roky provozu (ostatní zájemci nabízeli své služby za 400-600 mil. CZK). Nově bylo podmínkou nejen monitorování zón placeného stání, ale i vozidel stojících např. na městské zeleni (předtím byla kontrolována pouze stanovená parkovací místa) a monitoring stavu komunikací. Výhodou této technologie je možnost monitoringu rozsáhlé oblasti s malým počtem detekčních zařízení, nevýhodou je naopak nemožnost kontinuálního monitoringu (kontrola probíhá maximálně pouze několikrát denně). [5] [19]

Obrázek 4: Vozidlo pro kontrolování zón placeného stání společnosti Eltodo [5]

1.2.1.5 Ruční zaznamenávání pozorovatelem

Při ručním zaznamenávání pozorovatel zaznamenává polohu vozidel na papír nebo do aplikace, do této skupiny však lze zařadit také situace, kdy výběrčí parkovného na menším parkovišti navádí auta na konkrétní volná místa podle aktuální obsazenosti nebo situaci, kdy policie kontroluje parkování podle pravidel a následně uděluje pokuty.

Ruční zaznamenávání je technicky nenáročné, jeho použití pro kontinuální monitoring by však vyžadovalo značné množství lidských zdrojů, proto se pro tento účel nevyužívá. Kromě specifických případů zmíněných na začátku odstavce nachází tato metoda uplatnění převážně při ojedinělých průzkumech v oblastech, kde není k dispozici kontinuální strojová detekce, tedy zejména ke strategickým účelům.

1.2.2 Přímé metody měření počtu vozidel v dané oblasti

V případě přímých metod měření počtu vozidel v dané oblasti se zjišťují přímo počty aut v definované oblasti, již se však nezjišťuje, kde konkrétně vozidla v této oblasti stojí. Do této skupiny spadají zejména metody založené na průjezdu přijíždějících a odjíždějících vozidel určeným kordonem nebo evidence na základě vydaných parkovacích lístků. Pro řadu aplikací je takovýto rozsah dat dostačující.

1.2.2.1 Detekce kamerami na vjezdech a výjezdech

V případě detekce aut kamerami se snímá především jejich registrační značka. Nejčastěji se používají společně se závorami na vjezdech do fyzicky ohraničených oblastí a jejich účelem je rozpoznání konkrétních vozidel. V případě vzjedu do uzavřených areálů se závory mohou otvírat vybraným vozidlům bez nutnosti přikádat čip k senzoru. Další využití je u veřejných parkovišť, kde je pomocí kamer parkovací lístek přiřazen konkrétnímu vozidlu a není tak možné z parkoviště vyjet s novějším parkovacím lístkem s deklarovanou kratší dobou parkování. Pro řidiče pak tento systém často přináší benefit v podobě otvírání závor při odjezdu na základě načtení registrační značky bez nutnosti přikládat ke čtečce parkovací lístek. Tento systém detekce umožňuje sledovat nejen obsazenost parkoviště, ale i dobu pobytu jednotlivých vozidel.

Obrázek 5: Detekce vozidel (registračních značek) kamerami na vjezdu [20]

1.2.2.2 Počítání vozidel projíždějících závorami

Počítání vozidel projíždějících závorami je z pohledu získaných dat podobné detekci pomocí kamer na vjezdech – při vjezdu obdrží řidič parkovací lístek, který poté znovu načte při odjezdu (popř. může místo parkovacího lístku použít čip). Z těchto údajů pak lze zjistit aktuální obsazenost parkoviště a dobu pobytu vozidel. Oproti systému s kamerami je však obtížnější zabránit podvádění s vyzvednutím novějšího lístku před odjezdem.

1.2.2.3 Počet vystavených parkovacích lístků

Monitorování počtu parkujících vozidel sledováním počtu aktuálně vystavených parkovacích lístků lze na rozdíl od dříve popsaných technologií, využívajících kamery na vjezdech nebo závory, využít i v případech, kdy není monitorována uzavřená oblast, ale například běžná uliční síť. Výhodou jsou poměrně nízké náklady, nevýhodou je naopak nemožnost zaznamenání neplatících vozidel bez využití dalších detekčních metod (např. kontrolních vozidel nebo příslušníků policie).

1.2.2.4 Ruční zaznamenávání pozorovatelem

Ruční zaznamenávání počtu vozidel je podobné jako ruční zaznamenávání jejich polohy, akorát se zjišťuje pouze jejich počet a nikoliv poloha. V obou případech může zaznamenávání probíhat na papír nebo pomocí aplikace a stejně tak jsou oba případy vhodné spíše pro ojedinělé průzkumy pro strategické účely v lokalitách, kde není používán některý z automatických systémů. Za operativní použití lze považovat situaci, kdy auta počítá výběrčí parkovného regulující vjezd na dané parkoviště, tento způsob výběru je však již v současnosti na ústupu.

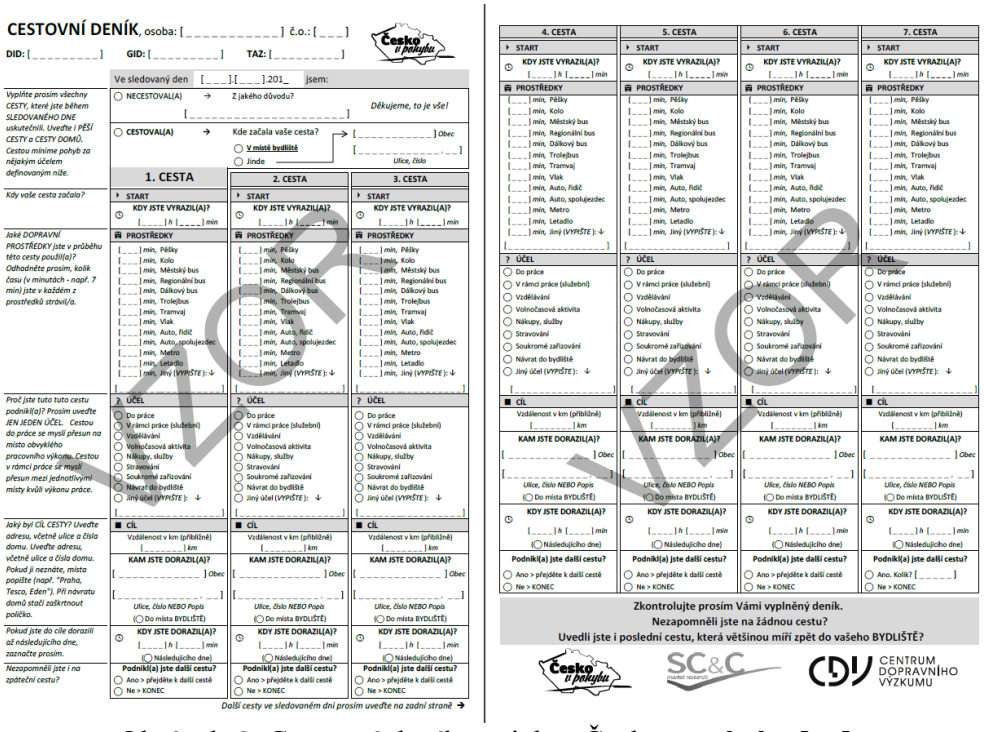
1.2.3 Nepřímé metody

V případě nepřímých metod se nemonitorují samotná parkující auta, ale zjišťují se jiná data, z nichž lze údaje o dopravě v klidu odvodit.

1.2.3.1 Analýza průzkumů dopravního chování

Jednou z nepřímých metod je analýza průzkumů dopravního chování. V rámci těchto průzkumů se často vyplňují cestovní deníky (obrázek 6), do kterých respondenti zaznamenávají své cesty včetně jejich účelu a dopravního prostředku. Z těchto dat je možné určit, v jaký čas byli lidé v které lokalitě a jakým dopravním prostředkem se tam dopravili. V případě použití osobních automobilů je zřejmé, že v dané lokalitě museli po nějakou dobu parkovat, a z tohoto důvodu je možné tato data využít i pro získání určitých dat o parkování.

Nevýhodou tohoto přístupu je, že se většinou takovéto průzkumy zabývají poměrně rozsáhlými oblastmi, přičemž v dílčích podoblastech bývají data pouze od menšího počtu respondentů, kteří navíc zaznamenávají jen omezený počet dnů. Naopak výhodou je znalost účelu cest a demografických a socio-ekonomických údajů, díky čemuž lze určit, kdy nejčastěji lidé parkují auta v místě bydliště, v práci nebo u nákupních center. Dále je možné určit, jak se liší chování lidí v závislosti na jejich demografických a socio-ekonomických charakteristikách. Tento způsob získávání dat o dopravě v klidu je vhodný výhradně pro strategické účely, přičemž v případě potřeby podrobnějších dat k určité lokalitě je možné zpracovat průzkum dopravního chování speciálně pro tuto lokalitu. Je však nutné počítat s tím, že vzhledem k nutnosti aktivní spolupráce respondentů se i tak nepodaří získat data od všech relevantních osob.



Obrázek 6: Cestovní deník projektu Česko v pohybu [21]

1.2.3.2 Využití dat mobilních operátorů

Další možností nepřímého sběru dat je analýza dat mobilních operátorů. S využitím zbytkových signalizačních dat zařízení připojených k mobilní síti je možné zjistit jejich polohu v čase, z čehož je poté možné určit, odkud kam a kudy se zařízení (např. mobilní telefon v autě) pohybovalo. Z těchto dat je pak možné zjistit, kolik přibližně je v dané lokalitě zaparkováno vozidel. Kromě toho lze z dat zjistit i dopravní proudy aut nebo cestujících MHD a na základě toho pak např. optimalizovat linky MHD nebo vytipovat vhodnou polohu pro parkoviště P+R. Na rozdíl od metod pro přímé měření, zejména pak přímé měření

se zjišťováním polohy vozidel (kapitola 1.2.1), jsou data získaná v tomto případě pouze orientační, není však potřeba instalovat žádné senzory. Na této metodě sběru dat je založena česká aplikace eParkomat, která využívá data operátora T-Mobile/Deutsche Telekom. Na svém webu uvádí přesnost až 96 %, přičemž systém se kalibruje na základě porovnání predikované situace a reálné situace s využitím strojového učení. [22]

1.2.4 Shrnutí možností metod sběru dat o dopravě v klidu

Z předchozích podkapitol je zřejmé, že v současnosti je na trhu k dispozici značné množství různých technologií pro monitorování dopravy klidu, přičemž různé technologie mají silné stránky v různých oblastech použití. Z tohoto důvodu je vhodné používat v jednom městě na různých místech různé technologie – například v parkovacích domech lze s výhodou použít detektory se signalizací nad parkovacími místy, na ulici s rezidentním parkováním detektory ve vozovce, na ohraničených placených parkovištích systémy se závorami, na neohraničených parkovištích systémy využívající detekci z obrazu kamer a na ulicích bez regulace parkování data mobilních operátorů. Pro kontrolu stání mimo vyznačená místa a monitoring stavu komunikací je možné využít kontrolní vozidla. Při používání více různých systémů lze navíc využít synergické efekty, kdy data z přesnějších detekčních systémů (např. detektory ve vozovce nebo kontrolní vozidla) lze využít pro kalibraci méně přesných systémů (např. založených na datech mobilních operátorů). Uvedené příklady detekčních metod umožňují získání dat pro operativní i strategické účely. Pro strategické účely je dále vhodné pravidelně provádět průzkumy dopravního chování.

1.2.5 Metoda použitá v této práci

Pro účely této práce – tedy analýzu potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů a odhadu potenciálu carsharingu v prostředí panelového sídliště – je potřeba znát časové rozmezí, ve kterém bylo každé jednotlivé zaznamenané vozidlo ve zkoumané oblasti zaparkované. V úvahu tedy přichází pouze metody sběru dat, které jsou schopné rozlišit konkrétní vozidla:

- Detekce z obrazu kamery zabírající parkoviště
- Detektory ve vozovce
- Detektory nad parkovacími místy
- Snímání registračních značek kontrolním vozidlem
- Detekce vozidel kamerami na vjezdech a výjezdech
- Ruční zaznamenávání pozorovatelem

Detekce z obrazu kamer zabírajících parkoviště je vhodná v situacích, kdy se parkovací místa v lokalitě koncentrují na několik málo parkovacích ploch, na které je dobrý výhled. Na sídlištích však obvykle bývají parkovací místa rozmístěná relativně nahodile, vzhledem k jejich nedostatku se navíc často parkuje i mimo vyznačené plochy. Použití této metody pro sídliště by tedy vyžadovalo větší počet kamer. Využití detektorů ve vozovce nebo nad parkovacími místy by vyžadovalo velké množství detektorů, u kterých by bylo dále nutné řešit jejich umístění vyžadující pomocné konstrukce nebo umístění do vozovky. Tyto metody navíc také nejsou schopny detekovat vozidla parkující mimo vyznačená místa. Snímání registračních značek kontrolním vozidlem by umožnilo zaznamenat i vozidla stojící mimo vyznačená parkovací místa, pro dostatečnou frekvenci projíždění oblastí by navíc mohlo postačovat i jediné kontrolní vozidlo (v závislosti na nutnosti zajíždět do různých zákoutí). Nejjednodušší automatizovanou metodou je detekce vozidel kamerami na vjezdech/výjezdech do/z oblasti, její efektivní použití nicméně vyžaduje oblast s malým počtem vjezdů/výjezdů. Technicky ještě jednodušší metodu představuje ruční zaznamenávání pozorovatelem, který může oblastí procházet nebo zaznamenávat vozidla na vjezdech/výjezdech. Pro zajištění dostatečné frekvence procházení oblastí nebo monitorování všech vjezdů/výjezdů však tato metoda může být personálně náročná.

Z uvedených metod se pro jednorázový průzkum na sídlišti jeví jako prakticky proveditelné poslední tři uvedené, konkrétně tedy:

- Snímání registračních značek kontrolním vozidlem
- Detekce vozidel kamerami na vjezdech a výjezdech
- Ruční zaznamenávání pozorovatelem

Z těchto metod je pak za ideálních podmínek nejpraktičtější druhá uvedená metoda – detekce vozidel kamerami na vjezdech a výjezdech. Ideální podmínky spočívají ve zmíněném malém počtu vjezdů/výjezdů. Ačkoliv je řada sídlišť napojena na okolní silniční síť mnoha komunikacemi, některá mají vjezdů/výjezdů minimum. Příkladem právě takových sídlišť jsou sídliště Pod Vyhlídkou a Skalka v Ústí nad Labem.

Sběr dat pro potřeby této práce byl proveden metodou detekce vozidel kamerami na vjezdech a výjezdech na zmíněném sídlišti Skalka v Ústí nad Labem, neboť toto sídliště má pro tento účel vhodnou topologii a data o pohybu vozidel byla dále využita v projektu zabývajícím se nedostatkem parkovacích míst na tomto sídlišti.

2 Elektromobilita a carsharing

2.1 Elektromobilita

Elektromobilita zahrnuje široké spektrum elektrických dopravních prostředků od mikromobility (elektrokola, elektrokoloběžky, …) až po velké dopravní prostředky jako elektrické vlaky a lodě. Tato práce se zaměřuje na elektromobilitu v automobilové dopravě, pojem „elektromobilita“ je zde proto používán právě v tomto užším slova smyslu pro elektromobilitu v osobních automobilech (není-li zmíněno jinak).

V této části práce jsou nejprve popsány různé způsoby elektrifikace osobních automobilů a vymezeny pohony relevantní pro tuto práci. Následně je řešena problematika technického řešení nabíjení elektromobilů a nabíjecí infrastruktury. Poté je proveden rozbor spotřeby elektřiny pro jejich nabíjení, a nakonec jsou popsány očekávané dopady rozvoje elektromobility na českou přenosovou a distribuční soustavu.

2.1.1 Dělení automobilů dle míry elektrifikace

Automobily mohou být elektrifikované v různé míře – kromě plně elektrických bateriových elektromobilů existují vozidla využívající jako zdroj elektřiny palivové články nebo různé typy hybridů, které kombinují elektrický pohon a spalovací motor. Důvodem rozvoje elektrifikace je zejména snaha o snížení emisí – výhodou provozu čistě na elektřinu jsou nulové lokální emise výfukových plynů, v případě výroby elektřiny z čistých zdrojů (obnovitelné zdroje, jádro) jsou minimální i celkové provozní emise. Dalšími výhodami je potenciální omezení závislosti na ropě a velký točivý moment elektromotorů. Nevýhodou čistě elektrických vozů oproti vozům se spalovacími motory je však v současnosti kratší dojezd a vyšší cena – proto existují i hybridní vozidla, kombinující elektrický pohon a spalovací motor. To hybridům umožňuje ujet kratší vzdálenost na elektřinu při zachování velkého celkového dojezdu a nižších prodejních cen (oproti ryzím elektromobilům). Zároveň u nich dochází ke snížení emisí výfukových plynů provozem spalovacího motoru v optimálnějších podmínkách z hlediska měrné spotřeby (výkonové výkyvy jsou do určité míry řešeny elektrickým motorem). Do jaké míry se tyto benefity uplatňují nicméně závisí na konstrukčním řešení pohonu vozidla a jeho provozování. Různé varianty elektrifikace automobilů jsou popsány v tabulce 1 a detailněji pak v příloze A. [23]

		Vozidlo se spalovacím motorem	Mild hybrid	Full hybrid	Plug-in hybrid	Hybridní elektromobil	Elektromobil s range extenderem	Bateriový elektromobil	Vozidlo s palivovým článkem
Technické a uživatelské parametry	Typická kapacita baterie [kWh]	-	0,5	1,5	10-15	15	20-40	30-100	1,5
	Výkon elektromotoru [kW]	-	5-15	30-100	50+	100+	100+	60+	100+
	Výkon spalovacího motoru [kW]	50+	60+	70+	70+	70+	20-60	-	-
	Dojezd bez lok. emisí [km]	-	popojíždění	5	50	50	200-300	200-500	650
	Dojezd celkový [km]	800+	800+	800+	800+	800+	300-400	200-500	600
	Snížení spotřeby fosilního paliva	-	5 %	20 %	80 %	80 %	80-100 %	100 %	100 %
	Doba tankování/nabíjení 10-100 % (10-80 %) [min]	5	5	5	5 + 120[1]	5 + 30[1]	40-80 (20-40)	40-80 (20-40)	5
Funkce	E-boost	-	ANO	ANO	ANO	ANO	-	-	ANO
	Rekuperace	-	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
	Jízda na elektřinu	-	popojíždění	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
	Dobíjení ze zásuvky	-	-	-	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
	Dobíjení spalovacím motorem	-	-	ANO	ANO	ANO	ANO	-	-
	Jízda se spalovacím motorem	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	-	-	-
Trh	Podíl na trhu v EU (2020)	84,4 %		5 %	5 %		5,6 %		0 %
	Vývoj podílu na trhu v EU	klesá	stoupá	stoupá	stoupá		již mimo nabídku	stoupá	stoupá
	Cena v ČR[2] [CZK] (základní komfortní výbava)[3]	640 000	710 000	810 000	940 000	-	-	1 340 000	1 900 000
	Cena v ČR[4] [CZK] (podobná výbava)	750 000	800 000	920 000	1 100 000	-	-	1 480 000	1 900 000

[1] nabíjení baterie
[2] porovnávána vozidla Hyundai Tucson (Comfort), Hyundai Ioniq 5 (72 kWh, Style) a Hyundai Nexo (Style)
[3] dvouzónová automatická klimatizace, parkovací kamera a senzory vzadu, digitální přístrojový panel
[4] porovnávána vozidla Hyundai Tucson (Style), Hyundai Ioniq 5 (72 kWh, Style) a Hyundai Nexo (Style)
Zdroje: [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [42]

Tabulka 1: Možnosti elektrifikace automobilů

2.1.1.1 Pohony automobilů relevantní pro analýzu v této práci

Pohony automobilů jsou v této práci relevantní primárně pro část zabývající se analýzou potřebného výkonu pro nabíjení elektrických automobilů. Tato problematika se týká vozidel nabíjených z externí elektrické sítě pomocí nabíjecích stanic nebo i jen obyčejné elektrické zásuvky. Z tabulky 1 a přílohy A je zřejmé, že se jedná nejen o elektromobily s čistě bateriovým pohonem, ale i plug-in hybridy, elektrické hybridy a elektromobily s range extendery.

Pro analýzu požadavků na nabíjecí výkon je potřeba odhadnout předpokládaný podíl těchto vozidel v budoucím vozovém parku. Aktuálním trendem je snižování emisí výfukových plynů, přičemž v roce 2035 by mělo v EU dojít k zákazu prodeje nových osobních automobilů se spalovacími motory, s výjimkou vozidel poháněných klimaticky neutrálními palivy [69]. V roce 2026 je plánováno prověření reálnosti tohoto cíle [69], nicméně je pravděpodobné, že i v případě jeho přehodnocení k podobnému omezení dojde, byť to může být o pár let později. Vzhledem k umožnění prodeje vozidel se spalovacími motory využívajícími klimaticky neutrální paliva však bude možné i po uvedeném zákazu prodávat vozidla s kterýmkoliv typem pohonu uvedeným v kapitole 2.1.1 a příloze A, včetně čistě spalovacích vozidel, neznemožní-li to jiná regulace (přímo či nepřímo přílišným prodražením).

Kromě legislativního hlediska ovlivňují tržní podíl jednotlivých typů vozidel i pořizovací a provozní náklady a užitné vlastnosti. Z hlediska pořizovacích nákladů je z tabulky 1 zřejmé, že s rostoucí mírou elektrifikace pohonu vozidla roste i jeho cena – v případě středních mainstreamových SUV je cena elektromobilu (s větším dojezdem) v porovnání se spalovacím vozidlem přibližně dvojnásobná. Vodíkové automobily jsou pak oproti spalovacím téměř trojnásobně dražší. Na vyšší ceně však má jistý podíl i obvykle o něco bohatší výbava. Přestože byly porovnávány podobné výbavové stupně, vozidla s dražšími pohony mívají prémiovější charakter, a tudíž se u nich vyskytují i některé výbavové prvky, které levnější vozidla nemají. Některé výbavové prvky pak mohou být vázány na specifika daných pohonů, např. na automatickou nebo jednostupňovou převodovku. Z hlediska budoucího vývoje cen lze očekávat zdražování vozidel se spalovacími motory v důsledku zpřísňujících se požadavků na emise, zlevňování elektromobilů vlivem technického pokroku a úspor z rozsahu a zlevňování vodíkových automobilů vlivem technického pokroku a výraznějších úspor z rozsahu (zatímco v případě elektromobilů se již v současnosti v Evropě ročně prodávají vyšší statisíce vozidel [23], v případě vodíkových vozidel jsou to pouze nižší jednotky tisíc (patrné z grafu A12 v příloze A), pro úspory z rozsahu je zde tedy větší prostor).

Dle BloombergNEF (2021) [88] by k cenové paritě mezi spalovacími vozidly a elektromobily mohlo dojít v roce 2028, v optimistickém případě již v roce 2025. Důležitým předpokladem je pokles cen baterií na 60-80 USD/kWh. Baterie dlouhodobě zlevňují, mezi roky 2021 a 2022 však došlo k nárůstu ceny ze 132 USD/kWh na 135 USD/kWh (údaje BloombergNEF (2022), jiné zdroje uvádí cenu 120-200 kWh/USD nebo 150 USD/kWh [89]). Důvodem je růst cen materiálů. Ačkoliv se nejedná o velký nárůst, v případě dlouhodobějšího zpomalení poklesu cen může v důsledku toho dojít k cenové paritě až o několik let později, než bylo ještě nedávno předpokládáno [90]. [32] [33] [34]

Při odhadu provozních nákladů lze vycházet z účinnosti pohonu, protože i v případě vodíku a syntetických paliv se počítá s jejich získáváním pomocí elektrické energie z čistých zdrojů. Všechny typy pohonů tedy vyžadují elektřinu. V případě bateriového elektromobilu se udává účinnost pohonu 70-80 %, v případě vodíkového automobilu 25-35 % a v případě automobilu se spalovacím motorem na syntetická paliva 12-20 % [35]. Vodíkových automobil tedy pro svůj pohyb vyžaduje 2x-3x více elektřiny než bateriový elektromobil, automobil se spalovacím motorem na syntetická paliva pak 4x-5x více, přičemž ve všech těchto případech musí nakonec uživatel potřebnou elektřinu nějakým způsobem zaplatit. V případě vodíku a syntetických paliv je možné uvažovat s využitím levnější elektřiny v důsledku její výroby ve vhodnějších podmínkách pro obnovitelné zdroje (např. severní Afrika [91]) nebo s využitím elektráren určených primárně pro produkci těchto paliv, což by mohlo vést k omezení vlivu cenových výkyvů na trhu s elektřinou. Vzhledem k relativně velkému rozdílu v potřebném množství energie a případné nutnosti přepravy paliv z výrobních lokalit s vhodnými podmínkami ke spotřebitelům však lze předpokládat, že z pohledu nákladů na zajištění elektřiny/paliva bude i tak provoz elektromobilu levnější než provoz vozidla na vodík, jehož provoz bude o něco levnější než provoz vozidla na syntetická paliva. Elektřinu si navíc může řada uživatelů vyrobit po část roku sama ve vlastních fotovoltaických elektrárnách. Tento potenciální benefit však může být dostupný i uživatelům vozidel na syntetická paliva nebo vodík, pokud se jedná o plug-in hybridy. Plug-in hybridy na vodík sice v současnosti na trhu nejsou, technicky by ale nemělo nic bránit tomu, aby se v budoucnu na trhu objevily.

Z pohledu uživatelských vlastností se elektromobily, vodíkové automobily a automobily na syntetická paliva liší zejména dojezdem na jedno nabití/natankování a rychlostí a složitostí nabíjení/tankování. Jak je patrné z tabulky 1, elektromobily mají v současnosti menší dojezd než vozidla se spalovacími motory i vozidla na vodík. Oproti tankování zmíněných paliv

navíc trvá nabití elektromobilu déle. Z průzkumu trhu fleetových vozů společnosti EY (2021) [81] vyplývá, že kromě pořizovací ceny vnímají firmy i zaměstnanci jako největší překážku v nákupu a užívání elektromobilů právě dojezd na jedno nabití, rychlost nabíjení a dostupnost nabíjecích stanic. Nevýhodu v podobě kratšího dojezdu je možné do jisté míry eliminovat nabíjením po dobu odstavení vozidla (např. přes noc v místě bydliště). V takovém případě se nevýhoda v podobě kratšího dojezdu projeví prakticky jen na delší trasách, i při nich však řidiči obvykle dělají přestávky kvůli návštěvě WC, protáhnutí se nebo občerstvení, přičemž během této přestávky je možné vozidlo nabít. Jak je zřejmé z tabulky 1, moderní elektromobily je možné nabít s využitím rychlonabíjecí stanice z 10 % na 80 % za 20-40 min, z 10 % na 100 % pak za 40-80 min. Delší pauza například kvůli zmíněnému občerstvení by tedy měla být pro tyto účely dostatečná. Při předpokladu potřeby takovéto pauzy po 3 až 4 hodinách jízdy po dálnici je potřeba, aby byl elektromobil schopen po dálnici ujet zhruba 400 km bez nutnosti nabíjet bez ohledu na počasí. Dle kalkulačky dojezdu firmy Škoda pro model Enyaq iV 80 je v zimě na dálnici spotřeba přibližně o 75 % vyšší než na jaře při jízdě mimo město, kdy je spotřeba podobná normovaným hodnotám [67]. Při uvažování rezervy 10 % je tedy pro uvedený případ potřeba, aby byl normovaný dojezd elektromobilu přibližně 800 km. Pokud se uživatel spokojí s dojezdem na dálnici 300 km, pak je dostačující normovaný dojezd kolem 600 km. Dojezd stávajících elektromobilů se již pohybuje kolem 500 km, dosažení uvedených hodnot by tedy v budoucnu mělo být reálné díky kombinaci větších baterií a technického pokroku na straně jejich energetické hustoty. Stejně tak lze předpokládat další rozvoj nabíjecí infrastruktury. V případě vodíkových automobilů je tankování rychlé a i dojezd je větší než u elektromobilů, vyžadují však poměrně sofistikované a drahé plnicí stanice, jejichž počet je v současnosti minimální. V budoucnu by jich však mělo přibývat, a i když jejich hustota bude pravděpodobně nižší než hustota rychlonabíjecích stanic, nemuselo by to vzhledem k vyšší rychlosti tankování představovat nevýhodu. Největší dojezd a nejjednodušší tankování je v případě vozidel na syntetická paliva. Jejich výhodou je rozsáhlá síť čerpacích stanic, navíc lze palivo jednoduše a rychle doplnit i v polních podmínkách například z kanystru.

Z předchozích odstavců vyplývá, že elektromobily budou v budoucnu stát podobně jako vozidla se spalovacím motorem, oproti kterým by měly mít nižší provozní náklady. Jejich nevýhodou oproti vozidlům se spalovacím motorem je kratší dojezd, který však pravděpodobně bude pro většinu uživatelů postačující. Vyšší dojezd oproti elektromobilům nabídnou vodíkové automobily, avšak za cenu vyšších provozních nákladů, které by nicméně

měly být nižší než v případě vozidel spalujících syntetická paliva. Otázkou je jejich pořizovací cena. Cena vozidel na syntetická paliva bude pravděpodobně podobná jako cena elektromobilů, avšak jejich provozní náklady budou vyšší než u ostatních pohonů. Jejich výhodou je technicky nenáročné tankování. Vzhledem k uvedeným výhodám bateriového pohonu je pravděpodobné, že v případě vozidel na syntetická paliva se bude jednat většinou o plug-in hybridy, umožňující levné denní dojíždění do práce na elektřinu, kterou si uživatel může alespoň částečně vyrobit i sám pomocí vlastní fotovoltaické elektrárny. Ze stejných důvodů je možné předpokládat, že se na trhu objeví i plug-in hybridní vodíkové automobily. Osobní automobily jsou obecně komplexní produkty s řadou možných vlastností, které nebyly v této podkapitole zmíněny, popř. jen okrajově – výbava, design, prostor, nadstandardní výkon nebo zrychlení apod. Ačkoliv tyto vlastnosti také ovlivňují atraktivitu vozidel pro zákazníky, většinou nejsou principiálně vázány na některý z uvedených typů pohonů a pokud ano, pak jich lze často dosáhnout hybridizací (např. zrychlení, rekuperace) nebo příplatkovou výbavou (např. automatická převodovka). Tudíž lze předpokládat, že z pohledu volby pohonu nebudou mít zásadní vliv – větší vliv bude mít cenová kategorie vozidla. U pohonů s menším tržním podílem nicméně může být méně rozmanitá nabídka.

Vzhledem k uvedenému je pravděpodobné, že většinu vozidel budou v budoucnu tvořit elektromobily, které budou pro většinu uživatelů nejvýhodnější. Vodíkový pohon se pravděpodobně uplatní v případě vozidel jezdících často na dlouhé cesty, syntetická paliva se pak budou využívat hlavně v případech, kdy pro uživatele představuje výhodu kromě dojezdu i jednoduché tankování. V případě vozidel na vodík i vozidel na syntetická paliva pak lze předpokládat jejich řešení i jako plug-in hybridy. Vzhledem k předpokládané dominanci bateriových elektromobilů a pravděpodobnému rozšířenému řešení ostatních pohonů jako plug-in hybridy je pro účely této práce předpokládán 100% podíl elektromobilů. Vzhledem k řešené problematice (potřebný výkon pro nabíjení) je tento předpoklad „na straně bezpečnosti“, zároveň se však vzhledem k uvedeným informacím pravděpodobně nejedná o odhad zbytečně nadsazený.

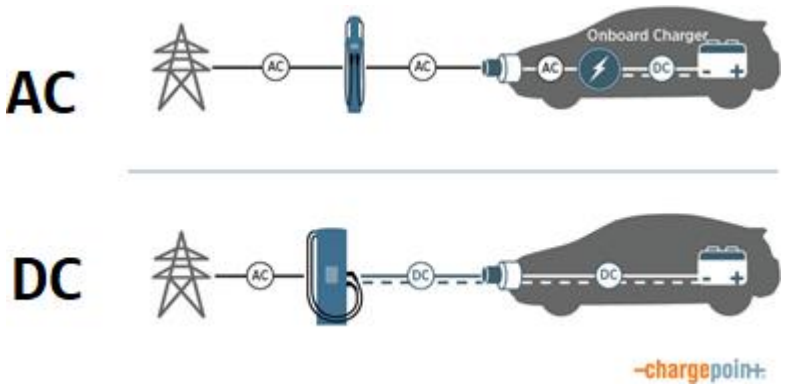
2.1.2 Nabíjení elektromobilů

Nabíjení se ze stávajících elektrifikovaných vozidel týká bateriových elektromobilů, elektromobilů s range extendery, hybridních elektromobilů a plug-in hybridů. Existuje více způsobů nabíjení, které se liší typem elektrického proudu (stejnosměrný, střídavý) a výkonem,

přičemž vozidla s menšími bateriemi většinou neumožňují využívání těch nejvyšších nabíjecích výkonů (zejména plug-in hybridy). [23] [38]

Nabíjení lze rozdělit na dvě základní skupiny – nabíjení pomocí střídavého proudu (AC) a nabíjení pomocí stejnosměrného proudu (DC). V elektrické síti je vždy střídavý proud, zatímco baterie se dobíjí vždy stejnosměrným proudem, mezi elektrickou sítí a baterií vozidla tedy musí dojít k usměrnění proudu. V případě AC nabíjení dochází k usměrnění proudu v palubní nabíječce vozidla. Toto řešení je ale použitelné jen pro menší výkony, konkrétní maximální využitelná hodnota u každého vozidla závisí právě na palubní nabíječce, současná běžně dostupná maximální možná hodnota nabíjecího výkonu je 22 kW. Druhou možností je změna proudu ze střídavého na stejnosměrný v nabíjecí stanici, pak se jedná o DC nabíjení. V tomto případě je možné nabíjet vozidlo vyšším výkonem, v případě některých nabíjecích stanic až 350 kW, pokud to tedy umožňuje konstrukce vozidla. [51]

Podrobnější popis různých typů nabíjení, potřebných komponent, současného stavu nabíjecí infrastruktury v České republice i nekonvenčních technologií je uveden v příloze B.



Obrázek 7: Základní dělení nabíjení elektrických vozidel [51]

2.1.2.1 Parametry nabíjení pro analýzu v této práci

Jak vyplývá z údajů v části 1 v příloze B, standardně jsou v současnosti rozšířené technologie nabíjení využívající manuální fyzické připojení vozidla k nabíjecí stanici pomocí kabelu s normovaným konektorem. Nekonvenční technologie využívající automatické fyzické připojení vozidla nebo elektromagnetickou indukci jsou v současné době stále ve vývoji. Jejich výkonové parametry jsou podobné jako v případě konvenčního AC nabíjení a pomalejších rychlonabíjecích DC stanic, v případě elektromagnetické indukce jsou však předpokládané větší ztráty. Technologie V2X není v současnosti příliš rozšířená, většinou se navíc jedná o jednodušší provedení V2L.

Vzhledem k uvedenému bylo v této práci zvoleno klasické nabíjení pomocí kabelu, případné budoucí zavedení nekonvenčních technologií by nicméně nemělo mít významný vliv na potřebný příkon stanic. Z důvodu výkonu, bezpečnosti a případné možnosti řízení je počítáno s využitím wallboxů pro rezidenční nabíjení a rychlonabíjecích stanic pro návštěvy apod. (tedy režimy 3 a 4 dle ČSN EN IEC 61851-1, jejichž bližší popis je v příloze B). S využitím technologie V2G se vzhledem k její aktuální úrovni neuvažuje.

V případě rezidentního nabíjení byly zvoleny k prověření následující varianty konvenčního nabíjení:

- 22kW wallboxy pro každé parkovací místo (každodenní nabíjení)
- 11kW wallboxy pro každé parkovací místo (každodenní nabíjení)
- 22kW řízené wallboxy pro každé parkovací místo (řízené každodenní nabíjení)
- 11kW řízené wallboxy pro každé parkovací místo (řízené každodenní nabíjení)
- 22kW wallboxy pro některá parkovací místa (občasné nabíjení)
- 11kW wallboxy pro některá parkovací místa (občasné nabíjení)

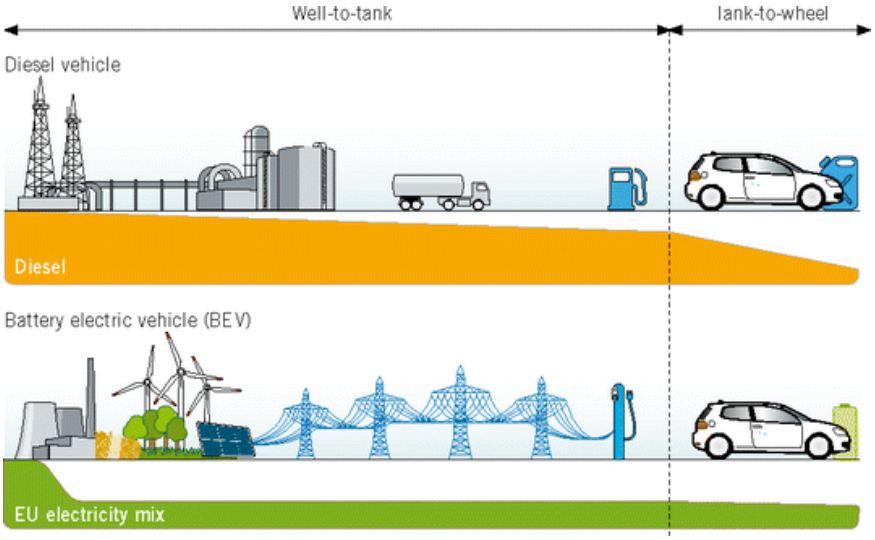
Cílem je prověřit vliv různých způsobů nabíjení na potřebný celkový nabíjecí výkon a nezbytný počet nabíjecích stanic v případě občasného nabíjení.

Popsané nekonvenční technologie nabíjení by v případě využití elektromobilů v rámci carsharingu mohly vést ke zvýšení uživatelského komfortu a tím i atraktivity této služby. Vzhledem k tomu je potenciální využití těchto technologií této oblasti diskutováno v části práce zabývající se carsharingem.

2.1.3 Energetické potřeby elektromobility

Na rozdíl od pohonu spalovacím motorem, kde jsou největší energetické ztráty přímo v pohonu vozidla, dochází v případě elektromobilů k největším energetickým ztrátám v elektrárnách, jak ilustruje obrázek 8. V systému distribuce elektřiny do vozidel i v samotných vozidlech již jsou ztráty poměrně malé. Vzhledem k zaměření této práce v oblasti elektromobility na příkon pro nabíjení je při posuzování energetických potřeb elektromobility v této práci relevantní pouze řetězec od výstupu z elektrárny po baterii vozidla, neboť účinnost elektráren má vliv na množství paliva, které tyto elektrárny spotřebují, ne na množství elektřiny potřebné pro elektromobilitu, a účinnost převodů a elektromotorů vozidla se projeví ve spotřebě elektřiny odebírané z baterie. Pro modelování požadované doby nabíjení je potřeba znát spotřebu modelového vozidla, pro stanovení

potřebného elektrického výkonu pro nabíjení přivedeného na sídliště je potřeba znát účinnost nabíjení a pro stanovení potřebného výkonu dodaného do sítě elektrárnami je potřeba znát účinnost přenosové a distribuční soustavy. I když jsou zmíněné ztráty v relevantní části řetězce relativně malé, nelze je vzhledem k velkému odběru elektřiny zanedbat. Ztráty jsou v této práci vyjádřeny v procentech jako energie, kterou je potřeba dodat navíc.



Obrázek 8: Energetické ztráty u různých pohonů [59]

2.1.3.1 Spotřeba modelového vozidla

Pro stanovení spotřeby modelového vozidla je možné použít v zásadě dva přístupy:

- určení na základě průměrné spotřeby vozidel na trhu
- určení na základě údajů vybraného reprezentativního vozidla

Oba uvedené způsoby mají jisté přednosti i nedostatky. V případě stanovení spotřeby modelového vozidla na základě průměrné spotřeby vozidel na trhu je otázkou reprezentativnost dat vycházejících ze stávajícího stavu trhu pro predikci jeho budoucího stavu. Z tabulky 1 vyplývá, že elektromobily mají výrazně vyšší pořizovací cenu než běžná auta se spalovacími motory. I levnější elektromobily stojí kolem 1 milionu CZK, což je v případě dostupnějších vozidel dvojnásobek ceny ekvivalentních vozidel se spalovacím motorem. V důsledku toho se aktuální nabídka elektromobilů pohybuje v oblasti luxusnějších vozů. Průměrné parametry elektromobilů na trhu jsou tedy průměrné parametry dražších vozidel. Nejprodávanější vozidla na evropském trhu (2020) jsou však VW Golf, Renault Clio, Peugeot 208 a Škoda Octavia, přičemž průměrná cena nového vozidla v EU a Spojeném království byla 32 035 EUR. Vzhledem k rostoucí poptávce po elektromobilech i klesající ceně elektromobilů lze do budoucna předpokládat větší

pronikání elektromobility do levnějších segmentů. Pro predikci budoucího stavu by tedy bylo vhodnější vypočítat průměrnou spotřebu elektromobilů v jednotlivých segmentech, následně odhadnout předpokládané zastoupení těchto segmentů na trhu (včetně zohlednění např. růstu životní úrovně), a poté vypočítat průměrnou spotřebu vozidla na trhu. Nevýhodou tohoto přístupu je relativně vysoká náročnost. [26]

Alternativou je výběr reprezentativního vozidla. Výhodou je menší časová náročnost, která je však vykoupena menší přesností. To ovšem nemusí být problém, pokud je přesnost pro dané potřeby dostatečná. Vzhledem k tomu, že v této práci je potřeba hrubý odhad (navíc spíše pesimistický), je považována přesnost této metody za dostatečnou. V návaznosti na informace uvedené v předchozím odstavci lze předpokládat, že průměrný budoucí elektromobil bude velikostně někde mezi VW ID.3 a Škodou Enyaq.
V tabulce 2 jsou uvedeny spotřeby uvedených vozidel, zjištěné v rámci různých testů:

[kWh/100 km]	VW ID.3 (58 kWh)	Škoda Enyaq iV 80 (77 kWh)
WLTP	16,1	16,6
ADAC Ecotest	17,3	19,5
test fDrive.cz	18,9	18,0

Tabulka 2: Spotřeba vozidel VW ID.3 a Škoda Enyaq iV 80 [61] [63] [64]

Spotřeba v testech ADAC Ecotest a fDrive.cz je o 7,5-17,5 % vyšší než v homologačním proceduře WLTP. Na základě uvedených dat, s přihlédnutím k potřebě držet se při odhadu spíše na horní hranici, byla zvolena spotřeba modelového vozidla 16,5 kWh/100 km dle WLTP a průměrná reálná spotřeba vyšší o 13 %, celkem tedy po zaokrouhlení na desetiny směrem nahoru 18,7 kWh/100 km.

Při odhadování dopadů na distribuční soustavu je nutné počítat s nejhorším možným případem, který může reálně nastat. Je nepravděpodobné, že by se na sídlišti s několika sty obyvateli měla většina lidí výkonné elektromobily – z tohoto pohledu je stanovená spotřeba modelového vozu dostatečná. Je však potřeba počítat s nabíjením vozidel v zimě, kdy zejména na kratší trasách dochází k nárůstu spotřeby vlivem nutnosti temperování. Organizace Green NCAP měřila nárůst spotřeby při teplotě -7 °C oproti teplotě 14 °C při měřícím cyklu WLTC (celkem 23 km, 30 min, oproti homologačnímu cyklu WLTC odchylné podmínky [112]). Průměrný nárůst spotřeby byl kolem 50 %. Autoklub ADAC měřil nárůst spotřeby při teplotě 0 °C oproti teplotě 20 °C v rámci měřícího cyklu ADAC

Ecotest zahrnujícího různé jízdní režimy (celkem 100 km, 90 min). Nárůst spotřeby činil 20-30 %. Podobný nárůst zaznamenal ADAC i v rámci dlouhodobých testů elektromobilů při srovnání letní a zimní spotřeby. Ve zmíněných případech se nejedná o odchylky vůči normované spotřebě, ale oproti výsledkům daných testů za jiné teploty. Snížením dojezdu v zimních podmínkách oproti normovaným hodnotám dle WLTP u 29 elektromobilů se zabýval test provedený ve spolupráci rakouského autoklubu ÖAMTC a norského autoklubu NAF. Dojezd poklesl o 10-36 %, přičemž průměr činil přibližně 24 %, čemuž odpovídá zvýšení spotřeby o necelých 32 %. Test probíhal v Norsku v teplotách od -19 °C do 0 °C. Další možností odhadu nárůstu spotřeby v zimě je využití kalkulaček dojezdu, které mají na svých webových stránkách některé automobilky. V kalkulačce firmy Škoda pro model Enyaq iV 80 vychází nárůst spotřeby v zimě oproti jaru/podzimu (kdy dojezd dle kalkulačky přibližně odpovídá dojezdu dle WLTP) přibližně 38 %. [62] [66] [67] [113]

Na základě uvedených dat je možné uvažovat s následujícím navýšením spotřeby pro provoz v zimním období (oproti modelové hodnotě 18,7 kWh/100 km):

- trasa délky 0-20 km: +50 % (tzn. +70 % oproti WLTP)
- trasa délky 21-50 km: +35 % (tzn. +53 % oproti WLTP)
- trasa délky 51+ km: +25 % (tzn. +41 % oproti WLTP)

Elektromobily je běžně možné před jízdou vzdáleně vytemperovat (případně v letních měsících vychladit). Pro tyto účely je možné využít elektřinu uloženou v baterii, nebo elektřinu ze sítě, je-li k ní dané vozidlo připojeno. V případě temperování s využitím elektřiny ze sítě je elektřina z baterie využívána pouze pro udržení teploty během jízdy, což snižuje spotřebu vozidla za provozu a pozitivně ovlivňuje dojezd. Při takovémto temperování bezprostředně před odjezdem vozidla je dle autoklubu ADAC pro ohřátí vozidla z -10 °C na 20 °C potřeba přibližně 2 kWh elektřiny a 30 minut času. Spotřeba elektřiny pro udržení teploty se pak pohybuje kolem 2 kWh/h. [114]

Na základě uvedených informací lze tedy uvažovat s následujícími parametry temperování vozidla před odjezdem:

Elektřina pro vytemperování vozidla:	2 kWh
Doba temperování vozidla:	30 min
Potřebný elektrický výkon:	4 kW
Potřebný výkon pro udržení teploty:	2 kW

Vzhledem k uvedeným skutečnostem lze tedy v případě temperování před jízdou počítat se sníženými hodnotami navýšení spotřeby elektromobilu při provozu v zimním období (navýšení je vztažené k modelové hodnotě 18,7 kWh/100 km):

- trasa délky 0-20 km: +35 % (tzn. +53 % oproti WLTP)
- trasa délky 21-50 km: +25 % (tzn. +41 % oproti WLTP)
- trasa délky 51+ km: +20 % (tzn. +36 % oproti WLTP)

2.1.3.2 Účinnost nabíjení

Většina ztrát při nabíjení je způsobena usměrněním střídavého proudu v elektrické síti na stejnosměrný proud, kterým se nabíjí baterie. K menším ztrátám nicméně dochází i vlivem vlastní spotřeby řídící elektroniky nebo v elektrickém vedení. Dlouhodoběji se ztrátám věnuje německý autoklub ADAC, který provedl měření ztrát při různých způsobech nabíjení u čtyř elektromobilů (Renault Zoe, VW ID.3, Tesla Model 3 a Fiat 500e). Nabíjení bylo realizováno pomocí standardní 230V zásuvky výkonem 2,3 kW, pomocí wallboxu výkonem 11 kW a pomocí wallboxu se sníženým výkonem. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3. [60]

	Zásuvka 230 V		Wallbox		Wallbox se sníženým v.	
	Nabíjecí výkon	Ztráty	Nabíjecí výkon	Ztráty	Nabíjecí výkon	Ztráty
Renault Zoe	2,3 kW	24,2 %	11 kW	9,7 %	-	-
VW ID.3	2,3 kW	13,6 %	11 kW	9,0 %	5,5 kW	9,2 %
Tesla Model 3	2,3 kW	15,2 %	11 kW	7,7 %	3,5 kW	11,4 %
Fiat 500e	2,3 kW	12,7 %	11 kW	6,3 %	3,6 kW	13,9 %

Tabulka 3: Ztráty při nabíjení v závislosti na způsobu nabíjení [60]

Z tabulky 3 jsou patrné nižší ztráty v případě použití wallboxu, a to zejména při využití vyššího výkonu. Důvodem je kvalitnější připojení wallboxu oproti běžné zásuvce (ADAC uvádí ztráty ve vedení v domě k zásuvce až 4 %, zatímco v případě wallboxu jen necelé 1 %) a menší podíl vlastní spotřeby řídících komponent vozu při nabíjení vyšším výkonem (řídící systémy vyžadují 100-300 W, což v případě nabíjecího výkonu 2,3 kW již není zanedbatelné, na rozdíl od nabíjení wallboxem výkonem 11 kW). [60]

Ztráty nezávisí jen na použitém nabíjecím zařízení, ale mění se i během nabíjecího cyklu. Na tuto problematiku se ve svém výzkumu zaměřili Kostoupulos, Spyropoulos a Kaldellis [58]. Měření bylo provedeno na elektromobilu BMW i3, který byl nabíjen prostřednictvím wallboxu výkonem 11 kW. Při nabíjení z 20 % na 80 % kapacity baterie byly

ztráty přibližně 11 %, zatímco v případě nabíjení z 80 % na 100 % kapacity dosahovaly ztráty přibližně 20 %. Nabíjecí ztráty za celý cyklus od 20 % do 100 % kapacity činily 13,53 %. [58]

Porovnáním nabíjecích ztrát různých elektromobilů při nabíjení 22kW wallboxem se zabývá ADAC v rámci své měřící procedury ADAC Ecotest. Jejím účelem je zjištění spotřeby vozidel pomocí měřícího jízdního cyklu, v případě elektromobilů je sledována také celková energie odebraná wallboxem pro nabití vozidla. Nabíjení vozidel probíhá při teplotě 23 °C maximálním možným výkonem, jehož využití umožňuje palubní nabíječka vozidla. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 4 (pozn.: spotřeba a nabíjecí ztráty byly z dat dopočítány autorem). [61]

	Dojezd	Kapacita baterie	Využitelná kapacita baterie	Spotřeba auta (ADAC Ecotest)	Energie pro plné nabití	Nabíjecí ztráty
	[km]	[kWh]	[kWh]	[kWh/100 km]	[kWh]	[%]
BMW iX xDrive 50	610	111,5	105,2	17,2	125,2	19,0
Mercedes-Benz EQS 450+ Electric Art	575	-	107,8	18,7	124,9	15,9
Mercedes-Benz EQE 350+	530	-	90,6	17,1	106,5	17,5
BMW i4 eDrive40	490	83,9	80,7	16,5	96,3	19,3
Polestar 2 Long Range Single Motor	480	78,0	72,5	15,1	89,0	22,8
Ford Mustang Mach-E Extended Range	480	98,7	88,0	18,3	104,3	18,5
Kia EV6 (77,4 kWh)	470	-	77,4	16,5	87,4	12,9
Tesla Model X 100D	451	100,0	-	-	108,3	-
Ford Mustang Mach-E Extended Range AWD	450	98,7	88,0	19,6	106,3	20,8
Hyundai Kona Elektro (64 kWh) Trend (facelift)	435	67,0	64,0	14,7	72,8	13,8
Tesla Model 3 Longe Range AWD	429	75,0	-	-	89,5	-
Porsche Taycan Sport Turismo GTS	420	93,4	83,7	19,9	97,9	17,0
Tesla Model 3	415	60,0	-	-	70,5	-
Kia Niro EV (64,8 kWh) Inspiration	410	64,8	-	-	74,0	-

Tabulka 4a: Ztráty při nabíjení zjištěné v rámci ADAC Ecotest [61]

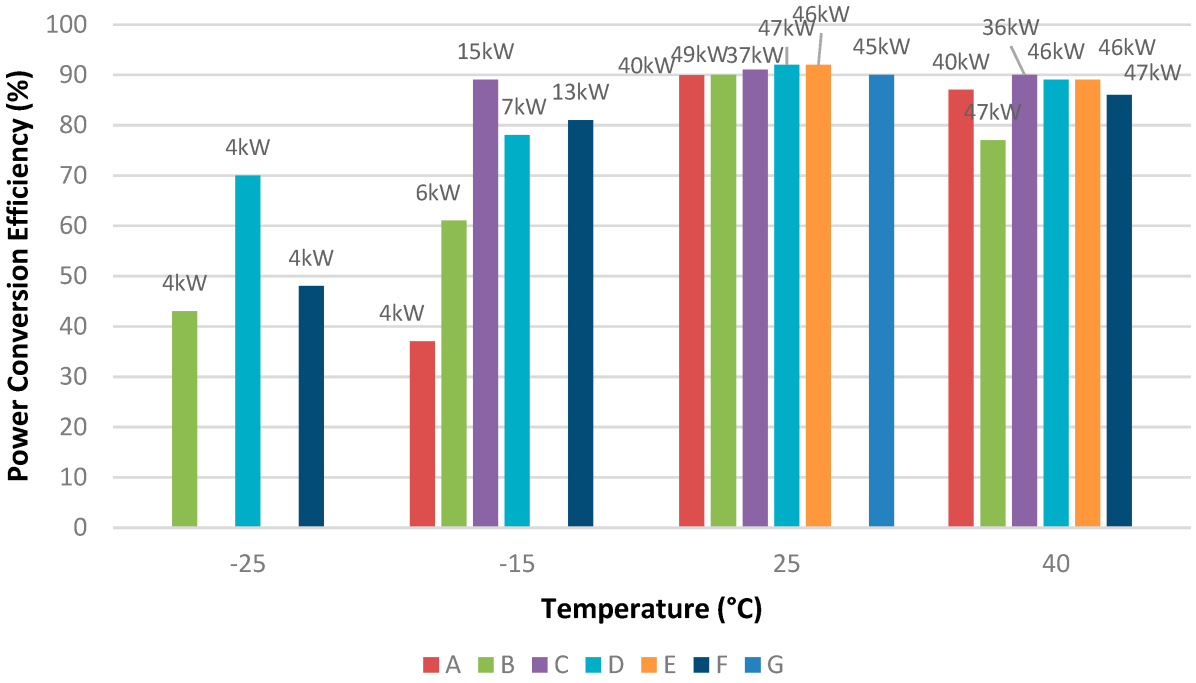
	Dojezd	Kapacita baterie	Využitelná kapacita baterie	Spotřeba auta (ADAC Ecotest)	Energie pro plné nabití	Nabíjecí ztráty
	[km]	[kWh]	[kWh]	[kWh/100 km]	[kWh]	[%]
Porsche Taycan 4S Performance Plus	400	93,4	83,7	20,9	95,2	13,7
BMW iX3 Impressive	400	80,0	73,8	18,5	85,3	15,6
Škoda Enyaq iV 80	395	82,0	77,0	19,5	86,9	12,9
Polestar 2 Long Range Dual Motor	395	78,0	75,0	19,0	88,4	17,9
Kia s-Soul (64 kWh) Spirit	390	67,0	64,0	16,4	73,9	15,5
Hyundai Ioniq 5 (72,6 kWh) Techniq-Paket 2WD	390	77,0	72,6	18,6	82,1	13,1
Audi e-tron Sportback 55 quattro	390	95,0	86,5	22,2	96,0	11,0
VW ID.4 Performance (77 kWh) Max	385	82,0	77,0	20,0	88,5	14,9
Tesla Model Y Maximum Range AWD	370	80,5	77,0	20,8	83,8	8,8
Audi e-tron GT quattro	370	93,4	83,7	22,6	86,9	3,8
Jaguar i-Pace EV400 S AWD	366	90,2	84,7	23,1	100,8	19,0
Renault Mégane E-TECH Electric EV60 220hp	365	62,7	60,0	16,4	70,4	17,3
Audi e-tron 55 quattro	365	95,0	83,6	22,9	94,3	12,8
Mercedes EBQ 350 Electric Art 4 matic	360	69,7	66,5	18,5	76,1	14,4
Kia EV6 (58 kWh)	350	-	58,0	16,6	64,4	11,0
Mercedes EQA 250 Electric Art	350	-	66,5	19,0	75,7	13,8
VW ID.3 Pro Performance 1st Max	335	62,0	58,0	17,3	64,8	11,7
Renault Zoe R135 Z.E. 50 (52 kWh) Intens	335	55,0	52,0	15,5	64,3	23,7
Mercedes EQC 400 AMG Line	335	85,0	80,0	23,9	93,0	16,3
Mercedes EQV 300 lang	325	100,0	90,0	27,7	100,6	11,8
VW ID.4 GTX 4Motion	310	82,0	77,0	24,8	83,7	8,7

Tabulka 4b: Ztráty při nabíjení zjištěné v rámci ADAC Ecotest [61]

	Dojezd	Kapacita baterie	Využitelná kapacita baterie	Spotřeba auta (ADAC Ecotest)	Energie pro plné nabití	Nabíjecí ztráty
	[km]	[kWh]	[kWh]	[kWh/100 km]	[kWh]	[%]
Volvo C40 Recharge Pure Electric Twin Pro AWD	310	78,0	75,0	24,2	90,0	20,0
Tesla Model 3 Standard Range Plus	305	-	53,0	17,4	60,0	13,2
Nissan Leaf e+ Tekna (62 kWh)	300	62,0	56,0	18,7	68,4	22,1
Aiways U5 Premium	290	63,0	61,0	21,0	72,3	18,5
Peugeot e-208 GT	280	50,0	47,5	17,0	53,1	11,8
Opel Corsa-e Elegance	280	50,0	46,0	16,4	53,1	15,4
DS 3 Crossback E-Tense So Chic	270	50,0	47,5	17,6	55,4	16,6
Citroen e-C4 Shine	260	50,0	46,0	17,7	50,5	9,8
Peugeot E-2008 GT	260	50,0	46,0	17,7	53,1	15,4
Citroen e-Spacetourer XL (75 kWh) Shine	255	75,0	69,0	27,1	76,0	10,1
Opel Mokka-e Ultimate	255	50,0	46,0	18,0	52,4	13,9
Fiat 500e Cabrio Icon	245	42,0	37,0	15,1	42,9	15,9
Renault Zoe Intens (41 kWh)	243	44,1	41,0	16,9	49,5	20,7
MG ZS EV Luxury	220	44,5	40,0	18,2	46,4	16,0
Opel Combo-e Life Ultimate	215	50,0	46,0	21,4	51,7	12,4
Mini Cooper SE	210	32,6	28,9	13,8	37,6	30,1
Nissan Leaf Acenta (40kWh)	201	40,0	-	-	44,5	-
Dacia Spring Electric Comfort Plus 2WD	185	28,3	27,4	14,8	33,3	21,5
Honda e Advance	180	35,5	28,5	15,8	-	-
Mazda MX-30 e-SKYACTIV	170	35,5	32,0	18,8	37,5	17,2
Renault Twingo Electric Intens	150	22,0	21,4	14,3	27,2	27,1
PRŮMĚR	**342**	**68,3**	**64,7**	**18,8**	**75,7**	**15,9**

Tabulka 4c: Ztráty při nabíjení zjištěné v rámci ADAC Ecotest [61]

V případě rychlonabíjecích stanic jsou elektrická vozidla nabíjena stejnosměrným proudem přímo z nabíjecí stanice, ke ztrátám z usměrnění proudu tedy nedochází ve vozidle, ale už v nabíjecí stanici. Tyto ztráty jsou obvykle promítnuty do ceny energie dodané do vozidla. V případě velkých nabíjecích výkonů může docházet k dalším ztrátám z důvodu potřeby zahřívání nebo naopak ochlazování baterie i samotné stanice v závislosti na počasí. Vlivem teploty prostředí na nabíjecí výkon a ztráty u rychlonabíjecích stanic se zabývala studie Trentadua a kolegů z roku 2018 [115]. V rámci této studie bylo 7 různých rychlonabíjecích stanic (spíše méně výkonných – výkon se pohyboval kolem 50 kW) umístěno do klimatické komory společně s nabíjeným vozidlem. V této komoře probíhalo nabíjení při teplotách -25 °C, -15 °C, 25 °C a 40 °C. Jak je zřejmé z grafu 1, při nabíjení za nižších i vyšších teplot než 25 °C klesá účinnost, přičemž za nižších teplot klesá výrazněji. Kromě účinnosti klesá při nízkých teplotách i nabíjecí výkon, ten nicméně závisí i na chování baterie vozidla při dané teplotě. Z pohledu zatížení sítě nepředstavuje nižší účinnost za nižších teplot vzhledem k současnému snížení nabíjecího výkonu problém (pokud by to nevedlo k současnému nabíjení vyššího počtu vozidel). Ztráty při teplotě 25 °C se pak pohybují kolem 10 %, přičemž při nízkém stavu nabití baterie (state of charge – SoC) jsou nižší a při vysokém naopak vyšší. [60] [115]



Graf 1: Účinnost a nabíjecí výkon rychlonabíjecích stanic v závislosti na teplotě [115]

V případě bezdrátového indukčního nabíjení (podrobnosti v části 1.5 v příloze B) je uváděna účinnost 75-80 %. Ve vývoji by nicméně měly být technologie s účinností 93-95 %. [57]

Na základě uvedených dat lze při posuzování zatížení elektrické sítě uvažovat následující nabíjecí ztráty (vyjádřené jako navýšení spotřeby):

AC nabíjení: 16,0 %

DC nabíjení: 10,0 %

Ztráty se v průběhu nabíjení liší, což může vést k rozdílným hodnotám ztrát při nabíjení pouze malého množství energie. Lze však předpokládat, že část uživatelů doplňujících např. 10 % energie bude nabíjet baterii v intervalu 70-80 % SoC, část v intervalu 80-90 % SoC a část v intervalu 90-100 % SoC, proto lze uvažovat při současném nabíjení většího počtu vozidel pro každý typ nabíjení jednotnou hodnotu ztrát.

2.1.3.3 Účinnost přenosové a distribuční soustavy

Elektrárny vyrábí určité množství elektřiny (brutto výroba), z kterého však část samy spotřebují pro technologické procesy. Odečtením těchto hodnot se získá množství vyrobené elektřiny dodané do elektrické sítě (netto výroba). Samotným zákazníkům (tuzemským i v zahraničí) je však dodáno množství elektřiny snížené o ztráty v přenosové a distribuční soustavě (dále označované jako „přenosové ztráty“). Data ERÚ o ztrátách v české přenosové a distribuční soustavě za roky 2012 až 2021 jsou uvedena v tabulce 5.

Rok	Výroba elektřiny netto	Přenosové ztráty	Dodaná elektřina	Přenosové ztráty
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
2012	81 088	4 187	76 901	5,44
2013	80 858	4 098	76 760	5,34
2014	79 899	3 847	76 052	5,06
2015	77 887	4 067	73 820	5,51
2016	77 418	4 080	73 338	5,56
2017	81 008	4 375	76 633	5,71
2018	81 902	4 269	77 633	5,50
2019	81 147	4 300	76 847	5,60
2020	76 128	4 117	72 011	5,72
2021	79 302	3 651	75 651	4,83
PRŮMĚR	**79 664**	**4 099**	**75 565**	**5,43**

Tabulka 5: Ztráty přenosové a distribuční soustavy [62]

Na základě uvedených dat lze uvažovat s přenosovými ztrátami 5,50 % (navýšení spotřeby).

2.1.3.4 Energetické potřeby elektromobility pro analýzu v této práci

Volba jednotlivých hodnot byla popsána v předchozích podkapitolách. Níže jsou pro přehlednost shrnuty zvolené hodnoty:

Spotřeba modelového vozidla:

WLTP:	16,5 kWh/100 km
Modelová reálná spotřeba (WLTP +13 %):	18,7 kWh/100 km

Navýšení spotřeby pro provoz v zimním období oproti modelové spotřebě 18,7 kWh/100 km:

- trasa délky 0-20 km: +50 % (tzn. +70 % oproti WLTP)
- trasa délky 21-50 km: +35 % (tzn. +53 % oproti WLTP)
- trasa délky 51+ km: +25 % (tzn. +41 % oproti WLTP)

Nabíjecí ztráty:

AC nabíjení:	16,0 %
DC nabíjení:	10,0 %
Přenosové ztráty:	5,50 %

(Ztráty jsou v této práci vyjádřeny v procentech jako energie, kterou je potřeba dodat navíc.)

Vzhledem k rozsahu práce nebyl modelován vliv temperování před jízdou, diskutovaného v části 2.1.3.1, pro případný další výzkum by nicméně bylo možné zvolit následující hodnoty:

Parametry temperování vozidla před odjezdem:

Elektřina pro vytemperování vozidla:	2 kWh
Doba temperování vozidla:	30 min
Potřebný elektrický výkon:	4 kW

Navýšení spotřeby v zimním období při využití temperování (vzhledem k 18,7 kWh/100 km):

- trasa délky 0-20 km: +35 % (tzn. +53 % oproti WLTP)
- trasa délky 21-50 km: +25 % (tzn. +41 % oproti WLTP)
- trasa délky 51+ km: +20 % (tzn. +36 % oproti WLTP)

2.1.4 Dopady rozvoje elektromobility na distribuční síť

Vzhledem k potřebnému množství elektřiny pro nabíjení elektromobilů (v České republice odhadovány hodnoty až kolem 20 TWh ročně [7]) a poměrně velkým nabíjecím výkonům (pokud by se 5 mil. osobních aut nabíjelo současně i poměrně nízkým výkonem 3,6 kW, byl by potřeba celkový nabíjecí výkon 18 GW) představuje nástup elektromobility výzvu pro provozovatele přenosové a distribuční soustavy. Důležitá je znalost reálně očekávatelného soudobého nabíjecího výkonu, aby nebyly vynakládány zbytečně velké finanční prostředky na posilování sítě, nebo aby naopak elektrická síť nebyla poddimenzovaná. Takováto analýza je předmětem i této práce, vzhledem k důležitosti problematiky si však již nechali provozovatelé české přenosové a distribuční soustavy na toto téma studie vypracovat. Těm je vzhledem k rozsahu věnována část 2 v příloze B.

2.1.4.1 Modelování vlivu elektromobility na distribuční soustavu v této práci

Pro modelování výkonových požadavků nabíjení elektromobilů je nutné znát časové rozmezí nabíjení a nabíjecí výkon. Dobu, během které je možné vozidlo nabíjet, lze odvodit z dat o příjezdech a odjezdech konkrétních vozidel do/z dané oblasti (sídliště Skalka) – právě na tomto přístupu je založena tato práce. Užší časové rozmezí, ve kterém probíhá samotné nabíjení, však závisí na nabíjecím výkonu a potřebném množství elektřiny.

Nabíjecí výkon závisí na technických parametrech nabíjecích stanic a vozidel – tyto parametry byly stanoveny v části 2.1.2. Potřebné množství elektřiny pak závisí na spotřebě a denním nájezdu vozidel. Zatímco spotřeba byla stanovena v části 2.1.3, denní nájezd určen nebyl. Jedná se o údaj, který závisí na charakteru používání vozidla a u různých vozidel se může značně lišit, navíc i u jednotlivých vozidel je v různé dny odlišný. Místo jedné hodnoty je proto vhodnější přiřadit různým vozidlům různé nájezdy, takovéto přiřazení však není možné jednoznačně provést, pokud nejsou známé přesné údaje o využití vozidel za delší časový úsek – což v této práci nejsou. Podobný problém řešily i studie zabývající se dopadem elektromobility na českou distribuční soustavu, popsané v příloze B. K jeho vyřešení využily náhodné přiřazení pomocí metody monte carlo a následné propočítání modelu, přičemž tento proces byl mnohokrát opakován. Výsledky všech modelů pak byly statisticky vyhodnoceny. Vzhledem k podobnosti byl v této práci zvolen stejný postup – tedy vygenerování různých variant používání vozidel, jejich náhodné přiřazení vozidlům (definovaných jejich pobyty v lokalitě) a následné statistické vyhodnocení. To vše při respektování okrajových podmínek, kterými jsou v tomto případě časy příjezdů a odjezdů.

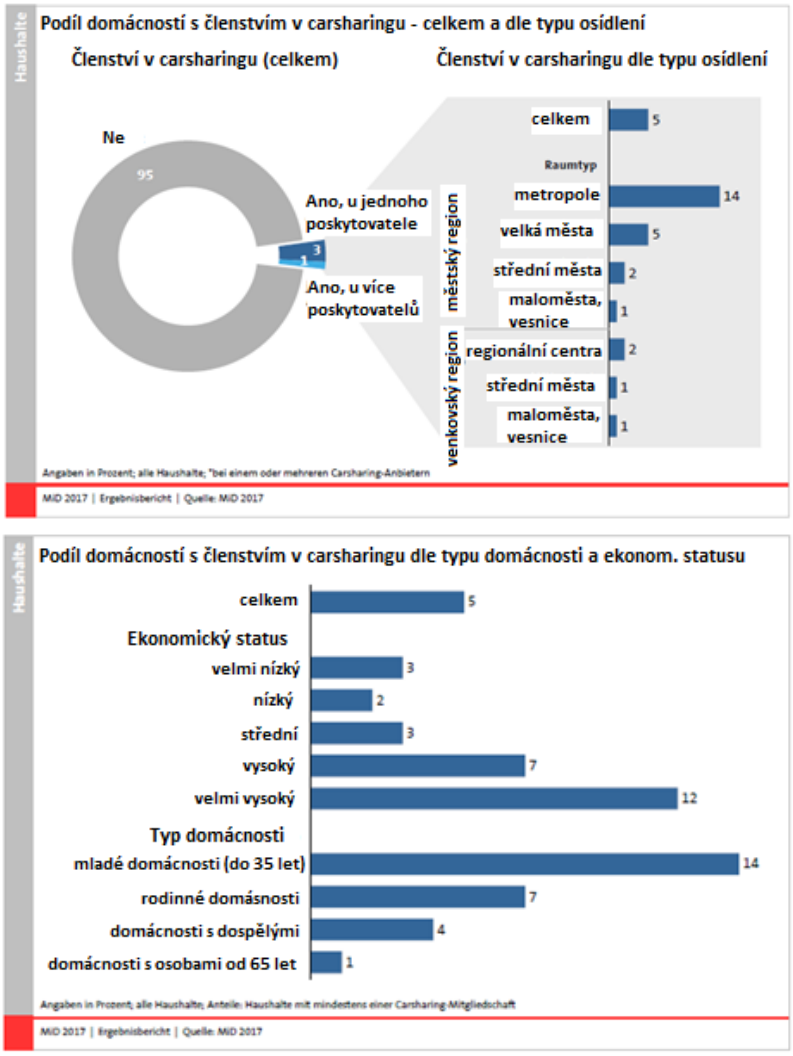
2.2 Carsharing

Carsharing neboli „sdílení automobilů“ je služba, jejíž základní charakteristikou je používání vypůjčených automobilů v různou dobu různými uživateli, kteří si auta půjčují jen na nezbytně nutnou dobu (např. i jen na několik desítek minut). Na rozdíl od spolujízdy jsou sdílena celá vozidla, nikoliv neobsazená místa cestujících, od standardních půjčoven se pak carsharing odlišuje primárním cílením na krátkodobé výpůjčky. Služba nicméně může mít mnoho podob, z nichž některé jsou svým konceptem autopůjčovnám blízké. Takovým případem jsou carsharingové služby provozované jedním provozovatelem s vlastní flotilou běžně i několika set vozidel. Z pohledu užívání vozidla se u nich vyskytují dva přístupy – carsharing, u kterého je nutné vrátit vozidlo zpět tam, odkud bylo vypůjčeno (round-trip carsharing), a carsharing, u kterého je možné zanechat vozidlo i na jiném místě v rozsáhlejší vymezené oblasti, například i na druhém konci města (one-way carsharing). Vozidla mohou být vracena na vyhrazená parkovací místa (station-based carsharing), nebo ve vymezených oblastech (zone-based carsharing a free-floating carsharing). Dalším rozšířeným typem carsharingu je peer-to-peer carsharing, který je postaven na půjčování soukromých vozidel jejich majiteli, typicky s využitím online platformy. Detailněji jsou jednotlivé formy carsharingu popsány v části 2.2.1.

V současnosti napomáhá rozvoji carsharingu rozvoj informačních technologií, které značně usnadňují používání této služby. Pomocí mobilních aplikací je možné nejen jednoduše nalézt požadované vozidlo a provést rezervaci a platbu, ale také vozidlo odemknout. Carsharing je často považován za udržitelnější formu užívání osobních automobilů.

Ačkoliv větší rozvoj carsharingu probíhá zejména v poslední době, úvahy o podobné službě zde byly již v 50. letech 20. století [70]. První realizace pak probíhaly v 70. a 80. letech v Evropě a USA (PROCOTIP – Montpellier 1971-1973, WITKAR – Amsterdam 1971-1981, Purdue Mobility Enterprise – West Lafayette 1982-1985, STAR – San Francisco 1983-1985) [70]. Uvedené projekty však neměly dlouhou životnost. Důvodem byly finanční problémy a manažerské chyby, v případě Purdue Mobility Enterprise se pak jednalo pouze o výzkumný projekt. Reálný rozvoj carsharingu začal v 90. letech. V roce 1998 již bylo v Německu, Rakousku, Švýcarsku, Nizozemí, Norsku, Švédsku a Dánsku dohromady 1 800 sdílených aut, která využívalo 38 000 uživatelů [70]. Roku 2009 zahájil v Ulmu provoz první free-floating carsharing car2go [136]. V roce 2014 bylo v Nizozemí již 90 000 uživatelů veřejného carsharingu, momentálně je jich zhruba 200 000 (cca 2 % populace nad 18 let) [71]. Podíl

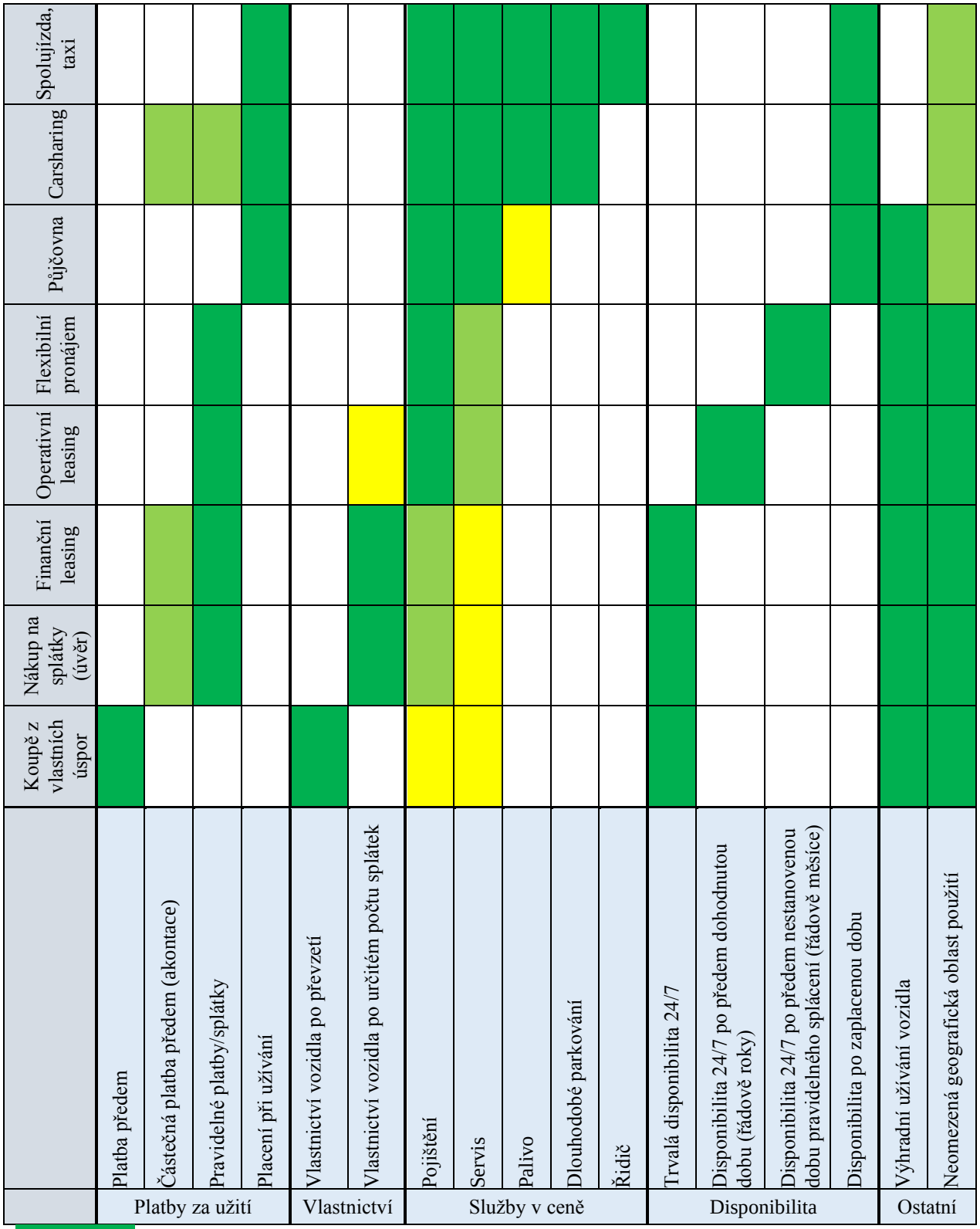
carsharingu na počtu cest vykonaných osobními auty v Nizozemsku je však jen 0,02 % [71]. Podobná situace je i v Německu, kde je dle průzkumu dopravního chování „Mobilität in Deutschland 2017“ [72] v současnosti 2,2 mil. uživatelů carsharingu, jeho celkový podíl na přepravních výkonech je však zanedbatelný. Uživatelé, kteří využívají carsharing alespoň jednou měsíčně, tvoří v Německu přibližně 33 % uživatelů, v Nizozemsku pak kolem 43 %. Uživatelé carsharingu jsou převážně vzdělanější mladší lidé, spíše muži a s vyššími příjmy, kteří žijí single ve větším městě. Charakteristiky uživatelů se v čase příliš nemění – v nových studiích jsou identifikovány podobné jako ve studiích z přelomu tisíciletí. [70] [71] [72] [73]



Grafy 2 a 3: Charakteristika uživatelů carsharingu v Německu dle MiD 2017 [72]

V následující podkapitole je vymezena pozice carsharingu mezi různými formami vlastnictví/užívání automobilů. Na to navazuje další podkapitola popisem nabídky carsharingu v České republice, s podrobnostmi v příloze C. Další dvě podkapitoly se zabývají ekologickými přínosy a finanční výhodností carsharingu. Následuje shrnutí pozitiv a negativ a diskuse potenciálu této služby. Detaily k financím, ekologii a potenciálu jsou v příloze D.

2.2.1 Formy vlastnictví/užívání vozidel



Tmavší zelená = součást standardní smlouvy s poskytovatelem vozidla/finanční institucí
Světlejší zelená = někdy součást smlouvy s poskytovatelem vozidla/finanční institucí
Žlutá = možnost za příplatek u poskytovatele vozidla

Tabulka 6: Formy vlastnictví/užívání vozidel

2.2.1.1 Koupě z vlastních úspor

Koupě z vlastních úspor je způsob nabytí automobilu, při kterém je zákazníkem v jeden moment uhrazena celá kupní cena vozidla, které přechází do jeho vlastnictví. Vozidlo je zákazníkovi plně k dispozici. Záležitosti spojené s jeho provozem (pojištění, údržba, …) si standardně musí majitel zajistit sám, což představuje určitou nevýhodu v porovnání s operativním leasingem [74] nebo carsharingem [75]. V současnosti však automobilky často nabízí komplexní balíčky pojištění [76] i předplaceného servisu [77], čímž lze tento diskomfort minimalizovat. Koupě z vlastních úspor je preferovaná soukromými zákazníky, což je nicméně do určité míry pravděpodobně dáno tím, že většina soukromých zákazníků kupuje auta ojetá [78].

2.2.1.2 Nákup na splátky (úvěr)

Při nákupu na splátky (úvěr) zákazník splácí vozidlo, které je od začátku splácení v jeho vlastnictví. Standardně bývá nutné při koupi vozidla složit část kupní ceny v podobě akontace (řádově desítky procent kupní ceny). V současnosti automobilky nabízí i varianty, v rámci kterých je možné zaplatit určitou akontaci předem (nebo také vůbec), poté několik let část ceny vozidla splácet v podobě nízkých splátek, a na závěr splatit zbývající částku ve výši několika desítek procent kupní ceny některým z následujících způsobů [79]:

- zaplatit poslední splátku ve výši několika desítek procent kupní ceny
- prodat vůz dealerovi
- rozložit dlužnou částku do více nižších splátek.

Součástí financování bývá někdy i pojištění vozidla [76], ke kterému je dále možné dokoupit předplacený servis [77].

2.2.1.3 Finanční leasing

V případě využití finančního leasingu zákazník splácí vozidlo podobně jako v případě úvěru, do jeho vlastnictví však vozidlo přechází až po jeho splacení. Stejně jako v případě úvěru bývá i zde potřeba předem složit akontaci. Součástí splátek obvykle bývá pojištění vozidla, servis si však standardně musí zákazník financovat sám. [75]

2.2.1.4 Operativní leasing

Při operativním leasingu zákazník platí měsíční splátky podobně jako v případě finančního leasingu nebo úvěru, v tomto případě však vozidlo po ukončení operativního leasingu zůstává ve vlastnictví leasingové společnosti. Operativní leasing se uzavírá obvykle na 2-5 let

a jeho součástí obvykle bývá pojištění i servis vozidla. Z tohoto důvodu se operativní leasing uzavírá pro smluvně stanovený maximální průměrný roční nájezd, jehož překročení je penalizováno. Celkově se jedná o produkt zajímavý hlavně pro zákazníky, kteří svá vozidla obměňují relativně často (např. z důvodu vysokého nájezdu, prestiže nebo bezpečnosti) a nechtějí se příliš zaobírat servisem apod. Operativní leasing je oblíbený u firemních zákazníků, u kterých v poslední době vytlačuje finanční leasing. [81]

2.2.1.5 Flexibilní pronájem

Flexibilní pronájem je podobný operativnímu leasingu. Zákazník za používání vozidla měsíčně platí jeho poskytovateli, který zároveň zajišťuje pojištění vozidla a servis. Stejně jako operativní leasing se i flexibilní pronájem uzavírá pro smluvně stanovený roční nájezd, jehož překročení je zpoplatněno. Od operativního leasingu se flexibilní pronájem odlišuje dobou, na kterou se uzavírá – jedná se řádově o měsíce, přičemž pronájem je možné kdykoliv ukončit s výpovědní lhůtou v řádu nízkých desítek dnů. [82] [83]

2.2.1.6 Půjčovna

Klasické půjčovny pronajímají auta v rámci krátkodobých pronájmů na dobu řádově dnů až týdnů. Za krátkodobé pronájmy se obvykle považují pronájmy do 2 měsíců. Před zapůjčením je vozidlo vždy vyčištěno, pojištění a servis zajišťuje půjčovna. Smlouvy se uzavírají na určitou dobu a se stanoveným limitem kilometrického nájezdu, jehož překročení je dodatečně zpoplatněno. [84]

2.2.1.7 Carsharing

Jak již bylo zmíněno v úvodu části 2.2, carsharing je služba pronajímání vozidel na velmi krátkou dobu – řádově desítky minut až dny. Na rozdíl od služeb popsaných v předchozích podkapitolách se v případě carsharingu neuzavírá smlouva před každým pronájmem, ale zákazník se zaregistruje u poskytovatele carsharingu, a následně platí za každou výpůjčku, typicky s využitím mobilní aplikace nebo webového portálu. Carsharing může být řešen jako služba poskytovaná provozovatelem s vlastní flotilou o velikosti desítek až tisíců vozidel (business-to-consumer – B2C), nebo jako služba poskytovaná soukromými vlastníky vozidel skrze sprostředkovatele (peer-to-peer – P2P). Sdílená vozidla mohou být zpoplatněna podle ujeté vzdálenosti nebo časové délky výpůjčky (případně kombinace obojího), někdy provozovatelé nabízejí také zvýhodněné balíčky nebo placené členství s nižšími variabilními náklady. V ceně je obvykle pojištění, servis i palivo (pro případné tankování bývá k dispozici tankovací karta). Nabídce carsharingu v České republice se věnuje kapitola 2.2.2. [71]

Carsharing typu B2C je možné rozdělit podle způsobu využívání vozidel na round-trip carsharing, kdy se vyžaduje vrácení vozidla zpět na místo, kde bylo vyzvednuto, a one-way carsharing, kdy je možné vozidlo odstavit i na jiné definované místo. Výhodou one-way carsharingu je, že teoreticky vede k efektivnějšímu využití vozidel, v případě malého počtu vozidel však může docházet k jejich nežádoucímu rozložení s lokálně nedostatečným pokrytím. Kromě toho je možné B2C carsharing rozdělit podle umisťování vozidel na station-based carsharing, v případě kterého jsou vozidla odstavována na vyhrazená místa, a free-floating nebo zone-based casrahring, kdy jsou vozidla odstavována volně v definované oblasti. Výhodou station-based carsharingu je známá pozice vozidel, nevýhodou naopak nutnost zajištění parkovacích míst. Kombinací obou způsobů dělení B2C carsharingu je možné B2C carsharing rozdělit na čtyři typy [71] [75]:

- round-trip station-based – vozidlo je nutné vrátit na místo vypůjčení
- one-way station-based – vozidlo je možné vrátit na kterékoliv stanovené místo
- zone-based – vozidlo je nutné vrátit do menší definované oblasti, kde bylo vypůjčeno
- free-floating – vozidlo je možné vrátit kdekoliv ve větší vymezené oblasti

V případě peer-to-peer carsharingu nabízí za úplatu zapůjčení svých vozidel soukromí majitelé, a to obvykle prostřednictvím mobilní aplikace nebo webového portálu sprostředkovatele, který si za to bere určitou provizi. V Nizozemsku tvořila vozidla v P2P carsharingu 83 % všech sdílených vozidel, tento způsob carsharingu však využívalo pouze 1 % obyvatel starších 18 let, zatímco vozidla B2C carsharingu, která tvořila cca 5 % sdílených vozidel, využilo 1,6 % obyvatel starších 18 let [71].

Carsharing může být zřízen i pro pouze omezenou skupinu uživatelů. Jedná se například o carsharing v rámci firmy, nebo v rámci uzavřené komunity. V Nizozemsku v roce 2020 připadalo na komunitní carsharing 5 % sdílených vozidel, 7 % vozidel pak připadalo na firemní carsharing [71]. Firemní carsharing pak využívalo 4,6 % obyvatel země starších 18 let [71]. Zajímavým případem komunitního carsharingu je německý projekt „Dorfauto“. Jedná se o sdílené auto, které je k dispozici obyvatelům vesnice, ve které je umístěné. Často se jedná o elektromobil. Mezi sdílení vozidel je možné zařadit i neformální sdílení v podobě půjčování vozidla rodině nebo přátelům, mezi carsharing se nicméně tento způsob sdílení běžně neřadí. [85] [86]

2.2.1.8 Spolujízda, taxi

Při spolujízdě již nejsou sdílena celá vozidla, ale jsou nabízena pouze neobsazená sedadla. Klasická spolujízda má podobu nabízení nevyužité kapacity vozidla během cesty soukromou osobou, která danou cestu absolvuje z důvodu nezávislého na případných spolucestujících, kteří se přizpůsobují nabídce a při využití služby se podílí na pokrytí části nákladů. Pro organizaci spolujízdy existují specializované portály, které často i ověřují uživatele (např. BlaBlaCar). [87]

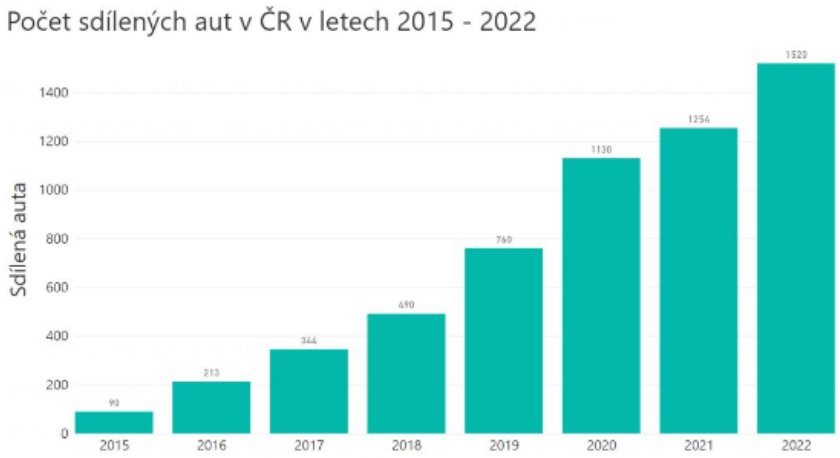
Spolujízdě jsou podobné i služby typu taxi nebo Uber, v jejich případě se však služba přizpůsobuje požadavkům klienta, zatímco u spolujízdy se klient přizpůsobuje nabídce. Liší se i svým účelem – jejich cílem je generování zisku provozováním dané činnosti, nikoliv pouze pokrytí části provozních nákladů jako v případě spolujízdy.

2.2.2 Stávající nabídka carsharingu v České republice

Prvním carsharingem v České republice bylo v roce 2003 Autonapůl [119]. V současnosti je v České republice 7 větších carsharingů, přičemž většinou nabízejí své služby pouze ve větších městech [120] [121] [122]:

Free-floating:	Car4way, Anytime, GoDrive
Zone-based:	AJO, Autonapůl, Karkulka, GoDrive
Peer-to-peer:	HoppyGo

Pět z uvedených provozovatelů (Car4way, Anytime, AJO, Autonapůl a HoppyGo) je členy Asociace českého carsharingu, založené v roce 2015. [123]



Graf 4: Počet sdílených vozidel provozovatelů Car4way, Anytime, AJO a Autonapůl [123]

Bližší popis nabídky všech sedmi provozovatelů je uveden v příloze C. Celkově se u uvedených provozovatelů až na výjimky nevyskytují registrační poplatky ani kauce. Velcí provozovatelé free-floating carsharingu (Car4way, Anytime) mají společné využívání minutového tarifu, což souvisí s cílením na krátké výpůjčky v režimu one-way carsharingu. V případě carsharingů provozovaných v režimu round-trip je naopak využívaná kombinace hodinového a kilometrického tarifu. I přes uvedené podobnosti je nicméně struktura tarifů u každého provozovatele trochu odlišná. Společným znakem velkých provozovatelů free-floating carsharingu je velká flotila, blížící se v Praze k hranici tisíce vozů.

Kromě uvedených provozovatelů v současnosti v Brně pravděpodobně zahajuje provoz carsharing Šárka [124]. Dříve na trhu působily ještě carsharingy re.volt [121], GreenGo [125] a Uniqway [122].

Český startup re.volt provozoval v Praze od roku 2018 flotilu 20 dvoumístných elektromobilů City Spirit výrobce Jia Yuan Elekctric Vehicles, kterou později rozšířil o elektroskútry, elektrokoloběžky a elektromotocykly, které provozoval i v jiných městech. Po vypuknutí pandemie viru SARS-COVID-19 byly z provozu staženy elektromobily kvůli komplikované dezinfekci. Poté byly elektrokoloběžky nabídnuty k zakoupení a následnému provozu v režimu P2P carsharingu. Nakonec v létě 2021 startup ukončil činnost z důvodu finanční situace firmy, na které měl značný podíl pokles poptávky v důsledku pandemie. [121] [126]

Carsharing GreenGo vstoupil na trh v roce 2020. V Praze provozoval 220 elektromobilů Škoda CitigoE iV a VW e-up. Z trhu se stáhl v únoru roku 2022, přičemž důvodem byla konkurence ze strany mikromobility, komplikované parkování v parkovacích zónách, kvalitníMHD, a navíc se provoz časově kryl s obdobím pandemie. Vozidla byla poté přesunuta na jiné trhy, zejména do Budapešti. [125]

Carsharing Uniqway byl komunitním carsharingem pro studenty pražských vysokých škol ČVUT, ČZU a VŠE, provozovaným ve spolupráci s inovační laboratoří Škoda Auto DigiLab. Provoz carsharingu, na němž se organizačně podíleli studenti zmíněných vysokých škol, byl zahájen v roce 2018 a ukončen z finančních důvodů v únoru 2023. Cílem projektu nebylo generování zisku, ale dosažení provozní nuly a expanze do dalších měst a do zahraniční, projekt však byl dlouhodobě ztrátový. Čtyři roky provoz pomáhala financovat zmíněná inovační laboratoř, pro další pokračování a růst však bylo potřeba nalézt nové externí partnery, což se nepodařilo. V carsharingu byla využívána vozidla značky Škoda, zejména menší modely (v nabídce byl nicméně i model Škoda Enyaq). [122]

2.2.3 Ekologické přínosy carsharingu

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, carsharing je často považován za ekologičtější alternativu vlastního automobilu. Ekologické přínosy se odvíjí od řady aspektů využívání sdílených aut, které lze rozdělit následujícím způsobem:

- Menší počet automobilů
    - Úspora emisí z výroby vozidel
    - Menší nároky na parkovací plochy
- Menší používání automobilů
    - Úspora emisí z provozu
- Efektivnější vozidla
    - Novější a ekologičtější vozidla – úspora emisí z provozu
    - Velikost vozidla dle aktuálních potřeb – úspora emisí z provozu
- Efektivnější využívání vozidel
    - Delší cesty (menší podíl studených startů), vyšší obsazenost
    - Vyšší využití vozidel (větší roční nájezdy)

Vzhledem k rozsahu problematiky jsou uvedené oblasti podrobněji řešeny v příloze D, a v následujících podkapitolách jsou shrnuty pouze hlavní výstupy provedené rešerše.

2.2.3.1 Menší počet automobilů

Uživatelé round-trip carsharingu mají obvykle oproti zbytku populace méně aut již před registrací u jeho provozovatele – dlouhodobě zhruba 50 % nových zákazníků tvoří domácnosti bez aut. Přibližně polovina vlastníků aut se pak vlivem carsharingu svého vozidla vzdá, auto tedy vlastní kolem 25 % dlouhodobých uživatelů round-trip carsharingu. Na jedno sdílené auto připadá obvykle do 40 uživatelů, počet aktivních uživatelů je však nižší (např. ve Švýcarsku v roce 2005 byla 1/3 uživatelů pasivních [134]). Jedno sdílené vozidlo nahradí nižší jednotky až více než 10 soukromých aut, zejména vyšší hodnoty však obvykle zahrnují i auta nezakoupená, jejichž počty mohou být nadsazené (jedná se o hypotetickou situaci). Celkově však vede round-trip carsharing k poklesu počtu aut, byť pravděpodobně není tak výrazný, jak se často udává.

V případě free-floating (one-way) se podíl domácností vlastnících auto před registrací u jeho provozovatele v různých studiích velmi liší. Počet aut pak v důsledku carsharingu klesne obvykle u řádově vyšších jednotek procent domácností. To je méně než u round-trip carsharingu, v případě free-floating carsharingu však na jedno auto připadá více uživatelů,

počty nahrazených aut jsou tedy ve výsledku podobné – v případě prodaných aut nahradí jedno sdílené řádově nižší jednotky soukromých, při započítání i nezakoupených aut pak i více než 10.

Výroba nového automobilu vyprodukuje dle různých zdrojů 5 až 15 t emisí CO2 v závislosti na vozidle. Tyto emise je nicméně možné uspořit pouze v případě, že vozidla za svůj životní cyklus najedou více kilometrů, nebo pokud uživatelé carsharingu najedou auty celkově méně kilometrů. Případné nesplnění jedné z těchto podmínek pak současně nesmí situaci zhoršit natolik, aby eliminovalo dosažené úspory. Těmto aspektům se věnují další části práce.

2.2.3.2 Menší používání automobilů

Sdílená vozidla mohou být oproti soukromým hůře dostupná (větší docházková vzdálenost k vozidlu; nejistota okamžité dostupnosti vozidla), často vyžadují větší míru plánování a vlivem převedení většiny provozních nákladů na variabilní se mohou zdát psychologicky dražší. Z uvedených důvodů uživatelé použití auta více zvažují a častěji volí jiné dopravní módy. Častí uživatelé pak z dlouhodobějšího hlediska svůj život více přizpůsobují životu bez auta, v důsledku čehož postupně méně využívají i carsharing. Přestože část uživatelů využívá díky carsharingu auto více, vede carsharing celkově k nižšímu používání aut. Starší studie udávají pokles průměrných nájezdů autem o cca 40 %, novější studie udávají hodnoty kolem 20 %. V rámci carsharingu pak průměrný uživatel ročně najede dle různých studií 500-2 000 km.

2.2.3.3 Efektivnější vozidla

Průměrné stáří aut bylo v roce 2020 dle ACEA v Rakousku 8,7 let, v Německu 9,8 let, v EU 11,8 let a v České republice 15,3 let [171]. Novější vozidla však mají větší nájezdy, průměrné stáří vozidel v provozu je proto v České republice nižší – dle analýzy dat projektu Česko v pohybu 9,7 roku [21] a dle dynamického měření 8,5 roku [173]. Vozidla carsharingu jsou nicméně i v porovnání s těmito hodnotami výrazně novější – v případě B2C carsharingu jsou to jen nízké jednotky let. Vozidla P2P carsharingu jsou starší, např. český provozovatel HoppyGo však standardně umožňuje na svém portále nabízet jen vozidla stará maximálně 15 let [133]. Novější vozidla plní novější emisní normy a mívají úspornější motory.

Dle studií jsou vozidla carsharingu úspornější nejen v porovnání se stávajícím vozovým parkem, ale i v porovnání s novými vozidly. Je to dáno například tím, že sdílená auta jsou obvykle menší než soukromá – zatímco v případě soukromých aut si lidé kupují taková, která jim dostatečně poslouží i v málo častých situacích jako je cesta na dovolenou,

v případě sdílených vozidel si půjčí vždy takové vozidlo, které vyhovuje jejich aktuálním potřebám [71]. Mezi sdílenými auty jsou také často zastoupena vozidla s alternativními pohony.

2.2.3.4 Efektivnější využívání vozidel

Vozidla round-trip carsharingu jsou v porovnání se soukromými vozidly častěji využívána na delší cesty, důsledkem čehož je menší podíl provozu se studeným motorem. Dle studie z Německa z roku 2000 [140] mají také v průměru vyšší obsazenost (1,98 osob oproti 1,62).

Sdílená vozidla mají většinou nadprůměrné roční nájezdy – studie uvádí nejčastěji hodnoty mezi 15 000 km a 25 000 km. V České republice se pak nájezdy nejčastěji pohybují mezi 15 000 km a 20 000 km, přičemž průměrný roční nájezd osobního auta je dle dat projektu Česko v pohybu 12 136 km [21]. Průměrný roční nájezd aut do 5 let stáří – což jsou vozidla podobně stará, jako vozidla carsharingu – je nicméně 16 138 km, v tomto případě tedy rozdíl není příliš velký. Vzhledem k tomu, že vozidla carsharingu jsou obvykle po několika letech prodána jako ojetá, lze předpokládat, že nájezdy sdílených vozidel v rámci celého životního cyklu budou podobné jako v případě ostatních aut.

2.2.3.5 Celková úspora emisí CO_2

U uživatelů carsharingu dochází k poklesu emisí CO_2 řádově o nižší stovky kg ročně, což odpovídá zhruba 10 % emisí CO_2 z jejich mobility. Při zohlednění potenciálu carsharingu (blíže se mu věnuje část 2.2.6) pak lze v závislosti na jeho využívání očekávat pokles emisí CO_2 ze silniční dopravy v řádu setin až nízkých jednotek procent.

2.2.4 Finanční výhodnost carsharingu

Ačkoliv některé studie (např. [134] [139] [140]) i někteří provozovatelé na svých webových stránkách nebo firemních blozích (např. [75] [132]) uvádí hodnotu ročního nájezdu, do kterého je carsharing výhodnější než vlastní auto (v závislosti na zdroji a podmínkách 7 000-12 000 km), je z tarifů uvedených v příloze C zřejmé, že cena za využití carsharingu vždy závisí kromě jiného i na celkové době výpůjčky, odvozovat výhodnost podle kilometrického nájezdu tedy není ideální. Z tohoto důvodu jsou v této práci využity scénáře typového využívání automobilů, lišící se v četnosti a délce typických cest. Vzhledem k rozsahu je analýza finanční výhodnosti podrobněji provedena v přílohách D a E, a zde jsou shrnuty pouze hlavní výsledky.

Ve scénářích byly řešeny následující skupiny uživatelů:

- uživatelé využívající auto několikrát měsíčně (na výlet každý druhý víkend)
- uživatelé využívající auto 1x-2x týdně (1x týdně nákup, každý druhý víkend výlet)
- uživatelé využívající auto 3x-4x týdně (občas do práce a nákupy, o víkendech výlety)
- uživatelé používající auto denně (denní dojezd do práce, výlety o víkendech)

Z pohledu vzdálenosti byly uvažovány následující cesty (všechny uvažovány tam i zpět):

- krátká – 2x 10 km, průměrná rychlost 30 km/h (cesta v rámci města)
- krátká – 2x 30 km, průměrná rychlost 60 km/h (cesta v rámci okresu)
- dlouhá – 2x 60 km, průměrná rychlost 60 km/h (cesta v rámci kraje)
- dlouhá – 2x 100 km, průměrná rychlost 100 km/h (cesta v rámci státu)

Dále byla u cest rozlišována jejich časová délka (jedná se o celkovou délku včetně jízdy):

- kratší (značení K) – 3 hodiny (nákup)
- delší (značení D) – 10 hodin (práce, výlet)

Z uvedených charakteristik bylo sestaveno 10 scénářů používání osobních automobilů, pro které bylo následně provedeno porovnání nákladů soukromých a sdílených aut. Scénáře jsou uvedeny v tabulce 7.

Scénář	Frekvence užívání	Struktura cest (pracovní den, víkend)	Roční nájezd	Denní nájezd
1	několikrát měsíčně	26x (2x30 km D)	1 560 km	4,3 km
2	několikrát měsíčně	26x (2x60 km D)	3 120 km	8,5 km
3	1x-2x týdně	52x (2x10 km K) 26x (2x60 km D)	4 160 km	11,4 km
4	1x-2x týdně	52x (2x10 km K) 26x (2x100 km D)	6 240 km	17,1 km
5	3x-4x týdně	52x (2x 2x10 km D) 26x (2x60 km D)	8 320 km	22,3 km
6	3x-4x týdně	52x (3x 2x30 km D) 26x (2x100 km D)	14 560 km	39,9 km
7	denně	52x (5x 2x10 km D) 52x (2x60 km D)	11 440 km	31,3 km
8	denně	52x (5x 2x30 km D) 26x (2x100 km D)	20 800 km	57,0 km
9	denně	52x (5x 2x60 km D) 26x (2x100 km D)	36 400 km	99,7 km
10	denně	52x (5x 2x100 km D) 26x (2x100 km D)	57 200 km	156,7 km

Tabulka 7: Scénáře používání automobilů

2.2.4.1 Náklady soukromého auta

Náklady na provoz soukromého vozidla je možné rozdělit na následující skupiny:

- náklady spojené s vlastnictvím vozidla (ztráta hodnoty, úroky)
- náklady na pojištění (povinné ručení, havarijní pojištění)
- náklady na údržbu (pravidelný servis, opravy, STK, čištění)
- náklady na spotřební materiál (pneumatiky, palivo, voda do ostřikovačů)
- náklady spojené s užitím infrastruktury (dálniční známka, parkování)

Některé z uvedených položek závisí na čase (úroky, STK, dálniční známka), jiné na nájezdu vozidla (palivo), a některé na čase (někdy jen do určitého nájezdu) i na nájezdu (ztráta hodnoty, náklady na údržbu, pneumatiky). Konkrétní hodnoty se liší u různých modelů aut i různých majitelů, přičemž závisí například také na provozních podmínkách. Detailněji jsou jednotlivé položky pro posuzovaná vozidla řešeny v přílohách D a E.

V této práci byly v práci byly náklady řešeny pro malé a velké vozidlo. Jako malé vozidlo byl zvolen kompaktní hatchback, jako velké pak kombi nižší střední až střední třídy. Konkrétní vozidla byla zvolena na základě jejich prodejů – byla vybrána nejprodávanější vozidla ve zmíněných kategoriích v České republice v roce 2022 [152]:

- Škoda Fabia
- Škoda Octavia Combi

Náklady závisí i na stáří vozidel, pro účely porovnání byly zvoleny následující parametry, přičemž hodnoty nájezdů byly stanoveny s ohledem na průměrné roční nájezdy vozidel v daných věkových skupinách (podrobněji v příloze D):

- Nové vozidlo, nájezd 0 km
- 5 let staré vozidlo, nájezd cca 80 000 km
- 15 let staré vozidlo, nájezd cca 200 000 km

Jedním z benefitů carsharingu je potenciální uvolnění veřejného prostoru od parkujících vozidel nebo zlepšení dostupnosti parkovacích míst. Toho lze nicméně docílit i přesunem parkujících vozidel do parkovacích domů, resp. výstavbou nových parkovacích míst. Zejména v případě parkovacích domů je však vzhledem k jejich investiční náročnosti nutné počítat s jejich zpoplatněním. Z tohoto důvodu byl v provedené analýze výhodnosti carsharingu prověřen i vliv nákladů na dlouhodobé parkování. Posuzované varianty jsou uvedeny na další stránce, kde je i tabulka nákladů pro jedno z vozidel. Další informace jsou v přílohách D a E.

Řešené varianty (v závorce cena nájmu a náklady na vybudování daného parkovacího místa):

- Bezplatné parkování
- Parkování v rezidentních zónách (1 200 CZK/rok)
- Vyhrazené parkovací stání na parkovišti (600 CZK/měsíc, 100 000 CZK/místo)
- Místo v jednoduchém parkovacím domě (1 500 CZK/měsíc, 200 000 CZK/místo)
- Místo ve složitějším parkovacím domě (3 000 CZK/měsíc, 500 000 CZK/místo)
- Místo v podzemním parkovacím domě (5 500 CZK/měsíc, 1 000 000 CZK/místo)

Scénář	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Roční nájezd (km)	**1 560**	**3 120**	**4 160**	**6 240**	**8 320**	**14 560**	**11 440**	**20 800**	**36 400**	**57 200**
Počet provozních dnů	**26**	**26**	**78**	**78**	**130**	**182**	**312**	**286**	**286**	**286**
Doba provozování (roky)	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
Náklady spojené s vlastnictvím vozidla										
Ztráta hodnoty	10,99	5,87	4,59	3,31	2,98	2,03	2,37	1,70	1,34	1,03
Úroky	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Náklady na pojištění										
Povinné ručení	1,07	0,54	0,40	0,27	0,20	0,12	0,15	0,08	0,05	0,03
Havarijní pojištění	4,13	2,06	1,55	1,03	0,77	0,44	0,56	0,31	0,18	0,11
Náklady na údržbu										
Pravidelný servis, opravy	3,13	1,56	1,17	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
STK	0,28	0,14	0,11	0,07	0,05	0,03	0,04	0,02	0,01	0,01
Čištění a mytí	0,58	0,29	0,22	0,14	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Náklady na spotřební materiál										
Pneumatiky	0,85	0,43	0,32	0,21	0,32	0,18	0,23	0,16	0,16	0,16
Výměna sady pneumatik	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,10	0,12	0,07	0,04	0,02
Palivo	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
Voda do ostřikovačů	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Náklady spojené s užitím infrastruktury										
Dálniční známky	0,00	0,00	0,00	0,24	0,18	0,10	0,13	0,07	0,04	0,03
Krátkodobé parkování	0,09	0,07	0,09	0,08	0,09	0,08	0,11	0,08	0,07	0,07
Dlouhodobé parkování:										
Bezplatné parkování	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rezidentní zóny	0,77	0,38	0,29	0,19	0,14	0,08	0,10	0,06	0,03	0,02
Vyhrazené parkovací stání	4,62	2,31	1,73	1,15	0,87	0,49	0,63	0,35	0,20	0,13
Místo v jednoduchém parkovacím domě	11,54	5,77	4,33	2,88	2,16	1,24	1,57	0,87	0,49	0,31
Místo ve složitějším parkovacím domě	23,08	11,54	8,65	5,77	4,33	2,47	3,15	1,73	0,99	0,63
Místo v podzemním parkovacím domě	42,31	21,15	15,87	10,58	7,93	4,53	5,77	3,17	1,81	1,15
Celk. náklady v závislosti na dl. park.										
Bezplatné parkování	**23,18**	**13,02**	**10,50**	**8,34**	**7,86**	**6,13**	**6,77**	**5,55**	**4,94**	**4,52**
Rezidentní zóny	**23,94**	**13,40**	**10,79**	**8,53**	**8,00**	**6,22**	**6,88**	**5,61**	**4,98**	**4,54**
Vyhrazené parkovací stání	**27,79**	**15,33**	**12,23**	**9,50**	**8,72**	**6,63**	**7,40**	**5,90**	**5,14**	**4,64**
Místo v jednoduchém parkovacím domě	**34,71**	**18,79**	**14,83**	**11,23**	**10,02**	**7,37**	**8,35**	**6,42**	**5,44**	**4,83**
Místo ve složitějším parkovacím domě	**46,25**	**24,56**	**19,15**	**14,11**	**12,18**	**8,61**	**9,92**	**7,28**	**5,93**	**5,15**
Místo v podzemním parkovacím domě	**65,48**	**34,17**	**26,37**	**18,92**	**15,79**	**10,67**	**12,54**	**8,72**	**6,76**	**5,67**

Tabulka 8: Náklady na provoz nové Škody Fabia Ambiente 1.0 TSI 70 kW

2.2.4.2 Náklady sdíleného auta

Nákladové položky provozu soukromého auta jsou i u auta sdíleného, s možnou výjimkou v případě dlouhodobého parkování (pozn.: v této práci bylo u sdílených aut předpokládáno bezplatné dlouhodobé parkování). Ceny některých shodných položek nicméně mohou být nižší vlivem množstevních slev, jejichž výše může být v některých případech i v řádu nižších desítek procent. Na druhou stranu však lze očekávat vyšší náklady na pojištění.

Pro monitorování vozidla a možnost jeho odemykání pomocí chytrého mobilního telefonu nebo čipové karty je potřeba vozidlo carsharingu vybavit zařízením s těmito funkcemi, například jednotkou INVERS. Náklady na její pořízení a instalaci přesahují 1 000 EUR/vozidlo [178].

Dále je nutné u sdíleného vozidla počítat s režijními náklady a ziskem provozovatele. Dle různých studií a výše provize u P2P carsharingu HoppyGo mohou tyto náklady tvořit zhruba 25 % ceny pronájmu, jejich výše tedy odpovídá zhruba třetině provozních nákladů soukromého auta. Podrobnosti jsou uvedeny v příloze D.

2.2.4.3 Porovnání nákladů soukromého a sdíleného auta

V případě malého vozidla je carsharing výhodnější při využívání auta 1x-2x měsíčně (scénáře 1 a 2) bez ohledu na stáří vozidla nebo jeho dlouhodobé parkování. V případě používání auta 1x-2x týdně (scénáře 3 a 4) je carsharing vždy výhodnější při dlouhodobém parkování soukromého vozidla v některé z uvažovaných variant parkovacího domu, při bezplatném parkování je však vlastní auto bez ohledu na stáří výhodnější už ve scénáři 4, 15leté auto je pak výhodnější i ve scénáři 3. Při parkování v podzemním parkovacím domě naopak vychází carsharing lépe někdy i v případě využívání auta 2x-3x týdně (scénář 5).

V případě velkého vozidla je carsharing vždy výhodnější ve scénáři 1, při parkování v některém z parkovacích domů je pak až na jednu výjimku výhodnější ve scénářích 1 až 4. V případě bezplatného parkování nebo rezidentních zón se výhodnost carsharingu odvíjí od stáří vozidla – zatímco v případě nového auta se carsharing vyplatí ve scénářích 1-4, v případě 5letého ve scénářích 1-3 a v případě 15letého pouze ve scénáři 1.

Prostornost velkého auta však řada majitelů potřebuje jen občas – v případě náhrady vlastního auta carsharingem by tedy mohli na část cest využít levnější menší auto. Při využívání malého auta v 75 % případů je carsharing oproti vlastnímu velkému autu výhodnější ve scénářích 1-4, kromě 15letého auta s levnějším dlouhodobým parkováním (první tři varianty),

kdy je carsharing výhodnější jen ve scénářích 1 a 2. Při parkování v podzemním parkovacím domě je pak carsharing výhodnější i ve scénáři 5, v případě nového auta dokonce i ve scénářích 6 až 9 – rozdíly jsou však v těchto případech poměrně malé.

Jak vyplývá z části 2.2.3, uživatelé carsharingu nenahrazují carsharingem všechny cesty původně vykonané vlastním autem – část z nich nahrazují ostatními módy. Při náhradě 25 % cest autem hromadnou dopravou s náklady 1-2 CZK/km klesnou finanční výdaje na mobilitu zhruba o 20 %. Při uvažování této změny dopravního chování a částečné náhradě velkého auta malým (popsané v předchozím odstavci) vychází carsharing výhodněji ve scénářích 1-4, s výjimkou 15letého auta s bezplatným parkováním, kdy je výhodnější jen ve scénářích 1 a 2. Oproti novému autu je pak carsharing výhodnější vždy i ve scénáři 5 a ve většině případů dlouhodobého parkování v některé z variant parkovacího domu. Při dlouhodobém parkování v podzemním parkovacím domě pak vychází carsharing výhodněji u všech aut.

Při uvažování o nahrazení soukromého auta sdíleným z finančních důvodů je nicméně potřeba zvážit i možnost náhrady novějšího soukromého auta starším soukromým. Zejména v případě nového auta se nabízí možnost jeho náhrady 5letým vozidlem – jedná se taktéž o poměrně moderní vozidla, někdy i té samé generace. Z toho vyplývá, že nové vozidlo bude nahrazeno carsharingem pravděpodobně jen v případě, že bude carsharing výhodnější i než vozidlo 5leté. V případě 15letého vozidla může carsharing uživateli přinést benefit v podobě užívání výrazně novějšího vozidla, pro někoho ale naopak může být jeho větší odlišnost překážkou.

2.2.5 Výhody a nevýhody carsharingu

Některé výhody a nevýhody (zejména environmentálního a ekonomického charakteru) jsou patrné již z předchozích částí práce. V této části jsou výhody a nevýhody shrnuty a utříděny.

Výhody a nevýhody lze roztřídit různými způsoby. Například studie z roku 2019 [179] rozděluje výhody a nevýhody ve dvou rovinách – Soukromé X Společenské a Funkční X Symbolické – jejichž kombinací vznikne matice 2x2.

Studie z roku 2020 [143] uvádí dělení podle společensko-administrativní úrovně na dopady Individuální / Pro komunitu nebo městsku čtvrť / Pro město / Pro podniky a státní organizace.

V této práci byly výhody a nevýhody (tabulka 7) rozděleny ve dvou rovinách:

- Pro jednotlivce X Pro společnost X Pro podniky
- Funkční X Symbolické

		FUNKČNÍ	SYMBOLICKÉ
PRO JEDNOTLIVCE	+	- Úspora finančních nákladů - Dostupnost vhodného vozidla pro daný účel - Větší flexibilita v porovnání s VHD - Není nutné řešit zařizování ohledně auta - Novější auta s vyšší bezpečností a moderní výbavou	- Vyjádření ochoty zkoušet nové věcí - Vyjádření zájmu o šetrný životní styl - Možný vyšší statusový symbol než VHD
	-	- Pro někoho vyšší náklady - Možná větší docházková vzdál. než k vlastnímu autu - Nejistota dostupnosti vozidla - Nemožnost individualizace a ponechání věcí v autě	- Slabší statusový symbol - Vyjádření odlišných hodnot a postojů od hodnot a postojů jedince - Nemožnost přizpůsobení vozidla identitě
PRO SPOLEČNOST	+	- Snížení obsazenosti parkovacích ploch - Snížení záboru veřejného prostoru - Vyšší plynulost provozu - Vyšší využívání VHD a aktivních dopravních módů - Úspora emisí vlivem novějších vozidel, optimalizace jejich parametrů a menšího provozu - Vyšší bezpečnost pro okolí - Úspora surovin na výrobu aut - Zlepšení mobility některých skupin obyvatelstva (cizinci, chudší lidé)	- Vyjádření ochoty inovovat - Vyjádření podpory šetrného životního stylu
	-	- Někdy nutné vyhrazení parkovacích míst - Negativa spojená s vyšším využíváním aut některými jedinci - Riziko odlivu cestujících z VHD	- Vnímání jako podpory využívání automobilové dopravy - Obavy části společnosti z usnadnění či legitimizace omezení soukromých vozidel
PRO PODNIKY	+	Dopravní podniky: - Větší využívání VHD uživateli carsharingu - Řešení problému „poslední míle“ - Při provozování carsharingu dopravním podnikem omezení rizika finanční kanibalizace Automobilky: - Snížení flotilových emisí (úspornější vozidla) - Testování vozidel (odolnost) - Možnost vyzkoušení vozidel zájemci o koupi - Zahrnutí konceptu MaaS do svého portfolia Taxislužby a půjčovny: - Příležitost ke spolupráci s provozovateli carsharingu	Dopravní podniky: - Zájem o inovace - Zájem o poskytování komplexních služeb zákazníkům Automobilky: - Zájem o inovace - Navázání vztahu se zákazníky, kteří si auto koupit momentálně nemohou nebo nechtějí Taxislužby a půjčovny: - Zájem o inovace
	-	Dopravní podniky: - Možný odliv části cestujících z VHD Automobilky: - Snížení počtu prodaných aut Taxislužby a půjčovny: - Menší míra využívání jejich služeb	Dopravní podniky: - Riziko poklesu VHD na statusovém žebříčku Automobilky: - Vnímání podpory carsharingu jako negativ. signálu o budoucnosti soukromých aut Taxislužby a půjčovny: - Riziko vnímání jako zastaralé služby

Tabulka 9: Výhody a nevýhody carsharingu

V tabulce 9 jsou v některých místech patrné určité rozpory – např. vyšší náklady vs. úspora finančních nákladů. To je dáno individuální povahou jednotlivých dopadů vůči potřebám konkrétních jedinců či podniků, nastavením konkrétního provozu carsharingu i místními podmínkami. Některé dopady jsou navíc vzájemně provázané a snaha o maximalizaci některého z nich může vést k omezení jiného (například v případě snížení obsazenosti parkovacích ploch a snížení záboru veřejného prostoru). Při sestavování tabulky 9 bylo čerpáno z provedené rešerše (příloha D), kde je možné k řadě položek najít podrobnější popis a zdroje.

2.2.6 Potenciál carsharingu

Odhad střednědobého až dlouhodobého potenciálu carsharingu je poměrně komplikovaný. Služba se neustále vyvíjí, v současnosti je k dispozici pouze na omezeném území (patrné z přílohy C) a řada lidí o něm nemá dostatek informací. Celkově potenciál ovlivňuje řada faktorů, studie z roku 2000 [140] uvádí například následující:

- Počet držitelů řidičského oprávnění
- Osobní postoje k automobilům
- Účel používání automobilů
- Četnost používání automobilů
- Roční kilometrický nájezd
- Dostupnost hromadné dopravy
- Hustota osídlení

Podrobná rešerše k potenciálu je v příloze D, v této části práce jsou shrnuty hlavní výstupy.

2.2.6.1 Potenciální uživatelé

Přestože se carsharing aktivně rozvíjí již přes 20 let (v posledních 10 letech vlivem nástupu digitálních technologií výrazně), zůstávají charakteristiky uživatelů podobné – obvykle mladší lidé s vyšším vzděláním a příjmy žijící ve městech – jde tedy o typické „early adopters“, jejichž preference se mohou od většinové společnosti odlišovat. Budoucí poptávku budou ovlivňovat demografické trendy, rostoucí urbanizace i nárůst jednočlenných domácností.

Při uvažování o potenciálních uživatelích je potřeba brát v úvahu, že důvody pro vlastnictví a užívání osobních aut nejsou pouze funkční, ale i symbolické (vyjádření identity a statusu) a emocionální (pocit kontroly, osobní prostor). Průzkumy také ukazují, že většina lidí má o fungování a možnostech carsharingu ve svém okolí pouze omezené znalosti.

2.2.6.2 Odhad potenciálu

Podle odhadů na základě jednoduchých kritérií (např. ročních nájezdů) vychází potenciál až kolem 70 % relevantní populace (lidé s řidičským oprávněním), sami autoři však v těchto případech zmiňují, že se jedná o nadsazené hodnoty.

Studie uvažující více kritérií – např. charakter zástavby, dopravní chování nebo osobní preference obvykle odhadují horní hranice potenciálu do 20 % relevantní populace, časté jsou ale i odhady řádově v jednotkách procent. Počet potenciálních uživatelů je pak vyšší než počet lidí ochotných vzdát se auta.

Potenciál dostupný ve městech ihned je dle studie z roku 1999 [70] zhruba 1,5 % obyvatel.

2.2.6.3 Možnosti zvýšení potenciálu

V prvé řadě je vhodné odstranit bariéry rozvoje carsharingu. Jedná se například o zohlednění potřeb carsharingu v rámci parkovací politiky – typicky rezidentní parkovací zóny mohou značně zkomplikovat používání one-way carsharingu, pokud s ním tarif nepočítá.

Rozvoji carsharingu lze dále napomoci jeho integrací do systému hromadné dopravy a rozvojem hromadné dopravy obecně – carsharing k ní má komplementární vztah.

Potenciál carsharingu mohou zvýšit také opatření snižující atraktivitu používání soukromých aut i aut obecně – ačkoliv taková opatření mohou zvýšit náklady i provozovatelům carsharingu, měla by vést k menšímu používání soukromých aut, a tedy zvýšení relativní výhodnosti carsharingu pro uživatele.

2.2.6.4 Možnosti autonomních vozidel

Nasazení autonomního řízení pravděpodobně povede ke zvýšení atraktivity sdílené dopravy (odpadá nutnost řízení, možnost relokace vozidel) a k úspoře nákladů v hromadné dopravě, v důsledku čehož lze očekávat nižší využívání soukromých aut ve prospěch uvedených módů. Soukromá auta budou však i nadále atraktivní – není očekáváno, že by byl jejich provoz oproti sdíleným vozidlům výrazně dražší, protože sdílená vozidla je například nutné častěji čistit. Jedná se nicméně o hypotetickou situaci, a tudíž nelze v současnosti vyslovovat jednoznačné závěry. Podrobnosti k tématu jsou uvedeny v příloze D.

2.2.7 Shrnutí poznatků o carsharingu pro analýzu v této práci

Z informací uvedených v předchozích částech kapitoly 2.2 vyplývá, že carsharing může mít řadu forem, lišících se přístupem k vlastnictvím vozidel (B2C a P2P carsharing), způsobem

užívání aut (one-way nebo round-trip) a odstavováním vozidel (station-based, zone-based nebo free-floating). Vzhledem k řešení carsharingu pro malou a převážně monofunkční oblast byl pro posuzování zvolen round-trip carsharing.

Ačkoliv dle uvedených informací zažívá carsharing v posledních letech nárůst ve světě i v České republice, uživatelé mají nadále charakteristiky typické pro „early adopters“, jsou tedy spíše mladší, vzdělanější a s vyššími příjmy. Z tohoto pohledu se jeví jako vhodné prověření socio-demografické charakteristiky obyvatel v posuzované lokalitě.

Z pohledu dopravního chování uživatelé carsharingu oproti zbytku populace častěji využívají hromadnou dopravu i aktivní dopravní módy a mají méně aut. Kvalitní nabídka zejména hromadné dopravy je někdy zmiňována jako důležitý předpoklad pro využívání carsharingu, je tedy potřeba v posuzované lokalitě prověřit nabídku zmiňovaných dopravních módů a situaci ohledně vlastnictví aut.

Carsharing může napomoci s řešením některých dopravních problémů. Jedno sdílené auto běžně nahradí minimálně nižší jednotky soukromých aut, může proto napomoci s řešením problémů s parkováním. V případě hromadné dopravy pak může carsharing řešit problém „poslední míle“. Tento efekt lze očekávat zejména v situacích, kdy jsou vozidla umístěna v místě, kde dochází k výrazné změně v nabídce hromadné dopravy, nebo v dopravních uzlech. Je tedy vhodné zohlednit i tyto aspekty.

Z finančního hlediska je carsharing výhodnější oproti vlastnímu autu prakticky vždy v případě využívání auta 1x-2x měsíčně (v tomto případě se jedná o roční nájezdy do 3 120 km). V případě lidí využívajících auto 1x-2x týdně (s modelovými ročními nájezdy do 6 240 km) závisí finanční výhodnost carsharingu na nákladech na dlouhodobé parkování – v případě parkování zdarma, v rezidentních zónách nebo na vyhrazeném parkovacím místě s měsíčním nájmem 600 CZK je většinou výhodnější vlastní auto, carsharing vychází výhodněji při parkování v parkovacích domech (s modelovou cenou od 1 500 do 5 500 CZK/měsíc). Při využívání auta 3x-4x týdně (modelové nájezdy od 8 320 km ročně) vychází vlastní auto výhodněji ve většině případů bez ohledu na dlouhodobé parkování. Výhodnost carsharingu výrazně vzroste při uvažování dalších možných úspor souvisejících s jeho využíváním (nahrazení velkého auta v 75 % cest malým a nahrazení 25 % cest autem veřejnou dopravou). Žádné soukromé auto se v tomto případě nevyplatí při parkování v podzemním parkovacím domě (cena 5 500 CZK/měsíc), nové vozidlo pak dokonce v jakémkoliv parkovacím domě. V případě nových vozidel lze nicméně předpokládat jejich náhradu carsharingem pouze

v situaci, kdy vychází carsharing výhodněji i než 5leté soukromé vozidlo (jedná se již o moderní vozidla jen o málo starší než vozidla carsharingu, navíc s komfortem daným jejich vlastnictvím). V různých scénářích užívání aut se výhodnost nabídek jednotlivých provozovatelů carsharingu liší. Pro posouzení pro účely modelu v této práci tedy bude vytvořen modelový ceník. Vzhledem k uvedenému bude prověřen i vliv dlouhodobého parkování, a to pro bezplatné parkování a jednoduchý parkovací dům (v lokalitě je relativní dostatek prostoru a nejedná se architektonicky exponovanou oblast).

Pro hrubé prověření rentability provozu carsharingu je potřeba znát celkový počet uživatelů a jejich průměrné nájezdy. Data o vlastnictví aut uživateli carsharingu ukazují, že uživatelé round-trip carsharingu, kteří se vzdají auta, tvoří pouze menší část jeho uživatelů – zhruba 25 %. Dalších 25 % uživatelů využívá carsharing i vlastní soukromé auto, zbylých 50 % pak tvoří uživatelé, kteří auto nevlastí a nevlastnili ho ani před využíváním carsharingu. Pro odhad celkového počtu zákazníků carsharingu je nutné uvažovat se všemi uvedenými skupinami uživatelů, z dat zpracovávaných v této práci je však možné zjistit atraktivitu carsharingu pouze pro stávající uživatele aut. Vzhledem k uvedenému lze tedy očekávat, že podchyceno bude jen 25 až 50 % potenciálních uživatelů. Pro získání celkového potenciálního počtu uživatelů carsharingu je tedy potřeba počet potenciálních uživatelů mezi vlastníky aut vynásobit 2 (dolní odhad) až 4 (horní odhad).

Ohledně průměrných nájezdů ze studií vyplývá, že hodnota průměrného ročního nájezdu připadajícího na jednoho uživatele se pohybuje od 500 km po zhruba 2 000 km. V této práci je uvažováno s průměrným ročním nájezdem připadajícím na jednoho uživatele ve výši 1 500 km. Vzhledem k uvedenému rozpětí tato hodnota může působit nadsazeně, v kombinaci s uvedenými mezemi počtu potenciálních uživatelů však dolní odhad zároveň odpovídá situaci, kdy by byl počet uživatelů roven hornímu odhadu a průměrný nájezd uživatele by byl poloviční (750 km). Horní odhad pak zároveň odpovídá situaci, kdy by byl počet uživatelů carsharingu oproti počtu nahrazených soukromých aut 8násobný, ale jejich (uživatelů) průměrný nájezd by byl poloviční (750 km). Horní odhad dále také odpovídá situaci, kdy by byl v případě dolního odhadu potřebný pouze poloviční počet sdílených vozidel (např. z důvodu změny dopravního chování uživatelů).

Provozní náklady sdíleného auta jsou následně určeny na základě dat z části 2.2.4.2 a přílohy D jako provozní náklady soukromého auta (s bezplatným parkováním) navýšené o 30 %.

3 Sběr a analýza dat v lokalitě Skalka (Ústí nad Labem)

Předmětem provedeného měření a analýzy dat bylo zjištění doby pobytu vozidel v lokalitě sídliště Skalka, a následné odvození potřebného nabíjecího výkonu přiváděného na toto sídliště při 100% elektrifikaci vozového parku, a dále odhad potřebného počtu sdílených vozidel při hypotetickém nahrazení části soukromých vozidel pomocí round-trip carsharingu. První podkapitola se zabývá posuzovanou lokalitou, druhá měřením dat, třetí jejich zpracováním a čtvrtá samotným modelováním.

3.1 Lokalita

Sídliště Skalka se nachází ve východní části Ústí nad Labem na kopci na levém břehu Labe v městské části Mojžíř. Tvořeno je různě vysokými panelovými domy, vybudovanými po roce 1980, umístěnými v relativně členitém terénu. V současnosti jsou již všechny po rekonstrukci. Obyvatelům je na sídlišti k dispozici několik dětských hřišť, mateřská škola, stravovací zařízení a dvě prodejny potravin (z toho je však jedna pouze malá v přízemí jednoho z panelových domů). Základní škola se nachází v docházkové vzdálenosti. Sídliště je specifické svým napojením na silniční síť, které je realizováno pouze dvěma vjezdy. Sídliště tvoří samostatnou základní sídelní jednotku. [184] [185]

Obrázek 9: Poloha sídliště Skalka [185]

Obrázek 10: Sídliště Skalka [185]

3.1.1 Obyvatelstvo

Základní údaje o obyvatelstvu pro základní sídelní jednotku Skalka je možné získat z výsledků Sčítání lidu domů a bytů v roce 2021 [186], o něco podrobnější údaje pak uvádí demografická studie z roku 2017 [184], která nicméně vychází z dat ze Sčítání lidu, domů a bytů z let 2001 a 2011. Počet obyvatel sídliště v posledních 20 letech klesl z 2 549 v roce 2001 [184] přes 2 217 v roce 2011 [184] na 1 939 v roce 2021 [186]. V celém Ústí nad Labem počet obyvatel mezi roky 2001 a 2021 klesl z 95 436 [184] na 89 713 [186], k 31. 12. 2022 pak v Ústí nad Labem dle ČSÚ žilo 91 963 obyvatel [187]. Uvedená data byla nicméně zjišťována pomocí odlišných metodik – Sčítání lidu, domů a bytů z roku 2001 a starší uvádí počet lidí s trvalým pobytem v oblasti, Sčítání z pozdější doby uvádí osoby s obvyklým pobytem v lokalitě [184] [186]. Ze srovnání dat o obvyklých pobytech z novějších Sčítání lidu, domů a bytů a dat ČSÚ o trvalých pobytech ze stejné doby však vyplývá, že v rámci celého Ústí nad Labem jsou rozdíly mezi těmito hodnotami do 2 % [184] [186] [187].

V porovnání s ostatními základními sídelními jednotkami v Ústí na Labem byl na sídlišti Skalka v roce 2011 mírně vyšší podíl obyvatel ve věku 0-14 let, výrazněji se pak lišil podíl

osob ve věku 15-39 let – na sídlišti Skalka tvořily přes 40 % obyvatel, zatímco ve většině ostatních částí města byl jejich podíl kolem třetiny. Mírně vyšší byl na sídlišti také podíl osob ve věku 40-65 let, a naopak nízký byl podíl seniorů. Mezi roky 2001 a 2011 nicméně došlo ke snížení podílu dvou mladších věkových skupin a nárůstu podílu starších věkových skupin. [184]

Z pohledu počtu členů domácností žilo na sídlišti Skalka v roce 2011 v porovnání se zbytkem města více osob v domácnostech s 2-4 členy a méně osob v domácnostech s jedním členem nebo naopak pěti a více členy. Rozdíly se pohybovaly kolem 5 procentních bodů. [184]

Z hlediska ekonomické aktivity obyvatelstva byl na sídlišti Skalka v roce 2011 vyšší podíl ekonomicky aktivních obyvatel, u kterých byla zároveň mírně vyšší míra zaměstnanosti. Oproti zbytku města zdejší obyvatelé častěji pracovali v sekundárním sektoru (průmysl a stavebnictví), mírně vyšší v porovnání s jinými částmi města byl i podíl osob pracujících v oblasti nižších služeb (maloobchod, doprava, pohostinství). Naopak menší byl podíl lidí pracujících v sektoru vyšších služeb (peněžnictví, vzdělávání, vědecké a technické činnosti, zdravotní a sociální péče). [184]

3.1.2 Dopravní situace

Jak bylo zmíněno, specifikem sídliště Skalka je jeho napojení na silniční síť pouze dvěma vjezdy. Ty navíc ústí do stejné komunikace – jak je patrné z levé části obrázku 10. Tato komunikace spojuje Ústí nad Labem s vesnicemi ležícími severně od města. Pro chodce je dále k dispozici chodník do čtvrti Mojžíř (na obrázku 10 vpravo uprostřed).

V jihozápadním cípu sídliště se nachází zastávka MHD „Skalka“, obsluhovaná trolejbusy a autobusy (v případě noční linky). Zastávka je zároveň konečnou stanicí s točnou a odstavnými plochami pro vozidla MHD. Přes den je obsluhována trolejbusovou linkou 51 s 15minutovým intervalem v dopravní špičce a 20minutovým intervalem v sedle, ve špičce pak ještě posilovou trolejbusovou linkou 58. V noci (23:00-4:30) je obsluha zajišťována autobusovou linkou 41 s frekvencí přibližně jednoho spoje za hodinu. Všechny linky jezdí přes Krásné Březno do centra města, odtud pak některé spoje pokračují do čtvrti Klíše nebo na Severní Terasu. Většina spojů linky 51 je bezbariérových, v případě linky 41 jsou bezbariérové všechny spoje. Uvedené údaje platí pro jízdní řád 2022/2023. [185]

Z přepravního průzkumu provedeného v rámci Plánu udržitelné městské mobility města Ústí nad Labem v roce 2018 vyplývá, že v období ranní špičky (5:30-8:30) nastoupilo

v pracovní den na zastávce Skalka do jednoho z 12 spojů linky 51 celkem 259 cestujících, a naopak ze spojů vystoupilo 45 cestujících. V období odpolední špičky (14:00-17:00) pak do stejného počtu spojů nastoupilo 107 cestujících a z přijíždějících spojů vystoupilo 213 cestujících. Ve večerní nedělní špičce (18:00-21:00) do spojů linky 51 nastoupilo 45 cestujících a vystoupilo jich 86. V případě linky 58 do jednoho z 5 spojů v ranní špičce nastoupilo 94 cestujících a vystoupilo jich 9. V odpolední špičce nastoupilo 48 cestujících a vystoupilo jich 101. [188]

Z analýzy provedené v rámci zmíněného plánu udržitelné mobility z roku 2018 [188] vyplývá problém s nedostatkem parkovacích míst. V lokalitě bylo identifikováno 371 legálních parkovacích míst, jejichž obsazenost vykazovala značnou asymetrii přes den (obsazenost 64 %) a v noci (obsazenost 141 %), což je dáno monofunkční zástavbou. Z noční obsazenosti 141 % je zřejmé, že počet parkovacích stání je nedostatečný.

Podrobný průzkum dopravy v klidu v dané lokalitě byl proveden v roce 2022 děčínským pracovištěm Dopravní fakulty ČVUT v Praze [189]. Z 668 vozidel parkujících v noci ve všední den v dané lokalitě jich stálo nelegálně 255, z toho 233 parkujících vozidel omezovalo provoz zasahováním do jízdního pruhu (vyšší počet legálních parkovacích míst oproti v předchozím odstavci zmíněnému plánu udržitelné mobility je dán nově postavenými parkovacími místy před třemi solitérními panelovými domy v jihovýchodní části sídliště). 82 vozidel z celkového počtu bylo vyhodnoceno jako dlouhodobě odstavených, což představuje 12,3 % vozidel. Žádné z nich nicméně nebylo na základě vizuální kontroly označeno jako vrak.

Z průzkumu dopravního chování vypracovaného v rámci zmíněného plánu udržitelné mobility [188] vyplývá, že asi tři čtvrtiny dospělých obyvatel Ústí nad Labem vlastní řidičský průkaz a přibližně 60 % dospělých aktivně využívá auto. Přibližně 10 % obyvatel je tedy pasivními držiteli řidičského oprávnění. Auto nemá 25 % domácností (41 % jednočlenných domácností a 15-18 % vícečlenných domácností), dalších 18 % domácností pak s autem najede ročně méně než 5 000 km. Průměrná ústecká domácnost najede auty ročně kolem 7 000 km. Dvě a více aut má 19 % domácností, přičemž průměrný počet aut roste s rostoucím čistým příjmem domácnosti. Některou z variant časových jízdenek na MHD má 56 % ústeckých domácností. Z hlediska celkové dělby přepravní práce připadá v Ústí nad Labem 44 % na automobilovou dopravu, 37 % na veřejnou hromadnou dopravu, 17 % na pěší a 2 % na cyklisty.

3.1.3 Zhodnocení lokality

Z pohledu uvažovaného denního nabíjení elektromobilů by bylo vhodné znát výkonové rezervy místní distribuční soustavy, tento údaj však není k dispozici. Pro uvažované denní nabíjení je potřeba, aby bylo pro každé vozidlo k dispozici parkovací místo, což se v současnosti v této lokalitě jeví jako problém, na modelování teoretické spotřeby to nicméně nemá vliv.

Z pohledu demografie je ve vztahu ke carsharingu silnou stránkou lokality vyšší podíl mladších lidí, problematická je však neznalost příjmové a vzdělanostní struktury obyvatelstva. K dispozici jsou pouze hrubá data o podílech zaměstnanců pracujících v různých sektorech. V případě předpokladu vyšších příjmů u zaměstnanců v sektoru vyšších služeb by vzhledem k nižšímu podílu obyvatel zaměstnaných v tomto sektoru vycházel potenciál carsharingu z pohledu příjmu obyvatel v lokalitě spíše nižší, pro vyvozování závěrů nicméně nejsou dostupná data dostatečná.

Z hlediska dopravní nabídky a dopravního chování lze ve vztahu ke carsharingu hodnotit pozitivně dobrou nabídku MHD v lokalitě a relativně vysoký podíl VHD na dělbě přepravní práce v Ústí nad Labem. Cyklistická doprava má naopak podíl nízký, vzhledem k umístění sídliště na kopci a celkovém členitějšímu terénu v Ústí nad Labem není v blízké době předpokládán větší potenciál ke komplementárnímu využívání s carsharingem. Zajímavé skupiny z pohledu potenciálu carsharingu představují držitelé řidičského průkazu, kteří nepoužívají auto (10 % obyvatel), domácnosti bez auta (25 % domácností) a domácnosti s nízkými ročními nájezdy automobilovou dopravou (18 % domácností). Konkrétně v dané lokalitě jsou pak zajímavá dlouhodobě odstavená vozidla (82 vozidel).

Na sídlišti Skalka je v případě carsharingu také potenciál možných nadstandardních přínosů, a to jak v případě hromadné dopravy, tak v případě parkování. Ve vztahu k MHD může carsharing plnit funkci návazné dopravy od konečné stanice při cestách do vesnic severně od Ústí nad Labem, v případě parkování pak může díky snížení počtu aut napomoci s řešením nedostatku parkovacích míst v dané lokalitě.

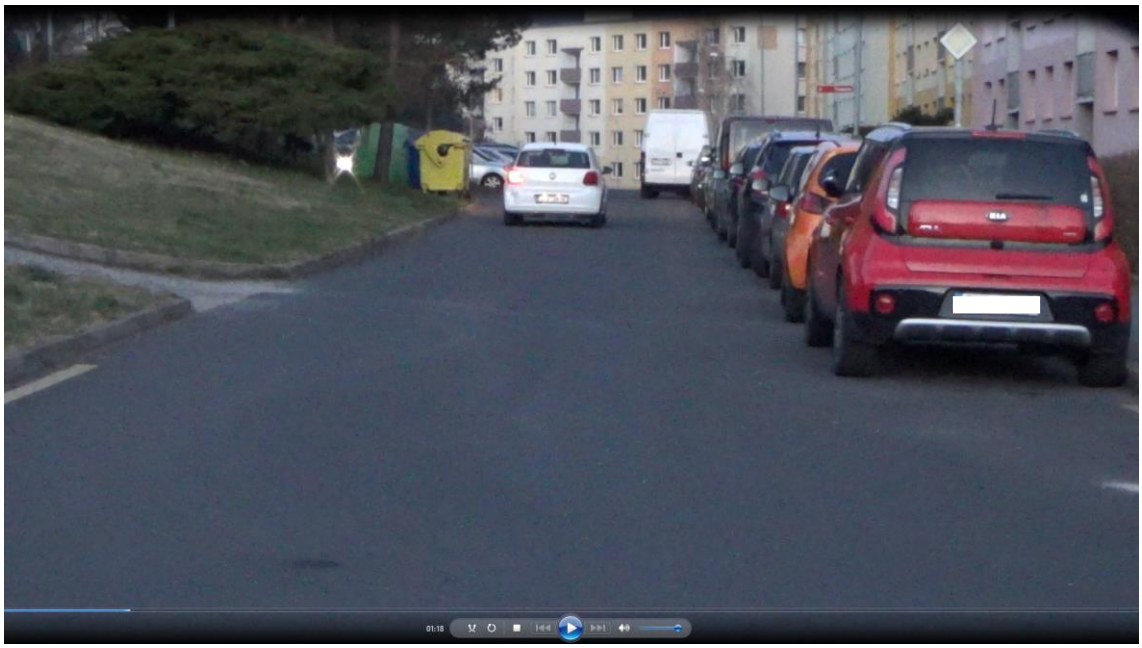
3.2 Sběr dat

Pro sběr dat byla využita metoda založená na detekci vozidel kamerami na vjezdech a výjezdech do/z oblasti, jejíž použití je v dané situaci výhodné, protože vzhledem k topologii sídliště Skalka (pouze dva vjezdy/výjezdy) umožňuje zisk potřebných dat o pobytech vozidel v oblasti s malým počtem detekčních kamer. Pozice a orientace kamer je znázorněna na obrázku 11. Obě kamery byly orientované směrem na východ do ulice Peškova.

Obrázek 11: Umístění a směr záběru detekčních kamer [185]

Obrázek 12: Sběr dat pomocí kamer (kamera na pozici 1)

Kamery byly z důvodu ochrany umístěné v zaparkovaných osobních autech, záznam byl ukládán na paměťové karty pro pozdější vyhodnocení. Samotný sběr dat proběhl ve středu 23. 3. 2022 zhruba od 6:06 do 19:13. Datum bylo zvoleno tak, aby se jednalo o úřední den, a aby měření proběhlo před změnou času na středoevropský letní čas z důvodu zajištění příznivých světelných podmínek již od ranních hodin. Právě světelné podmínky jsou omezujícím faktorem této metody, přičemž problematický je nedostatek světla a výrazné změny jeho intenzity. Nedostatek světla lze řešit přisvícením (např. infračerveným), v tomto případě však přisvícení použito nebylo, proto bylo měření omezeno na uvedený časový úsek, kdy byly vhodné podmínky zajištěny přírodním světlem. K výrazným změnám v intenzitě světla dochází například při východu a západu slunce, kdy slunce po krátkou dobu svítí přímo do kamery. K tomuto problémy během měření došlo zhruba v čase 6:44-6:49, což mělo za následek nečitelnost registračních značek několika vozidel. Jednalo se však pouze o jednotky aut, vliv na celkový výsledek měření tedy byl minimální. Při měření nebyla kamerami zaznamenána vozidla zaparkována podél komunikace na západní straně sídliště, tato vozidla byla zaznamenána ručně a následně byla doplněna do vyhodnocovaných dat.



Obrázek 13: Záběr kamery na pozici 2 za zhoršených světelných podmínek na konci dne

3.3 Zpracování dat

3.3.1 Úprava naměřených dat

Data o pohybech vozidel je možné z kamerových záznamů získat s využitím neuronových sítí nebo manuálně. V této práci byla data získána manuálně s využitím anotační laboratoře Dopravní fakulty ČVUT. Záznamy každé z kamer byly rozděleny na videa délky 10 min 40 s, pro každé z těchto videí byly následně do samostatných souborů vyhodnoceny pohyby nasnímaných vozidel. Každému zaznamenanému pohybu byly přiřazeny následující parametry:

- Vjezd (Dolní vjezd – kamera 1 na obr. 11, Horní vjezd – kamera 2 na obr. 11)
- Část (1, 2 – kvůli max. délce záznamu byly každou kamerou pořízeny dva záznamy)
- Soubor (číslo videa)
- ID záznamu (číslo)
- Čas ve videu (čas ve formátu HH:MM:SS)
- Směr průjezdu (Ke kameře, Od kamery)
- SPZ (registrační značka)
- Čitelnost SPZ (Bez problému, Nejistá, Zcela nečitelná)
- Kategorie vozidla (Osobní automobil, Lehké nákladní vozidlo apod.)
- Komentář (doplňující informace o pohybu)

Následně byla data o pohybech vozidel spojena do jednoho souboru a k jednotlivým pohybům byly dopočítány hodnoty absolutního času pohybu v rámci měřeného dne. Poté byly do souboru doplněny údaje o vozidlech zaznamenaných ručně. Celkem bylo zaznamenáno 1 867 pohybů (Dolní vjezd 1 157, Horní vjezd 710). Podíl pohybů s čitelností SPZ „Bez problému“ a „Nejistá“ činil 97,86 % (Dolní vjezd 98,62 %, Horní vjezd 96,62 %), přičemž v rámci těchto pohybů bylo zaznamenáno 832 unikátních vozidel.

Pro sestavení dat o pobytech vozidel z dat o jejich pohybech je nezbytné, aby rozdíl mezi počtem vjezdů a výjezdů každého vozidla byl roven maximálně jedné, a aby se vjezdy a výjezdy střídaly. Nejprve byly prověřeny počty vjezdů a výjezdů. Příliš velký rozdíl těchto hodnot byl identifikován u 9 vozidel. U nich byly poté určeny pravděpodobné příčiny odchylek a následně byly záznamy opraveny s využitím následujících možností:

- Vzájemné prohození pořadí dvou znaků na registrační značce
- Záměna jednoho znaku na registrační značce
- Prohození směru – přihlédnuto k časovému odstupu a posloupnosti záznamů
- Doplnění dat u záznamu s čitelností SPZ „Zcela nečitelná“ – přihlédnuto k ostatním záznamům
- Odstranění redundantních dat v případě vozidel zaznamenaných ručně i kamerou

Pořadí vjezdů bylo řešeno již jen pro vozidla s čitelností SPZ „Bez problému“ a „Nejistá“, kterých bylo po předchozím kroku 823, přičemž dohromady vykonala 1 827 pohybů. Z pohledu pořadí bylo problematických 25 pohybů, které byly po určení pravděpodobných příčin problémů opraveny následujícími způsoby:

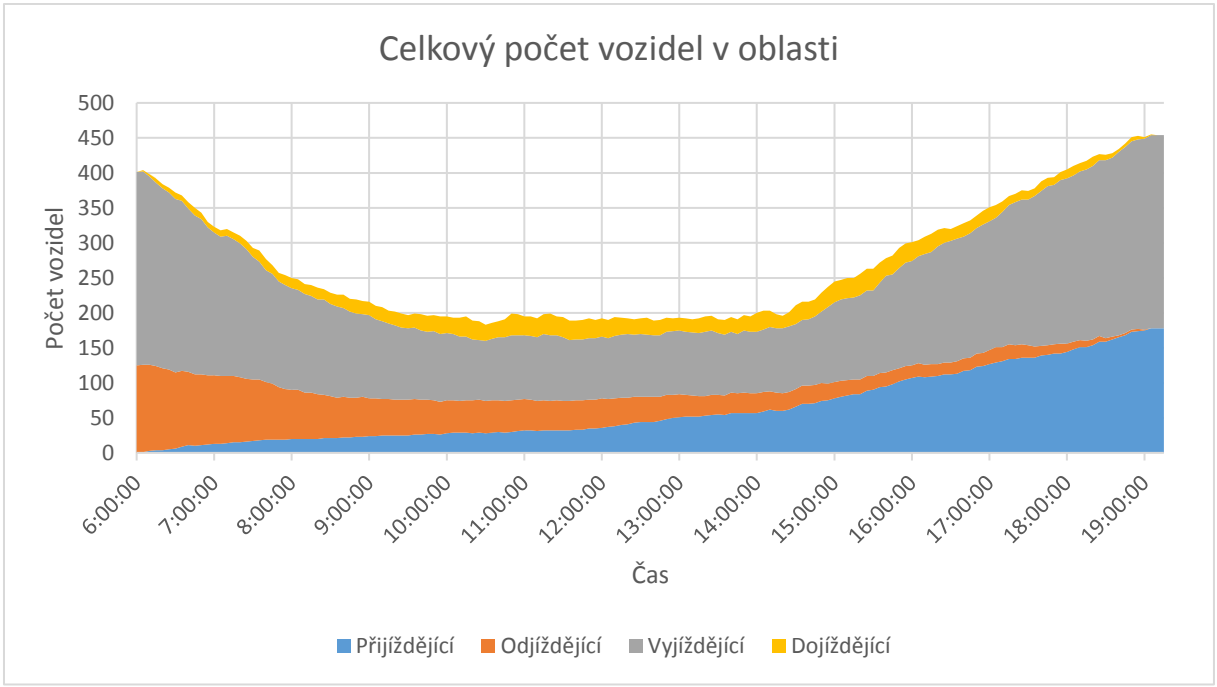
- Odstranění pohybu vozidla uvnitř oblasti (vozidlo pouze popojelo)
- Vzájemné prohození dvou vjezdů a odjezdů
- Záměna jednoho znaku na registrační značce
- Doplnění záznamu
- Smazání problémových údajů
- Odstranění redundantních dat v případě vozidel zaznamenaných ručně i kamerou
- Doplnění chybějícího znaku na registrační značce

Takto upravená data obsahují 1 815 záznamů 818 unikátních vozidel (k dispozici v příloze F). Vlivem provedených úprav mohlo dojít k odchylkám oproti reálnému stavu, vzhledem k počtu opravovaných záznamů a povaze dat (v různé dny se může využívání aut mírně lišit) lze nicméně tyto případné odchylky považovat za nevýznamné.

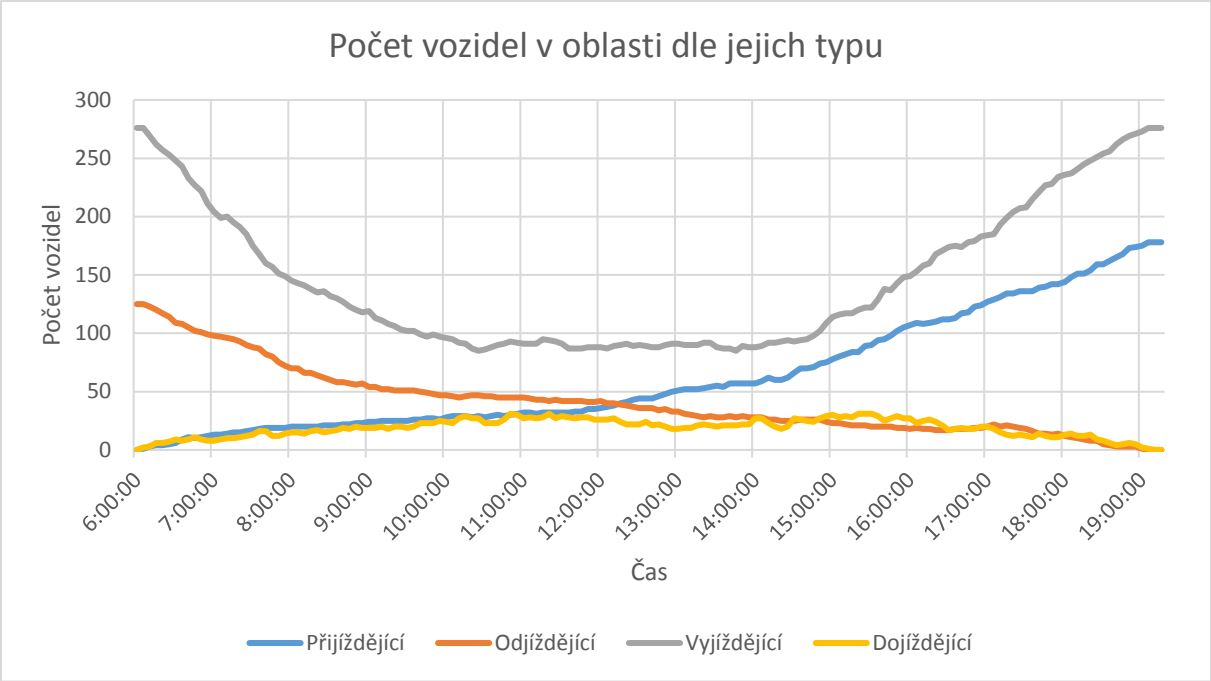
Vozidla je možné ve vztahu k pobytu v lokalitě rozdělit na následující čtyři typy:

- Přijíždějící (první pohyb příjezd, poslední pohyb příjezd; 178 vozidel)
- Odjíždějící (první pohyb odjezd, poslední pohyb odjezd; 125 vozidel)
- Vyjíždějící (první pohyb odjezd, poslední pohyb příjezd; 276 vozidel)
- Dojíždějící (první pohyb příjezd, poslední pohyb odjezd; 239 vozidel)

Každý pobyt v lokalitě musí mít začátek v podobě příjezdu a konec v podobě odjezdu, v případě prvních tří typů vozidel však tato podmínka není splněna alespoň u jednoho krajního pobytu (prvního nebo posledního). Aby bylo možné z naměřených dat o pohybech vozidel stanovit jejich pobyty v lokalitě, bylo zapotřebí doplnit data o „virtuální pohyby“ v podobě virtuálního příjezdu do lokality v 0:00:00 nebo virtuálního odjezdu ve 23:59:59. Po této úpravě byly u jednotlivých vozidel definovány jejich pobyty v lokalitě spárováním po sobě následujících příjezdů a odjezdů. Počty vozidel v lokalitě sídliště Skalka v době od 6:00 do 19:15, jejichž pohyby byly zaznamenány při provedeném měření (tzn. data nezahrnují např. dlouhodobě odstavená vozidla), jsou znázorněny v grafech 5 a 6. Při modelování počtu vozidel v oblasti byl den rozdělen na úseky po 5 minutách. Data a další grafy jsou k dispozici v příloze F, způsob sestavení grafů použitých v této části i navazující části 3.3.2 je popsán v úvodu kapitoly 4.

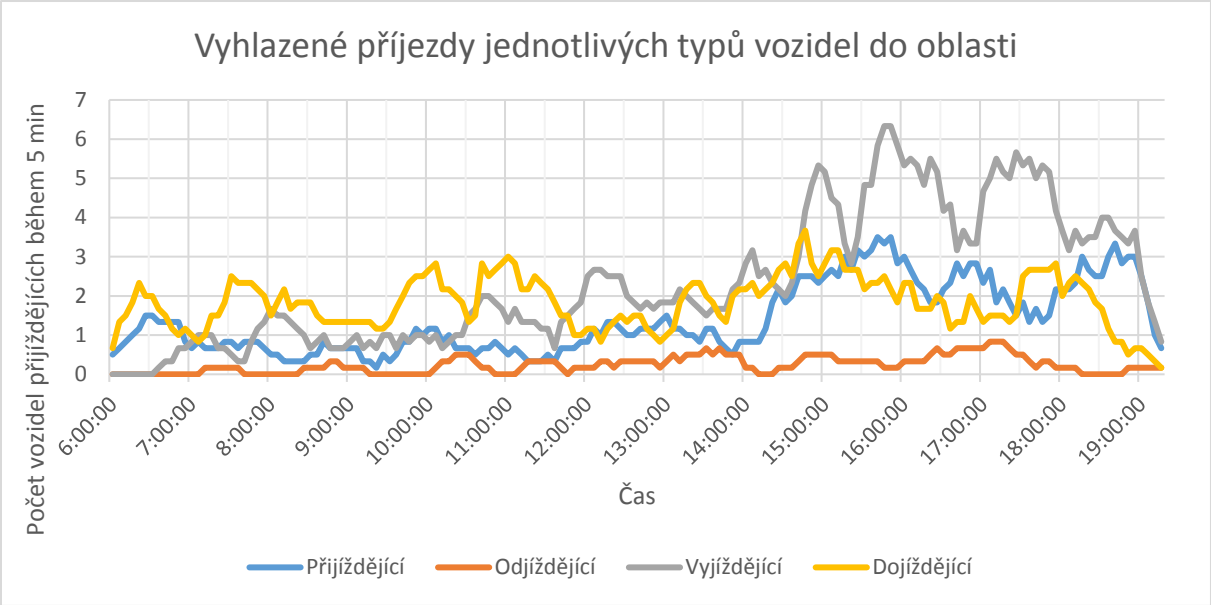


Graf 5: Celkový počet vozidel v oblasti

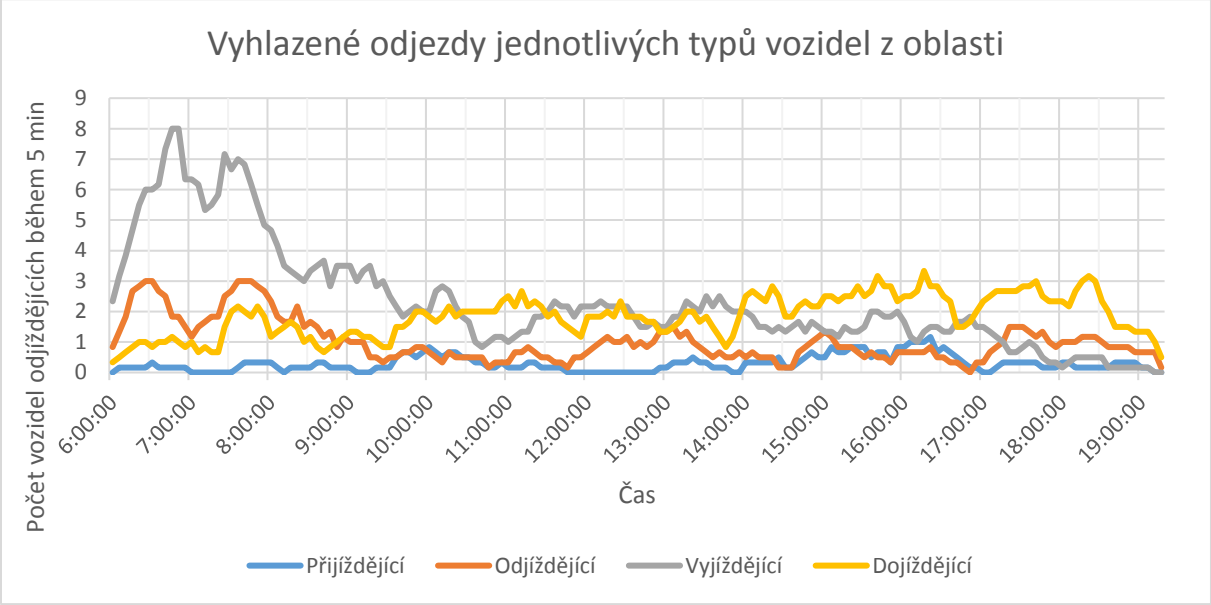


Graf 6: Počet vozidel v oblasti dle jejich typu

Jak již bylo zmíněno, měření probíhalo v době od 6:06 do 19:13. Pohyby vozidel mimo tento časový interval nebyly zaznamenány, z výsledků projektu Česko v pohybu však vyplývá, že řada cest se odehrává i v časech 4:00-6:00 a 19:00-22:00 [190]. Lze předpokládat, že cesty zahájené dříve budou také spíše dříve ukončené, stejně tak v případě pozdějších cest lze předpokládat spíše jejich pozdější ukončení. Je tedy pravděpodobné, že vyjíždějící vozidla z těchto skupin byla v rámci měření zaznamenána jako vozidla přijíždějící, resp. odjíždějící. S ohledem na zaměstnaneckou strukturu obyvatel sídliště (popsáno v kapitole 3.1.1) lze očekávat, že část obyvatel bude pracovat také na noční směny, na které budou odjíždět večer a vracet z nich se budou ráno. Jejich vozidla tedy budou rovněž mezi vozidly přijíždějícími a odjíždějícími, na rozdíl od vyjíždějících vozidel s neúplnými daty však budou tato vozidla zaznamenána na opačných koncích měřeného období. Z uvedených důvodů bylo přistoupeno k analýze příjezdů a odjezdů vozidel ve formě grafů (grafy 7 a 8) zobrazujících vyhlazený průměrný počet přijíždějících/odjíždějících vozidel během 5 min (počítaný jako klouzavý průměr za ± 15 min – celkem tedy 30 min).



Graf 7: Vyhlazené příjezdy jednotlivých typů vozidel do oblasti



Graf 8: Vyhlazené odjezdy jednotlivých typů vozidel z oblasti

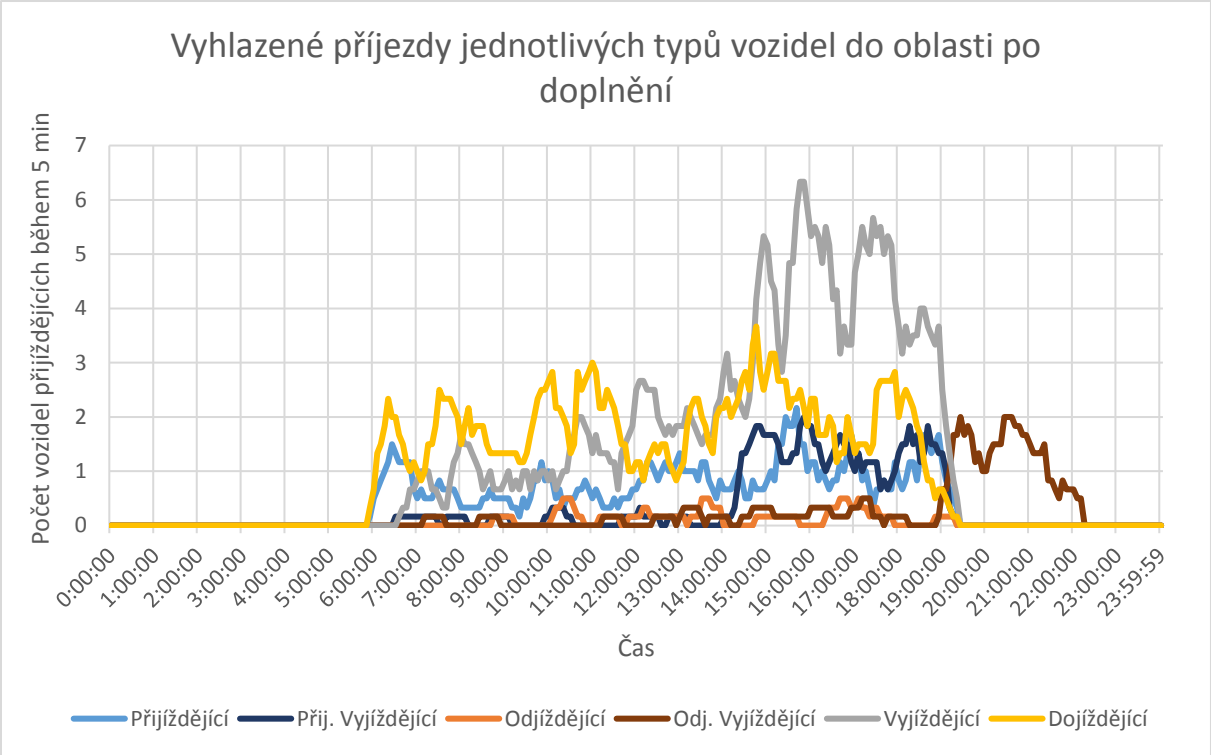
V obou grafech jsou patrné mírné špičky způsobené pravděpodobně lidmi přijíždějícími z nočních směr (ranní hodiny v grafu 7), resp. odjíždějícími na noční směny (večerní hodiny v grafu 8). Tyto špičky mohou být způsobeny i neúplnými údaji v případě dojíždějících vozidel – vzhledem k prakticky monofunkční obytné zástavbě je ale tato varianta autorem považována za méně pravděpodobnou. Výraznější špičky jsou nicméně v časech, kdy by byly očekávány v případě vyjíždějících vozidel s neúplnými daty. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k převedení části přijíždějících a odjíždějících vozidel mezi vozidla vyjíždějící doplněním odjezdů a příjezdů mimo měřené období.

3.3.2 Doplnění dat

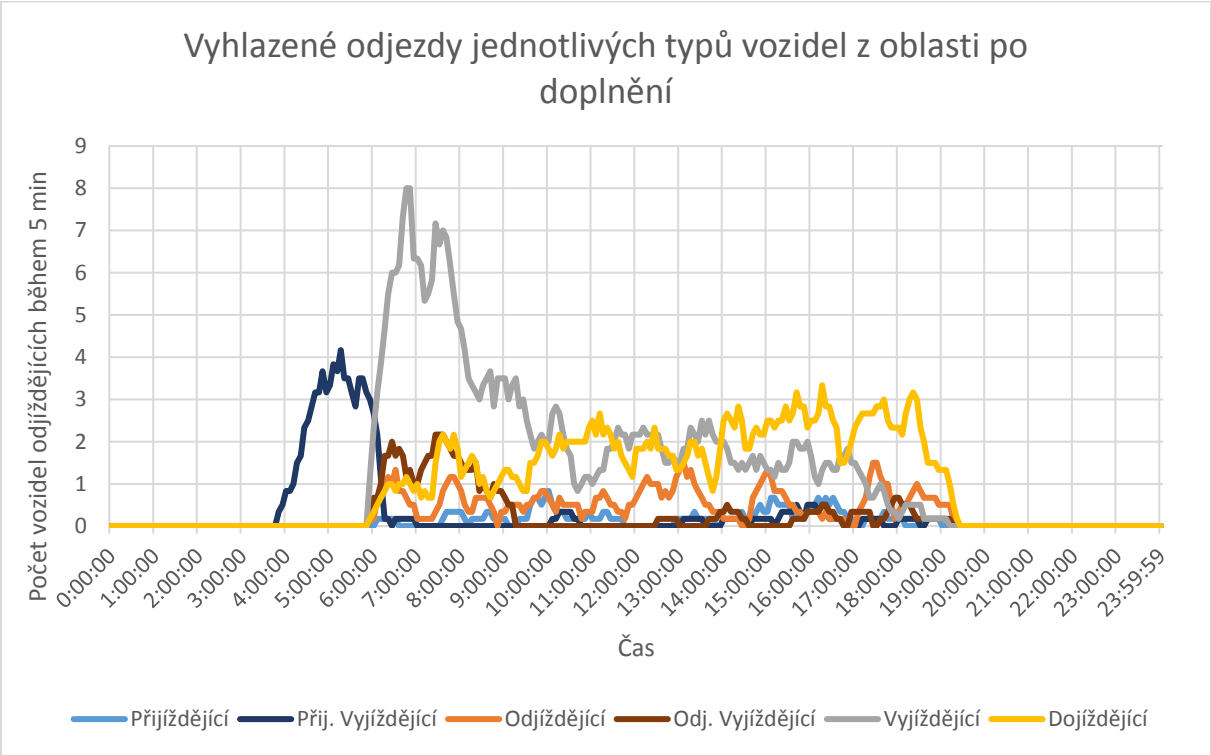
V případě přijíždějících vozidel je z grafů 6 a 7 patrný nárůst příjezdů těchto vozidel do oblasti zhruba od 14:10. Od tohoto času do konce měření (tedy po dobu cca 5 hodin) do oblasti přijelo přibližně 120 přijíždějících vozidel. V předchozích hodinách přijíždělo do oblasti kolem 10 přijíždějících vozidel za hodinu, po dobu zmíněné 5hodinové večerní špičky tedy do oblasti přijelo zhruba o 70 vozidel více oproti zbytku dne. Právě u těchto vozidel je pravděpodobné, že se ve skutečnosti jednalo o vozidla vyjíždějící, a proto mezi ně byla část těchto vozidel převedena. Vzhledem k uvedeným počtům bylo každému z přijíždějících vozidel, které přijelo po 14:10, vygenerováno náhodné celé číslo od 1 do 12, a následně byla vozidla s vygenerovanými čísly od 1 do 7 vybrána k zařazení mezi vozidla vyjíždějící, v grafech označená jako vozidla „Přijíždějící Vyjíždějící“. Těmto vybraným vozidlům bylo nutné vygenerovat čas odjezdu z lokality v období zhruba 4:00 až 6:00 a odvozený počáteční pobyt v lokalitě. Tyto časy odjezdů byly stanoveny na základě posledních příjezdů daných vozidel do lokality následujícím způsobem:

- Posled. příjezd mezi 14:10:00 a 16:00:00: odečtení 10 hodin od času posled. příjezdu
- Posled. příjezd mezi 16:00:01 a 18:00:00: odečtení 12 hodin od času posled. příjezdu
- Poslední příjezd v 18:00:01 a později: odečtení 13 hodin od času posled. příjezdu

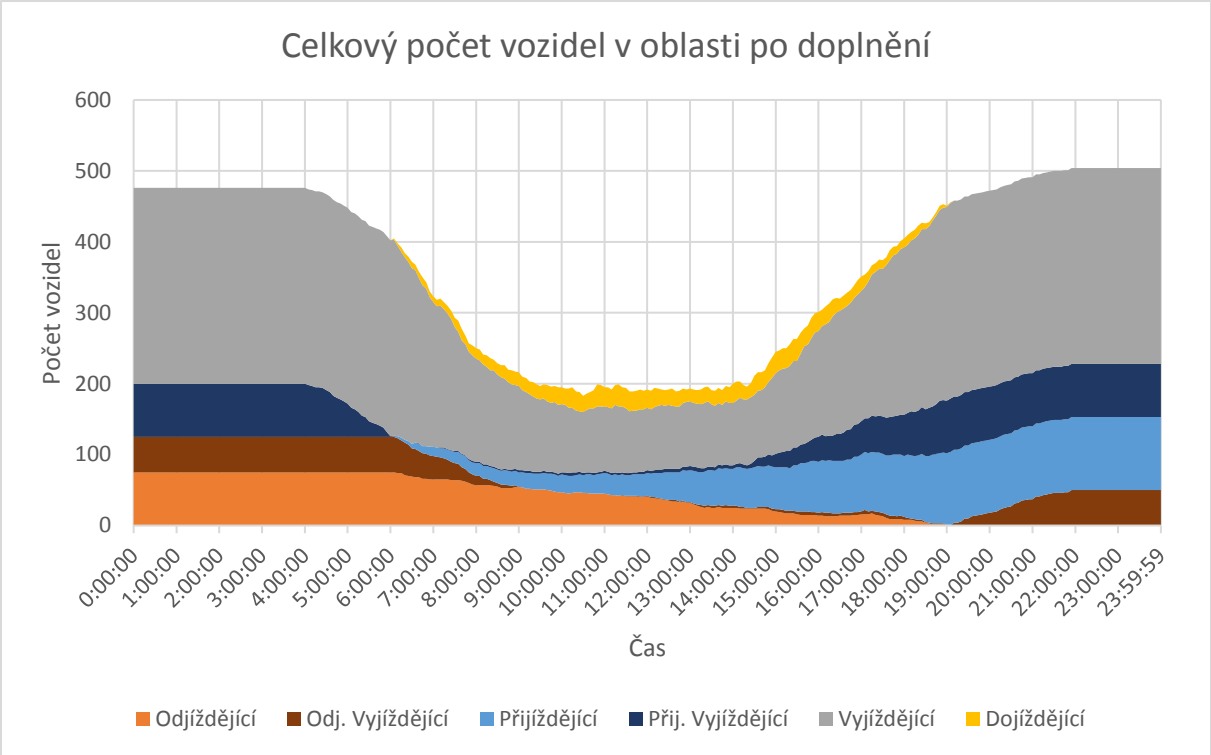
V případě odjíždějících vozidel je z grafů 6 a 8 zřejmá špička zhruba mezi 6:00 a 9:00, během které z oblasti odjelo kolem 70 odjíždějících vozidel. V průběhu dne odjíždělo z oblasti 5-10 vozidel za hodinu, u přibližně 50 vozidel odjíždějících během zmíněné ranní špičky tedy lze předpokládat, že se jednalo o vozidla vyjíždějící. Podobně jako v případě přijíždějících vozidel, bylo i v případě odjíždějících vozidel každému vozidlu, které odjedlo z oblasti před 9:00, vygenerováno náhodné celé číslo – v tomto případě od 1 do 7. Vozidla s čísly v rozmezí 1 až 5 byla vybrána k zařazení mezi vozidla vyjíždějící, v grafech označená jako vozidla „Odjíždějící Vyjíždějící“. Těmto vozidlům bylo nutné vygenerovat příjezd do lokality zhruba v období 19:00-22:00 a odvozený koncový pobyt v lokalitě. Vzhledem k shodné délce trvání špičky a požadovaného období příjezdu byly příjezdy stanoveny přičtením 13 hodin k času prvního odjezdu z lokality. Upravená data jsou znázorněna v grafech 9 až 12 a v příloze F.



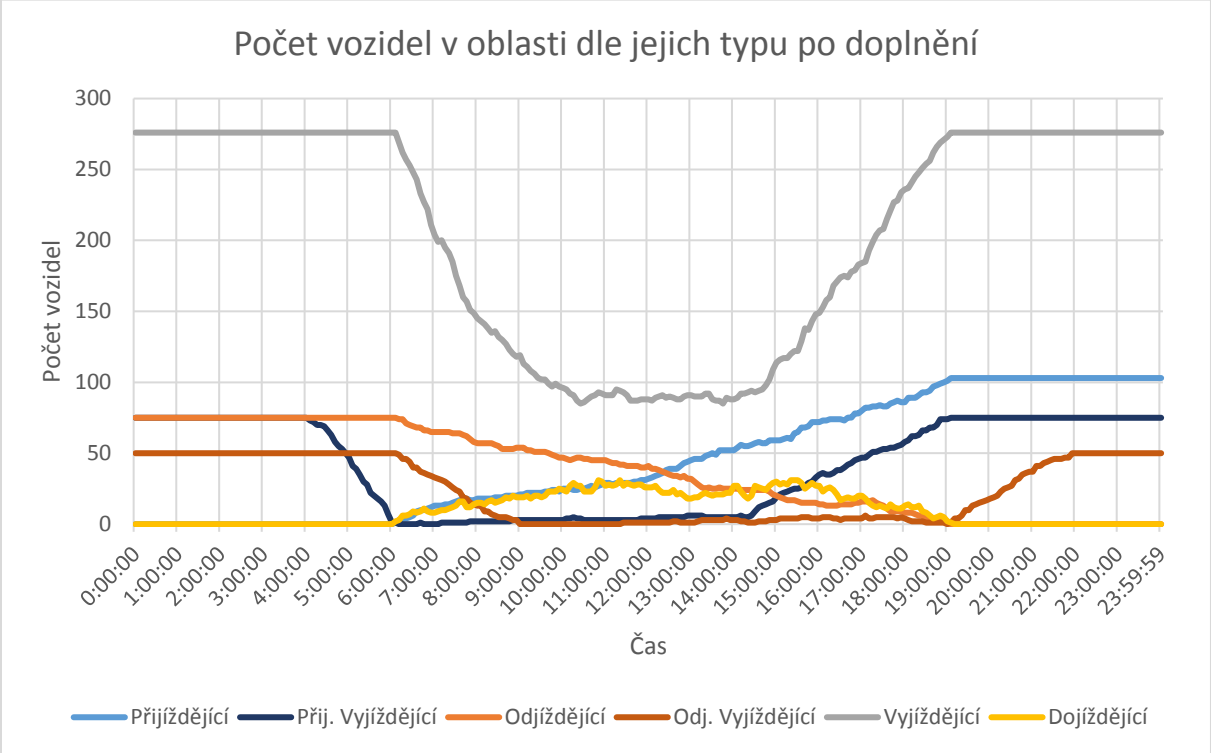
Graf 9: Vyhlazené příjezdy jednotlivých typů vozidel do oblasti po doplnění



Graf 10: Vyhlazené odjezdy jednotlivých typů vozidel z oblasti po doplnění

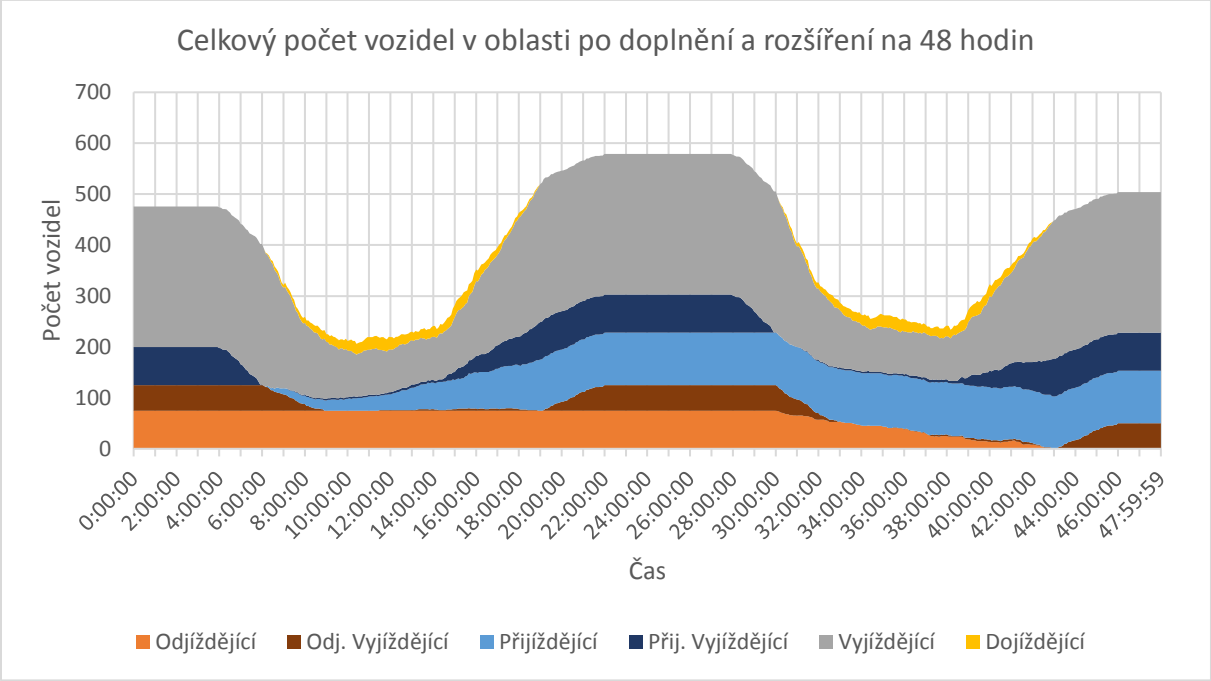


Graf 11: Celkový počet vozidel v oblasti po doplnění



Graf 12: Počet vozidel v oblasti dle jejich typu po doplnění

Pro modelování nabíjení vozidel je výhodné mít noční pobyt v lokalitě souvislý, ne rozdělený na dvě části. Z tohoto důvodu bylo pro účely modelování provedeno rozšíření dat na 48 hodin (s výjimkou carsharingu, kdy bylo 24 hodin dostatečných). U přijíždějících vozidel bylo uvažováno s jejich pobytem v lokalitě během druhého dne (tzn. žádné pohyby během druhého dne), v případě odjíždějících vozidel bylo uvažováno s jejich pobytem v lokalitě (a tedy žádnými pohyby) během prvního dne. V noci kolem 24. modelované hodiny tedy byla v lokalitě přítomna odjíždějící i vyjíždějící vozidla. Situace je znázorněna v grafu 13.



Graf 13: Celkový počet vozidel v oblasti po doplnění a rozšíření na 48 hodin

3.4 Modelování

Příprava dat o pobytech vozidel byla popsána v předchozí podkapitole. Pro modelování celkového potřebného nabíjecího výkonu je však potřeba znát množství nabíjené energie, pro jehož stanovení je nutné znát nájezdy zaznamenaných vozidel v daný den. Pro modelování potřebného počtu sdílených vozidel pro carsharing jsou pak potřeba data o scénářích užívání těchto vozidel (definovány v části 2.2.4) a jejich stáří, neboť právě na základě těchto údajů (společně s modelovými variantami dlouhodobého parkování) je rozhodováno o výhodnosti carsharingu.

Zmiňované údaje o zaznamenaných vozidlech nejsou k dispozici, je však možné takovéto údaje získat z dat projektu Česku v pohybu [21], a následně je daným vozidlům v několika iteracích náhodně přiřadit a statisticky vyhodnotit. Právě tento postup byl použit v této práci, přičemž se jedná o obdobný přístup, jako využívala studie [65] popsaná v příloze B. Celkem bylo provedeno 30 iterací, což je méně než řádově 100 iterací v případě zmíněné studie. Z důvodu nižšího počtu iterací nebyly na rozdíl od zmíněné studie vyhodnocovány průměr a 95. a 5. percentil, ale průměr, maximum a minimum. V projektu Česko v pohybu nebyly zjišťovány údaje o četnosti používání vozidel, jednotlivé scénáře užívání tedy byly vozidlům přiřazeny na základě jejich ročních nájezdů, které v tomto projektu zjišťovány byly.

Modelovány byly následující případy:

- Každodenní nabíjení elektromobilů
- Každodenní řízené nabíjení elektromobilů
- Občasné nabíjení elektromobilů
- Potřebný počet vozidel carsharingu

3.4.1 Příprava dat o vlastnostech vozidel modelu

V rámci výsledků projektu Česko v pohybu [190], zjišťujícího dopravní chování obyvatel České republiky mezi roky 2017 a 2019, jsou k dispozici čtyři datové soubory – s údaji o autech, o domácnostech, o osobách a o cestách vykonaných v rozhodný den. Data o autech obsahují údaje o 9 285 vozidlech, u části vozidel jsou však neúplné nebo zjevně chybné. Konkrétně se jedná o pravděpodobnou záměnu ročního nájezdu a celkového nájezdu vozidla (je nepravděpodobné, že by 15 let staré osobní auto najelo ročně 150 000 km), případně uvedení nájezdu v tisících km místo v jednotkách km (tedy např. 20 km místo 20 000 km). Z uvedených důvodů byla mezi posuzovaná vozidla zahrnuta jen ta, která splňují následující podmínky:

- Jsou k dispozici údaje o ročním nájezdu a stáří vozidla
- Maximální udávaný roční nájezd 50 000 km u vozidel vyrobených před rokem 2013 a 60 000 km u novějších vozidel
- Minimální roční nájezd 100 km

Tímto se počet zkoumaných vozidel snížil na 8 238 – tato skupina vozidel je dále označována jako „**všechna vozidla**“, přičemž byla kromě jiného využita pro analýzy celého vozového parku (pozn.: na základě těchto dat byly sestaveny také grafy v příloze D v části 1).

Stáří vozidel bylo vypočítáno jako rozdíl roku rozhodného dne a roku výroby vozidla, uvažované stáří vozidel se tedy může od toho skutečného řádově o měsíce lišit. Pro zjednodušení byla v práci vozidla rozdělena z hlediska jejich stáří do tří skupin – vozidla do 5 let stáří, vozidla stará 6 až 15 let a vozidla stará 16 let a více.

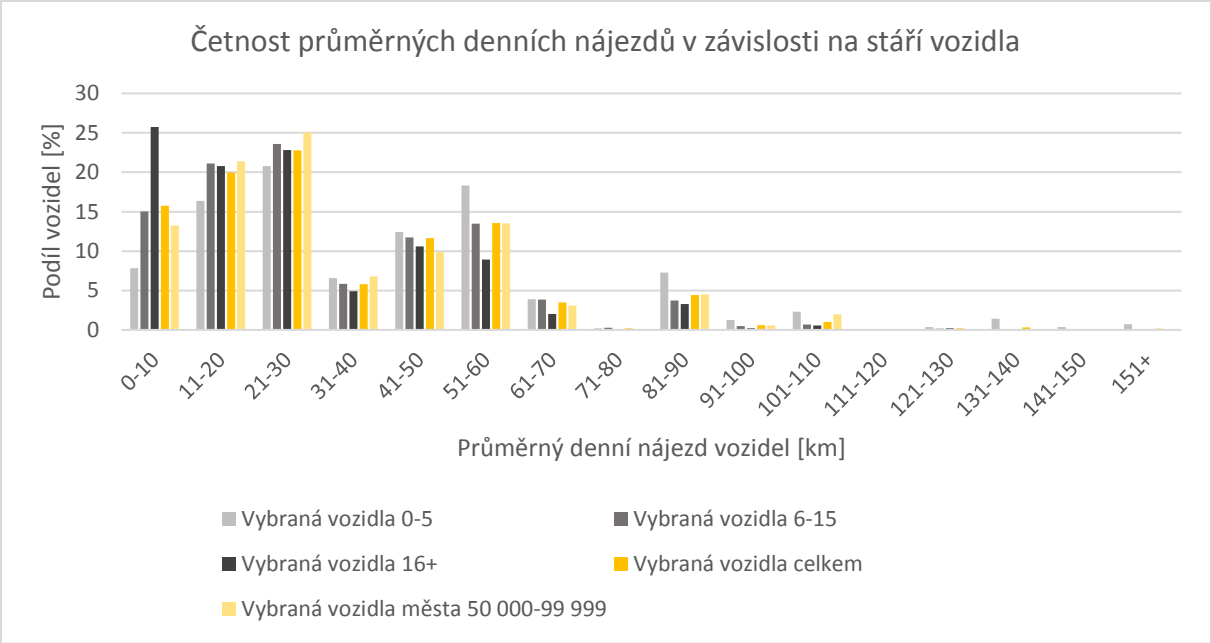
Kromě údajů o stáří vozidel a jejich ročních nájezdech (pro určení scénářů užívání) bylo dále nutné zjistit nájezd vozidel v rozhodný den. Soubor s daty o cestách obsahuje kromě jiného u každé cesty údaje o její časové i kilometrické délce, použitých dopravních prostředcích, osobě konající danou cestu a o domácnosti, ve které tato osoba žije. Absolvované cesty však nejsou přiřazeny konkrétním vozidlům. S vysokou pravděpodobností je tedy možné přiřadit konkrétní cesty (jejichž sečtením se získají vzdálenosti ujeté v rozhodný den) konkrétním vozidlům pouze v případě domácností vybavených jen jedním autem. Tímto se počet aut, která je možné přiřadit k změřeným datům, snížil na 2 536. Tato skupina vozidel je dále označována jako „**vybraná vozidla**“. Pro účely modelování byly vzdálenosti ujeté v měřený den rozděleny mezi 15 modelových příkladů (zřejmé z tabulky 10).

Část vozidel u každého ze scénářů užívání v měřený den nevyjela, přičemž pravděpodobně bylo takových vozidel více mezi méně často používanými vozidly (scénáře užívání s nižšími čísly). Vzhledem k tomu, že měření dat probíhalo v jediný pracovní den a šetření v každé domácnosti v projektu Česko v pohybu probíhalo také v jediný rozhodný pracovní den (byť u různých domácností různý), lze předpokládat, že četnost použitých vozidel s danými kombinacemi vlastností (stáří, scénář užívání, nájezd v posuzovaný den) je v obou případech podobná, a tudíž není nutné četnost vozidel s danými vlastnostmi nijak upravovat – lze ji převzít (pokud by data z projektu Česko v pohybu zahrnovala například i data za víkendy, bylo by nutné toto zohlednit v četnosti přiřazovaných vozidel s danými vlastnostmi).

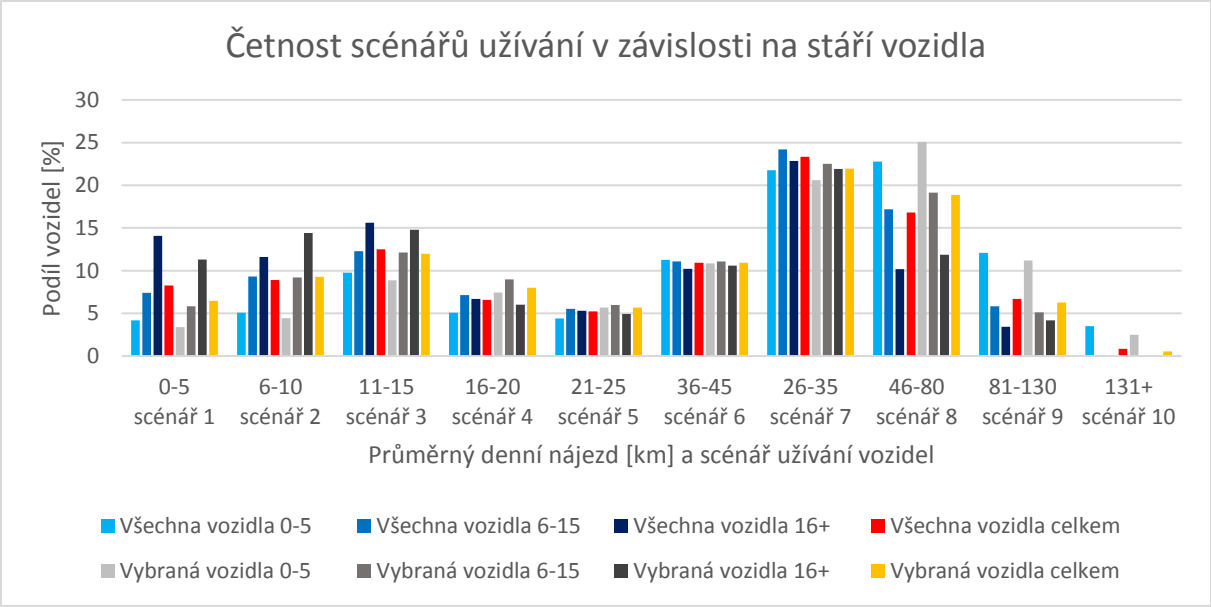
Využitím dat **vybraných vozidel** místo **všech vozidel** může vzniknout nepřesnost. K nepřesnostem může vést rovněž využití dat za celý stát místo dat za podobně velká města. Další nepřesnost může být způsobena přiřazováním scénářů užívání na základě ročních nájezdů. Z uvedených důvodů byla provedena validace dat, uvedená v příloze G, ve které je například srovnána četnost užívání aut dle scénářů s daty o frekvenci užívání aut z Německa.

3.4.2 Přiřazovaná data modelu

Jak již bylo zmíněno, jako přiřazovaná data modelu byla zvolena data 2 536 vybraných vozidel. Četnost průměrných denních nájezdů v této skupině vozidel v závislosti na jejich stáří je znázorněna v grafu 14. Z grafu je patrné, že v případě novějších vozidel jsou vyšší nájezdy častější než u starších vozidel. Stejná situace je patrná i z grafu 15, zobrazujícího četnost scénářů užívání vozidel v závislosti na jejich stáří, a to pro vybraná vozidla (2 536 aut) i všechna vozidla (8 238 aut). Z grafu 15 je také patrná podobná závislost četnosti scénářů užívání na stáří vozidel v obou zobrazovaných skupinách vozidel (všechna a vybraná).



Graf 14: Četnost průměrných denních nájezdů v závislosti na stáří vozidla (vybraná vozidla)



Graf 15: Četnost scénářů užívání v závislosti na stáří vozidla

Vzdálenosti ujeté jednotlivými auty ve skupině vybraných vozidel během rozhodného dne byly rozděleny na 15 modelových hodnot (uvedeny v tabulce 10). Následně byly spočítány četnosti jednotlivých kombinací stáří vozidel, scénářů užívání a modelových nájezdů v měřený den. Poté bylo vygenerováno potřebných 818 záznamů s vypočítanou četností kombinací uvedených údajů. V tabulce 10 jsou uvedeny četnosti v jednotlivých věkových skupinách, přičemž je zřejmé, že u novějších vozidel jsou častější vyšší roční nájezdy. Vozidla s vyššími ročními nájezdy pak v rozhodný den častěji ujela větší vzdálenost.

Scénáře	Scénář	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Roční nájezd [km]	1 560	3 120	4 160	6 240	8 320	14 560	11 440	20 800	36 400	57 200
	Průměrný denní nájezd [km]	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	36-45	26-35	46-80	81-130	131+
Stáří [roky]	Nájezd v rozhodný den [km]	Podíl kombinací ve věkové skupině [%]									
0-5	10	0,89	1,95	2,84	1,95	1,78	3,02	4,09	5,86	2,31	0,53
	20	1,42	1,24	2,13	2,49	1,24	3,37	6,57	4,44	1,95	0,36
	30	0,53	0,53	0,53	0,89	0,53	1,42	2,31	3,20	1,24	0,53
	40	0,00	0,36	0,53	0,71	0,53	1,24	3,55	3,37	1,60	0,00
	50	0,53	0,36	0,71	0,36	0,53	0,53	1,24	1,78	0,53	0,18
	60	0,00	0,00	0,36	0,53	0,18	0,18	0,36	2,31	0,71	0,18
	70	0,00	0,00	0,53	0,18	0,18	0,18	0,53	0,53	0,18	0,36
	80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,36	0,71	0,71	0,53	0,00
	90	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,53	0,89	0,36	0,00
	100	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,18	0,18	0,36	0,36	0,00
	120	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,36	0,18
	140	0,00	0,00	0,18	0,36	0,00	0,00	0,00	0,18	0,36	0,00
	160	0,00	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	0,00	0,18	0,18	0,00
	200	0,00	0,00	0,18	0,00	0,18	0,18	0,00	0,18	0,00	0,00
	300	0,00	0,00	0,18	0,00	0,18	0,18	0,53	0,18	0,53	0,18
6-15	10	2,11	2,11	4,35	2,60	1,75	2,88	5,54	4,00	1,05	0,00
	20	1,40	2,18	2,81	2,60	1,75	2,81	7,79	4,98	0,63	0,00
	30	1,05	1,68	1,61	1,19	0,84	1,96	3,44	2,46	1,19	0,00
	40	0,56	0,98	1,19	0,84	0,77	1,33	1,68	2,39	0,56	0,00
	50	0,21	0,56	0,77	0,49	0,14	0,42	0,56	0,98	0,21	0,00
	60	0,21	0,42	0,42	0,35	0,07	0,28	0,91	0,70	0,49	0,00
	70	0,14	0,21	0,35	0,42	0,07	0,21	0,77	0,91	0,42	0,00
	80	0,00	0,42	0,35	0,07	0,07	0,56	0,21	0,56	0,07	0,00
	90	0,14	0,00	0,14	0,00	0,21	0,14	0,42	0,35	0,14	0,00
	100	0,00	0,14	0,00	0,21	0,00	0,07	0,14	0,28	0,07	0,00
	120	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,07	0,35	0,14	0,14	0,00
	140	0,00	0,21	0,00	0,07	0,07	0,07	0,21	0,49	0,00	0,00
	160	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,14	0,00	0,00	0,00
	200	0,00	0,14	0,00	0,07	0,00	0,07	0,14	0,21	0,00	0,00
	300	0,00	0,14	0,07	0,00	0,14	0,14	0,21	0,70	0,14	0,00
16+	10	4,01	5,11	5,11	1,82	1,82	3,47	5,11	2,01	0,73	0,00
	20	3,10	2,74	4,20	2,74	2,01	3,28	6,39	3,83	0,73	0,00
	30	1,28	2,92	2,55	0,73	0,36	1,28	4,01	1,64	0,36	0,00
	40	1,46	1,64	1,46	0,36	0,73	0,91	2,92	1,46	0,73	0,00
	50	0,00	0,36	0,55	0,00	0,00	0,73	1,64	0,91	0,00	0,00
	60	0,00	0,73	0,18	0,00	0,00	0,36	0,55	1,09	0,18	0,00
	70	0,18	0,55	0,00	0,18	0,00	0,55	0,36	0,73	0,36	0,00
	80	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00
	90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00
	100	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00
	120	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	140	0,18	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00
	160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,36	0,00
	200	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	300	0,55	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,18	0,18	0,00

Tabulka 10: Podíl kombinací nájezdů v rozhodný den a scénářů užívání vozidel

3.4.3 Modelový carsharing

Pro odhad potenciálu carsharingu je potřeba stanovit modelový ceník, aby bylo možné určit, ve kterých kombinacích scénářů užívání a stáří vozidel je carsharing výhodnější. Pro tento účel byl z důvodu jednoduchosti a nízkých cen přejat tarif carsharingu Karkulka, konkrétně varianta s placeným členstvím Smart tarif. Použité modelové ceny jsou uvedeny v tabulce 11. S výhodnými balíčky nebylo uvažováno, protože výhodné balíčky carsharingu Karkulka byly ve všech scénářích méně výhodné než základní tarif.

Smart tarif (150 CZK/měsíc)	Malé auto	Velké auto
Hodinový a kilometrický tarif	[CZK]	
hodina	50	60
km	5	6

Tabulka 11: Modelový tarif carsharingu

Srovnání výhodnosti carsharingu a vlastního auta s ohledem na velikost aut je provedeno v tabulkách 12 (malé auto), 13 (velké auto) a 14 (velké auto nahrazené v 75 % cest malým). Případy, kdy je výhodnější carsharing, jsou zvýrazněny červeně. Modelování bylo provedeno pro dva případy – bezplatné parkování a parkování v jednoduchém parkovacím domě s měsíčním nájemným ve výši 1 500 CZK. Jednoduchý parkovací dům byl zvolen s ohledem na charakter lokality – jde o architektonicky nevýznamnou okrajovou část města s relativním dostatkem volného prostoru. V případě nových aut byl carsharing považován za výhodnější řešení pouze v případě, kdy vychází výhodněji i v případě 5letého auta – bylo předpokládáno, že (potenciální) majitel nového auta by při snaze ušetřit preferoval spíše vlastní 5leté ojeté auto než carsharing. Situace relevantní pro použití v modelu jsou v tabulkách zvýrazněny oranžovým pozadím variant dlouhodobého parkování a silnějším orámováním.

Z tabulky 12 je zřejmé, že v případě malého auta je carsharing při bezplatném parkování výhodnější ve scénářích 1 a 2, při parkování v jednoduchém parkovacím domě pak ve scénářích 1 až 4, v obou případech nezávisle na stáří vozidla (při posuzování výhodnosti vůči novému autu způsobem popsaným v předchozím odstavci).

V případě velkého auta (tabulka 13) je u nového a 5letého auta carsharing výhodný ve stejných případech jako v případě malého auta, u 15letého auta však při bezplatném parkování není carsharing výhodnější nikdy, a při parkování v jednoduchém parkovacím domě je výhodnější pouze ve scénářích 1 až 3. Pokud by bylo velké auto v případě carsharingu v 75 % cest nahrazeno malým autem, byl by carsharing výhodnější u nového

a 5letého auta ve scénářích 1 až 4 bez ohledu na náklady na dlouhodobé parkování. V případě 15letého auta by při bezplatném parkování byl carsharing výhodnější pouze ve scénáři 1, při parkování v jednoduchém parkovacím domě pak ve scénářích 1 až 4.

	Scénář	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Roční nájezd [km]	**1 560**	**3 120**	**4 160**	**6 240**	**8 320**	**14 560**	**11 440**	**20 800**	**36 400**	**57 200**
Nové auto	Bezplatné parkování	23,18	13,02	10,50	8,34	7,86	6,13	6,77	5,55	4,94	4,52
	Rezidentní zóny	23,94	13,40	10,79	8,53	8,00	6,22	6,88	5,61	4,98	4,54
	Vyhrazené parkovací stání	27,79	15,33	12,23	9,50	8,72	6,63	7,40	5,90	5,14	4,64
	Místo v jednoduchém park. domě	34,71	18,79	14,83	11,23	10,02	7,37	8,35	6,42	5,44	4,83
	Místo ve složitějším park. domě	46,25	24,56	19,15	14,11	12,18	8,61	9,92	7,28	5,93	5,15
	Místo v podzemním park. domě	65,48	34,17	26,37	18,92	15,79	10,67	12,54	8,72	6,76	5,67
5 let, 80 000 km	Bezplatné parkování	22,06	12,33	9,93	7,88	7,13	5,61	6,18	5,08	4,56	4,27
	Rezidentní zóny	22,83	12,72	10,21	8,07	7,27	5,69	6,28	5,14	4,59	4,30
	Vyhrazené parkovací stání	26,67	14,64	11,66	9,03	8,00	6,11	6,81	5,43	4,76	4,40
	Místo v jednoduchém park. domě	33,60	18,10	14,25	10,76	9,29	6,85	7,75	5,95	5,05	4,59
	Místo ve složitějším park. domě	45,14	23,87	18,58	13,64	11,46	8,08	9,33	6,81	5,55	4,90
	Místo v podzemním park. domě	64,37	33,49	25,79	18,45	15,06	10,14	11,95	8,25	6,37	5,43
15 let, 200 000 km	Bezplatné parkování	17,02	9,87	8,11	6,78	6,45	5,47	5,85	5,13	4,81	4,64
	Rezidentní zóny	17,79	10,26	8,40	6,97	6,60	5,56	5,95	5,19	4,84	4,66
	Vyhrazené parkovací stání	21,64	12,18	9,84	7,93	7,32	5,97	6,48	5,48	5,01	4,76
	Místo v jednoduchém park. domě	28,56	15,64	12,43	9,66	8,62	6,71	7,42	6,00	5,30	4,95
	Místo ve složitějším park. domě	40,10	21,41	16,76	12,55	10,78	7,95	8,99	6,86	5,80	5,27
	Místo v podzemním park. domě	59,33	31,03	23,97	17,36	14,39	10,01	11,62	8,30	6,62	5,79
	Modelový round-trip carsharing	14,49	9,74	10,43	8,62	17,85	13,21	18,79	11,96	8,98	7,53

Tabulka 12: Výhodnost modelového carsharingu v případě malého auta [CZK/km]

	Scénář	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Roční nájezd [km]	**1 560**	**3 120**	**4 160**	**6 240**	**8 320**	**14 560**	**11 440**	**20 800**	**36 400**	**57 200**
Nové auto	Bezplatné parkování	35,09	19,94	16,18	12,67	11,47	9,21	10,05	8,04	6,65	5,82
	Rezidentní zóny	35,86	20,33	16,47	12,86	11,62	9,30	10,15	8,10	6,69	5,84
	Vyhrazené parkovací stání	39,70	22,25	17,91	13,82	12,34	9,71	10,68	8,39	6,85	5,94
	Místo v jednoduchém park. domě	46,63	25,71	20,50	15,55	13,64	10,45	11,62	8,90	7,15	6,13
	Místo ve složitějším park. domě	58,16	31,48	24,83	18,44	15,80	11,69	13,20	9,77	7,64	6,45
	Místo v podzemním park. domě	77,40	41,10	32,04	23,24	19,40	13,75	15,82	11,21	8,47	6,97
5 let, 80 000 km	Bezplatné parkování	27,78	15,42	12,35	9,53	8,37	6,69	7,32	6,01	5,35	5,12
	Rezidentní zóny	28,55	15,80	12,63	9,72	8,51	6,77	7,42	6,07	5,38	5,14
	Vyhrazené parkovací stání	32,40	17,72	14,08	10,68	9,23	7,18	7,94	6,35	5,54	5,25
	Místo v jednoduchém park. domě	39,32	21,19	16,67	12,41	10,53	7,93	8,89	6,87	5,84	5,44
	Místo ve složitějším park. domě	50,86	26,95	21,00	15,30	12,70	9,16	10,46	7,74	6,33	5,75
	Místo v podzemním park. domě	70,09	36,57	28,21	20,11	16,30	11,22	13,08	9,18	7,16	6,28
15 let, 200 000 km	Bezplatné parkování	16,68	10,02	8,38	7,01	6,70	6,11	6,34	5,83	5,55	5,40
	Rezidentní zóny	17,45	10,41	8,67	7,20	6,84	6,19	6,44	5,89	5,58	5,42
	Vyhrazené parkovací stání	21,30	12,33	10,11	8,16	7,56	6,60	6,97	6,18	5,75	5,53
	Místo v jednoduchém park. domě	28,22	15,79	12,70	9,89	8,86	7,34	7,91	6,70	6,05	5,71
	Místo ve složitějším park. domě	39,76	21,56	17,03	12,78	11,02	8,58	9,48	7,56	6,54	6,03
	Místo v podzemním park. domě	58,99	31,17	24,24	17,59	14,63	10,64	12,11	9,01	7,36	6,55
	Modelový round-trip carsharing	17,15	11,58	12,43	10,29	21,35	15,79	22,52	14,34	10,76	9,03

Tabulka 13: Výhodnost modelového carsharingu v případě velkého auta [CZK/km]

	Scénář	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Roční nájezd [km]	1 560	3 120	4 160	6 240	8 320	14 560	11 440	20 800	36 400	57 200
Nové auto	Bezplatné parkování	35,09	19,94	16,18	12,67	11,47	9,21	10,05	8,04	6,65	5,82
	Rezidentní zóny	35,86	20,33	16,47	12,86	11,62	9,30	10,15	8,10	6,69	5,84
	Vyhrazené parkovací stání	39,70	22,25	17,91	13,82	12,34	9,71	10,68	8,39	6,85	5,94
	Místo v jednoduchém park. domě	46,63	25,71	20,50	15,55	13,64	10,45	11,62	8,90	7,15	6,13
	Místo ve složitějším park. domě	58,16	31,48	24,83	18,44	15,80	11,69	13,20	9,77	7,64	6,45
	Místo v podzemním park. domě	77,40	41,10	32,04	23,24	19,40	13,75	15,82	11,21	8,47	6,97
5 let, 80 000 km	Bezplatné parkování	27,78	15,42	12,35	9,53	8,37	6,69	7,32	6,01	5,35	5,12
	Rezidentní zóny	28,55	15,80	12,63	9,72	8,51	6,77	7,42	6,07	5,38	5,14
	Vyhrazené parkovací stání	32,40	17,72	14,08	10,68	9,23	7,18	7,94	6,35	5,54	5,25
	Místo v jednoduchém park. domě	39,32	21,19	16,67	12,41	10,53	7,93	8,89	6,87	5,84	5,44
	Místo ve složitějším park. domě	50,86	26,95	21,00	15,30	12,70	9,16	10,46	7,74	6,33	5,75
	Místo v podzemním park. domě	70,09	36,57	28,21	20,11	16,30	11,22	13,08	9,18	7,16	6,28
15 let, 200 000 km	Bezplatné parkování	16,68	10,02	8,38	7,01	6,70	6,11	6,34	5,83	5,55	5,40
	Rezidentní zóny	17,45	10,41	8,67	7,20	6,84	6,19	6,44	5,89	5,58	5,42
	Vyhrazené parkovací stání	21,30	12,33	10,11	8,16	7,56	6,60	6,97	6,18	5,75	5,53
	Místo v jednoduchém park. domě	28,22	15,79	12,70	9,89	8,86	7,34	7,91	6,70	6,05	5,71
	Místo ve složitějším park. domě	39,76	21,56	17,03	12,78	11,02	8,58	9,48	7,56	6,54	6,03
	Místo v podzemním park. domě	58,99	31,17	24,24	17,59	14,63	10,64	12,11	9,01	7,36	6,55
	Modelový round-trip carsharing	15,15	10,20	10,93	9,04	18,72	13,85	19,73	12,56	9,42	7,91

Tabulka 14: Výhodnost model. carsharingu při kombinaci malého a velkého auta [CZK/km]

Je zřejmé, že výhodnost carsharingu závisí na velikosti vozidla, v modelu však velikost vozidel není rozlišována (hodnoty nejsou k dispozici) – bylo tedy nutné stanovit výhodnost carsharingu pouze na základě stáří vozidla a scénáře užívání. V případě nových a 5letých aut vychází carsharing výhodněji při bezplatném parkování ve všech případech ve scénářích 1 a 2 s výjimkou kombinace malého a velkého vozidla, proto je v případě nových a 5letých aut a bezplatného parkování carsharing považován za výhodnější ve scénářích 1 a 2. Při parkování v jednoduchém parkovacím domě vychází carsharing v případě nového a 5letého vozidla výhodněji vždy ve scénářích 1 až 4, proto je v modelu u těchto vozidel považován carsharing za výhodnější v těchto scénářích.

V případě 15letého vozidla a bezplatného parkování je carsharing výhodnější v případě malého auta ve scénářích 1 a 2, v případě velkého auta v žádném ze scénářů a v případě kombinace malého a velkého auta ve scénáři 1. V posledním případě je však rozdíl ve scénáři 2 jen necelá 2 %, proto je u 15letého vozidla a bezplatného parkování carsharing pokládán za výhodnější ve scénářích 1 a 2. Při parkování v jednoduchém parkovacím domě vychází u 15letého vozidla carsharing výhodněji ve scénářích 1 až 4 s výjimkou velkého auta, u kterého je výhodnější jen ve scénářích 1 až 3. V případě 15letého auta a parkování v jednoduchém parkovacím domě je carsharing považován za výhodnější ve scénářích 1 až 4.

Ve výsledku je tedy v modelu carsharing považován za výhodnější bez ohledu na stáří vozidla v případě bezplatného parkování ve scénářích 1 a 2, v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě pak ve scénářích 1 až 4.

3.4.4 Dopočítání dat modelu

Před spárováním vlastností vozidel a pobytů vozidel byla dopočítána některá data, která jsou na pobytech nezávislá. Jedná se zejména o množství nabíjené energie a délku nabíjení, v případě občasného nabíjení pak i určení nabíjených vozidel. Určení samotného časového období nabíjení každého vozidla nebo potřebného počtu vozidel carsharingu je popsáno v jednotlivých podkapitolách v části 4.

V případě každodenního nabíjení (neřízeného i řízeného) bylo množství dodávané energie vypočítáno pomocí rovnice 1. Použité hodnoty (s výjimkou přiřazované modelové vzdálenosti ujeté v měřený den) byly objasněny v části 2.1.3.

$$E_{NK} = s_{MD} \cdot \frac{E_{100}}{100} \cdot k_{NZ} \cdot \eta_N \quad (1)$$

E_{NK}	nabíjená energie při každodenním nabíjení	[kWh]
s_{MD}	modelová vzdálenost ujetá v měřený den	[km]
E_{100}	modelová reálná spotřeba (18,7)	[kWh/100 km]
k_{NZ}	koeficient navýšení spotřeby v zimě (1,50; 1,35; 1,25)	[1]
η_N	koeficient nabíjecích ztrát (1,16)	[1]

Potřebná doba nabíjení byla vypočítána s využitím rovnice 2, volba hodnot nabíjecího výkonu je popsána v části 2.1.2.1. Doba nabíjení byla pro potřeby výpočtů převedena z desetinného čísla na formát HH:MM:SS.

$$t_{NK} = \frac{E_{NK}}{P_N} \quad (2)$$

t_{NK}	doba nabíjení při každodenním nabíjení	[h]
P_N	nabíjecí výkon (11; 22)	[kW]

V případě občasného nabíjení bylo v prvé řadě nutné určit vozidla, která se v daný den nabíjela. Nejprve bylo určeno, jak často se vozidla s různými scénáři užívání nabíjí, přičemž hodnoty byly zvoleny tak, aby nabíjená vzdálenost byla přibližně 150-200 km (uvažováno s nevyužíváním celé baterie pro zajištění určité rezervy a prodloužení životnosti; u více využívaných vozidel byly uvažovány vyšší hodnoty – předpoklad větší baterie), a aby nabíjení s frekvencí méně než jednou týdně probíhalo v pravidelném režimu (jednou za týden, jednou za dva týdny, jednou za čtyři týdny). Zvolené hodnoty pro jednotlivé scénáře jsou uvedeny v tabulce 15. Následně bylo každému vozidlu vygenerováno náhodné celé číslo v rozmezí od jedné po počet dnů mezi nabíjeními, přičemž pokud bylo toto náhodné číslo rovno jedné, pak se vozidlo v měřený den nabíjelo.

Pro stanovení nadspotřeby v zimních měsících byla určena typická délka cesty (vycházející z definice každého scénáře užívání), na základě které byla poté určena hodnota koeficientu navýšení spotřeby v zimních měsících (stanovení těchto koeficientů je blíže popsáno v části 2.1.3). Potřebné množství elektrické energie bylo vypočítáno podle rovnice 3. V případě vozidel, která dle modelu ujela v měřený den 120 km a více (byla jim přiřazena takováto hodnota), bylo uvažováno s nabíjením vždy (výpočet dle rovnice 1). Pokud vozidlo ujelo minimálně tuto vzdálenost, a zároveň se mělo nabíjet, pak byla z těchto dvou variant pro nabíjení vybrána větší hodnota potřebného množství energie (tzn. maximum z E_{NO} a E_{NK}).

Scénář	Nabíjení kolikátý den	Nabíjená vzdálenost	Rozhodující délka cest	Nadspotřeba v zimě
1	28	120 km	60 km	1,25
2	14	120 km	120 km	1,25
3	14	160 km	20 km	1,5
4	7	120 km	20 km	1,5
5	7	160 km	20 km	1,5
6	5	200 km	60 km	1,25
7	7	220 km	20 km	1,5
8	3	180 km	60 km	1,25
9	2	240 km	120 km	1,25
10	1	200 km	200 km	1,25

Tabulka 15: Vstupní parametry občasného nabíjení

$$E_{NO} = s_R \cdot \frac{E_{100}}{100} \cdot k_{NZ} \cdot \eta_N \quad (3)$$

E_{NO}	nabíjená energie při občasném nabíjení	[kWh]
s_R	nabíjená vzdálenost (ujetá mezi nabíjeními)	[km]

Doba nabíjení byla spočítána pomocí rovnice 4, výsledné desetinné číslo bylo pro další výpočty převedeno na časový formát HH:MM:SS.

$$t_{NO} = \frac{E_{NO}}{P_N} \quad (4)$$

t_{NO}	doba nabíjení při občasném nabíjení	[h]
P_N	nabíjecí výkon (11; 22)	[kW]

4 Možnosti carsharingu a elektromobility

V následujících podkapitolách je vyhodnoceno modelování nabíjení elektromobilů a využívání carsharingu. Kromě výsledků jsou zde uvedeny také podrobnější informace ke specifikům modelování konkrétních dat, navazující na obecnější popis v části 3.4.

Jak již bylo uvedeno ve zmíněné části 3.4, modelování bylo ve většině případů provedeno pro období 48 hodiny, aby byla modelována souvislá noc. Výsledky byly poté převedeny na období 24 hodiny sečtením hodnot z obou dnů (každé vozidlo bylo během 48 hodin nabíjeno maximálně jedenkrát, žádné z nich tudíž nebylo vlivem tohoto postupu započítáno dvakrát, korekce byly nicméně nutné v případě obsazení nabíjecích stanic u přijíždějících a odjíždějících vozidel, kde byly v modelu nabíjecí stanice obsazeny déle než 24 hodin). Modelované období bylo rozděleno na úseky po 5 minutách (v případě 48 i 24 hodin). Začátek a konec pobytů a nabíjení byly určeny vždy s přesností na sekundy – např. zahájení nabíjení v 9:32:54 a ukončení v 10:03:12. Vzhledem k rozdělení modelovaného období na časové úseky délky 5 minut by tedy přicházelo v úvahu modelové zahájení nabíjení v 9:30:00 nebo v 9:35:00 a ukončení v 10:00:00 nebo 10:05:00. Pokud by byly do doby nabíjení zařazeny pouze časy mezi určeným začátkem a koncem nabíjení (v uvedeném příkladu 9:35:00 až 10:00:00), mohlo by v modelu dojít ke zkrácení doby nabíjení až o téměř 10 min (necelých 5 min na začátku a necelých 5 min na konci nabíjení). V případě modelování nabíjení naopak i v posledním čase těsně před začátkem nabíjení a v prvním čase po jeho ukončení (v uvedeném příkladu 9:30:00 až 10:05:00) by mohlo dojít k prodloužení nabíjení až o téměř 10 minut. Ačkoliv by v tomto případě byla odchylka „na straně bezpečnosti“, mohla by vést ke zbytečně nadhodnoceným hodnotám. Proto byla zvolena kombinovaná varianta – jako první nabíjený čas byl zvolen poslední čas před stanoveným časem začátku nabíjení (např. v případě zahájení nabíjení v 9:32:54 byl zvolen čas 9:30:00), a to i v případě, kdy bylo nabíjení zahájeno v přesný modelovaný čas (tedy v případě zahájení nabíjení v 9:30:00 byl zvolen čas 9:25:00). Tento způsob může vést k prodloužení i zkrácení doby nabíjení o 5 minut, lze však předpokládat, že provedených 30 iterací přiřazení modelu vliv této odchylky s přihlédnutím k jejímu oboustrannému charakteru minimalizuje. Stejný postup jako u nabíjení byl aplikován i na pobyty vozidel (včetně grafů v části 3.3).

Jak již bylo zmíněno, v případě každého modelu bylo provedeno 30 iterací s originálním přiřazením vozidel pobytům. Tyto iterace byly následně statisticky vyhodnoceny – byly určeny maximální hodnoty, minimální hodnoty a průměrné hodnoty v každý modelovaný

časový úsek. Výsledky jsou k dispozici v příloze J, ukázka jedné iterace každého modelu je v příloze I a všechna iterovaná přiřazení vozidel jsou uvedena v příloze H.

4.1 Vyhodnocení výsledků ve vztahu k elektromobilitě

V oblasti elektromobility bylo řešeno zejména nabíjení vozidel obyvatel sídliště Skalka, v případě kterého byly modelovány následující varianty:

- Každodenní nabíjení výkonem 11 kW nebo 22 kW
- Každodenní řízené nabíjení výkonem 11 kW nebo 22 kW
- Občasné nabíjení výkonem 11 kW nebo 22 kW

Ve všech těchto případech byl vždy řešen počet nabíjených vozidel, celkový nabíjecí výkon a počet obsazených nabíjecích stanic. Mezi modelovaná vozidla rezidentů byla zařazena vozidla „Vyjíždějící“, „Přijíždějící“, „Odjíždějící Vyjíždějící“ a „Přijíždějící Vyjíždějící“.

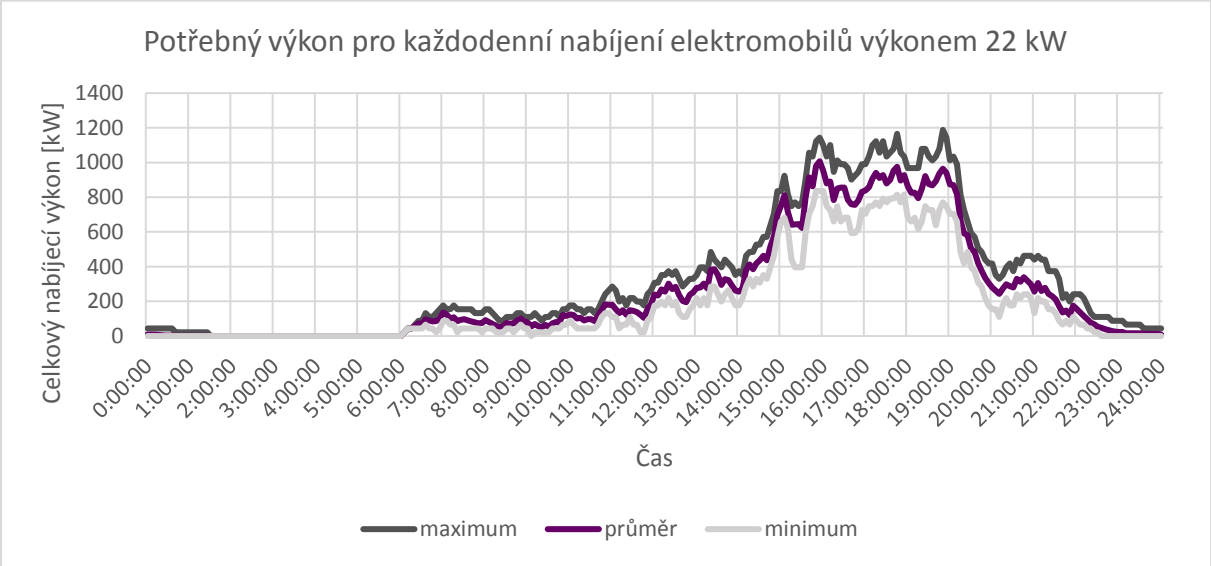
Dojíždějící vozidla byla řešena méně podrobně – byl určen potřebný počet nabíjecích stanic různého výkonu (na základě délky pobytu vozidel v lokalitě) a teoretický maximální celkový nabíjecí výkon, pokud by se všechna relevantní dojíždějící vozidla nabíjela plným dostupným výkonem po celou dobu pobytu.

4.1.1 Každodenní nabíjení

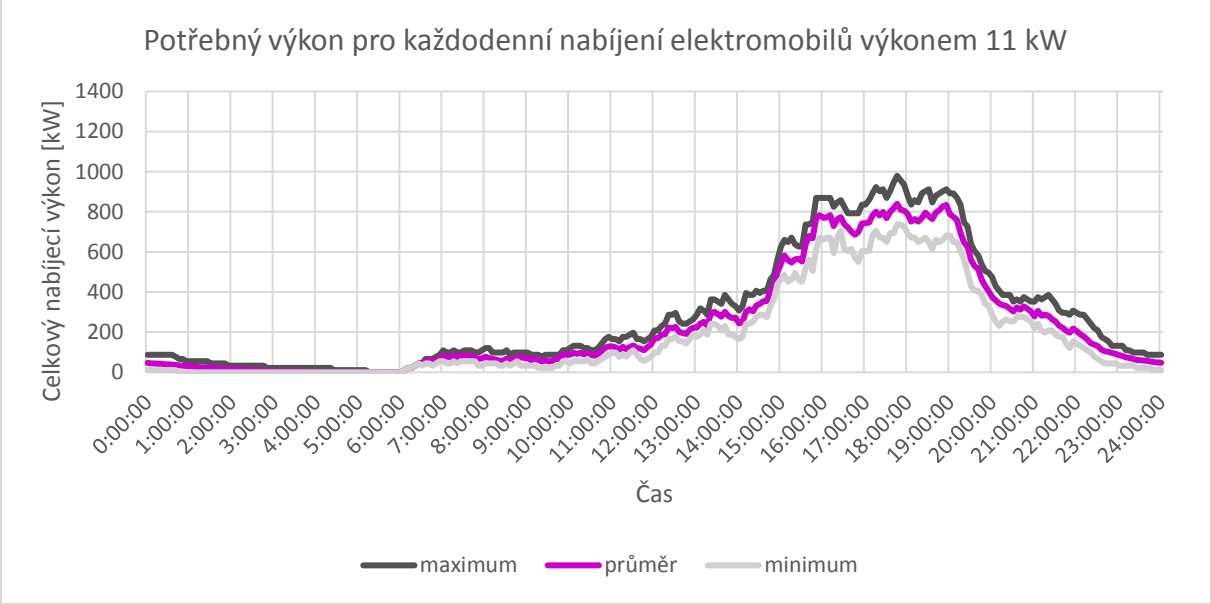
Každodenní nabíjení bylo uvažováno při nejdelším pobytu v lokalitě. Začátek nabíjení byl stanoven shodný s časem příjezdu do lokality, samotné nabíjení pak bylo uvažováno jako souvislé, s konstantním nabíjecím výkonem po celou dobu nabíjení. Ve skutečnosti by nabíjení začalo až několik minut po příjezdu do lokality z důvodu hledání parkovacího místa a připojování nabíjecího kabelu, vozidla ale také nepřijíždí do oblasti každý den přesně ve stejný čas, vzhledem k použití shodného postupu u všech vozidel je proto zmíněná odchylka považována za akceptovatelnou.

Výsledky jsou znázorněny v grafu 16 v případě nabíjení výkonem 22 kW a v grafu 17 v případě nabíjení výkonem 11 kW. Ze srovnání obou grafů je zřejmý podobný průběh křivek celkového potřebného nabíjecího výkonu s maximem mezi 16:00 a 19:00. V případě nabíjení nižším výkonem je však průběh křivky hladší, s menšími rozdíly mezi hodnotami v různých iteracích modelu a mírně nižším maximem – zatímco v případě výkonu 22 kW se maximální výkon pohyboval v průměru kolem 1 000 kW a v extrémních případech kolem 1 200 kW, v případě nabíjení výkonem 11 kW dosahoval v průměru hodnot kolem 800 kW

a v extrémních případech přibližně 1 000 kW. Minimálních hodnot potřebného nabíjecího výkonu je dosahováno v nočních hodinách mezi 1:00 a 6:00. V období od 23:00 do 12:00 pak potřebný celkový nabíjecí výkon nepřesahuje 200 kW. Ačkoliv bylo modelováno nabíjení 504 vozidel rezidentů, maximální počty současně nabíjených vozidel se pohybovaly pouze kolem 50 v případě nabíjecího výkonu 22 kW a kolem 80 v případě nabíjení výkonem 11 kW (grafy jsou k dispozici v příloze J).

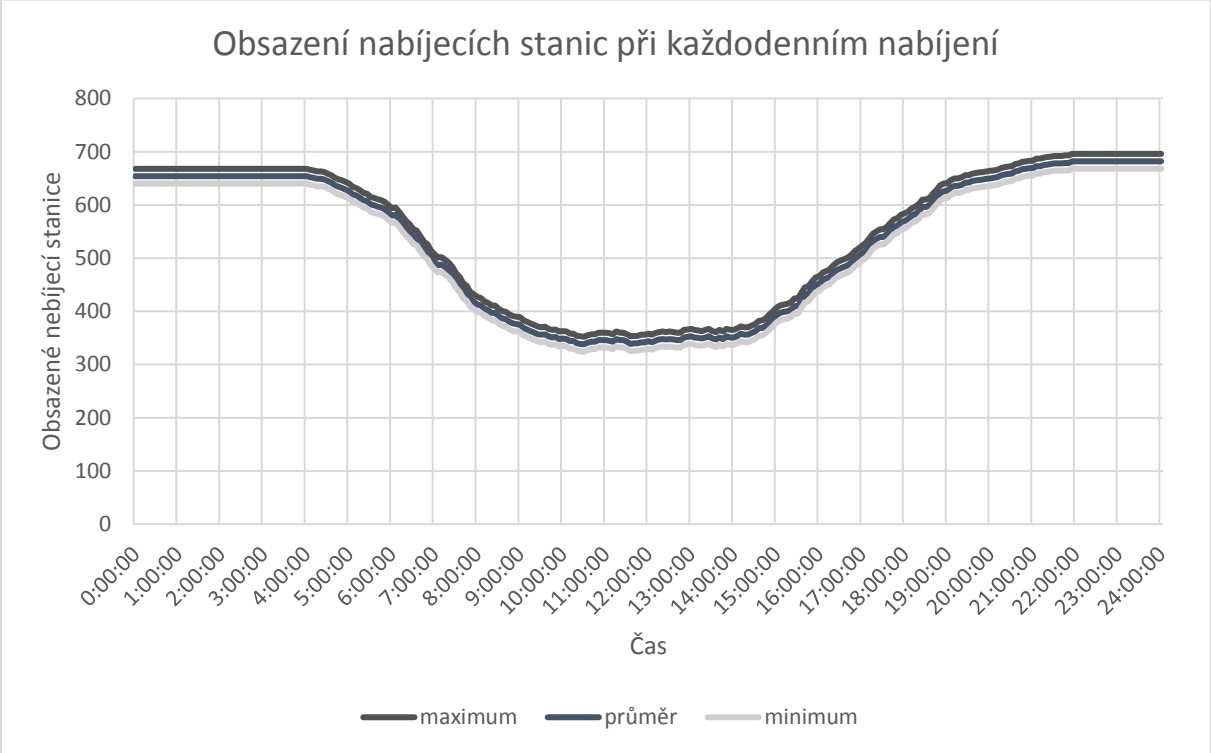


Graf 16: Potřebný výkon pro každodenní nabíjení elektromobilů výkonem 22 kW



Graf 17: Potřebný výkon pro každodenní nabíjení elektromobilů výkonem 11 kW

Jak bylo zmíněno, nabíjení bylo uvažováno u 504 vozidel rezidentů, celkem však bylo zaznamenáno 579 vozidel rezidentů (všechna vozidla kromě dojíždějících). Důvodem rozdílu obou hodnot je neuvažování s nabíjením odjíždějících vozidel – není u nich k dispozici čas příjezdu, a tudíž není možné určit čas pro zahájení nabíjení. Parkování u nabíjecí stanice (a tedy její obsazení) však bylo uvažováno u všech vozidel, včetně odjíždějících. Uvažováno bylo i v případě vozidel dlouhodobě odstavených (82 vozidel [189]) a v případě vozidel běžně provozovaných, která však nebyla používána v měřený den. Odečtením počtu zaznamenaných vozidel v oblasti na začátku a na konci měřeného období (476 a 504 vozidel) od počtu používaných vozidel zaparkovaných v oblasti v nočních hodinách dle studie ČVUT [189] (586 vozidel) byl počet běžně provozovaných vozidel nepoužitých v měřený den odhadnut na 82 až 110. Právě tato nejistota definuje rozdíl minimálních a maximálních hodnot počtu obsazených nabíjecích stanic patrný z grafu 18. Celkově je za uvedených podmínek potřeba 668 až 696 nabíjecích stanic. Pokud by bylo uvažováno s nabíjecími stanicemi pouze pro běžně používaná vozidla, klesl by jejich potřebný počet z původních necelých 700 o 82 na hodnotu mírně převyšující 600 nabíjecích stanic.



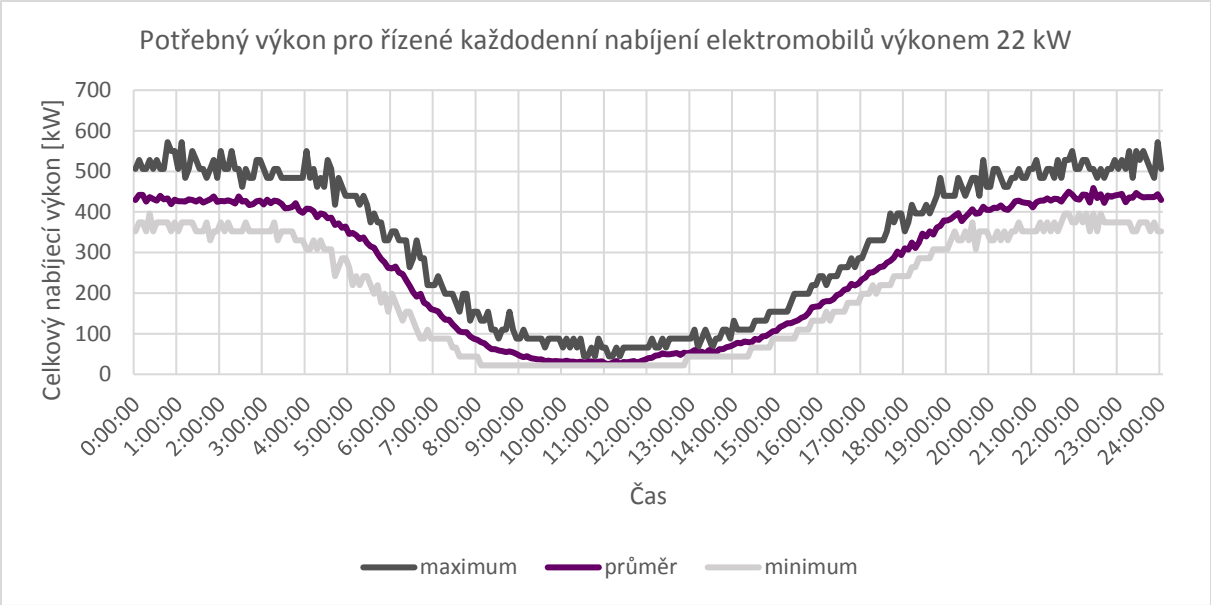
Graf 18: Obsazení nabíjecích stanic při každodenním nabíjení

4.1.2 Řízené každodenní nabíjení

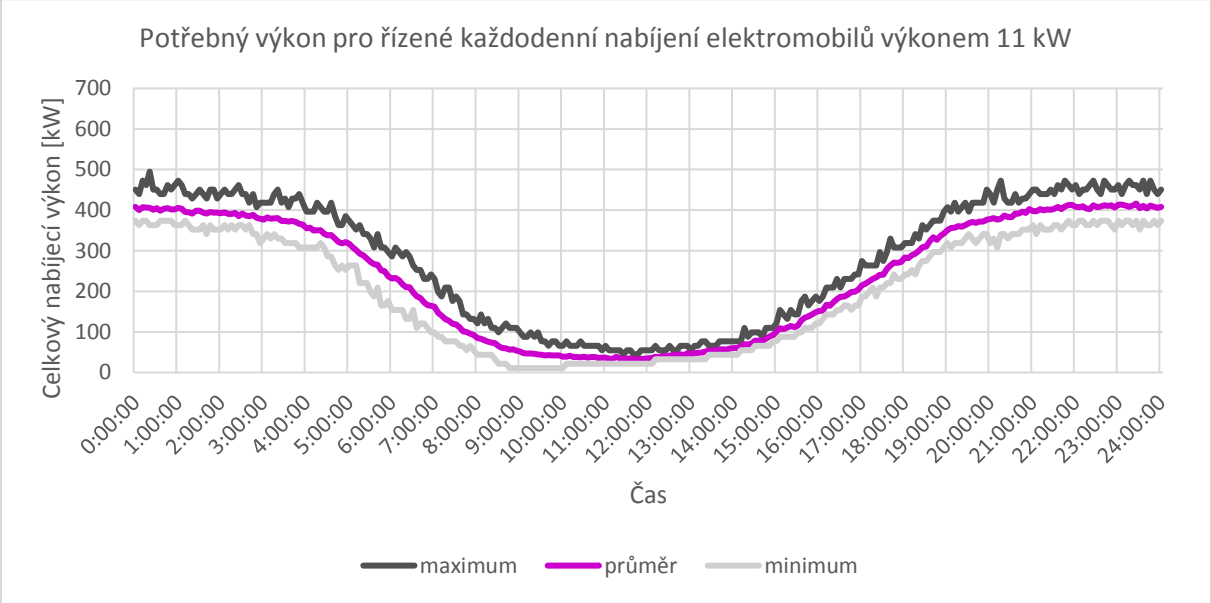
Stejně jako v případě každodenního neřízeného nabíjení bylo i v případě každodenního řízeného nabíjení uvažováno s nabíjením při nejdelším pobytu v lokalitě a nabíjení bylo uvažováno jako souvislé, s konstantním nabíjecím výkonem. Zásadní rozdíl však spočívá v čase zahájení nabíjení, který byl stanoven následujícím způsobem:

1) Relevantní vozidla byla seřazena vzestupně podle začátku nejdelšího pobytu
2) Pokud bylo možné zahájit nabíjení až po předchozím vozidle, bylo nabíjení zahájeno po tomto vozidle
3) Pokud nebylo možné zahájit nabíjení dle bodu 2), bylo počítáno s časem zahájení nabíjení shodným s časem příjezdu vozidla do oblasti

Uvedený postup byl opakován u všech vozidel. Jeho výsledkem je rovnoměrnější rozložení nabíjení v čase a menší extrémy, které jsou navíc posunuté mezi 19:00 a 4:00, jak je patrné z grafů 19 a 20. Nejedná se nicméně o řešení optimální, ale pouze suboptimální – zahájení nabíjení bylo voleno s pouze s ohledem na předchozí připojené vozidlo, nezohledňuje tedy všechna nabíjená vozidla ani odběr elektřiny domácnostmi. Celkově jsou hodnoty výkonových špiček oproti neřízenému nabíjení zhruba poloviční, k dalším úsporám pak může vést zmíněné posunutí nabíjení do nočních hodin. V případě nabíjení výkonem 22 kW jsou oproti nabíjení výkonem 11 kW větší extrémy i rozptyl hodnot, rozdíly jsou však poměrně malé – maximální hodnoty v období výkonových špiček se pohybují mezi 500 a 600 kW v případě nabíjecího výkonu 22 kW a mezi 400 a 500 kW v případě nabíjení výkonem 11 kW. Průměrné hodnoty jsou pak kolem 450 kW (22 kW) a 400 kW (11 kW).

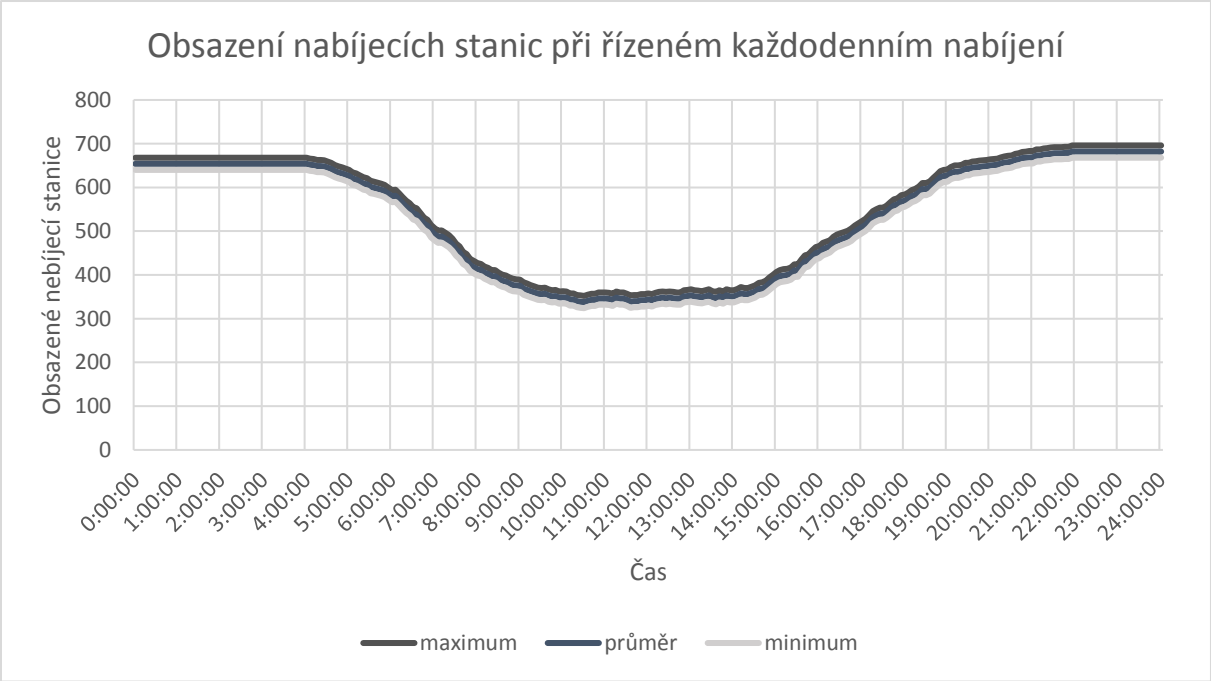


Graf 19: Potřebný výkon pro řízené každodenní nabíjení elektromobilů výkonem 22 kW



Graf 20: Potřebný výkon pro řízené každodenní nabíjení elektromobilů výkonem 11 kW

Obsazení nabíjecích stanic v čase je zobrazeno v grafu 21. Vzhledem k tomu, že pobyty pro nabíjení i počet nabíjených vozidel jsou v případě řízeného každodenního nabíjení stejné jako v případě neřízeného každodenního nabíjení, je shodný i časový průběh obsazení nabíjecích stanic, a tedy i grafy 18 a 21. Je tedy potřeba taktéž 668 až 696 nabíjecích stanic (pokud budou i u dlouhodobě odstavených vozidel).

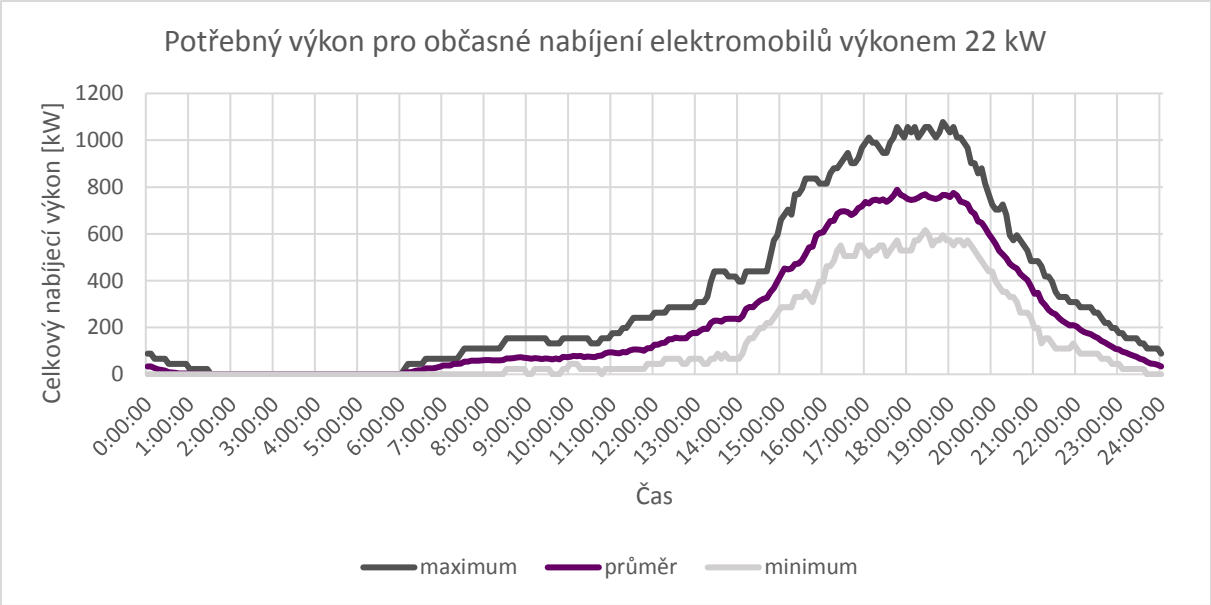


Graf 21: Obsazení nabíjecích stanic při řízeném každodenním nabíjení

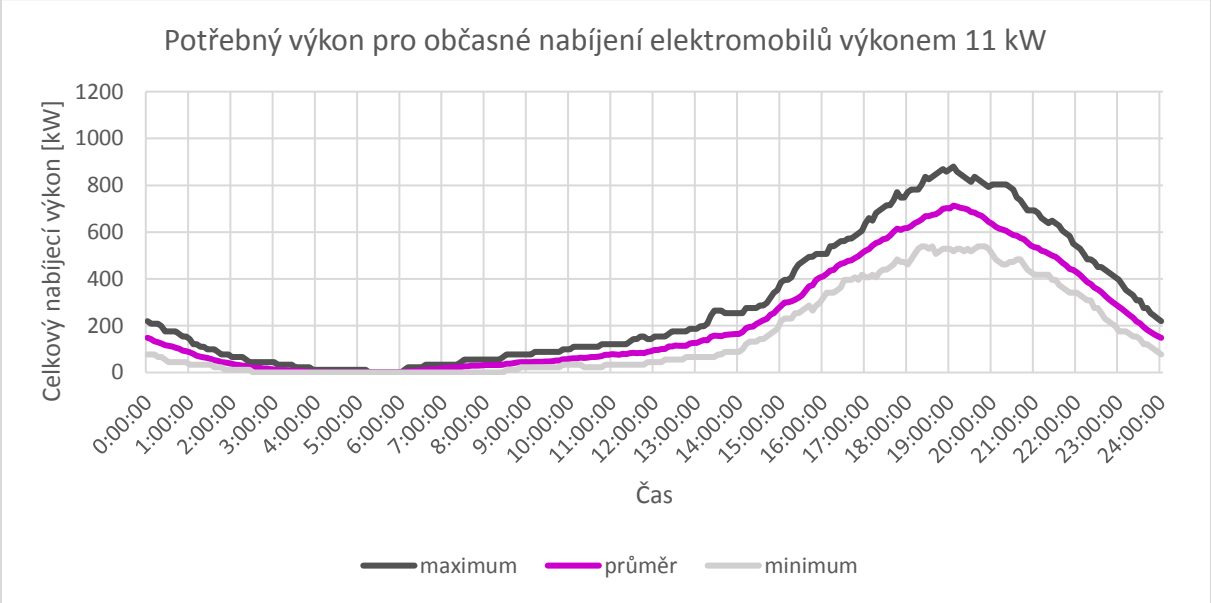
4.1.3 Občasné nabíjení

V případě občasného nabíjení je uvažováno s nabíjením vozidel nikoliv každý den, ale zhruba po ujetí přibližně 150 až 200 km. V tomto případě tedy nejsou nabíjena všechna použitá vozidla. Nabíjená vozidla se však z důvodu většího množství potřebné energie nabíjí delší dobu. Podrobnosti k určení nabíjených vozidel a množství nabíjené energie byly popsány v části 3.4.4. Samotné nabíjení je stejně jako v předchozích případech uvažováno během nejdelšího pobytu v lokalitě, souvislé a s konstantním nabíjecím výkonem.

Výsledný průběh potřebného celkového nabíjecího výkonu je zobrazen v grafech 22 a 23. Průběh veličin je podobný jako v případě neřízeného každodenního nabíjení (grafy 16 a 17), křivky však mají hladší průběh, extrémy nabývají o něco menších hodnot a dochází k nim později. Větší odlišnosti jsou v případě nabíjení výkonem 11 kW – ze srovnání všech čtyř zmíněných grafů je patrný špičatější charakter průběhu, kdy je nejvyšších hodnot dosahováno jen po krátkou dobu kolem 19:00. Hodnota této výkonové špičky je v průměrů 700 kW, v extrémních případech pak dosahuje necelých 900 kW. Na druhou stranu jsou v případě nabíjení nižším výkonem větší požadavky na celkový nabíjecí výkon po 21:00. V případě nabíjení výkonem 22 kW dosahuje potřebný nabíjecí výkon nejvyšších hodnot mezi 17:00 a 19:30. Hodnota této výkonové špičky je v průměru necelých 800 kW, v případě maximálních hodnot pak 1 000 až 1 100 kW.

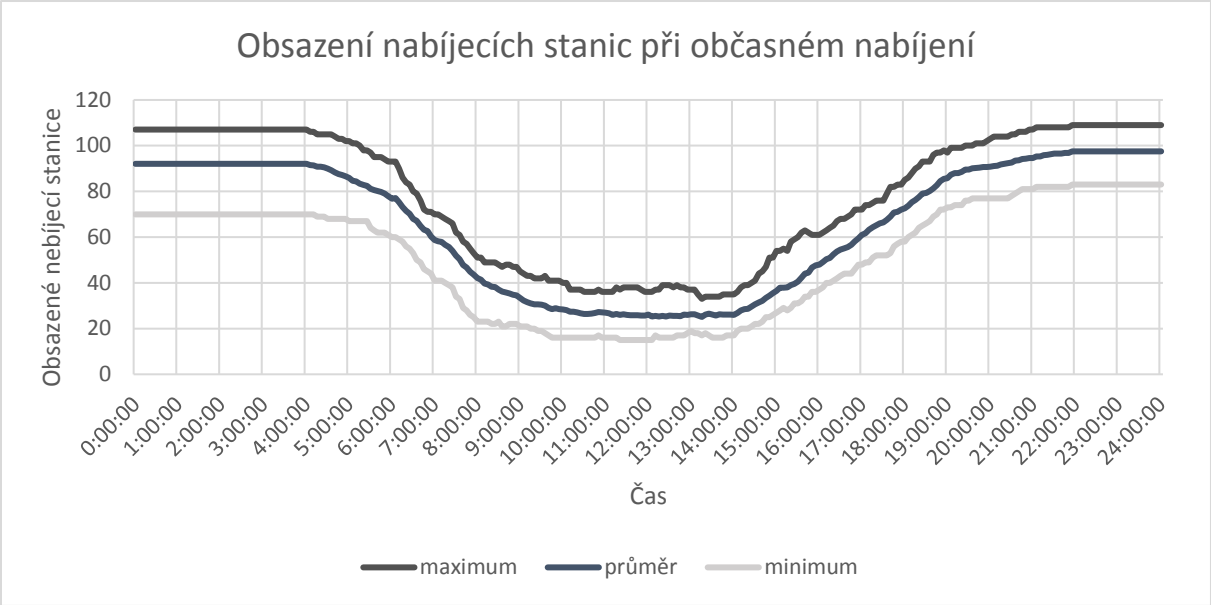


Graf 22: Potřebný výkon pro občasné nabíjení elektromobilů výkonem 22 kW



Graf 23: Potřebný výkon pro občasné nabíjení elektromobilů výkonem 11 kW

Obsazení nabíjecích stanic v čase při občasném nabíjení je zobrazeno v grafu 24. Hodnoty byly získány součtem počtu nabíjených aut, která pobývala v lokalitě a zároveň se po část tohoto pobytu nabíjela, přičemž mezi tato vozidla byla započítána i vozidla odjíždějící – ačkoliv jejich nabíjení nebylo modelováno kvůli neznámému času zahájení nabíjení, je uvažováno s obsazením nabíjecího stojanu po dobu jejich nejdelšího pobytu. Z grafu je zřejmé, že v případě občasného nabíjení by pro pokrytí potřeb rezidentů postačovalo v průměru necelých 100 nabíjecích stanic, maximum v rámci modelování pak dosáhlo hodnoty 109.



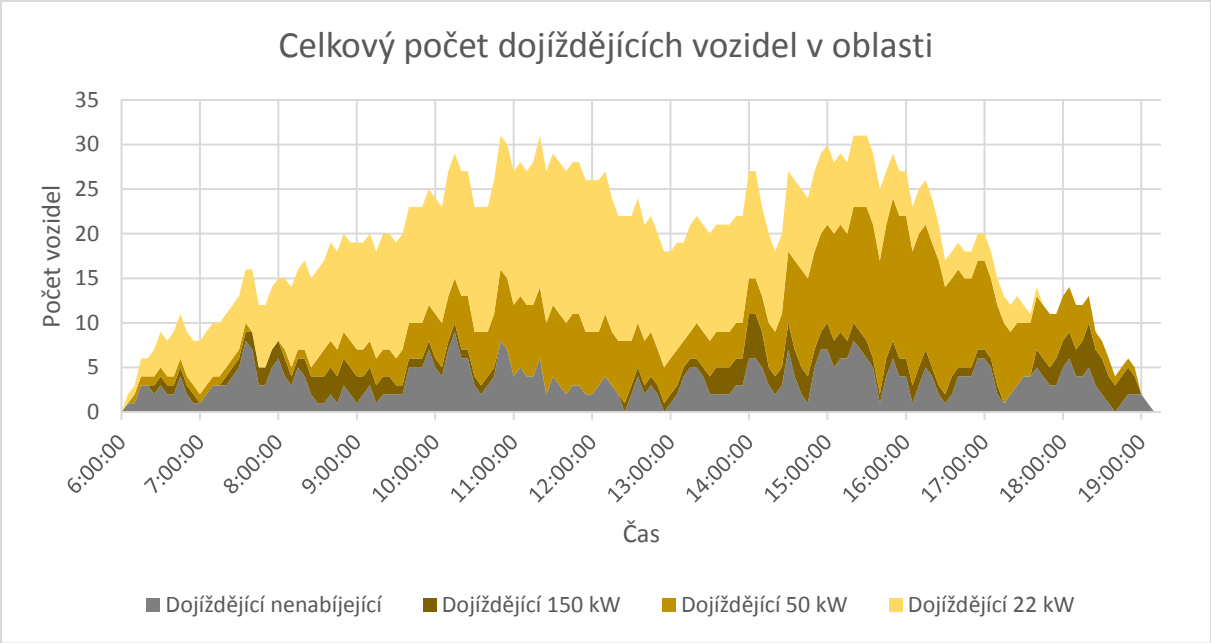
Graf 24: Obsazení nabíjecích stanic při občasném nabíjení

4.1.4 Nabíjení dojíždějících

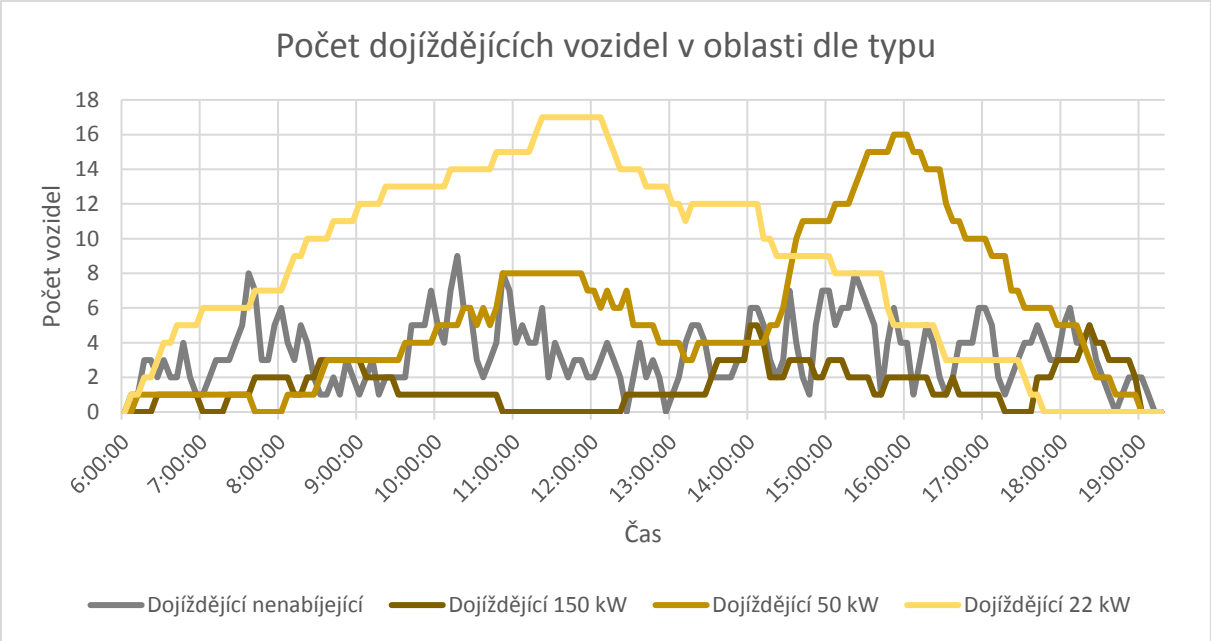
Jak bylo zmíněno v úvodu části 4.1, v případě dojíždějících vozidel byl pouze určen potřebný počet nabíjecích stanic různého výkonu a teoretický maximální nabíjecí výkon, pokud by se všechna nabíjená dojíždějící vozidla po dobu celého pobytu v lokalitě nabíjela plným dostupným výkonem.

Nabíjecí výkon byl odvozen od délky pobytu v lokalitě. Hranice jednotlivých variant nabíjení byly voleny tak, aby bylo s rezervou možné nabití baterie s kapacitou kolem 40 kWh v případě nižšího výkonu a s kapacitou přesahující 120 kWh v případě vyššího výkonu. Vzhledem k obytnému charakteru lokality byl nejvyšší nabíjecí výkon stanoven na 150 kW a uvažováno bylo nabíjení pouze těch dojíždějících vozidel, která v lokalitě pobývala alespoň 30 minut – nabíjení vozidel s kratším pobytem je předpokládáno na vysoce výkonných nabíjecích stanicích u hlavních dopravních tahů mimo zájmovou oblast. Konkrétně byla dojíždějící vozidla rozdělena na následující čtyři skupiny, počty vozidel jsou pak znázorněny v grafech 25 a 26 (délka pobytu je uvedena ve formátu H:MM:SS):

- Vozidla s pobytem délky do 0:29:59 – nenabíjí se
- Vozidla s pobytem délky 0:30:00-0:59:59 – nabíjení výkonem 150 kW (DC)
- Vozidla s pobytem délky 1:00:00-2:59:59 – nabíjení výkonem 50 kW (DC)
- Vozidla s pobytem délky 3:00:00 a více – nabíjení výkonem 22 kW (AC)



Graf 25: Celkový počet dojíždějících vozidel v oblasti



Graf 26: Počet dojíždějících vozidel v oblasti dle typu

Celkem bylo zaznamenáno 239 dojíždějících vozidel, z grafu 25 je však zřejmé, že současně jich v lokalitě bylo maximálně 31, přičemž maximální počet současně nabíjených vozidel se pohyboval kolem 25. Jedná se nicméně o data za všední den, o víkendech může být situace odlišná.

Nabíjení výkonem 150 kW by současně využilo maximálně 5 vozidel (graf 26), a to pouze ve dvou velmi krátkých okamžicích. Jen o trochu delší dobu by byly obsazeny 4 nabíjecí

stanice, výrazně častěji by pak byly obsazeny nabíjecí stanice 3. Z uvedeného lze usuzovat, že pro potřeby velmi rychlého nabíjení dojíždějících vozidel výkonem 150 kW by mohly postačovat 4 nabíjecí stanice o tomto výkonu – ve většině případů by byl tento počet dostačující i v případě poruchy některé z nabíjecích stanic, v případě nouze by navíc bylo možné vozidlo alespoň částečně nabít i na 50kW nabíjecí stanici.

V případě nabíjení výkonem 50 kW jsou z grafu 26 patrné dvě nabíjecí špičky – mezi 11:00 a 12:30, kdy by bylo současně nabíjeno až 8 vozidel, a kolem 16:00, kdy by po krátkou dobu bylo potřeba 16 nabíjecích stanic. Vzhledem k uvedeným hodnotám, možnosti poruchy u některé 50kW stanice a případnému užívání těchto stanic jako záložních při poruše některé ze 150kW nebo 22kW nabíjecích stanic (včetně rezidenčních) se jako vhodný počet jeví 20 nabíjecích stanic o výkonu 50 kW.

V případě nabíjecího výkonu 22 kW dochází k poptávkové špičce kolem 11:30 až 12:00, kdy by bylo nabíjeno současně 17 vozidel. Vzhledem k potřebě zálohy pro případ poruchy některé z těchto stanic (nebo některé z rezidentních nabíjecích stanic) lze za vhodný počet považovat 20 nabíjecích stanic s výkonem 22 kW.

Jak bylo zmíněno, jedná se o hodnoty pro pracovní den, o víkendech mohou být požadavky odlišné, na druhou stranu je však pravděpodobné, že ne všechna dojíždějící vozidla budou nabíjena, i když by to bylo časově možné – např. z důvodu dostatečně nabité baterie, vyšší ceny elektřiny oproti domácímu nabíjení nebo diskomfortu spojeného s připojováním vozidla k nabíjecí stanici.

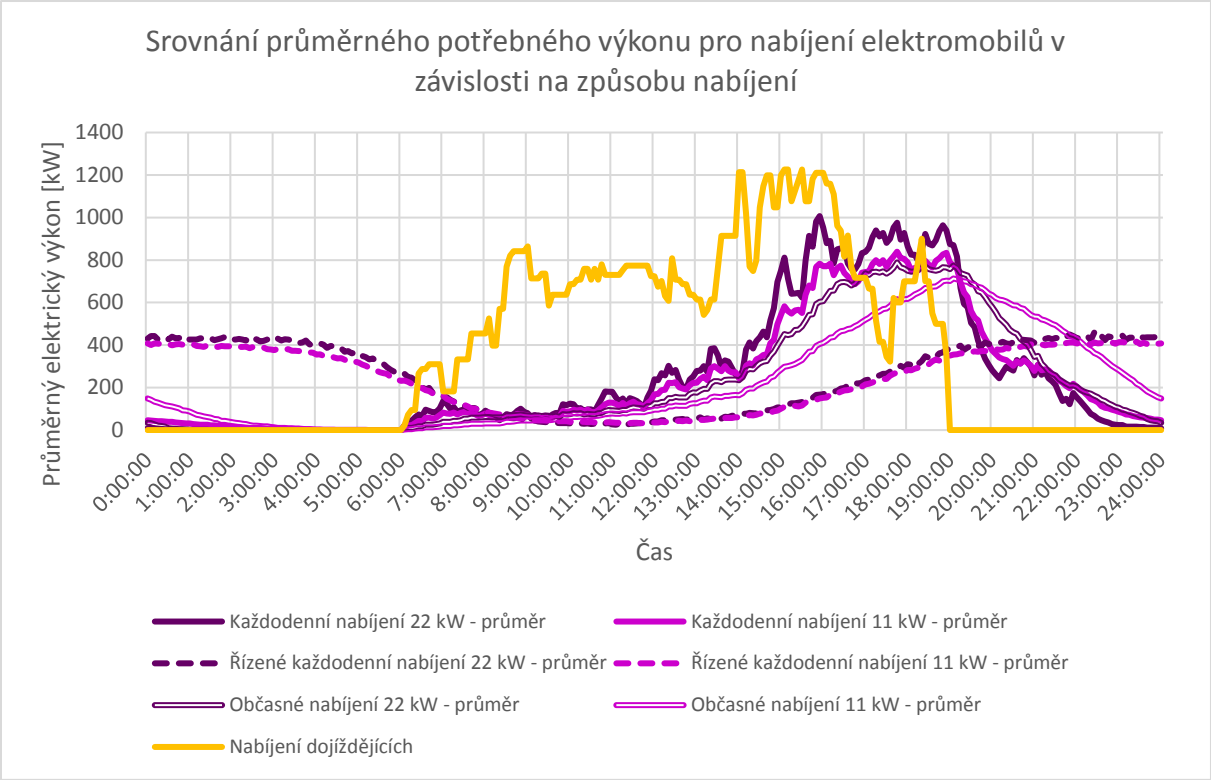
Teoretické hodnoty maximálního potřebného nabíjecího výkonu pro nabíjení dojíždějících vozidel jsou znázorněny v grafech 27 a 28 v části 4.1.5, přičemž je předpokládáno nabíjení všech relevantních dojíždějících vozidel po celou dobu jejich pobytu maximálním výkonem. Ve skutečnosti však zejména v případě výkonnějších nabíjecích stanic není nabíjecí výkon konstantní po celou dobu nabíjení (patrné z grafu B1 v příloze B) a samotné nabíjení ve většině případů nejenže nebude probíhat po celou dobu pobytu, ale jak bylo zmíněno, nebudou nabíjena ani všechna potenciální vozidla. Požadavky na výkon tedy mohou být oproti hodnotám prezentovaným v grafech v části 4.1.5 například poloviční, je zde tedy potenciál k dalšímu zpřesnění odhadu. Z průběhu potřebného výkonu v samotných grafech je zřejmé, že ačkoliv je potenciální počet současně nabíjených vozidel poměrně malý, vlivem velkých nabíjecích výkonů vychází celkový potřebný nabíjecí výkon relativně vysoký – po dobu výkonové špičky mezi 14:00 a 16:30 je potřeba až 1 200 kW,

v období mezi 8:30 a 18:30 se pak potřebný výkon po celou dobu (s výjimkou uvedené výkonové špičky) pohybuje mezi 600 a 800 kW. Nicméně jak bylo zmíněno, tyto hodnoty lze vzhledem ke způsobu jejich stanovení považovat za nadhodnocené.

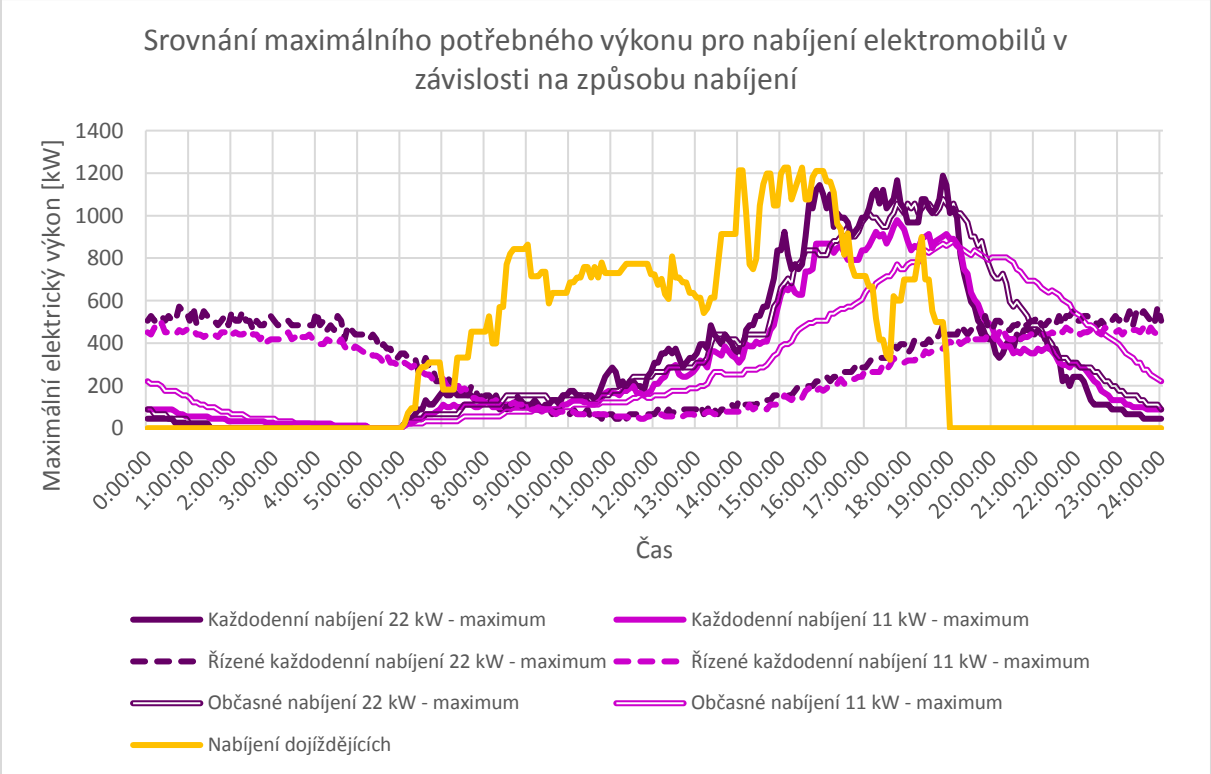
4.1.5 Srovnání různých způsobů nabíjení

Některé odlišnosti průběhu potřebného nabíjecího výkonu již byly nastíněny v předchozích podkapitolách, přehledně jsou všechny posuzované varianty zobrazeny v grafech 27 až 30. Grafy 27 a 28 zobrazují průběh hodnot potřebného nabíjecího výkonu zvlášť pro vozidla rezidentů a dojíždějící vozidla (graf 27 zobrazuje průměrné hodnoty, graf 28 hodnoty maximální). Grafy 29 a 30 zobrazují celkový potřebný nabíjecí výkon (průměrný a maximální) daný součtem nabíjecího výkonu pro vozidla rezidentů a pro vozidla dojíždějících, přičemž podíl dojíždějících vozidel je zvýrazněn žlutě. Z důvodu přehlednosti jsou v grafech 29 a 30 pouze data pro nabíjení výkonem 22 kW, při kterém jsou v porovnání s nabíjením výkonem 11 kW vyšší hodnoty výkonových špiček.

V případě rezidentního nabíjení jsou z grafů 27 a 28 patrné celkově menší výkonové špičky a hladší průběh křivek při nabíjení nižším výkonem (11 kW). Zřejmý je také hladší průběh křivek při občasném nabíjení v porovnání s neřízeným každodenním nabíjením a současně mírný posun výkonových špiček do pozdějších hodin, průběh křivek je nicméně v obou případech neřízeného nabíjení podobný (zejména v případě výkonu 22 kW, větší podobnost je pak v případě maximálních hodnot v grafu 28). Výrazněji se od předchozích dvou způsobů nabíjení odlišuje řízené každodenní nabíjení, při kterém je výkonová špička posunutá do nočních hodin, je delší, a maxima potřebného výkonu dosahují přibližně poloviční hodnot. Díky tomuto posunu nedochází na rozdíl od ostatních způsobů nabíjení k překryvu výkonových špiček nabíjení vozidel rezidentů a dojíždějících vozidel, což dále zvyšuje relativní úspory při řízeném nabíjení v porovnání s nabíjením neřízeným, patrné z grafů 29 a 30.

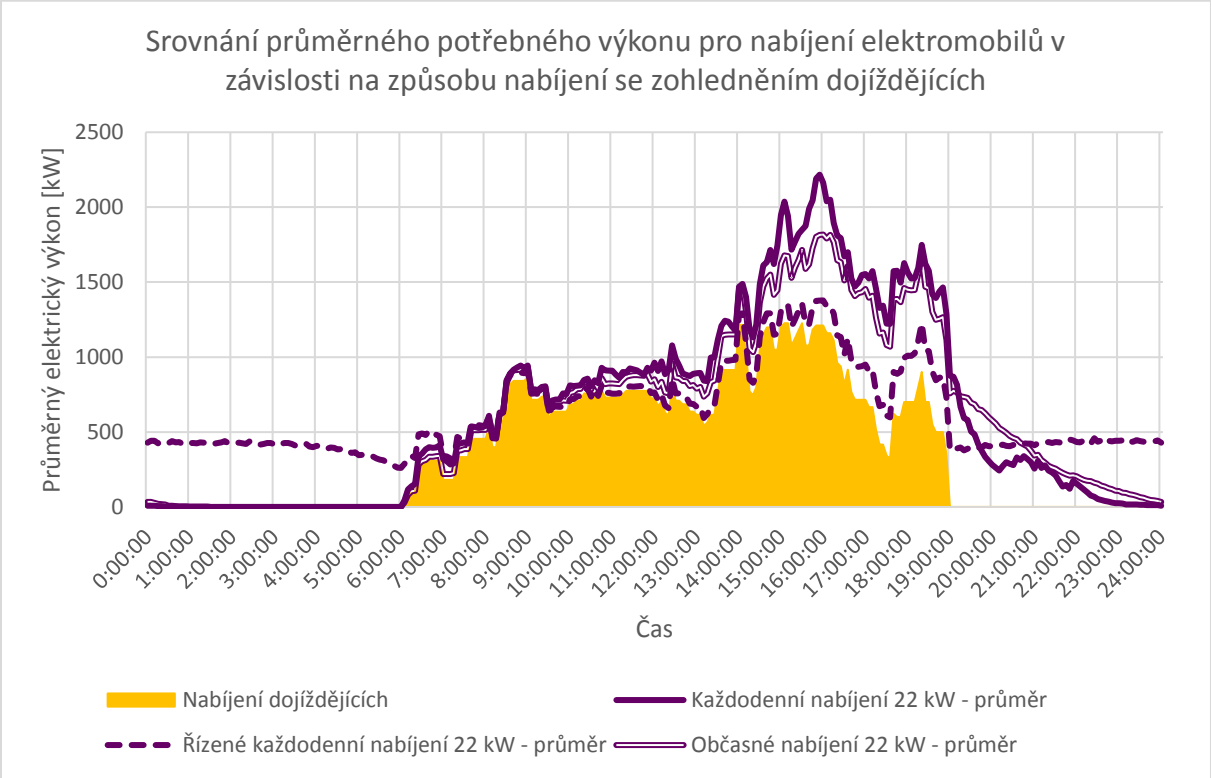


Graf 27: Srovnání průměrného potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů v závislosti na způsobu nabíjení

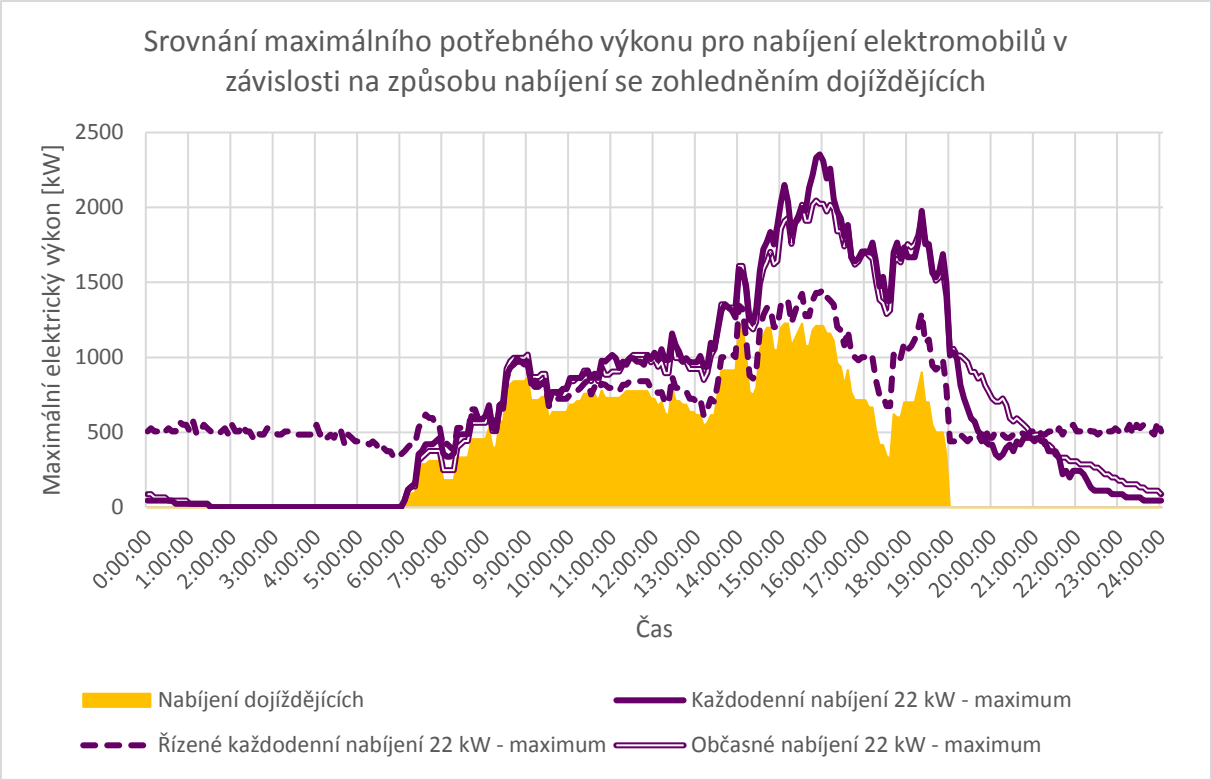


Graf 28: Srovnání maximálního potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů v závislosti na způsobu nabíjení

Průměrná hodnota výkonových špiček (graf 29) vychází u každodenního neřízeného nabíjení necelých 2 200 kW, u občasného nabíjení necelých 1 800 kW a kolem 1 350 kW v případě řízeného každodenního nabíjení. Maximální hodnoty (graf 30) pak vychází přes 2 300 kW (neřízené každodenní nabíjení), kolem 2 000 kW (občasné nabíjení) a přibližně 1 400 kW (řízené každodenní nabíjení). V případě řízeného každodenního nabíjení má výrazný podíl na výkonových špičkách nabíjení dojíždějících vozidel – pokud by byly jejich potřeby poloviční, byly by požadavky na výkon poměrně rovnoměrné – celý den by se pohybovaly v rozmezí 400-700 kW v případě průměrných hodnot a 500-800 kW v případě maximálních hodnot. U ostatních variant nabíjení by poloviční nabíjecí výkon dojíždějících vozidel vedl ke snížení maximálních hodnot o 500 až 600 kW. Další grafy i tabulky s číselnými hodnotami jsou k dispozici v příloze J.

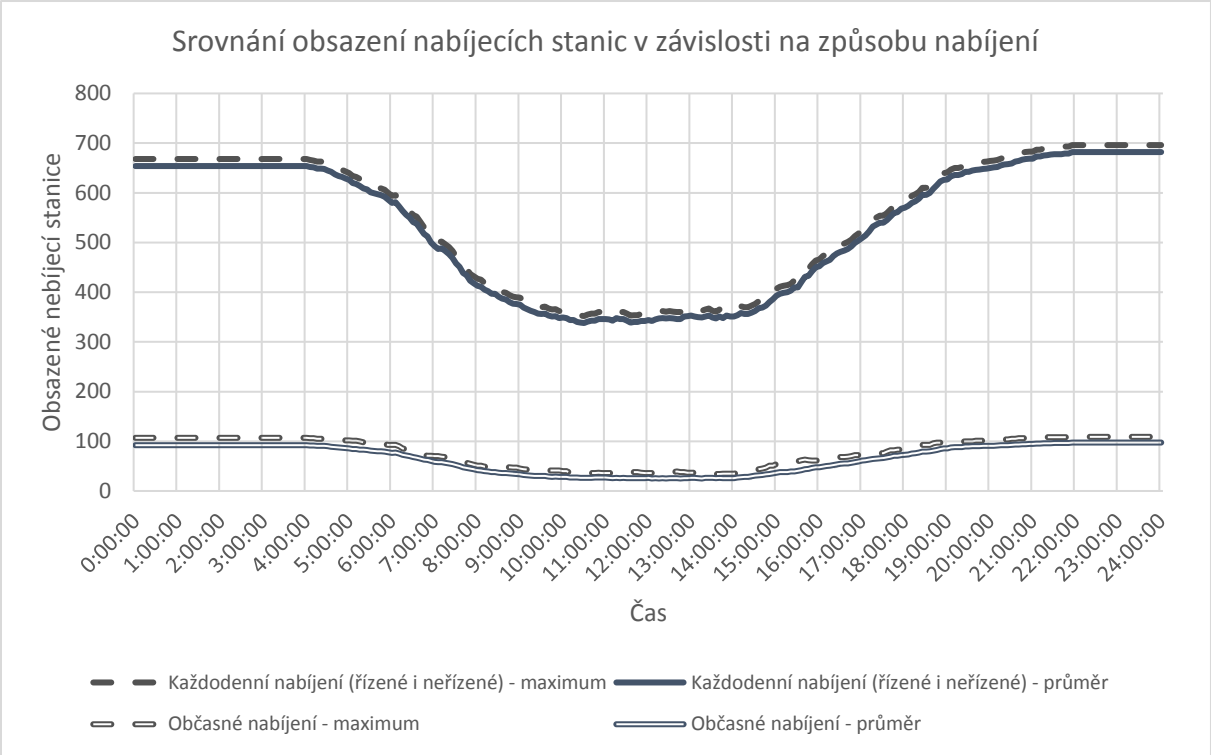


Graf 29: Srovnání průměrného potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů v závislosti na způsobu nabíjení se zohledněním dojíždějících



Graf 30: Srovnání maximálního potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů v závislosti na způsobu nabíjení se zohledněním dojíždějících

Srovnání potřebného počtu nabíjecích stanic pro občasné a každodenní nabíjení (řízené i neřízené) je zobrazeno v grafu 31. V grafu je názorně vidět, že v případě občasného nabíjení postačuje přibližně 1/7 počtu nabíjecích stanic nutných pro každodenní nabíjení (v jehož případě je uvažováno s nabíjecí stanicí u každého parkovacího místa). Plný přechod na elektromobilitu by tedy měl být možný i v případě výrazně nižšího počtu rezidentních nabíjecích stanic, než je celkový počet aut rezidentů v lokalitě – včetně rezervy by postačovalo, kdyby se počet nabíjecích stanic rovnal 1/5 počtu aut. Vzhledem k předpokladu pozvolného nárůstu podílu elektromobilů na vozovém parku by alespoň z počátku mělo postačovat i úměrné pozvolné budování rezidentních nabíjecích stanic. Nabíjecí stanice u každého parkovacího místa nicméně dává lidem větší flexibilitu, což může kromě jiného napomoci rychlejší adopci elektromobility. Vzhledem k výraznému snížení velikosti výkonových špiček v případě řízeného každodenního nabíjení by pak bylo vhodné v případném dalším výzkumu prověřit možnost řízeného občasného nabíjení.



Graf 31: Srovnání obsazení nabíjecích stanic v závislosti na způsobu nabíjení

4.2 Vyhodnocení výsledků ve vztahu ke carsharingu

Základním podkladem pro analýzu potenciálu carsharingu bylo posouzení jeho finanční výhodnosti, které bylo provedeno pro modelový carsharing prezentovaný v části 3.4.3. Na jeho základě byly provedeny dvě analýzy potenciálu carsharingu:

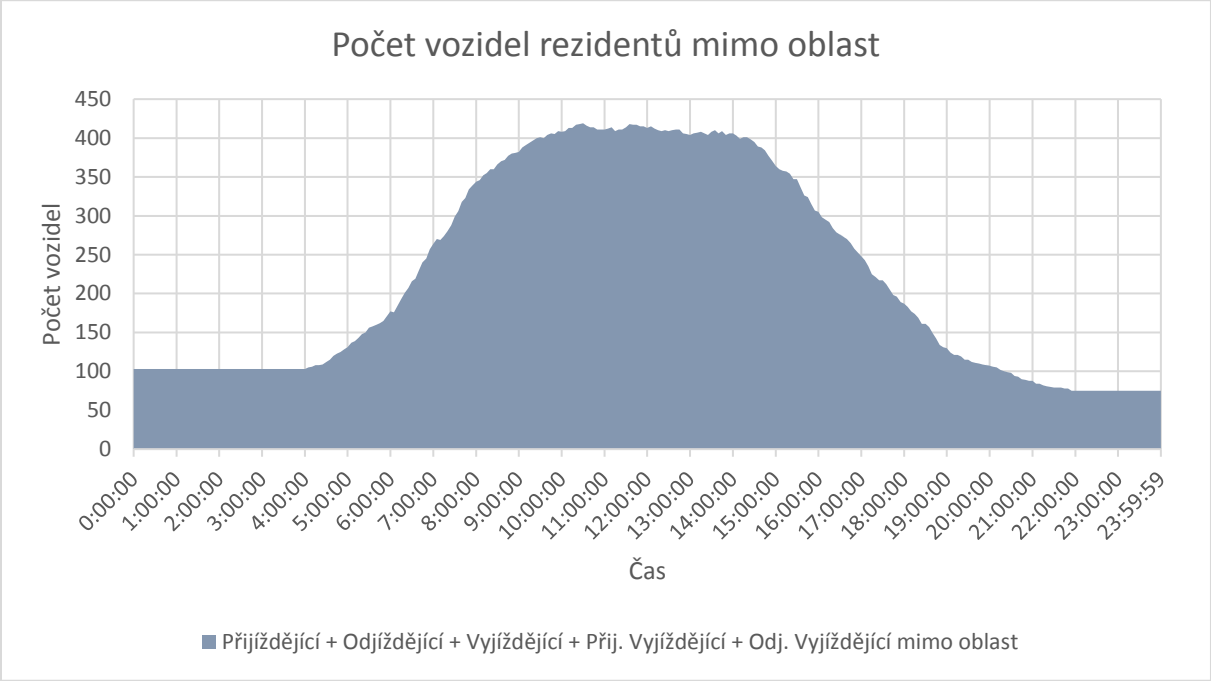
- Potenciál carsharingu v lokalitě sídliště Skalka
- Potenciál carsharingu v České republice

První analýza, vztahující se k sídlišti Skalka, je založena na změřených datech o pobytech vozidel rezidentů v oblasti. Druhá analýza, zabývající se potenciálem v rámci celé České republiky, je postavena na vyhodnocení statistických dat projektu Česko v pohybu. Detailněji jsou obě analýzy a jejich výsledky popsány v následujících podkapitolách.

4.2.1 Potenciál carsharingu v lokalitě sídliště Skalka

Z dat o pobytech vozidel rezidentů v lokalitě lze určit teoretický počet sdílených vozidel round-trip carsharingu, kterým by bylo možné plně nahradit všechna stávající soukromá auta. Určující je v tomto případě maximální počet vozidel rezidentů nacházejících se mimo oblast sídliště Skalka. Časový průběh počtu vozidel rezidentů mimo oblast je vynesen v grafu 32,

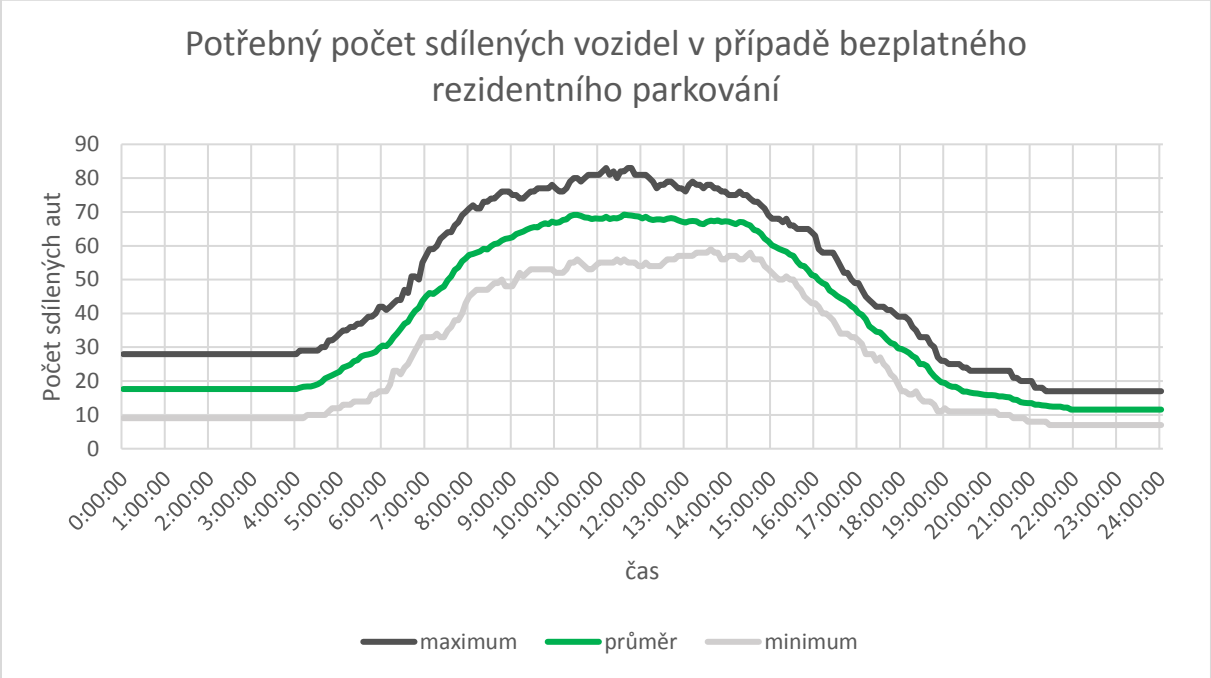
přičemž maximum činí 419 vozidel (číselné hodnoty jsou k dispozici v příloze F). Vzhledem k tomu, že počet soukromých vozidel v oblasti byl odhadnut na 668 až 696, je schopno jedno sdílené vozidlo nahradit 1,59 až 1,66 soukromých vozidel (jedná se nicméně o stav v pracovní den, o víkendech může vycházet potřebný počet vozidel odlišný).



Graf 32: Počet vozidel rezidentů mimo oblast

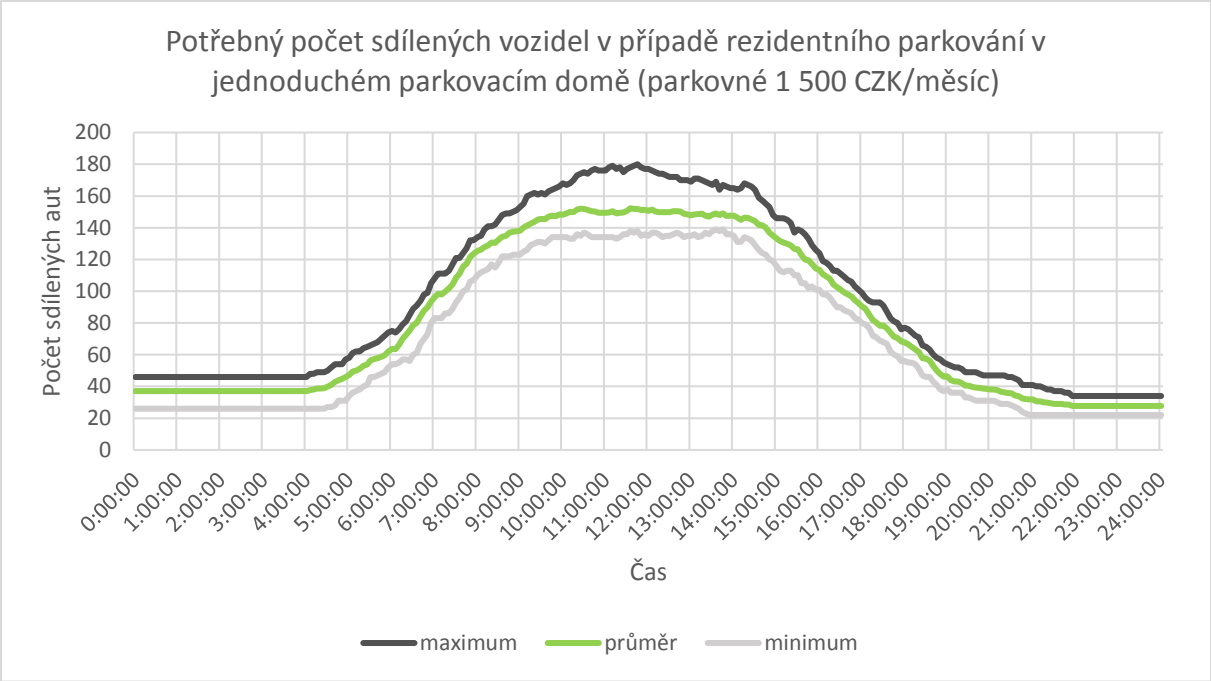
Takto stanovený potřebný počet sdílených vozidel však nebere v úvahu atraktivitu carsharingu pro konkrétní uživatele, která závisí například na jeho finanční výhodnosti vůči vlastnímu autu. Z analýzy v části 3.4.3 vyplývá, že v případě bezplatného rezidentního parkování je carsharing finančně výhodnější v případě scénářů 1 a 2, které jsou charakterizovány využíváním auta pouze několikrát měsíčně. Časová závislost počtu vozidel rezidentů se scénáři užívání 1 a 2, nacházejících se mimo sídliště Skalka, je zobrazena v grafu 33. Z 504 vozidel rezidentů provozovaných v měřený den by jich bylo možné nahradit 85 až 104 (průměrně 95), přičemž by k tomu bylo potřeba 63 až 83 sdílených vozidel (průměrně 72). Jedno sdílené vozidlo by tedy bylo schopné nahradit 1,19 až 1,49 soukromých, průměrně pak 1,32 (pozn.: tyto hodnoty jsou výsledkem modelu – neplatí, že při maximálním počtu nahrazených soukromých aut by k tomu byl potřeba maximální počet sdílených aut). Pokud však mezi nahrazená vozidla započítáme i vozidla dlouhodobě odstavená (82 vozidel [189]) a odhadem 20 vozidel z 82 až 110 běžně používaných vozidel, která ale nebyla použita v měřený den (celkový počet odvozen v části 4.1.1), stoupne počet nahrazených vozidel na 187 až 206 (průměrně 197) a počet soukromých vozidel nahrazených jedním sdíleným

na 2,42 až 3,11 (průměrně 2,74). Teoreticky by za těchto předpokladů bylo možné nahradit sdílenými vozidly 26,9 až 30,8 % soukromých vozidel rezidentů.

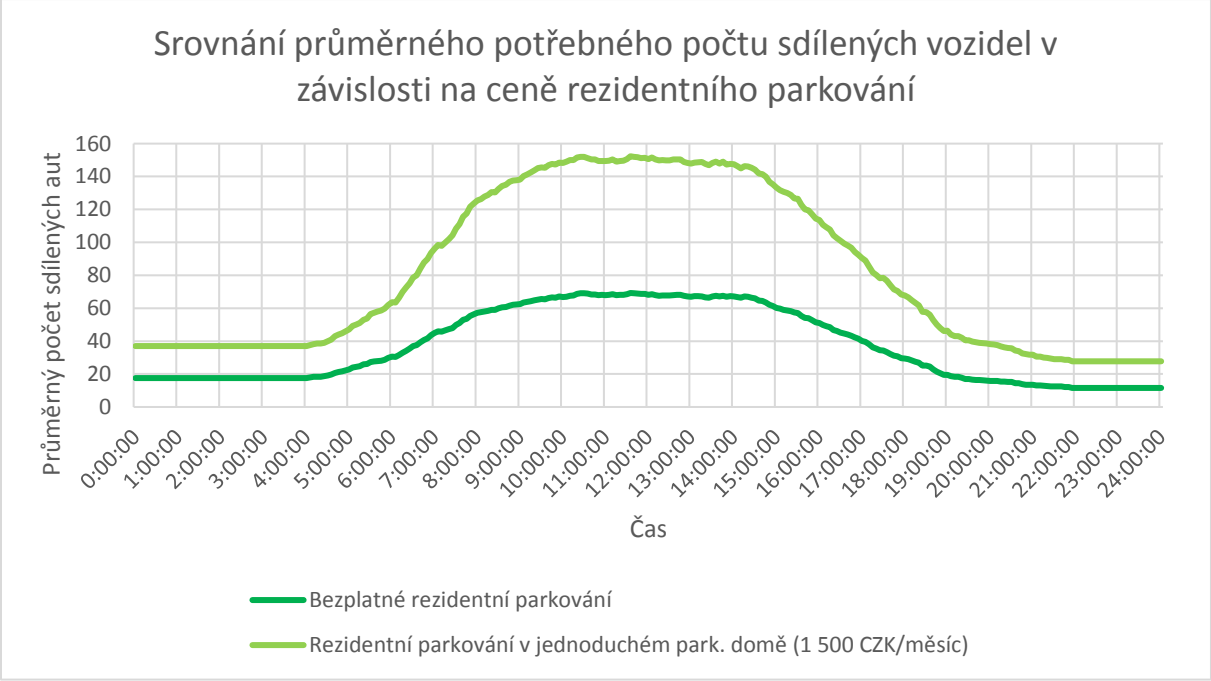


Graf 33: Potřebný počet sdílených vozidel v případě bezplatného rezidentního parkování

V případě rezidentního parkování v jednoduchém parkovacím domě s měsíčním nájemným ve výši 1 500 CZK/parkovací místo vychází carsharing finančně výhodněji i v případě scénářů 3 a 4 – tedy i při využívání auta 1x-2x týdně (podrobněji v části 3.4.3). Počet vozidel rezidentů se scénáři užívání 1-4 mimo oblast sídliště Skalka (a tedy potřebný počet sdílených vozidel) v závislosti na čase je znázorněn v grafu 34. V tomto případě by bylo možné nahradit 198 až 221 soukromých vozidel použitých v měřený den (průměrně 210) pomocí 141 až 180 sdílených vozidel (průměrně 155). Jedno sdílené vozidlo v tomto případě nahradí 1,21 až 1,44 soukromých (průměrně 1,36). Pokud se mezi nahrazená vozidla zařadí i vozidla dlouhodobě odstavená a 40 běžně provozovaných vozidel nepoužitých v měřených den (z 82 až 110), pak vychází počet nahrazených soukromých vozidel 320 až 343 (průměrně 332), tedy 46,0 až 51,6 % vozidel rezidentů. Jedno sdílené vozidlo v tomto případě nahradí 1,89 až 2,28 soukromých (průměrně 2,15). Srovnání potřebného počtu sdílených vozidel v závislosti na zpoplatnění dlouhodobého parkování je znázorněno v grafu 35.



Graf 34: Potřebný počet sdílených vozidel v případě rezidentního parkování v jednoduchém parkovacím domě (parkovné 1 500 CZK/měsíc)



Graf 35: Srovnání průměrného potřebného počtu sdílených vozidel v závislosti na ceně rezidentního parkování

Vzhledem k tomu, že auto vlastní před zahájením využívání round-trip carsharingu obvykle kolem 50 % uživatelů, a po využívání carsharingu ho prodá přibližně polovina z nich (tedy celkově přibližně 25 % uživatelů – podrobněji v části 2.2.3.1), představují prezentované

počty nahrazených aut pouze 25 až 50 % potenciálních zákazníků. Krajní meze celkového potenciálu lze tedy odhadnout vynásobením počtu nahrazených aut 2 (dolní mez) a 4 (horní mez). Vydělením počtu uživatelů počtem potřebných sdílených vozidel lze získat počet uživatelů připadajících na jedno sdíleného vozidlo, jeho následným vynásobením hodnotou průměrného ročního nájezdu uživatele (uvažováno 1 500 km – podrobnosti v části 2.2.7) pak lze získat průměrný nájezd sdíleného vozidla. Takto spočítané počty uživatelů a očekávané nájezdy vozidel jsou prezentovány v tabulce 16. Podle určených průměrných ročních nájezdů sdílených vozidel jim byly přiřazeny referenční provozní náklady, odpovídající nákladům nového vozidla s bezplatným parkováním a scénářem užívání s obdobným nájezdem, které byly následně navýšeny o 30 % (zohlednění režijních nákladů apod. – podrobněji v části 2.2.4.2 a příloze D). Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 16. Výnosy z provozu sdílených vozidel jsou rovny nákladům uživatelů, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 17.

Parkování soukromého auta	Bezplatné		Jednoduchý parkovací dům (1 500 CZK/měsíc)	
Počet sdílených aut	72		155	
Počet nahrazených aut	197		332	
Počet uživatelů	394	788	664	1 328
Počet uživatelů/auto	5,5	10,9	4,3	8,6
Roční nájezd [km]	**8 250**	**16 350**	**6 450**	**12 900**
Referenční náklady malého auta [CZK/km]	7,86 (scénář 5)	6,13 (scénář 6)	8,43 (scénář 4)	6,77 (scénář 7)
Náklady malého sdíleného auta [CZK/km]	**10,22**	**7,97**	**10,84**	**8,80**
Referenční náklady velkého auta [CZK/km]	11,47 (scénář 5)	9,21 (scénář 6)	12,67 (scénář 4)	10,05 (scénář 7)
Náklady velkého sdíleného auta [CZK/km]	**14,91**	**11,97**	**16,47**	**13,07**
Náklady kombinace sdílených aut (25 % velké a 75 % malé) [CZK/km]	**11,39**	**8,97**	**12,25**	**9,87**

Tabulka 16: Náklady na provoz sdílených vozidel

Scénář užívání auta	1	2	3	4
Náklady uživatele carsharingu – malé auto [CZK/km]	14,49	9,74	10,34	8,62
Náklady uživatele carsharingu – velké auto [CZK/km]	17,15	11,58	12,43	10,29
Náklady uživatele carsharingu – 25 % velké a 75 % malé auto [CZK/km]	15,15	10,20	10,93	9,04

Tabulka 17: Výnosy z provozu sdílených vozidel v závislosti na scénáři užívání

Pokud by všichni zákazníci využívali carsharing podle scénáře užívání 1 (kterému přibližně odpovídá uvažovaný průměrný nájezd 1 500 km/rok), byl by carsharing ziskový ve všech případech. V případě kombinace různých scénářů užívání již však situace není jednoznačná. Zatímco v případě malého auta by pravděpodobně ziskový byl, v případě velkého auta je situace značně nejistá. Nicméně i když by provoz samotného většího auta ziskový nebyl, mohl by být ziskový v kombinaci s částečným užíváním malého auta.

Počet uživatelů připadajících na jedno sdílené vozidlo vychází nižší než v případě studií zmíněných v části 1.1 přílohy D, kde jsou uváděny hodnoty v rozmezí 20-60 uživatelů/vozidlo. Obdobně vychází nižší počet soukromých aut nahrazených jedním autem sdíleným (různé studie zmíněné v části 1.1 přílohy D uvádí hodnoty od 4 až po více než 10), přičemž je z výsledných dat zřejmé, že s rostoucím počtem soukromých vozidel nahrazených sdílenými poměr nahrazených soukromých vozidel vůči potřebnému počtu vozidel sdílených klesá – v případě náhrady dlouhodobě odstavených vozidel a vozidel se scénáři užívání 1 a 2 jedno sdílené vozidlo nahradí průměrně 2,74 soukromých, při rozšíření o vozidla se scénáři užívání 3 a 4 již jen 2,15 a v případě náhrady všech vozidel 1,63. Ačkoliv různé studie často uvažují při vyčíslování počtu nahrazených soukromých vozidel i s nekoupenými vozidly, jsou výsledné hodnoty v této práci nižší i než obvyklé spodní meze odhadů uváděné ve studiích (nicméně v případě studie automobilky Volvo [139] byla při odečtení nezakoupených vozidel jedním sdíleným vozidlem nahrazena necelá 3 soukromá auta, což je podobná hodnota).

Jedním z důvodů uvedených odchylek může být neuvažování změny dopravního chování. Část cest by se v případě přechodu z vlastního auta na carsharing pravděpodobně realizovala jiným druhem dopravy, a přestože naopak nejsou zahrnuty cesty lidí, co auto bez carsharingu nevyužívají, může být v konečném důsledku potřeba menší počet sdílených aut, než je uvažováno. Dalším důvodem může být použité rozhodování o využívání carsharingu čistě na základě finanční výhodnosti, nezohledňující další vlivy jako komfort, statusový význam apod. – je nepravděpodobné, že by daly přednost carsharingu před vlastním autem všichni potenciální uživatelé, pro které je to finančně výhodné. Zároveň je pravděpodobné, že by vlastnímu autu dali přednost spíše jejich častější uživatelé. Mezi uživateli carsharingu by tedy bylo více méně aktivních uživatelů, kterým by postačovalo méně sdílených aut.

Krajní meze ročních nájezdů sdílených vozidel použité v rámci odhadu rentability provozu carsharingu lze považovat za reálné, přestože uvažovaný počet uživatelů připadajících na jedno sdílené vozidlo je relativně malý. Jak je uvedeno v části 2.2.7, vypočítané hodnoty

nájezdů sdílených vozidel odpovídají i situaci, kdy by byl počet uživatelů dvojnásobný, ale s polovičními průměrnými nájezdy. Dolní meze tedy odpovídají rovněž struktuře uživatelů uvažované v případě horních mezí, pokud by každý z nich ročně ujel v průměru 750 km místo 1 500 km. Horní meze pak odpovídají nejen situaci, kdy by byl počet uživatelů (při jejich stejném nájezdu) oproti nižším mezím dvojnásobný, ale také situaci, kdy by byl počet uživatelů i jejich nájezdy shodné jako v případě dolních mezí, ale postačoval by poloviční počet sdílených vozidel (např. vlivem změny dopravního chování). Pokud se dále vezme v úvahu, že uvedené počty uživatelů nemusí zahrnovat pasivní uživatele, kteří mohou dle studií zmíněných v části 1.1 přílohy D tvořit i třetinu všech uživatelů, může být celkový počet uživatelů oproti hodnotám uvedeným v tabulce 16 i trojnásobný, aniž by uvedené nájezdy sdílených vozidel pozbyly na relevantnosti. Zejména horní meze uvažovaných nájezdů se pak příliš neliší od nájezdů dosahovaných ve stávajících flotilách sdílených vozidel, zmíněných v části 1.4 přílohy D.

4.2.2 Potenciál carsharingu v České republice

S využitím výsledků analýzy finanční výhodnosti modelového carsharingu, provedené v části 3.4.4, a dat o vozovém parku z projektu Česko v pohybu je možné odhadnout potenciál carsharingu v České republice. Ze zmíněné analýzy vyplývá, že carsharing je v případě bezplatného rezidentního parkování výhodnější v případě scénářů užívání 1 a 2, v případě rezidentního parkování v jednoduchém parkovacím domě pak ve scénářích 1 až 4. Z tabulek v části 3.4.3 je dále zřejmé, že hodnoty pro bezplatné parkování v modelovém případě platí i pro mírně zpoplatněné parkování (např. rezidenční parkovací zóny), hodnoty pro jednoduchý parkovací dům pak platí pro jakýkoliv parkovací dům (tedy včetně podzemního s nájmem 5 500 CZK/měsíc).

Podíl vozidel s jednotlivými scénáři užívání na vozovém parku v České republice a na dopravních výkonech je uveden v tabulce 18. Na konci tabulky jsou pak uvedeny podíly vozidel, u kterých je potenciál jejich náhrady carsharingem. V případě bezplatného parkování by mohl carsharing nahradit 17,14 % vozidel, v případě parkování v jednoduchých parkovacích domech pak až 36,20 % vozidel, což představuje kolem 2 milionů osobních aut [172]. Vzhledem k tomu, že se jedná o vozidla s relativně malými ročními nájezdy, je jejich podíl na dopravních výkonech výrazně nižší – pouze 3,41 % v případě bezplatného parkování a 12,06 % v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě.

Scénář užívání	Auta v České republice	
	Podíl na vozovém parku [%]	Podíl na dopravních výkonech [%]
1	8,25	1,00
2	8,89	2,41
3	12,49	5,15
4	6,57	3,51
5	5,22	3,51
6	10,91	13,47
7	23,33	20,11
8	16,81	28,91
9	6,70	18,30
10	0,83	3,63
Carsharing při bezplatném rezidentním parkování	**17,14**	**3,41**
Carsharing při rezidentním parkování v jednoduchém parkovacím domě	**36,20**	**12,06**

Tabulka 18: Potenciál carsharingu dle scénářů užívání v ČR

Data v tabulce 18 se vztahují k celému vozovému parku v rámci státu, zahrnují tedy i vozidla sice málo používaná, ale carsharingem obtížně nahraditelná (může se jednat například o vozidla na vesnicích s horší dostupností ostatními dopravními módy). Ačkoliv i v tomto případě by mohl carsharing fungovat – příklad může být projekt „Dorfauto“ zmíněný v části 2.2.1.7 – lze předpokládat, že tomu tak bude ve znatelně menší míře než v případě větších měst s dobrou dostupností cílů pomocí ostatních dopravních módů. Výsledné hodnoty potenciálu carsharingu prezentované v tabulce 18 jsou tedy velmi pravděpodobně nadsazené.

Bez vlastního auta se lze jednodušeji obejít ve větších sídlech, kde je dostatečná nabídka cílů dostupných aktivními dopravními módy nebo hromadnou dopravou. Větší sídla navíc mívají i lepší nabídku spojení hromadnou dopravou s okolím. Za dostatečně velká města lze z tohoto pohledu považovat města s více než 20 000 obyvateli, což odpovídá okresním městům (pozn.: carsharing by mohl být atraktivní i v menších městech, pravděpodobně však méně a vzhledem k tomu, že i v okresních městech bude pravděpodobně méně atraktivní než v krajských městech nebo v Praze, nemusí zvolená hranice vést k podhodnoceným odhadům). Četnost scénářů užívání aut a potenciál carsharingu v případě zúžení na města s více než 20 000 obyvateli uvádí tabulka 19. Potenciál carsharingu v samotných městech vychází 16,29 % v případě bezplatného parkování a 34,53 % v případě jednoduchého

parkovacího domu. Pokud se však potenciál vztáhne k celému státu, klesne v případě bezplatného parkování na 7,33 % a v případě parkování v jednoduchém parkovací domě na 15,54 %. Obdobně klesne podíl potenciálně nahraditelných vozidel na dopravních výkonech na 1,46 % a 5,20 %.

Scénář užívání	Auta ve městech 20 000+			
	Podíl na vozovém parku [%]		Podíl na dopravních výkonech [%]	
	Ve městech 20 000+	V ČR	Ve městech 20 000+	V ČR
1	7,85	3,53	0,93	0,43
2	8,44	3,80	2,21	1,03
3	11,87	5,34	4,74	2,20
4	6,37	2,86	3,31	1,54
5	5,02	2,26	3,27	1,52
6	10,68	4,81	12,78	5,93
7	24,52	11,03	20,46	9,50
8	16,24	7,31	27,00	12,53
9	8,17	3,68	21,76	10,10
10	0,84	0,38	3,55	1,65
Carsharing při bezplatném rezidentním parkování	**16,29**	**7,33**	**3,14**	**1,46**
Carsharing při rezidentním parkování v jednoduchém parkovacím domě	**34,53**	**15,54**	**11,19**	**5,20**

Tabulka 19: Potenciál carsharingu dle scénářů užívání v ČR při zohlednění velikosti měst

Další možností, jak zohlednit podmínky pro život bez vlastního auta, je vycházet z vlastnictví kuponu na VHD (hromadná doprava má ke carsharingu komplementární vztah). Tito lidé nejenže mají možnost využívat hromadnou dopravu, ale již ji využívají – přechod ke carsharingu by tedy pro ně měl být jednodušší. Potenciál carsharingu v případě zúžení okruhu potenciálních uživatelů na domácnosti, kde je alespoň jeden dospělý držitelem kuponu na hromadnou dopravu, je uveden v tabulce 20. V samotné této skupině je oproti celé České republice mírně vyšší četnost scénářů užívání aut, ve kterých je carsharing finančně atraktivní – v případě bezplatného parkování má carsharing potenciál nahradit 18,06 % aut, v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě je to 37,97 % aut. V rámci celého státu má však carsharing za těchto podmínek potenciál pouze 5,71 % v případě bezplatného parkování a 11,99 % v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě. Na dopravních výkonech v rámci státu se pak tato vozidla podílí 1,10 % a 3,94 %.

Scénář užívání	Auta v domácnostech s alespoň 1 dospělým držitelem kuponu na VHD			
	Podíl na vozovém parku [%]		Podíl na dopravních výkonech [%]	
	V dané skupině	V ČR	V dané skupině	V ČR
1	9,15	2,89	1,11	0,35
2	8,92	2,82	2,39	0,75
3	13,26	4,19	5,48	1,72
4	6,65	2,10	3,55	1,12
5	5,38	1,70	3,64	1,14
6	9,99	3,16	12,42	3,90
7	21,98	6,94	18,98	5,96
8	16,26	5,13	28,04	8,81
9	7,49	2,37	20,34	6,39
10	0,92	0,29	4,06	1,28
Carsharing při bezplatném rezidentním parkování	**18,06**	**5,71**	**3,50**	**1,10**
Carsharing při rezidentním parkování v jednoduchém parkovacím domě	**37,97**	**11,99**	**12,53**	**3,94**

Tabulka 20: Potenciál carsharingu dle scénářů užívání v ČR při zohlednění VHD

Oba možné způsoby odhadu potenciálu je možné skombinovat – tedy omezit potenciální uživatele na obyvatele měst s minimálně 20 000 obyvateli, kteří zároveň žijí v domácnosti s alespoň jedním dospělým držitelem kuponu na VHD. I ve větším městě může být v některých lokalitách horší dostupnost služeb i hromadné dopravy, stejně tak může být vlastnictví kuponu na VHD výhodné i pro někoho, kdo žije na vesnici a hromadnou dopravu využívá například pro dojíždění do většího města, ale bez auta by se neobešel (a provoz carsharingu by v dané obci nemusel být rentabilní). Hodnoty pro tuto variantu jsou uvedeny v tabulce 21. Podíl vozidel u těchto uživatelů, která by bylo možné nahradit carsharingem, je 17,34 % (bezplatné parkování) a 36,95 % (parkování v jednoduchém parkovacím domě). V rámci měst však tvoří již jen 8,07 % a 17,18 % vozidel a v rámci státu pouze 3,63 % a 7,73 % vozidel. Ještě nižší jsou hodnoty podílů na dopravních výkonech – v případě měst 1,52 % a 5,52 % (podíl na dopravních výkonech vozidel jejich obyvatel), v případě celé České republiky pak 0,70 % a 2,56 %.

Scénář užívání	Auta v domácnostech s alespoň 1 dospělým držitelem kuponu na MHD ve městech 20 000+					
	Podíl na vozovém parku [%]			Podíl na dopravních výkonech [%]		
	V dané skupině	Ve městech 20 000+	V ČR	V dané skupině	Ve městech 20 000+	V ČR
1	8,82	4,10	1,85	1,08	0,49	0,23
2	8,53	3,97	1,78	2,26	1,03	0,48
3	12,99	6,04	2,72	5,30	2,41	1,12
4	6,61	3,08	1,38	3,50	1,59	0,74
5	4,93	2,29	1,03	3,28	1,49	0,69
6	9,80	4,56	2,05	12,04	5,47	2,54
7	23,38	10,87	4,89	19,88	9,03	4,19
8	15,84	7,36	3,31	26,87	12,21	5,67
9	8,35	3,88	1,75	22,52	10,23	4,75
10	0,75	0,35	0,16	3,27	1,49	0,69
Carsharing při bezplatném rezidentním parkování	**17,34**	**8,07**	**3,63**	**3,34**	**1,52**	**0,70**
Carsharing při rezidentním parkování v jednoduchém parkovacím domě	**36,95**	**17,18**	**7,73**	**12,14**	**5,52**	**2,56**

Tabulka 21: Potenciál carsharingu dle scénářů už. v ČR při zohlednění VHD a velikosti měst

5 Zhodnocení a doporučení

V následujících podkapitolách jsou shrnuty hlavní výsledky práce a uvedena doporučení pro jejich použití a případný další výzkum ve vztahu k elektromobilitě a carsharingu. Podkapitoly jsou členěny následujícím způsobem:

- Shrnutí hlavních výsledků
- Zhodnocení výsledků v kontextu jiných studií
- Doporučení pro využití výsledků
- Doporučení pro další výzkum

5.1 Elektromobilita

5.1.1 Shrnutí hlavních výsledků v oblasti elektromobility

V případě každodenního neřízeného nabíjení je průběh celkového potřebného výkonu pro nabíjení rezidentů poměrně nerovnoměrný, s výraznou výkonovou špičkou mezi 16:00 a 19:00. Nicméně i v tuto dobu se nabíjí současně jen řádově desítky vozidel a nejvyšší potřebný výkon v rámci modelování dosáhl hodnot kolem 1 200 kW, což odpovídá 1,2-1,3 kW na jednu bytovou jednotku v lokalitě.

Využití řízeného nabíjení (s řídící logikou popsanou v části 4.1.2) má za následek poměrně rovnoměrný průběh s dlouhou výkonovou špičkou mezi 19:00 a 4:00, při které nejvyšší hodnoty potřebného nabíjecího výkonu nepřekročily 600 kW. Řízené nabíjení tedy vede ke snížení potřebného výkonu na necelou polovinu, další úspory pak může vyvolat posun nabíjecí špičky do nočních hodin.

V případě každodenního nabíjení rezidentů bylo uvažováno s nabíjecí stanicí u každého parkovacího místa. Pro vozidla použitá v měřený den by bylo potřeba 504 nabíjecích stanic, pokud se k těmto vozidlům přičtou vozidla dlouhodobě odstavená (82 vozidel) a vozidla běžně provozovaná, avšak nepoužitá v daný den, stoupne potřebný počet nabíjecích stanic na 668 až 696. V případě občasného nabíjení po ujetí zhruba 150-200 km bylo pro potřeby vozidel použitých v měřený den potřeba maximálně 109 nabíjecích stanic. Včetně rezervy (např. pro nepoužitá vozidla) by tedy pro umožnění 100% přechodu na elektromobilitu postačovalo, kdyby se počet nabíjecích stanic rovnal 1/5 počtu aut rezidentů. Bylo by nicméně nutné zabránit blokování nabíjecích stanic nenabíjejícími se vozidly. Průběh celkového

potřebného výkonu je pak v tomto případě podobný jako u neřízeného každodenního nabíjení, přičemž křivky jsou hladší a maximální hodnoty o necelých 10 % nižší.

Hodnoty uvedené v předchozích odstavcích platí pro nabíjení výkonem 22 kW, modelováno ale bylo i nabíjení výkonem 11 kW. V případě nižšího nabíjecího výkonu měly křivky celkového potřebného nabíjecího výkonu hladší průběh a maximální hodnoty byly o necelých 20 % nižší (z tohoto důvodu jsou zde prezentovány hodnoty pro nabíjení výkonem 22 kW). Všechny uvedené hodnoty se vztahují k zimnímu období a uvažují s nadspotřebou vlivem temperování vozidel.

V případě dojíždějících vozidel byl řešen zejména potřebný počet nabíjecích stanic o výkonu 150 kW, 50 kW a 22 kW, odvozený od délky pobytu jednotlivých vozidel v lokalitě. Vyšší nabíjecí výkony nebyly uvažovány z důvodu rezidenčního charakteru lokality. Ačkoliv bylo zaznamenáno 239 dojíždějících vozidel, současně jich bylo v oblasti maximálně 31. Pro pokrytí jejich nabíjecích potřeb by postačovaly 4 nabíjecí stanice o výkonu 150 kW a s rezervou 20 nabíjecích stanic o výkonu 50 kW a 20 nabíjecích stanic o výkonu 22 kW. V případě rezidenčních oblastí tedy vychází zhruba jedna 150kW nabíjecí stanice na 500 obyvatel, jedna 50kW nabíjecí stanice na 100 obyvatel a jedna 22kW nabíjecí stanice na 100 obyvatel. Uvedené hodnoty se nicméně týkají všedního dne, o víkendech může být situace odlišná. Vzhledem k relativně vysokým nabíjecím výkonům by v případě nabíjení daných vozidel plným dostupným výkonem po celou dobu jejich pobytu v oblasti byl potřeba celkový nabíjecí výkon (pro nabíjení dojíždějících vozidel) až 1 200 kW, s výkonovou špičkou mezi 14:00 a 16:30. Ve skutečnosti by však nebyla vozidla nabíjena po celou dobu plným výkonem, pravděpodobně by navíc část z nich nebyla nabíjena vůbec. Reálně by tedy maximální hodnota celkového potřebného nabíjecího výkonu byla nižší, například poloviční, a nižší by mohl být i potřebný počet nabíjecích stanic.

V případě neřízeného každodenního nabíjení rezidentů a občasného nabíjení dochází k překryvu výkonových špiček nabíjení vozidel rezidentů a dojíždějících, v důsledku čehož dosahuje součtová výkonová špička necelých 1 800 kW, respektive necelých 1 500 kW (v obou případech při uvažování výkonové špičky dojíždějících o hodnotě 600 kW – tedy poloviční hodnotě oproti modelovanému maximu). V případě řízeného každodenního nabíjení rezidentů se při zvolené logice řízení výkonové špičky nepřekrývají, v důsledku toho se hodnota součtové výkonové špičky v případě této varianty nabíjení pohybuje kolem 800 kW.

5.1.2 Zhodnocení výsledků v oblasti elektromobility v kontextu jiných studií

Problematikou celkového potřebného nabíjecího výkonu pro nabíjení elektromobilů se zabývaly studie „Predikce vývoje elektromobility v ČR“ [65] a „Aktualizace predikce vývoje elektromobility v ČR do roku 2045“ [116], podrobněji popsané v příloze B. V případě těchto studií byly ve více než 100 iteracích vozidlům náhodně přiřazeny denní nájezdy a časy nabíjení, které byly následně statisticky vyhodnoceny – podobně jako v modelu v této práci. Zatímco v případě této práce však bylo odděleně zkoumáno několik variant nabíjení v ohraničené homogenní oblasti, ve zmíněných studiích byl nabíjecí výkon řešen na úrovni správních obvodů ORP, přičemž bylo uvažováno s kombinací několika variant nabíjení současně, jejichž relativní zastoupení bylo odvozeno od charakteru zástavby. Zároveň nebylo v těchto studiích uvažováno se 100% podílem elektromobilů na vozovém parku. [65] [116]

V první z uvedených studií byl v roce 2040 uvažován zhruba 50% podíl elektromobilů na vozovém parku (přibližně 3,1 mil. vozidel). V porovnání s výsledky v této práci měla křivka celkového potřebného nabíjecího výkonu rovnoměrnější průběh, v jednotlivé hodiny však byl výrazně větší rozptyl výsledných hodnot modelu (maximální celkový nabíjecí výkon se pohyboval zhruba od 900 MW po 5 600 MW, střední hodnota činila přibližně 2 100 MW). Výkonová špička v této studii byla mezi 16:00 a 19:00, tedy ve stejnou dobu, jako v případě neřízeného každodenního nabíjení v této práci, kromě ní však ve studii byla ještě menší ranní výkonová špička přibližně od 7:00 do 10:00. V případě modelu v této práci je z grafů 29 a 30 patrný pouze náznak ranní výkonové špičky, způsobené dojíždějícími vozidly. Je tedy pravděpodobné, že odchylky v průběhu výkonové křivky jsou dány kombinací různých variant nabíjení ve zmíněné studii. **Maximální** poměrný výkon připadající na jedno registrované vozidlo během výkonové špičky vychází v této práci v případě neřízeného každodenního nabíjení 1,9-2,0 kW/vozidlo, přičemž pokud by nebyla započítána dojíždějící vozidla (v jejich případě bylo uvažováno s celkovým nabíjecím výkonem 600 kW), klesla by tato hodnota zhruba na 1,7 kW/vozidlo (hodnota relevantní za předpokladu, že dojíždějící vozidla jsou nabíjena jako vozidla rezidentů, ale v jiné lokalitě). **Průměrné** hodnoty pak vychází 1,8-1,9 kW/vozidlo a bez započítání dojíždějících 1,4-1,5 kW/vozidlo. V diskutované studii vychází maximální poměrný výkon 1,8 kW/vozidlo, střední hodnota je však pouze 0,7 kW/vozidlo. To lze přisuzovat zmiňované současné kombinaci různých způsobů nabíjení použité v předmětné studii, což vede k nabíjení vozidel na různých místech v různou denní dobu, a celkově nižší uvažované spotřebě energie – ačkoliv základní spotřeba byla v této studii vyšší (20 kWh/100 km oproti 18,7 kWh/100 km), nebylo uvažováno

s navýšením spotřeby v zimním provozu. Střední hodnotě ve studii se v této práci blíží hodnoty při řízeném každodenním nabíjení, při kterém je průběh celkového potřebného nabíjecího výkonu rovnoměrnější – **maximální** hodnoty v tomto případě vychází 0,8-0,9 kW na vozidlo (bez ohledu na (ne)započítání dojíždějících), **průměrné** hodnoty pak 0,7-0,8 kW/vozidlo včetně dojíždějících a 0,6-0,7 kW/vozidlo bez dojíždějících.

Druhá uvedená studie navazuje na studii popsanou v předchozím odstavci, přičemž se odlišuje vstupními hodnotami – uvažován byl časový horizont až do roku 2045, nižší spotřeba, vyšší nabíjecí výkony, větší kapacity baterií a větší podíl elektrických vozidel na vozovém parku (4,5 mil. aut ve vysokém scénáři v roce 2045). Také bylo nově počítáno s „veřejným rezidentním nabíjením“, což je obdoba občasného nabíjení modelovaného v této práci (ve studii bylo nicméně vždy uvažované v kombinaci s jinými typy nabíjení). Na rozdíl od předchozí studie byly vyhodnocovány pouze střední hodnoty celkového potřebného nabíjecího výkonu. Jeho průběh s jednou dominantní výkonovou špičkou (graf B13 v příloze B) se více podobá průběhu získanému v této práci, přičemž nejvyšší hodnota je cca 3 700 MW (graf B12 v příloze B). Poměrný výkon připadající na jedno registrované vozidlo během výkonové špičky tedy lehce přesahuje 0,8 kW/vozidlo. Jedná se o vyšší hodnotu než v případě střední hodnoty v předchozí studii, na druhou stranu je tato hodnota výrazně nižší než průměrná hodnota v této práci. Vzhledem k podobnějšímu průběhu křivky ve srovnání s předchozí studií je to v tomto případě pravděpodobně ve větší míře způsobeno nižší uvažovanou spotřebou v diskutované studii, která činila 17 kWh/100 km, zatímco v této práci byla 18,7 kWh, a navíc byla ještě navýšena o nadspotřebu v zimním provozu (+25 % až +50 %).

S přihlédnutím k odlišnostem zmíněných studií a postupu použitého v této práci lze kvalitativní i kvantitativní rozdíly považovat za očekávatelné. Rozdíly jsou dány zejména odlišným zaměřením zmíněných studií – zatímco tato práce se zaměřuje na jednotlivé prověření různých variant nabíjení v lokálním měřítku, diskutované studie jsou zaměřeny na větší geografické celky, kde předpokládají současné kombinace různých variant nabíjení. Za relevantní lze tedy označit oba úhly pohledu. Diskutovat by se však dalo nad zvolenými hodnotami spotřeby – v kontextu této práce se hodnoty uvažované ve zmíněných studiích jeví jako podhodnocené pro situaci v období zimních měsíců. Otázkou je také uvažování pouze středních hodnot ve druhé studii, a to zejména s ohledem na velké rozdíly ve studii předcházející. Na druhou stranu srovnání s touto prací naznačuje, že v případě

využití řízených wallboxů by hodnoty uvažované ve zmíněné studii mohly být dostatečné i v případě extrémů v zimním období.

V návaznosti na uvedené studie byly jejich zpracovateli prověřeny požadavky při různých variantách nabíjení elektromobilů na sídlišti s 25 000 obyvateli (v Praze) a 8 000 elektromobily, přičemž výsledné hodnoty potřebného celkového nabíjecího výkonu pro neřízené a dynamické nespojité řízené nabíjení jsou prezentovány v grafech B15 a B16 v příloze B. V případě neřízeného nabíjení je průběh potřebného nabíjecího výkonu podobný jako v případě neřízeného každodenního nabíjení v této práci. V případě dynamického nespojitého řízeného nabíjení pak má křivka potřebného výkonu podobný tvar jako v případě řízeného každodenního nabíjení, ve studii [117] je nicméně výkonová špička posunutá do pozdějších hodin. V porovnání s touto prací jsou výsledné hodnoty nabíjecího výkonu nižší – poměrný nabíjecí výkon při výkonové špičce vychází přibližně 0,7-0,8 kW/vozidlo. To může být dáno méně častým využíváním auta v případě Prahy, ale i nižší uvažovanou spotřebou, zmíněnou v předchozím odstavci (z prezentace nicméně nejsou zřejmé výchozí parametry modelu). V porovnání s touto prací vyšly také velmi nízké výkonové požadavky pro rychlonabíjení, a to i s přihlédnutím k pravděpodobnému nadhodnocení výkonových požadavků v této práci.

V případě studie zabývající se nabíjecím hubem Vulkan [118] není známo, jak velký je podíl elektromobilů mezi vozidly rezidentů i dojíždějících. Z tohoto důvodu není možné srovnat hodnoty nabíjecího výkonu v dané studii s výsledky v této práci. Z grafu B17 v příloze B je nicméně zřejmý velký nárůst spotřeby energie v zimních měsících, který se blíží až k +50 %. V kontextu modelování potřebného počtu nabíjecích stanic při občasném nabíjení pak lze říci, že 100+2 nabíjecích stanic u 450 parkovacích míst ve zmíněném hubu by mohlo být schopno pokrýt potřeby nabíjení i při 100% elektrifikaci (nabíjecí bod je u více než 1/5 parkovacích míst), záleží ovšem na využívání objektu i možnostech nabíjení v okolí. Odběrová špička byla v porovnání s touto prací o něco později (19:00 až 21:00 oproti 16:00 až 19:00).

5.1.3 Doporučení pro využití výsledků v oblasti elektromobility

Z výsledků této práce i rešerše vyplývá, že řízené nabíjení může vést k výraznému snížení výkonových požadavků pro nabíjení elektromobilů a tím i nákladů na distribuční síť, v případě masivního rozšíření elektromobility pak lze očekávat úspory až v řádu gigawattů, což už může vést i k úsporám vlivem potřeby nižšího počtu elektráren. Z tohoto důvodu

by měly být využívány pokud možno vždy „chytré“ wallboxy, umožňující nastavení parametrů nabíjení i reakci na aktuální situaci na trhu s elektřinou. Ačkoliv je cena těchto wallboxů vyšší, je pravděpodobné, že uvedené výkonové úspory se projeví i na nižší ceně elektřiny vlivem možných nižších poplatků za distribuci (budou-li „chytré“ wallboxy nasazeny v dostatečném měřítku, přičemž tento benefit se může týkat i odběratelů, kteří elektromobily nevyužívají) a vlivem možnosti cíleného nabíjení v době nižších cen silové elektřiny.

Ačkoliv nejvyššího komfortu i flexibility je dosahováno při nabíjecí stanici u každého parkovacího místa (takové řešení umožňuje například předtápění vozu před jízdou bez nutnosti využívat energii z baterie) a pokud možno by mělo být s tímto řešením výhledově počítáno, pro potřeby nabíjení elektromobilů při jejich 100% podílu na vozovém parku a občasném nabíjení postačuje počet nabíjecích stanic rovný přibližně 1/5 počtu vozidel. Pokud se dále zohlední, že (téměř) 100% podíl elektromobilů na vozovém parku bude dosažen až za více než 20 let, znamená to, že v rámci přechodu na elektromobilitu bude postačovat budovat nabíjecí stanice postupně – což například v centrech měst dává prostor pro postupné budování parkovacích domů vybavených wallboxy. Zároveň z toho vyplývá, že pokud je možné zbudovat ročně jen omezený počet nabíjecích stanic (z důvodu omezených financí nebo např. dodavatelských řetězců), pak je vhodnější budovat postupně menší nabíjecí huby rovnoměrně po celé ploše měst a průběžně je rozšiřovat, než budovat velmi husté pokrytí v několika málo lokalitách (je nicméně nutné zohlednit místní podmínky). V případě nabíjecích stanic pouze u vybraných parkovacích stání je potřeba omezit jejich obsazování nenabíjejícími se vozidly, což lze řešit např. časovým zpoplatněním parkování na těchto místech (což by následně mělo být zohledněno v nabíjecím tarifu).

Před samotnou realizací je potřeba vždy prověřit možnosti distribuční soustavy v lokalitě, a dále by vhodné dopracovat analýzy doporučené v části 5.1.4. – např. zpřesnění dat u dojíždějících vozidel.

5.1.4 Doporučení pro další výzkum v oblasti elektromobility

V rámci dalšího výzkumu by bylo vhodné zpřesnit některá data. Jedná se zejména o modelování nabíjení dojíždějících vozidel, které bylo v této práci řešeno pouze orientačně. Konkrétně jde o zjištění reálné poptávky po nabíjení v případě těchto vozidel. Dále by bylo vhodné provést analýzu na základě dat za delší časové období a posoudit například vliv víkendů.

Doporučit lze také posouzení dalších možností nabíjení, zejména řízeného občasného nabíjení. V případě řízeného nabíjení obecně by pak bylo vhodné prověřit vliv okrajových podmínek – např. definování času, do kterého chce mít uživatel vozidlo nabité, a zjištění, co ovlivňuje jeho volbu (např. závislost na předpokládaném čase odjezdu). V případě zimního provozu by bylo vhodné prověřit dopady předehřívání vozidel (některá data k tomuto účelu byla zpracována v části 2.1.3), a vliv jejich parkování v parkovacích domech, kde bývá vyšší teplota.

V případě posilování distribuční soustavy je pak vhodné řešit nejen oblast elektromobility, ale také možnost instalace fotovoltaických panelů nebo malých větrných elektráren.

5.2 Carsharing

5.2.1 Shrnutí hlavních výsledků v oblasti carsharingu

V případě carsharingu se náklady na vlastnictví a provoz vozidla rozpočítají mezi větší počet uživatelů, celkové náklady na provozování sdíleného vozidla jsou však oproti soukromému autu zhruba o třetinu vyšší z důvodu dodatečné výbavy, častějšího čištění nebo režijních nákladů provozovatele. Řada nákladových položek navíc závisí na nájezdu vozidla (zejména v případě vyšších nájezdů), a jsou tedy stejné u vozidla soukromého i sdíleného. Na výhodnost carsharingu mají vliv náklady na dlouhodobé parkování soukromého auta. V případě vozidel používaných pouze několikrát do měsíce (modelové nájezdy 1 560 km a 3 120 km) vychází carsharing výhodněji téměř vždy, bez ohledu na náklady na dlouhodobé parkování. Naopak v případě vozidel používaných 3x až 4x týdně a častěji je prakticky vždy výhodnější soukromé auto (modelové nájezdy 8 320 km a více), a to i v případě parkování v parkovacím domě s měsíčním nájmem ve výši 5 500 CZK. Náklady na dlouhodobé parkování mají vliv na výhodnost převážně pro uživatele využívající auto 1x-2x týdně s modelovými ročními nájezdy 4 320 km a 6 240 km – v tomto případě byl carsharing obvykle výhodnější při parkování v jakémkoliv parkovacím domě (tzn. 1 500 CZK/měsíc a více). Běžné zóny rezidentního stání s cenou okolo 100 CZK/měsíc mají na atraktivitu carsharingu dle analýzy zanedbatelný vliv (posuzováno bylo nicméně pouze finanční hledisko). V případě náhrady velkého soukromého auta carsharingem je možné využít dostupnosti různých typů sdílených vozidel a některé cesty realizovat levnějším menším autem. Takovéto užívání zvýší výhodnost sdíleného vozidla – v případě novějšího velkého vozidla se stává sdílení výhodnější bez ohledu na náklady na dlouhodobé parkování

i v případě využívání auta 1x-2x týdně (uvažováno s využíváním malého auta v 75 % případů). Výrazný vliv má případná náhrada části cest vykonaných autem jinými druhy dopravy – hromadnou, cyklistickou nebo pěší. Při uvažované částečné náhradě velkého auta malým a dále náhradě 25 % cest autem hromadnou dopravou s cenou 1-2 CZK/km (a z toho vyplývající úspoře 20 % nákladů na cestování) je carsharing výhodnější než nové auto bez ohledu na dlouhodobé parkování i v případě používání auta 3x-4x týdně a nájezdu 8 320 km, v případě parkování v jakémkoliv parkovacím domě (cena od 1 500 CZK/měsíc) je pak výhodnější bez ohledu na nájezd. V případě starších vozidel je v této situaci carsharing výhodnější při používání auta 1x až 2x týdně a nájezdu 6 240 km ročně bez ohledu na parkování, při vyšších nájezdech se pak vyplatí v případě drahého dlouhodobého parkování (5 500 CZK/měsíc). U nových vozidel lze nicméně předpokládat při snaze o úsporu nákladů spíše preferenci koupě 5letého ojetého auta než využívání carsharingu (při obdobných nákladech), náhradu nového auta carsharingem lze tedy uvažovat převážně v situaci, kdy je carsharing výhodnější i než 5leté soukromé vozidlo.

Na základě naměřených dat o pohybech vozidel by teoreticky bylo možné v případě sídliště Skalka nahradit všech 668 až 696 soukromých vozidel pomocí 419 sdílených vozidel (round-trip carsharing). Jedno sdílené auto by tedy bylo schopné nahradit 1,59 až 1,66 soukromých. Jedná se nicméně o situaci nezohledňující výhodnost carsharingu pro uživatele. Na základě analýzy finanční výhodnosti modelového carsharingu a dat z projektu Česko v pohybu byl prověřen jeho potenciál při bezplatném dlouhodobém parkování a dlouhodobém parkování v jednoduchém parkovacím domě (s měsíčním poplatkem ve výši 1 500 CZK). V případě bezplatného parkování by mohl carsharing nahradit průměrně 197 soukromých vozidel (28,9 %) pomocí 72 sdílených, přičemž by jedno sdílené auto průměrně nahradilo 2,74 soukromých aut. Při parkování v jednoduchém parkovacím domě by pak bylo možné nahradit kolem 332 soukromých vozidel (48,7 %) pomocí 155 sdílených, průměrně by tedy jedno sdílené auto nahradilo 2,15 soukromých. Dle zahraničních studií vlastnila auto před využíváním carsharingu přibližně polovina uživatelů, z nichž se následně polovina vlastního auta vzdala. Uvedené počty nahrazených vozidel tedy představují zhruba 25 % až 50 % uživatelů carsharingu. Při uvažovaném průměrném ročním nájezdu uživatele 1 500 km vychází průměrný roční nájezd jednoho sdíleného vozidla 8 250-16 350 km v případě bezplatného parkování a 6 450-12 900 km v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě. Uvedené hodnoty za jistých podmínek platí i pro průměrný roční nájezd uživatele 750 km – např. pokud by z důvodu změny

dopravního chování postačoval poloviční počet sdílených aut (na jedno sdílené auty by v tomto případě připadal dvojnásobný počet uživatelů – podrobněji řešeno v části 4.2.1). Za uvedených podmínek by provoz carsharingu mohl být rentabilní, cenová rezerva je však poměrně malá, vzhledem k nejistotám tedy rentabilitu nelze garantovat.

Z analýzy dat z projektu Česko v pohybu o užívání vozidel a provedené analýzy finanční výhodnosti carsharingu vyplývá, že z finančního hlediska by carsharing v České republice mohl nahradit 17,14 % vozidel v případě bezplatného parkování a 36,20 % v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě (s nájmem 1 500 CZK/měsíc). Pokud se okruh potenciálních uživatelů omezí na obyvatele měst s minimálně 20 000 obyvateli, ve kterých již bývá poměrně široká nabídka služeb dostupných bez nutnost použít auto a zároveň mívají relativně dobré spojení hromadnou dopravou s okolím, klesne podíl potenciálně nahrazených vozidel v České republice na 7,33 %, resp. 15,54 % (ve zmíněných městech se nicméně jedná o 16,29 % a 34,53 % vozidel jejich obyvatel). Další možností pro zúžení počtu potenciálních uživatelů je využití komplementárního vztahu carsharingu a hromadné dopravy. Při omezení potenciálu na auta v domácnostech, kde je alespoň jeden dospělý držitelem předplatného na hromadnou dopravu, dosahuje podíl potenciálně nahrazených vozidel v rámci České republiky 5,71 % při bezplatném parkování a 11,99 % při parkování v jednoduchém parkovacím domě (tzn. při nákladech 1 500 CZK/měsíc). V případě kombinace obou zmíněných kritérií klesne podíl soukromých aut, u nichž je potenciál jejich nahrazení carsharingem, na 3,63 % a 7,73 % vozidel v České republice, přičemž se jedná o 8,07 % a 17,18 % vozidel ve městech s minimálně 20 000 obyvateli.

Podíl potenciálně nahraditelných vozidel z předchozího odstavce na dopravních výkonech je poměrně malý – v rámci České republiky se pohybuje od 3,41 % (bezplatné parkování) a 12,06 % (parkování v jednoduchém parkovacím domě) ve variantě neuvažující omezení po 0,70 % a 2,56 % při zúžení potenciálních uživatelů na domácnosti s auty ve městech s minimálně 20 000 obyvateli, kde je alespoň jeden dospělí držitelem průkazu na VHD (v rámci těchto měst se pak jedná o 1,52 % a 5,52 % dopravních výkonů osobních automobilů vlastněných obyvateli těchto měst).

Je zřejmé, že analýza vozového parku v České republice dospěla k nižším hodnotám potenciálu carsharingu než analýza zabývající se sídlištěm Skalka. Podíl nahraditelných vozidel na sídlišti zvyšují dlouhodobě odstavená vozidla, přičemž je možné, že v případě dlouhodobějšího sledování lokality by se počet těchto vozidel snížil (byla by zařazena mezi běžně používaná auta). Reálně lze na sídlišti Skalka očekávat spíše poloviční hodnoty

potenciálu – tedy 14,5 % a 24,4 % – což jsou hodnoty ležící zhruba v rozmezí krajních mezí potenciálu ve větších městech dle analýzy vozového parku v České republice. Vzhledem k rozhodování o výhodnosti carsharingu pouze na základě finančního hlediska se nicméně i v tomto případě jedná o hodnoty spíše optimistické – celkově je potřeba hodnoty potenciálu carsharingu určené v této práci chápat jako horní hranice odhadů.

5.2.2 Zhodnocení výsledků v oblasti carsharingu v kontextu jiných studií

Různé studie (134] [139] [140]) i firemní blogy ([75] [132]) udávají hraniční roční nájezd, od kterého se vyplatí carsharing, v rozmezí 7 000 až 12 000 km (více v části 2.2.4). Například studie [70] však udává i hodnotu 15 000 km a studie [135] pro různé typy vozidel uvádí hodnoty od 7 500 km (malá vozidla) po 24 500 km (vozidla vyšší střední třídy). Studie porovnávající nájezdy uživatelů carsharingu s hodnotami před jeho využíváním uvádí původní nájezdy 9 300 km [140] a 9 220 km [142]. V porovnání s hodnotami v této práci (které byly odvozeny od scénářů užívání) se jedná o vyšší hodnoty – v případě bezplatného parkování byl hraniční nájezd 3 120-4 160 km a v případě parkování v (jednoduchém) parkovacím domě 6 240-8 320 km. V případě plného využívání možností carsharingu (používání auta optimální velikosti pro daný moment) a změny dopravního chování (náhrada 25 % cest pomocí VHD) se stal carsharing výhodnější bez ohledu na cenu dlouhodobého parkování při hraničním nájezdu 8 320-11 440 km v případě nového auta a 6 240-8 320 km v případě starších aut (při předpokladu preference náhrady nového auta spíše 5letým autem než carsharingem nicméně platí nižší hodnoty i pro nové auto). Při velmi drahém parkování pak může být v tomto případě carsharing (finančně) výhodnější bez ohledu na roční nájezd. Z tabulek v analýze výhodnosti modelového carsharingu v části 3.4.3 vyplývá, že zatímco v případě soukromého auta náklady na kilometr jízdy klesají s rostoucím nájezdem, v případě carsharingu závisí na struktuře cest – v případě malého nájezdu tvořeného cestami trvajícími jen krátkou dobu (např. cesta na nákup nebo na návštěvu) mohou být náklady přepočtené na kilometr jízdy nižší, než v případě většího nájezdu tvořeného cestami trvajícími déle (např. cesta na výlet nebo do práce). Bez vazby na strukturu cest tedy roční nájezd sám o sobě není příliš vhodný údaj pro posouzení výhodnosti carsharingu.

Nejvyšší odhadované hodnoty potenciálu carsharingu ve studiích dosahují necelých 70 %, nicméně autoři v těchto případech konstatují, že se jedná o hodnoty nadsazené, nezohledňující řadu aspektů. Více studií dospělo k hodnotám potenciálu kolem 20 % populace, přičemž se jednalo o studie vycházející například z dopravního chování, struktury osídlení

nebo deklarace zájmu o carsharing. Nutno zmínit, že ne každý potenciální uživatel se vzdá auta – např. ve studii [180] deklarovala ochotu vzdát se auta jen polovina respondentů, kteří projevili zájem o využívání carsharingu. Pokud se potenciál omezil jen na uživatele s většími předpoklady pro využívání carsharingu (například uživatele deklarující silný zájem o carsharing), klesla jeho hodnota na řádově jednotky procent. Potenciál dostupný ihned je pak dle studie [70] z roku 1999 zhruba 1,5 % domácností. Budoucí rozvoj autonomní mobility zvýší atraktivitu carsharingu i hromadné dopravy, soukromá auta však pravděpodobně nenahradí – cenový rozdíl není výrazný. Další podrobnosti ke studiím zabývajícím se potenciálem carsharingu jsou v příloze D. Potenciál v rámci České republiky vychází v této práci v případě bezplatného parkování od 3,63 % při největším zúžení množiny potenciálních uživatelů po 17,14 % při omezení pouze ročním nájezdem, v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě (s nájmem 1 500 CZK/měsíc) pak od 7,73 % po 36,20 %. Výsledky jsou tedy podobné jako v jiných studiích. V případě sídliště Skalka jsou původní hodnoty 28,9 % v případě bezplatného parkování a 48,7 % v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě pravděpodobně nadhodnocené, jak je zmíněno v předchozí podkapitole. Poloviční hodnoty 14,5 % a 24,4 % však již jsou v souladu s výsledky jiných studií – přihlédneme-li k tomu, že daná lokalita má pro carsharing spíše nadprůměrné předpoklady (větší město, vyšší hustota osídlení, dostupná MHD).

Roční nájezdy sdílených vozidel se dle různých studií pohybují v případě round-trip carsharingu mezi 18 444 km a 23 158 km, v případě one-way carsharingu pak mezi 12 200 km a 33 000 km. V České republice ujedou ročně vozidla round-trip carsharingu 15 000-16 000 km, vozidla one-way carsharingu pak zhruba 5 500-19 167 km. Nájezdy odhadované v této práci (8 350-16 250 km v případě bezplatného parkování a 6 450-12 900 km v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě) jsou tedy oproti jiným studiím a stávajícím provozům spíše o něco nižší, vzhledem k jejich vztažení k relativně velkému podílu sdílených vozidel na vozovém parku je však lze považovat za přijatelné. Průměrný roční nájezd osobních aut v České republice je 12 163 km, což je o něco méně než v případě stávajících flotil sdílených vozidel a přibližně stejně jako u vozidel v této práci. V případě vozidel do 5 let stáří je však průměrný roční nájezd 16 138 km, což je prakticky shodná hodnota s nájezdem současných vozidel carsharingu. Vzhledem k tomu, že vozidla carsharingu bývají po několik letech prodána, lze předpokládat, že budou mít podobný životní cyklus jako soukromá auta, v případě vozidel v modelovém carsharingu může být jejich životnost i kratší. Podle studie [142] však úspora emisí ze změny

dopravního chování překračuje emise způsobené případnou kratší životností vozidla. Dle studií ušetří uživatel carsharingu ročně 142-390 kg emisí CO_2, přičemž častější jsou spíše nižší hodnoty. To představuje u těchto uživatelů úsporu asi 10 % emisí CO_2 souvisejících s mobilitou. Vzhledem k nízkému podílu potenciálních uživatelů na dopravních výkonech však vede carsharing v optimistických případech ke snížení emisí CO_2 ze silniční dopravy pouze o nízké jednotky procent. Z hlediska emisí škodlivin může carsharing pomoci náhradou starších soukromých vozidel novějšími sdílenými, splňujícími nejnovější emisní standardy. Z grafu 15 je patrné, že starší vozidla jsou mezi potenciálně nahrazenými vozidly v rámci České republiky zastoupena častěji než nová – v případě bezplatného parkování by bylo nahrazeno pouze 9,3 % vozidel do 5 let stáří, avšak 25,7 % vozidel starých 16 a více let. Při parkování v jednoduchém parkovacím domě je to pak 24,2 % a 48,0 %.

5.2.3 Doporučení pro využití výsledků v oblasti carsharingu

Modelový tarif vede k potenciálně atraktivní nabídce pro řadu uživatelů a z analýzy vyplývá, že by mohl vést i k rentabilnímu provozu carsharingu. To naznačuje i provoz plzeňského carsharingu Karkulka s totožným tarifem. Rentabilita nicméně vychází hraničně. Zvolený tarif se jeví jako vhodné výchozí nastavení, vzhledem k nejistotám by ale bylo vhodné prověřit více možností odvozených od tohoto tarifu, testujících vliv zvýšení či snížení cen na počet potenciálních zákazníků a rentabilitu provozu. V rámci tohoto posouzení by také bylo vhodné prověřit atraktivitu nabídky pro další scénáře užívání, zaměřené na občasné užívání auta.

Z analýzy vyplývá, že na sídlišti Skalka je v případě bezplatného parkování potenciál pro 63 až 83 sdílených vozidel (průměrně 72), při parkování v jednoduchém parkovacím domě pak 141 až 180 sdílených vozidel (průměrně zhruba 155). Jak již bylo zmíněno, hodnoty potenciálu na sídlišti Skalka jsou pravděpodobně příliš optimistické, reálně lze v optimistické případě uvažovat v dlouhodobějším horizontu s polovičními počty, tedy 32 až 42 sdílených vozidel a 71 až 90 sdílených vozidel. Je možné, že vlivem změny dopravního chování by postačoval poloviční počet vozidel, tedy 16 až 21 v případě bezplatného parkování a 36 až 45 v případě parkování v jednoduchém parkovacím domě. Tyto hodnoty lze považovat za střední hodnoty dlouhodobého potenciálu. Okamžitý potenciál je dle rakouské studie [70] zhruba 1,5 % domácností, v případě sídliště Skalka tedy zhruba 15 domácností. Okamžitě by tedy pravděpodobně mohla být využita 2 sdílená vozidla.

Z hlediska vozové parku je vhodné, aby byla v nabídce malá vozidla s nízkými provozními náklady pro případy, kdy cestuje jen jedna nebo dvě osoby, ale také větší vozidla pro situace,

kdy cestuje více osob nebo je potřeba převézt větší náklad. Otázkou je volba správného počtu jednotlivých typů vozidel. Ta je problematická zejména v případech, kdy nejsou k dispozici data o vytížení jednotlivých typů vozidel ve stávající flotile, což je typické pro zahajování provozu, kdy tato dat k dispozici ani být nemohou. Navíc je v této situace obvykle do flotily zařazován pouze menší počet vozidel. Jako ideální vozidlo pro zahájení provozu se jeví Škoda Fabia Combi, neboť se jedná o „malé velké auto“ (i z přehledu nabídky carsharingu v České republice je zřejmé, že se jedná v tomto odvětví o oblíbený model), již se ale nevyrábí. Vzhledem k preferencím uživatelů carsharingu by měla postačovat levnější vozidla, ve zmíněných kategoriích se může jednat například o Hyundai i10 (malé vozidlo) [192] a Hyundai i30 Combi (velké vozidlo) [193].

Kromě velikosti vozidel je v současnosti předmětem k posouzení také jejich pohon. Zmíněná vozidla jsou poháněna spalovacími motory, přičemž vzhledem k městskému provozu se jako vhodnější jeví benzínové motory. S přihlédnutím k městskému provozu a vyšší míře znečištění ovzduší v Ústeckém kraji by však bylo vhodné zvážit i použití elektromobilů. Kromě náhrady části stávajících vozidel lokálně bezemisními sdílenými auty by carsharing mohl také jednoduše umožnit vyzkoušení tohoto pohonu široké veřejnosti a zvýšit tak povědomí o jeho možnostech, což by mohlo napomoci lepšímu společenskému přijetí elektromobilů. V případě vyhrazených odstavných vybavených nabíjecími stanicemi by navíc mohl odpadnout i problém s tankováním vozidel (bylo by nicméně nutné ohlídat připojování vozidel uživateli k nabíjecí stanici). I přes neustálé rozšiřování nabídky je však na trhu stále relativně málo modelů s poměrně vysokou cenou, zejména v případě těch větších (viz kapitola 2.1.1). Jako vhodné vozidlo pro carsharing v tomto případě připadá v úvahu Hyundai Kona Electric. Jedná se poměrně dostupný elektromobil s dostatečným dojezdem, jehož nevýhodou je nicméně menší zavazadlový prostor [194]. Vzhledem k vyšší pořizovací ceně by bylo vhodné zvážit i možnost použití lehce ojetého vozidla a možnost využití dotací. Komfort nabíjení by mohlo zvýšit využití technologie Easelink popsané příloze B, byla však nutná vysoká míra spolehlivosti, aby byl carsharing důvěryhodný.

Existuje mnoho provozních konceptů carsharingu, v tomto případě by však vzhledem k potenciálu nadprůměrné synergie carsharingu a MHD (v místě se nachází konečná stanice MHD, od které může být carsharing využit pro cesty do okolních vesnic) bylo vhodné, aby carsharing provozoval Dopravní podnik města Ústí nad Labem – podobně jako Plzeňské městské dopravní podniky provozují carsharing Karkulka. Kromě synergie nabídky s MHD se zde nabízí i možnost kontroly vozidel řidiči MHD během pauzy na konečné (dovolí-li to

obraty a požadavky na bezpečnostní přestávky). To může být výhodné zejména v případě použití elektromobilů, z důvodu možnosti kontroly připojení vozidel k nabíjecí stanici. Také lze s výhodou využít prostory zastávky pro propagaci služby. Pro umožnění těchto benefitů je nicméně potřeba, aby měla sdílená vozidla vyhrazená místa bezprostředně u točny MHD. Samotný dopravní podnik by začleněním carsharingu do svého portfolia kromě jiného snížil riziko ztráty tržeb při využívání carsharingu uživateli místo MHD. Vzhledem k využití zázemí dopravního podniku lze také očekávat nižší režijní náklady a je zde i možnost v počátcích provozu využívat starší služební vozidla (pokud to bude vzhledem k jejich stavu akceptovatelné) – například zmíněný carsharing Karkulka využívá i provozovaná služební vozidla dopravního podniku, pokud zrovna nejsou potřeba.

Dalším zmiňovaným možným synergickým efektem je (částečné) řešení problémů s parkováním. Dle nejnovějších zdrojů [189] je v lokalitě 413 legálních parkovacích míst, potřeba by jich však bylo přibližně 668-696. Pokud by byla všechna vozidla nahrazena sdílenými, postačovalo by pro 419 sdílených vozidel 344 parkovacích míst (vždy by byla část vozidel mimo sídliště). Při uvažování nahrazení pouze těch vozidel, v jejichž případě je carsharing výhodnější, by v případě bezplatného parkování mohlo být nahrazeno v průměru 197 soukromých vozidel pomocí 72 sdílených, přičemž průměrně by bylo vždy 12 vozidel mimo lokalitu. Potřeba by v tomto případ bylo o 137 parkovacích míst méně, celkem by tedy bylo potřeba 531-559 míst. V případě ceny dlouhodobého parkování ve výši 1 500 CZK/měsíc (odpovídá parkování v jednoduchém parkovacím domě) by průměrně 155 sdílených vozidel nahradilo 332 soukromých, přičemž vždy by jich v průměru 28 bylo mimo lokalitu. Potřebný počet parkovacích míst by tedy klesl o 205 na 463-491. Uvedené počty jsou však pravděpodobně nadsazené, reálně lze očekávat zhruba poloviční hodnoty. V případě bezplatného parkování by pak bylo potřeba o 69 míst méně – celkem by jich tedy bylo potřeba 599-627, v případě parkování s cenou 1 500 CZK/měsíc by jich pak bylo potřeba o 103 méně – celkově by jich tedy bylo potřeba 565-594. Pokud by v posledních uvedených případech z důvodu změny dopravního chování postačoval poloviční počet sdílených vozidel, klesl by počet potřebných parkovacích míst zhruba o dalších 20 v případě bezplatného parkování a přibližně o 40 v případě parkování s cenou 1 500 CZK/měsíc. Z uvedených hodnot je zřejmé, že ačkoliv carsharing může zlepšit situaci s parkováním, bude i tak v lokalitě scházet vždy přes 100 parkovacích míst, v některých případech pak i více než 200, proto by neměl být považován ze celé řešení problému, ale jen za jeho dílčí část. Při nákladech na vybudování jednoho parkovacího místa ve výši 100 000 CZK je možná

úspora v řádu jednotek milionů korun. V případě realizace carsharingu by v počátcích provozu mohlo dojít ke zvýšení celkového počtu vozidel v lokalitě, což by mohlo nejen zhoršit situaci s parkováním, ale i zkomplikovat přijetí carsharingu místními, proto by bylo dobré vystavět pro carsharing nová parkovací místa (ideálně v blízkosti zmíněné točny MHD).

V rámci České republiky by mohl mít carsharing přínosy nejen pro potenciální uživatele, kterým by nabídl levnější alternativu vlastního auta, ale i pro společnost, která by získala uvolnění prostoru od málo používaných parkujících vozidel a vozový park plnící novější emisní limity. Uvedené přínosy se však týkají jen části majitelů soukromých aut nebo lze dané problémy řešit i jinými způsoby, které jsou pro řadu lidí výhodnější. Problém s nedostatkem parkovacích míst lze řešit také výstavbou nových parkovacích ploch, zábor prostoru pak lze řešit přesunutím povrchových parkovacích míst do parkovacích domů – dle analýzy v této práci je parkování v parkovacích domech pro většinu uživatelů výhodnější než carsharing. Problém s emisemi pak lze řešit postupnou obnovou vozového parku a kontrolováním technického stavu vozidel. Nucené využívání carsharingu by pro spoustu lidí znamenalo snížení kvality života vlivem vyšších nákladů na dopravu nebo horší dopravní dostupnosti. Na druhou stranu zbytečné překážky jeho rozvoje by měly obdobné důsledky pro jinou skupinu obyvatel. Podpora carsharingu by se tudíž měla soustředit zejména na odstraňování zbytečných překážek jeho rozvoje a využití synergických efektů. Konkrétně se jedná zejména o zohlednění specifických potřeb carsharingu v parkovací politice (zejména v případě parkovacích zón a one-way carsharingu) a začlenění carsharingu do integrovaných dopravních systémů, kde může vhodně doplňovat hromadnou dopravu při řešení „poslední míle“.

5.2.4 Doporučení pro další výzkum v oblasti carsharingu

V případě sídliště Skalka by bylo vhodné provést monitoring příjezdů a odjezdů vozidel po delší dobu, aby byly podchyceny i pohyby méně využívaných vozidel a víkendy. Také by bylo vhodné provést monitoring s přisvícením, aby byla k dispozici i data o pohybech vozidel za snížené viditelnosti. Pro analýzu potenciálu carsharingu na sídlišti Skalka by dále bylo vhodné provést analýzu výhodnosti pro další možné scénáře užívání v případě vozidel využívaných jen občas, jak je zmíněno v přechozí kapitole. Kromě uvedeného by bylo na místě provést i dotazníkové šetření u obyvatel sídliště.

V případě elektrických vozidel by pak bylo vhodné prověřit jejich potřebný počet s ohledem na nabíjení.

V projektu Česko v pohybu by mohlo být vhodné dotazovat se u aut nejen na roční nájezd, ale i na nájezd celkový. V minulém průzkumu dotazovaní často vyplňovali hodnoty celkového nájezdu vozidel místo ročního – je možné, že pokud by byly dotazováni na oba údaje, byla by chybovost menší. Dále by bylo vhodné spárování cest vykonaných automobilem s konkrétními vozidly – v této práci bylo z tohoto důvodu nutné při modelování vyškrtnout data vozidel domácností s více automobily.

V případě carsharingu bylo v této práci uvažováno s deterministickým rozhodováním na základě finanční výhodnosti. V případných dalších výzkumech by bylo vhodné prověřit i stochastické rozhodování, protože zejména v případě velmi těsných výsledků lze očekávat, že nefinanční hlediska část potenciálních uživatelů odradí od prodeje vlastního auta. Bylo by také vhodné oddělit užívání carsharingu a vlastnictví vozidel – občasné využívání carsharingu může být zajímavé i pro lidi, kteří své auto neprodají – ostatně i zahraniční studie ukazují, že z původních vlastníků aut ho po zahájení využívání carsharingu prodá jen přibližně polovina. Takto by bylo možné získat přesnější údaje o případném využívání sdílených vozidel a jejich potřebném počtu. Při posuzování výhodnosti carsharingu je pak otázkou i změna dopravního chování – zejména v případě výraznějšího zdražení dlouhodobého parkování (např. při přesunu parkujících aut do podzemních parkovacích domů s náklady 5 500 CZK/místo) lze očekávat, že k ní u určitého počtu uživatelů dojde (je nicméně nutné uvažovat i s tím, že i případný diskomfort spojený se změnou dopravního chování má svou hodnotu).

Závěr

První část práce se zabývala sběrem dat o dopravě v klidu. Nejprve byly diskutovány různé účely sběru dat o dopravě v klidu, následně byly popsány dostupné metody. Obecně se data o dopravě v klidu sbírají obvykle za účelem zefektivnění samotné dopravy v klidu, v této práci však byla data o pobytech vozidel na sídlišti Skalka využita pro určení potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů pomocí určení počtu současně nabíjených vozidel, a dále pro odhad potřebného počtu sdílených vozidel při nahrazení části soukromých aut carsharingem. Pro získání potřebných dat byla vzhledem k topologii sídliště Skalka, která se vyznačuje pouze dvěma napojeními na okolní silniční síť, vybrána metoda zaznamenávání registračních značek vozidel kamerami na vjezdech a výjezdech ze sídliště.

V druhé části byl popsán stávající stav poznání a technologií v oblasti elektromobility a carsharingu. Z provedené rešerše vyplývá, že v současnosti je na trhu široké spektrum pohonů, včetně různých kombinací v podobě hybridů. Stávajícím trendem je narůstající elektrifikace vozového parku, hnaná zejména snahou o snižování emisí výfukových plynů. Ačkoliv minimalizace emisí je možné dosáhnout u řady pohonů, lze při pokračování stávajících trendů rozvoje technologií a vývoje provozních nákladů různých pohonů předpokládat budoucí dominanci bateriových elektromobilů. Jejich nástup si však vyžádá značné investice do infrastruktury od nabíjecích stanic přes elektrárny až po přenosovou a distribuční síť. Náklady je nicméně možné snížit řízeným nabíjením – jen v případě distribuční soustavy se jedná o desítky miliard CZK.

Podobně jako je bateriový elektromobil jen jednou z možností v rámci širokého spektra různých pohonů dostupných na současném automobilovém trhu, je i carsharing pouze jednou z mnoha variant přístupu k automobilům. Na trhu je široká a téměř spojitá nabídka produktů s různým rozsahem služeb od koupě vlastního auta přes různé formy leasingu, půjčovny a carsharing až po taxi nebo spolujízdu. Ačkoliv se carsharing v současnosti rozvíjí, jeho nabídka se nadále koncentruje jen do několika větších měst a jeho role v dopravním systému je pouze okrajová. Ekologické přínosy carsharingu spočívají ve snížení počtu aut a jejich méně častém využívání. Při započítání hypotetických nezakoupených vozidel dokáže dle studií jedno sdílené auto nahradit i kolem 10 soukromých, pokud se však započítají pouze skutečně prodaná vozidla, pohybují se počty nahrazených vozidel řádově v nižších jednotkách. Přínosem nižšího počtu aut je zejména uvolnění prostoru ve městech. Obvykle komplikovanější přístup k vozidlům a převod většiny uživatelských nákladů na variabilní dále

vede k častějšímu využívání ostatních dopravních módů (VHD, pěší a cyklistická doprava), což vede k úspoře emisí. Celkově pak vede carsharing ke snížení emisí z dopravy u jeho uživatelů zhruba o 10 %. Finanční výhodnost carsharingu závisí na nákladech na dlouhodobé parkování – v případě bezplatného se vyplatí jen uživatelům využívajícím auto pouze několikrát měsíčně, v případě parkování s náklady 1 500 CZK/měsíc se pak při uvažovaných scénářích vyplatí i lidem využívajícím auto 1x-2x týdně. Výhodnost zvyšuje plné využití možností carsharingu (například použití optimálního typu vozidla pro danou cestu) a změna dopravního chování (náhrada některých cest jinými dopravními módy) – pak se carsharing stává finančně zajímavým i pro lidi využívající auto 3x-4x týdně s ročními nájezdy přes8 000 km. Potenciál carsharingu se dle různých studií zohledňujících například dopravní chování nebo osobní postoje pohybuje kolem 20 %, často ale bývá i jen v jednotkách procent, potenciální podíl na dopravních výkonech je pak ještě nižší. V důsledku toho může carsharing snížit emise ze silniční dopravy jen zhruba o desetiny až nízké jednotky procent. Atraktivitu carsharingu i VHD zvýší nástup autonomní mobility, vlastní auta však pravděpodobně budou nadále pro řadu lidí atraktivní, protože není předpokládán výrazný cenový rozdíl.

Na provedené rešerše a počáteční analýzy navázala třetí část zaměřená na popis sídliště Skalka, sběr dat a jejich zpracování pro následné modelování. Sídliště Skalka má pro carsharing vhodné předpoklady z pohledu věkové struktury obyvatelstva a nabídky MHD, zároveň je zde potenciál k nadstandardním přínosům z pohledu synergie s MHD při řešení „poslední míle“ a zmírnění problémů s parkováním. Pohyby vozidel byly zaznamenané pomocí kamer na obou napojeních sídliště na silniční síť mezi 6:06 a 19:13. Ze zaznamenaných pohybů vozidel byly sestaveny jejich pobyty a po následné analýze příjezdů a odjezdů byla data doplněna o předpokládané pohyby (a pobyty) mimo zaznamenanou dobu, která byla omezena světelnými podmínkami. Dále byl popsán postup modelování a příprava dalších potřebných dat. Konkrétně se jedná o data přiřazovaných vozidel (stáří, roční nájezd, nájezd v daný den), stanovení parametrů modelového carsharingu a dopočítání některých dalších hodnot pro modelování (například množství nabíjené energie).

Ve čtvrté části bylo provedeno vyhodnocení modelovaných dat. V případě elektromobility bylo modelováno každodenní neřízené i řízené nabíjení a občasné nabíjení rezidentů (výkonem 22 kW a 11 kW), u dojíždějících pak byl řešen pouze teoretický potřebný nabíjecí výkon a počet nabíjecích stanic. Řízené každodenní nabíjení rezidentů vede ke snížení výkonových špiček na necelou polovinu – z 1 800 kW na 800 kW (hodnoty při zohlednění nabíjení dojíždějících s maximálním potřebným výkonem ve výši 600 kW). Zároveň

se výkonová špička nabíjení rezidentů prodlouží a posune z 16:00-19:00 na 19:00-4:00. V případě občasného nabíjení by pak při 100% elektromobilitě postačoval počet nabíjecích stanic rovný 1/5 počtu vozidel (včetně rezervy), přičemž průběh výkonových křivek je podobný jako při neřízeném každodenním nabíjení.

V případě round-trip carsharingu by na sídlišti Skalka bylo teoreticky možné všech 668-696 vozidel nahradit pomocí 419 sdílených aut. Při zohlednění výhodnosti carsharingu by se však dalo uvažovat reálně s náhradou zhruba 14,5 % vozidel v případě bezplatného parkování a 24,5 % při dlouhodobém parkování s cenou 1 500 CZK/měsíc. Jedno sdílené auto by v prvním případě nahradilo průměrně 2,74 soukromých, v druhém 2,15. Pokud by postačoval poloviční počet sdílených vozidel, mohl by být na sídlišti Skalka v dlouhodobějším horizontu potenciál pro 16-21 sdílených vozidel při bezplatném parkování a 36-45 v případě parkování za 1 500 CZK měsíčně. Ihned by pak pravděpodobně na sídlišti Skalka mohla být využita 2 sdílená vozidla. V rámci České republiky lze očekávat reálně potenciál náhrady 3,63 % soukromých aut v případě bezplatného parkování a 7,73 % v případě parkování s cenou 1 500 CZK/měsíc, ve městech s minimálně 20 000 obyvateli pak 8,07 % a 17,18 %.

V páté části práce je uvedeno shrnutí výsledků v oblasti carsharingu a elektromobility, jejich zhodnocení v kontextu jiných studií a doporučení pro využití výsledků a další výzkum. V případě elektromobility je doporučeno zřizovat pokud možno „chytré wallboxy“ a postupně rovnoměrně budovat nabíjecí síť tak, aby bylo celoplošně umožněno alespoň občasné nabíjení. Při něm je nicméně nutné zabránit blokování nabíjecích stanic nenabíjejícími se vozidly. V rámci dalšího výzkumu by bylo vhodné prověřit zejména použití občasného řízeného nabíjení a detailněji zanalyzovat nabíjení dojíždějících vozidel.

V případě carsharingu na sídlišti Skalka je doporučena jeho realizace v režii Dopravního podniku města Ústí nad Labem a integrace do MHD. Zpočátku by byla vhodná dvě vozidla, s nově zřízenými vyhrazenými parkovacími místy v blízkosti točny MHD. Před případnou realizací je doporučeno provést v lokalitě podrobnější průzkum zájmu. Problémy s parkováním na sídlišti Skalka carsharing zcela nevyřeší – i tak zde bude deficit i více než 200 míst. Celkově pak lze konstatovat, že problémy, s jejichž řešením může carsharing pomoci, lze řešit i jinými způsoby, které mohou být pro řadu lidí přijatelnější (např. parkovací domy). Pro jiné však bude carsharing atraktivnější volbou. Jeho podpora by se tedy měla soustředit zejména na odstraňování zbytečných překážek jeho rozvoje (např. zohlednění jeho specifik v rámci zón placeného stání) a využití synergických efektů (např. integrace s VHD).

Zdroje

[1] ČSN 01 8500. Základní názvosloví v dopravě. 1989.

[2] Glossary for transport statistics [online]. 5th edition. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019 [cit. 2022-02-15]. ISBN 978-92-76-06213-4. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-gq-19-004

[3] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o silniční dopravě. In: Sbírka zákonů. 1994, číslo 111.

[4] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu). In: Sbírka zákonů. 2000, číslo 361.

[5] KALOUŠ, Pavel. Big Brother. Jak fungují auta Eltodo, která v Praze kontrolují parkování?. Forbes [online]. Copyright © 2022 MediaRey, SE, 20. 8. 2019 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: https://forbes.cz/bigbrother-jak-funguji-auta-eltodo-ktera-v-praze-kontroluji-parkovani/

[6] MORKUS, Josef a Jan MACEK. Některé důsledky hromadného rozšíření elektromobilů pro ČR. Časopis Stavebnictví [online]. Praha: © Stavebnictví, 2007 - 2022, 19. listopadu 2019 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-nektere-dusledky-hromadneho-rozsireni-elektromobilu-pro-cr.html

[7] LÁZŇOVSKÝ, Matouš a Pavel KASÍK. Kalkulačka: Kolik elektráren bude Česko potřebovat, až propadne elektrovozům?. Seznam Zprávy [online]. Copyright © Seznam Zprávy, 26. 7. 2021 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: https://www.seznamzpravy.cz/clanek/kalkulacka-kolik-elektraren-bude-cesko-potrebovat-az-propadne-elektrovozum-170398

[8] Parkinto. Smartiple [online]. Praha: Smartiple, Copyright © 2021 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: https://smartiple.com/#parkinto

[9] Žádost dle zákona o obcích č. 128/2000 Sb. a zákona č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím, ve znění pozdějších předpisů. Detekce volných parkovacích míst. Děčín, 2021.

[10] Smart Parking Sensors for Smart Cities – UK & Ireland. Manx Technology Group [online]. Isle of Man: Manx Technology Group, © 2021, 24/3/2021 [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: https://www.manxtechgroup.com/smart-parking-sensors-uk-ireland/

[11] Parkovací senzory do vozovky. Designa [online]. Brno: DESIGNA PARKING & ACCESS [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: https://designa.cz/parkovaci-senzory-do-vozovky/

[12] Pardubice instalují do ulic tisíce senzorů pro chytré parkování. IDNES.cz [online]. MAFRA,, a., s., © 1999–2022, 8. září 2021 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/pardubice/zpravy/parkovani-pardubice-senzor.A210908_625824_pardubice-zpravy_mvo

[13] Pardubice spouštějí nové parkovací automaty. Pardubický svět [online]. Pardubice.cz, Copyright © 2021, 7. 12. 2020 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://pardubice.cz/pardubice-spousteji-nove-parkovaci-automaty/

[14] Papírové parkovací karty nahradí elektronická oprávnění. Pardubice.eu [online]. 26.4.2022 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://pardubice.eu/papirove-parkovaci-karty-nahradi-elektronicka-opravneni

[15] Kolín: Jak funguje chytré parkování se senzory? Dopad na dopravu se těžko hodnotí. Lupa.cz [online]. Internet Info, Copyright © 1997 – 2022 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: https://www.lupa.cz/clanky/internet-veci-prukopnici-myty-praxe-kolin-parkovani/

[16] Navigace na volné parkovací místo GPP PGS. GREEN Center s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: https://www.green.cz/navadeci-system-12

[17] Parkovací systémy. Siemens Česká republika [online]. © Siemens, 1996 - 2022 Copyright [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: https://www.siemens.cz/smartcities/parkovaci-systemy#

[18] Navigační systémy. AS Parking [online]. Modřice: AS Parking [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: https://www.asparking.cz/cz/pristupove-systemy-gsm/navigacni-systemy

[19] Eltodo má skončit s hlídáním placení za parkování v Praze, vítězem soutěže je Iterait. Zdopravy.cz [online]. Avizer Z, Copyright © 2017-2023 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: https://zdopravy.cz/eltodo-ma-skoncit-s-hlidanim-placeni-za-parkovani-v-praze-vitezem-souteze-je-iterait-106784/

[20] Automatické rozpoznání státních poznávacích značek GPP LPR. GREEN Center s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: https://www.green.cz/kamerovy-system-11

[21] Ke stažení. Česko v pohybu [online]. Centrum dopravního výzkumu, Copyright © 2022 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: https://www.ceskovpohybu.cz/data/

[22] Technologie. EParkomat [online]. © eParkomat, 2018 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.eparkomat.com/cs/#technology

[23] MORKUS, Josef. Přednášky předmětu Hybridní pohony. Praha: ČVUT, 2021.

[24] Nabíjíme elektromobil. FDrive.cz [online]. 24net, © 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://fdrive.cz/serialy/nab%C3%ADjime-elektromobil

[25] Dává vodíkový pohon smysl? Nebo je budoucností elektromobilita?. FDrive.cz [online]. 24net, © 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://fdrive.cz/clanky/dava-vodikovy-pohon-smysl-nebo-je-budoucnosti-elektromobilita-7346

[26] European vehicle market statistics 2021/2022. International Council on Clean Transportation [online]. International Council on Clean Transportation., © 2021 [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: https://theicct.org/publication/european-vehicle-market-statistics-2021-2022/

[27] Net Number of FCEVs in Europe. The Fuel Cells and Hydrogen Observatory [online]. The Fuel Cells and Hydrogen Observatory [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.fchobservatory.eu/observatory/technology-and-market/net-number-of-fcevs-annual

[28] BMW i3 REX se spalovacím motorem končí. Prý už není potřeba. Auto.cz [online]. Copyright CZECH NEWS CENTER, © 2001 - 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.auto.cz/bmw-i3-rex-se-spalovacim-motorem-konci-pry-uz-neni-potreba-125012

[29] TUCSON: Technická data. Nové automobily a elektromobily Hyundai [online]. Hyundai Motor Czech, © 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.hyundai.com/cz/modely/tucson-hybrid/ke-stazeni.html

[30] IONIQ 5: Technická data. Nové automobily a elektromobily Hyundai [online]. Hyundai Motor Czech, © 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.hyundai.com/cz/modely/ioniq-5/ke-stazeni.html

[31] NEXO: Technická data. Nové automobily a elektromobily Hyundai [online]. Hyundai Motor Czech, © 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.hyundai.com/cz/modely/nexo/ke-stazeni.html

[32] TUCSON: Ceník. Nové automobily a elektromobily Hyundai [online]. Hyundai Motor Czech, © 2023 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: https://www.hyundai.com/cz/modely/tucson-hybrid/ke-stazeni.html

[33] IONIQ 5: Ceník. Nové automobily a elektromobily Hyundai [online]. Hyundai Motor Czech, © 2023 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: https://www.hyundai.com/cz/modely/ioniq-5/ke-stazeni.html

[34] NEXO: Ceník. Nové automobily a elektromobily Hyundai [online]. Hyundai Motor Czech, © 2023 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: https://www.hyundai.com/cz/modely/nexo/ke-stazeni.html

[35] Batterieelektrisch vs. Brennstoffzelle (H2) vs. Power-to-X im Straßenverkehr: Energieeffizienz, Wirkung auf das Energiesystem, Infrastruktur, Kosten und Ressourcen. Zukunft Mobilität [online]. Dortmund [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://www.zukunft-mobilitaet.net/169895/analyse/elektroauto-brennstoffzelle-synthetische-kraftstoffe-ptx-ptl-kosten-infrastruktur-rohstoffe-energiebedarf-wirkungsgrad/

[36] Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: Fuel consumption, electric driving, and CO2 emissions. International Council on Clean Transportation [online]. International Council on Clean Transportation, © 2021 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: https://theicct.org/publication/real-world-usage-of-plug-in-hybrid-electric-vehicles-fuel-consumption-electric-driving-and-co2-emissions/

[37] Plug-in hybrid vehicle CO2 emissions: How they are affected by ambient conditions and driver mode selection. International Council on Clean Transportation [online]. International Council on Clean Transportation, © 2021 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: https://theicct.org/publication/plug-in-hybrid-vehicle-co2-emissions-how-they-are-affected-by-ambient-conditions-and-driver-mode-selection/

[38] Mitsubishi Outlander PHEV podrobně: vyspělá technika elektromobilu v dobrodružné čtyřkolce. Hybrid.cz [online]. Chamanne, (c) 2006 - 2022 [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: https://www.hybrid.cz/mitsubishi-outlander-phev-podrobne-vyspela-technika-elektromobilu-v-dobrodruzne-ctyrkolce/

[39] Platform sharing: The many faces of MQB. CarExpert [online]. CarExpert, © 2022 [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: https://www.carexpert.com.au/car-news/platform-sharing-the-many-faces-of-mqb

[40] MACEK, Jan a Josef MORKUS. Kam kráčíš, elektromobilito?. ČVUT Fakulta strojní [online]. ČVUT FS, © 2014-2022 [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: https://www.fs.cvut.cz/verejnost/pr-media/pribehy-z-ustavu/kam-kracis-elektromobilito/

[41] BU-1003a: Battery Aging in an Electric Vehicle (EV). Battery University [online]. Isidor Buchmann, © 2022 [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/article/bu-1003a-battery-aging-in-an-electric-vehicle-ev

[42] FRIVALDSKÝ, Michal, Michal PRAŽENICA, Roman KOŇARIK, Pavol ŠPÁNIK, Peter ČUBOŇ, Roman RADVAN a Vladimír RÁČEK. Elektromobilita. Žilina: Žilinská univerzita, 2019. Vysokoškolské učebnice. ISBN 978-80-554-1598-7.

[43] Erdgas-Pkw mit bester Treibhausgas-Bilanz. ADAC Presse [online]. ADAC, © 2020 [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: https://presse.adac.de/meldungen/adac-ev/verkehr/erdgas-pkw-mit-bester-treibhausgas-bilanz.html

[44] A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars. International Council on Clean Transportation [online]. International Council on Clean Transportation, © 2021 [cit. 2022-08-26]. Dostupné z: A global comparison of thhttps://theicct.org/publication/a-global-comparison-of-the-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-combustion-engine-and-electric-passenger-cars/

[45] How clean are electric cars?. Transport and Environment [online]. European Federation for Transport and Environment, © 2022 [cit. 2022-10-05]. Dostupné z: https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/

[46] Toyota Mirai – Fascinující technické cvičení… ale to je vše. Garáž.cz [online]. Copyright © Seznam Zprávy [cit. 2022-10-06]. Dostupné z: https://www.garaz.cz/clanek/testy-nova-auta-toyota-mirai-fascinujici-technicke-cviceni-ale-to-je-vse-21007344?noredirect=1

[47] Dává vodíkový pohon smysl? Nebo je budoucností elektromobilita?. FDrive.cz [online]. 24net, © 2023 24net s.r.o. [cit. 2022-10-06]. Dostupné z: https://fdrive.cz/clanky/dava-vodikovy-pohon-smysl-nebo-je-budoucnosti-elektromobilita-7346

[48] V Česku konečně vzniknou první vodíkové stanice. K dispozici budou v Praze, Litvínově i Brně. Auto.cz [online]. Copyright CZECH NEWS CENTER, © 2001 - 2022 [cit. 2022-10-08]. Dostupné z: https://www.auto.cz/v-cesku-konecne-vzniknou-prvni-vodikove-stanice-k-dispozici-budou-v-praze-litvinove-i-brne-136132

[49] Český investor sází na vodík. Firmám dodává auta i mobilní čerpací stanice. Seznam Zprávy [online]. Copyright © Seznam Zprávy, © 2001 - 2022 [cit. 2022-10-09]. Dostupné z: https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-budnik-z-theinu-v-cesku-zacneme-vyrabet-vodikove-cerpaci-stanice-196880

[50] I dotované nabíjecí stanice prodělávají. Má je uživit hrstka elektromobilů. E15.cz [online]. Copyright CZECH NEWS CENTER, © 2001 - 2022 [cit. 2022-10-15]. Dostupné z: https://www.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/i-dotovane-nabijeci-stanice-prodelavaji-ma-je-uzivit-hrstka-elektromobilu-1385880

[51] Nabíjení elektromobilů, zatížení sítě a řízení výkonu – část I., typy nabíjení. TZB-info [online]. © Copyright Topinfo, 2022 [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/20937-nabijeni-elektromobilu-zatizeni-site-a-rizeni-vykonu-cast-i

[52] ČSN EN IEC 61851-1. Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením - Část 1: Obecné požadavky. 3. 2020.

[53] Režimy nabíjení. Autonabíjení.cz [online]. Autonabijeni.cz, Copyright 2022 [cit. 2022-11-01]. Dostupné z: https://www.autonabijeni.cz/rezimy-nabijeni/

[54] Důležité komponenty elektromobilů a plug-in hybridů. Autonabíjení.cz [online]. Autonabijeni.cz, Copyright 2022 [cit. 2022-11-01]. Dostupné z: https://www.autonabijeni.cz/dulezite-komponenty-elektromobilu-a-plug-in-hybridu/%C2%A8/

[55] Jaká je průměrná spotřeba elektřiny u rodinného domu?. LAMA Energy [online]. Jihlava: LAMA energy, © 2022 [cit. 2022-11-01]. Dostupné z: https://www.lamaenergy.cz/podpora/zajimavosti/jaka-je-prumerna-spotreba-elektriny-u-rodinneho-domu-2/

[56] Vehicle-to-Grid (V2G): Everything you need to know. Virta [online]. Virta Global, ©2022 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g

[57] BU-412: Charging without Wires. Battery University [online]. Isidor Buchmann, © 2022 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/article/bu-412-charging-without-wires

[58] KOSTOPOULOS, Emmanouil D., George C. SPYROPOULOS a John K. Kaldellis KALDELLIS. The Well-to-Wheel Analysis Measurable and PlannableEnvironmental Performance. Energy Reports [online]. 2020, (6), 418-426 [cit. 2022-11-05]. ISSN 2352-4847. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1365/s38313-012-0137-2

[59] Bossdorf-Zimmer, B., Krinke, S. & Horst, T.Lt. The Well-to-Wheel Analysis Measurable and PlannableEnvironmental Performance. MTZ Worldw **73**, 12–17 (2012). https://doi.org/10.1365/s38313-012-0137-2

[60] Elektroauto und Ladeverluste: So können Sie Kosten vermeiden. ADAC [online]. ADAC, ©2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/ladeverluste-elektroauto-studie/

[61] Elektroautos im Test: So hoch ist die Reichweite wirklich. ADAC [online]. ADAC, ©2022 [cit. 2022-11-07]. Dostupné z: https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/tests/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/

[62] Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy ČR pro rok 2021. Energetický regulační úřad [online]. © Energetický regulační úřad, 2022 [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: https://www.eru.cz/rocni-zprava-o-provozu-elektrizacni-soustavy-cr-pro-rok-2021

[63] Specifikace Volkswagen ID.3 58 kWh. FDrive.cz [online]. 24net, © 2022 [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: https://fdrive.cz/katalog/volkswagen-id3/specifikace/58-kwh

[64] Specifikace Škoda Enyaq (2020) 80 iV. FDrive.cz [online]. 24net, © 2022 [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: https://fdrive.cz/katalog/skoda-enyaq-2020/specifikace/80-iv

[65] Dílčí studie pro pracovní tým A25 - Predikce vývoje elektromobility v ČR [online]. Praha: EUROENERGY, 2018 [cit. 2022-11-15]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/konference-seminare/elektromobilita--240934/

[66] Elektroauto im Winter: So massiv sinkt die Reichweite bei Kälte. ADAC [online]. ADAC, ©2023 [cit. 2022-11-15]. Dostupné z: https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-reichweite-winter/

[67] How far can your Škoda iV travel on a full charge?. Škoda Auto a.s. [online]. © Škoda Auto, 2022 [cit. 2022-11-15]. Dostupné z: https://rangecalculator.skoda-auto.com/004/en-com?actioncode=GYONYON&drivingEnvironment=OutOfTown&drivingStyle=Normal&mbv=5AZJJ2&occupancy=DriverOnly&salesgroup=64001&season=Winter&temperature=21

[68] Dopad elektromobility do DS ČR [online]. Brno: EGÚ Brno, 2019 [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2020/3/Integrace_emobility_loadflow_studie_EGU.pdf

[69] Shoda na emisních cílech CO2 otevírá možnost prodávat automobily se spalovacími motory i po roce 2035. Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, © 2008–2023 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20221028-Shoda-na-emisnich-cilech-CO2-otevira-moznost-prodavat-automobily-se-spalovacimi-motory-i-po-roce-2035

[70] PRETTENTHALER, Franz E. a Karl W. STEININGER. From ownership to service use lifestyle: the potential of car sharing. Ecological Economics [online]. 1999, (28), 443-453 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00109-8

[71] Deelauto- en deelfietsmobiliteit in Nederland: ontwikkelingen, effecten en potentie [online]. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid | KiM, 2021 [cit. 2022-12-03]. ISBN 978-90-8902-255-4. Dostupné z: https://www.kimnet.nl/publicaties/rapporten/2021/10/05/deelauto--en-deelfietsmobiliteit-in-nederland-ontwikkelingen-effecten-en-potentie

[72] Nobis, Claudia und Kuhnimhof, Tobias (2018): Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht.
Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur
(FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. www.mobilitaet-in-deutschland.de

[73] BURGHARD, Uta a Elisabeth DÜTSCHKE. Who wants shared mobility? Lessons from early adopters and mainstream drivers on electric carsharing in Germany. Transportation Research Part D: Transport and Environment [online]. 2019, (71), 96-109 [cit. 2022-12-05]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.11.011

[74] Leasing: Jaké druhy existují a kdy se vyplatí?. Srovnejto.cz [online]. Srovnejto.cz, © 2022 [cit. 2022-12-05]. Dostupné z: https://www.srovnejto.cz/blog/leasing-jake-druhy-existuji-a-kdy-se-vyplati/

[75] Autonapůl [online]. IMCerny ©, Copyright 2018 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: https://www.autonapul.cz/

[76] Škoda Pojištění. Škoda Auto Česká republika [online]. © Škoda Auto, 2022 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: https://www.skoda-auto.cz/servis-a-prislusenstvi/pojisteni

[77] Předplacený servis. Volkswagen Financial Services [online]. © Volkswagen Financial Services, 2022 [cit. 2022-12-09]. Dostupné z: https://www.vwfs.cz/produkty/predplaceny-servis.html

[78] Úvěrem, nebo za hotové? Preference Čechů při nákupu auta se liší. O drahých vozech ani nesní. Měšec.cz [online]. Internet Info, Copyright © 1997 – 2022 [cit. 2022-12-09]. Dostupné z: https://www.mesec.cz/clanky/uverem-nebo-za-hotove-preference-cechu-pri-nakupu-auta-se-lisi-o-drahych-vozech-ani-nesni/

[79] Financování CHYTŘE. Škoda Auto Česká republika [online]. © Škoda Auto, 2022 [cit. 2022-12-09]. Dostupné z: https://www.skoda-auto.cz/nabidka/financovani-chytre

[80] Škoda Bez starostí. Volkswagen Financial Services [online]. © Volkswagen Financial Services, 2022 [cit. 2022-12-09]. Dostupné z: https://www.vwfs.cz/akcni-nabidky/skoda-bezstarosti.html

[81] EY Fleet Průzkum 2021 [online]. EY Česká republika, 2021 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/cs_cz/news/2021/09/ey-fleet-survey-2021.pdf

[82] Měsíční nebo dlouhodobý pronájem aut bez závazků a starostí. Autopůjčovna Praha - Taggart [online]. Praha: Autopůjčovna Taggart Praha, Copyright © 2022 [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: https://www.taggart.cz/dlouhodoby-pronajem-aut

[83] Driveto.cz [online]. Driveto, © 2022 [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: https://www.driveto.cz/

[84] Krátkodobý pronájem auta - kdy se vyplatí a pro koho?. Autopůjčovna Praha - Taggart [online]. Praha: Autopůjčovna Taggart Praha, Copyright © 2022 [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: https://www.taggart.cz/kratkodoby-pronajem-auta

[85] Dorfauto. Mobilikon [online]. [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: https://www.mobilikon.de/massnahme/dorfauto

[86] Dorfautos für Hassum/ Hommersum und Kessel. Stadtwerke Goch [online]. Stadtwerke Goch, © 2022 [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: https://www.stadtwerke-goch.de/dorfauto/

[87] Svez se spolujízdou za dobrou cenu do tisícovek destinací. BlaBlaCar [online]. BlaBlaCar, 2023 © [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: https://www.blablacar.cz/carpool

[88] The EV Price Gap Narrows. BloombergNEF [online]. Bloomberg Finance L.P., © 2022, 2021 [cit. 2022-12-19]. Dostupné z: https://about.bnef.com/blog/the-ev-price-gap-narrows/

[89] Have Electric Vehicles Reached Parity With Their ICE Counterparts?. CleanTechnica [online]. CleanTechnica., Copyright © 2022 [cit. 2022-12-19]. Dostupné z: https://cleantechnica.com/2022/07/07/have-electric-vehicles-reached-parity-with-their-ice-counterparts/

[90] Renault CEO Doubts EVs And ICEs Will Reach Price Parity Anytime Soon. InsideEVs [online]. [cit. 2022-12-19]. Dostupné z: https://insideevs.com/news/617198/renault-ceo-doubts-evs-ices-will-reach-price-parity-anytime-soon/

[91] Viebahn, P., Kern, J., Horst, J., Rosenstiel, A., Terrapon-Pfaff, J., Doré, L., Krüger,
C., Zelt, O., Pregger, T., Braun, J., Klann, U. (2022). Zusammenfassung des Ergeb-
nisberichts des Projekts MENA-Fuels von Wuppertal Institut, Deutschem Zentrum
für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Institut für ZukunftsEnergie- und Stoff-
stromsysteme (IZES) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Wuppertal, Stuttgart, Köln, Saarbrücken.

[92] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pohonných hmotách). In: Sbírka zákonů. ročník 2006, číslo 311.

[93] Seznam veřejných dobíjecích stanic — stav k 31. 12. 2022. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. MPO, © Copyright 2005 - 2023, 12. 1. 2023 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/statistika-a-evidence-cerpacich-a-dobijecich-stanic/seznam-verejnych-dobijecich-stanic-_-stav-k-31--12--2022--271957/

[94] Mapa nabíjecích stanic. FDrive.cz [online]. 24net, © 2023 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic/

[95] KADULA, L., L. ŠPIČKA, J. SEDONÍK, J. ELGNER a V. CÍCHA. Metodika rozvoje dobíjecí infrastruktury v ČR [online]. © Centrum dopravního výzkumu, 2019–2023 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: https://www.shopcdv.cz/cs/metodika-rozvoje-dobijeci-infrastruktury-v-cr

[96] European Alternative Fuels Observatory: Czech Republic. European Alternative Fuels Observatory [online]. Directorate-General for Mobility and Transport [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/czech-republic/infrastructure

[97] Optimalizace veřejné dobíjecí infrastruktury v ČR. Čistá doprava [online]. Brno: Centrum dopravního výzkumu [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: https://www.cistadoprava.cz/mapy/ev/

[98] Kde nás najdete. Tesla Česko [online]. Tesla, © 2023 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_cz/findus

[99] Projeli jsme Volkswagen ID. Buzz na českých silnicích. YouTube [online]. Google, © 2023 [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=rClw_TiOfZQ

[100] Všichni ho chtějí a nikdo nenabízí. Jak to je s bezdrátovým nabíjením aut?. FDrive.cz [online]. 24net, © 2023 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: https://fdrive.cz/clanky/vsichni-ho-chteji-a-nikdo-nenabizi-jak-to-je-s-bezdratovym-nabijenim-aut-9096

[101] Jak nabíjet elektromobil za jízdy? Možnosti existují a už se i testují. FDrive.cz [online]. 24net, © 2023 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: https://fdrive.cz/clanky/jak-nabijet-elektromobil-za-jizdy-moznosti-existuji-a-uz-se-i-testuji-5205

[102] Stellantis umí nabíjet auto za jízdy. Odpadne potřeba nabíjecích stanic?. Auto.cz [online]. Copyright CZECH NEWS CENTER, © 2001 - 2023 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: https://www.auto.cz/stellantis-umi-nabijet-auto-za-jizdy-odpadne-potreba-nabijecich-stanic-144554

[103] Elektrický autobus zkusí silnici vybavenou bezdrátovým nabíjením za jízdy. Auto.cz [online]. Copyright CZECH NEWS CENTER, © 2001 - 2023 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: https://www.auto.cz/elektricky-autobus-zkusi-silnici-vybavenou-bezdratovym-nabijenim-za-jizdy-147199

[104] Easelink [online]. Easelink, © 2022 [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: https://easelink.com/

[105] Li-ion baterie přebírají vládu v manipulační technice. Odborný magazín Logistika týdeníku Ekonom [online]. Economia, a.s, ©1996-2023 [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: https://logistika.ekonom.cz/c1-66500960-li-ion-baterie-prebiraji-vladu-v-manipulacni-technice

[106] Electric car group Better Place files for bankruptcy. Financial Times [online]. © THE FINANCIAL TIMES, 2023 [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: https://www.ft.com/content/f36f685a-c5d5-11e2-99d1-00144feab7de

[107] NIO a stanice na výměnu baterií. Co to je a jak fungují?. Niofan [online]. [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: https://www.niofan.cz/nio-a-stanice-na-vymenu-baterii-co-to-je-a-jak-funguji/

[108] NIO zveřejnilo evropské ceny elektromobilů. Přímý prodej začal právě dnes (aktualizováno). Niofan [online]. [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: https://www.niofan.cz/nio-zverejnilo-evropske-ceny-elektromobilu-primy-prodej-zacal-prave-dnes/

[109] P3 Charging Index Report 07/22 – Comparison of the fast charging capability of various electric vehicles. P3 group [online]. Stuttgart: P3 group [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://www.p3-group.com/en/p3-charging-index-comparison-of-the-fast-charging-capability-of-various-electric-vehicles-from-a-users-perspective_07-22/

[110] Jak vybrat wallbox pro domácí nabíjení elektromobilu? Můžete dostat i dotaci. FDrive.cz [online]. 24net s.r.o, © 2023 [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://fdrive.cz/clanky/jak-vybrat-wallbox-pro-domaci-nabijeni-elektromobilu-muzete-dostat-i-dotaci-8813

[111] Velký test VW ID. Buzz - Auto, které vám zlepší náladu. YouTube [online]. Google, © 2023 [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=qq--UHKd4Wo

[112] Laboratory Tests. Green NCAP [online]. Green NCAP, Copyright © 2023 [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: https://www.greenncap.com/laboratory-tests/

[113] ÖAMTC und NAF: Theorie und Praxis – E-Autos wurden Reichweitentests unterzogen. ÖAMTC [online]. ÖAMTC, Copyright © 2023 [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: https://www.oeamtc.at/presse/oeamtc-und-naf-theorie-und-praxis-e-autos-wurden-reichweitentests-unterzogen-57545578

[114] Fahren, ohne zu frieren: Wie gut heizen Elektroautos?. ADAC [online]. ADAC, ©2023 [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/tests/heizung-elektroauto/

[115] TRENTADUE, Germana a et al. Evaluation of Fast Charging Efficiency under Extreme Temperatures. Energies [online]. 2018, 2018 [cit. 2023-02-05]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.3390/en11081937

[116] Aktualizace predikce vývoje elektromobility v ČR do roku 2045 [online]. Praha: EUROENERGY, 2021 [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2022/2/Elektromobilita_predikce-do-2045.pdf

[117] Aktualizace predikce vývoje elektromobility v ČR do roku 2045. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. MPO, © Copyright 2005 - 2023, 2022 [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/jednani-think-tanku-nap-sg-dne-31--5--2022--268023/

[118] Kotter, Richard & Dai, Xuewu & Putrus, Ghanim & Wang, Yue & Das, Ridoy & Bentley, Edward & Marzband, Mousa & Hoogt, Jorden. (2020). Final report- Oslo Operational Pilot: https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/09/SEEV4-City-Oslo-Operational-Pilot_Final-Report.pdf.

[119] Michal Matowicki, Ondrej Pribyl, Pavla Pecherkova, Carsharing in the Czech Republic: Understanding why users chose this mode of travel for different purposes, Case Studies on Transport Policy, Volume 9, Issue 2, 2021, Pages 842-850, ISSN 2213-624X, https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.04.003. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X21000560

[120] Sdílení aut v Česku: Jaké modely lze půjčit? Kde? A kolik carsharing stojí?. Auto.cz [online]. Copyright CZECH NEWS CENTER, © 2001 - 2023 [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: https://www.auto.cz/sdileni-aut-v-cesku-jake-modely-lze-pujcit-kde-a-kolik-carsharing-stoji-130648

[121] Startup re.volt carsharing končí. Koloběžky a skútry stáhne v červnu z provozu. Hybrid.cz [online]. Chamanne, (c) 2006 - 2023 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: https://www.hybrid.cz/startup-revolt-carsharing-konci-kolobezky-skutry-stahne-v-cervnu-z-provozu/

[122] Studentské sdílené vozy Uniqway končí. Škoda nenašla další partnery, kteří by je financovaly. CzechCrunch [online]. Praha: CzechCrunch, © 2014-2023 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: https://cc.cz/studentske-sdilene-vozy-uniqway-konci-skoda-nenasla-dalsi-partnery-kteri-by-je-financovaly/

[123] Asociace českého carsharingu [online]. Praha: Asociace českého carsharingu [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: http://ceskycarsharing.cz/

[124] Brněnská Šárka [online]. Brno: © Brněnská Šárka, 2022 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: https://autosarka.cz/

[125] Carsharing GreenGo opouští trh, končí konjunktura sdílených aut?. FDrive.cz [online]. 24net, © 2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: https://fdrive.cz/clanky/carsharing-greengo-konci-konci-konjunktura-sdilenych-aut-8510

[126] Revolt carsharing. Facebook [online]. Meta, © 2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: https://www.facebook.com/revolt.city.carsharing/

[127] CAR4WAY [online]. Poděbrady: CAR4WAY, Copyright © 2023 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: https://www.car4way.cz/

[128] Carsharing Anytime [online]. Praha: D-Mobility Czech Republic, © 2023 [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: https://anytimecar.cz/

[129] Budějcký carsharing GoDrive [online]. Praha: GoDrive, © 2022 [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: https://www.godrive.cz/

[130] sdílení aut mají Budějčáci zájem. GoDrive má na kontě už tisíc rezervací. Budějcká Drbna [online]. Copyright © TRIMA NEWS, červen 2019 [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: https://budejcka.drbna.cz/zpravy/doprava/23980-o-sdileni-aut-maji-budejcaci-zajem-godrive-ma-na-konte-uz-tisic-rezervaci.html

[131] AJO Carsharing [online]. Brno: Klimek Motion, © 2014-2022 [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: https://www.ajo.cz/

[132] Karkulka PMDP [online]. Plzeň: Plzeňské městské dopravní podniky [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: https://karkulka.pmdp.cz/

[133] HoppyGo [online]. Praha: COPYRIGHT Ⓒ HoppyGo s.r.o [cit. 2023-03-09]. Dostupné z: https://www.hoppygo.com/cs

[134] LOOSE, Willi. The State of European Car-Sharing: Final Report D 2.4 Work Package 2 [online]. Bundesverband CarSharing e. V., 2009 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://www.eltis.org/sites/default/files/trainingmaterials/the_state_of_carsharing_europe.pdf

[135] RIEGLER, Sebastian et al. CarSharing 2025 – Nische oder Mainstream? [online]. Institut für Mobilitätsforschung, 2016 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://www.ifmo.de/files/publications_content/2016/ifmo_2016_Carsharing_2025_de.pdf

[136] Henrik Becker, Francesco Ciari, Kay W. Axhausen, Measuring the car ownership impact of free-floating car-sharing – A case study in Basel, Switzerland, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 65, 2018, Pages 51-62, ISSN 1361-9209, https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.08.003. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920917307319)

[137] Patrick Jochem, Dominik Frankenhauser, Lukas Ewald, Axel Ensslen, Hansjörg Fromm, Does free-floating carsharing reduce private vehicle ownership? The case of SHARE NOW in European cities, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 141, 2020, Pages 373-395, ISSN 0965-8564, https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.09.016. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856420307291)

[138] RIEGLER, Sebastian a et al. Elektromobilität im Carsharing Status quo, Potenziale und Erfolgsfaktoren [online]. 2. Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/now_handbuch_e-carsharing_web_2.ueberarb.-aufl.pdf

[139] The sustainability impact of car sharing [online]. Capgemini Invent, 2020 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://storage.googleapis.com/vod-media-prod/sites/2/2022/10/The_Sustainability_Impact_of_Car_Sharing_2020.pdf

[140] Behrendt, Siegfried & Sakhdari, Unter. (2000). Car-Sharing - Nachhaltige Mobilität durch eigentumslose Pkw- Nutzung?.

[141] Evaluation Car-Sharing: Schlussbericht [online]. Bern: Bundesamt für Energie BFE, 2006 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: https://www.carsharing.de/images/stories/pdf_dateien/evaluation_carsharing_2006_schweiz.pdf

[142] Levon Amatuni, Juudit Ottelin, Bernhard Steubing, José M. Mogollón, Does car sharing reduce greenhouse gas emissions? Assessing the modal shift and lifetime shift rebound effects from a life cycle perspective, Journal of Cleaner Production, Volume 266, 2020, 121869, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121869. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620319168)

[143] LUITES, A.M. (Tom). The potential demand for car sharing in the Netherlands: An investigation of the potential users, trips, sharing systems, and distribution using stated choice data and mobility data [online]. 2020 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: https://ofcoursecme.com/?mdocs-file=5462. Eindhoven University of Technology.

[144] Ampudia-Renuncio M, Guirao B, Molina-Sanchez R, Bragança L. Electric Free-Floating Carsharing for Sustainable Cities: Characterization of Frequent Trip Profiles Using Acquired Rental Data. *Sustainability*. 2020; 12(3):1248. https://doi.org/10.3390/su12031248

[145] The demystification of car sharing [online]. A.T. Kearney, 2019 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: https://www.de.kearney.com/documents/1117166/0/Car+Sharing.pdf/3bff4a9a-1279-b26f-3b23-8183f14979ce?t=1565363325427

[146] I přes pandemii carsharing Anytime rostl. Za dva roky realizoval 570 tisíc pronájmů, letos se chce překlopit do černých čísel. CzechCrunch [online]. Praha: CzechCrunch, © 2014-2023 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://cc.cz/i-pres-pandemii-carsharing-anytime-rostl-za-dva-roky-realizoval-570-tisic-pronajmu-letos-se-chce-preklopit-do-cernych-cisel/

[147] Rok 2022 pro Autonapůl. Autonapůl [online]. Brno: IMCerny ©, Copyright 2018 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.autonapul.cz/bilance-2022/

[148] Plzeňský carsharing Karkulka má zajímavou mateřskou společnost. Medium [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://medium.com/@Sirovatka/plze%C5%88sk%C3%BD-carsharing-karkulka-m%C3%A1-zaj%C3%ADmavou-mate%C5%99skou-spole%C4%8Dnost-65bc4e33c64e

[149] Carsharing Anytime hlásí 150 tisíc jízd a přidává v Praze nové modely aut. Ještě letos se chce překlopit do zisku. CzechCrunch [online]. Praha: CzechCrunch, © 2014-2023 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://cc.cz/carsharing-anytime-hlasi-150-tisic-jizd-a-pridava-v-praze-nove-modely-aut-jeste-letos-se-chce-preklopit-do-zisku/

[150] Car4way, symbol carsharingu v ČR, hlásí nejlepší rok ve své historii. IDNES.cz [online]. MAFRA,, a., s., © 1999–2023 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://sdeleni.idnes.cz/praha/car4way-symbol-carsharingu-v-cr-hlasi-nejlepsi-rok-ve-sve-historii.A230223_141123_prahah-sdeleni_zuje

[151] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o změně sazby základní náhrady za používání silničních motorových vozidel a stravného a o stanovení průměrné ceny pohonných hmot pro účely poskytování cestovních náhrad pro rok 2023. In: Sbírka zákonů. ročník 2022, číslo 467.

[152] Nejprodávanější auta v Česku v roce 2022. Povinne-ruceni.com [online]. PFP, 2000 - 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://www.povinne-ruceni.com/clanky/nejprodavanejsi-auta-v-cesku-v-roce-2022/

[153] Ceník Škoda Fabia. Škoda Auto Česká republika [online]. © Škoda Auto, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://www.skoda-auto.cz/_doc/a043475b-da81-478e-a0f2-0849fba22ac7

[154] Ceník Škoda Octavia. Škoda Auto Česká republika [online]. © Škoda Auto, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://www.skoda-auto.cz/_doc/22e810a3-531e-4715-8a9c-76192b50232a

[155] Oficiální E-shop Škoda [online]. Praha: © Škoda Auto, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://eshop.skoda-auto.cz/cs_CZ/

[156] Sauto.cz [online]. Seznam.cz, © 1996–2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://www.sauto.cz/

[157] Klik.cz [online]. Klikpojisteni.cz, s.r.o, © Copyright 2011-2023 [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: https://www.klik.cz/

[158] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: Sbírka zákonů. ročník 2001, číslo 56.

[159] STK – ÚSTÍ NAD LABEM – MOTORISTICKÝ AREÁL ÚŽÍN [online]. Ústí nad Labem: MOTORISTICKÝ AREÁL ÚŽÍN, © 2022 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: https://www.stk-usti.cz/

[160] Mycí linka. ORLEN Benzina [online]. © ORLEN UNIPETROL RPA, s.r.o. BENZINA, odštěpný závod [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: https://www.orlenbenzina.cz/mycka

[161] AZ-pneu [online]. AZ pneu PRO CZ, © 2003–2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://www.az-pneu.cz/

[162] Jaká je životnost pneumatik?. Barum [online]. Otrokovice [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://www.barum-tyres.com/cz/cs/car/experts-advice/how-long-do-tyres-last.html

[163] PNEUSERVIS. ULPNEU.cz [online]. Ústí nad Labem [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: http://bazar.ulpneu.cz/pneuservis/565.html

[164] Aktuální cena benzínu, cena nafty. Kurzy.cz [online]. Kurzy.cz, spol. s r.o., AliaWeb, spol. s r.o., Copyright © 2000 - 2023 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://www.kurzy.cz/komodity/benzin-nafta-cena

[165] Jak správně vybrat směs do ostřikovačů: Hlavně ať není jedovatá a neničí auto. Garáž.cz [online]. Copyright © Seznam Zprávy [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: https://www.garaz.cz/clanek/smesi-do-ostrikovacu-nektere-jsou-drahe-jine-nici-auto-21003430?noredirect=1

[166] SOCHOR, Jan. Analýza parkovacích domů [online]. Praha, 2021 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/handle/10467/98982. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Veronika Faifrová.

[167] Rezortní metodika pro hodnocení ekonomické efektivnosti projektů dopravních staveb [online]. 1. Praha: © Státní fond dopravní infrastruktury, 2018 [cit. 2023-04-20]. ISBN 978-80-907177-6-3. Dostupné z: https://www.sfdi.cz/soubory/obrazky-clanky/metodiky/2017_02_rezortni_metodika-komplet.pdf

[168] Parkování vydělává městům desítky milionů. Lidem ale komplikuje život. IDNES.cz [online]. MAFRA,, a., s., © 1999–2023 MAFRA,, a., s. [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/parkovani-ve-mestech-modre-zony.A180614_211836_ekonomika_evam

[169] Ročenka dopravy Praha 2017 [online]. 1. Praha: © TSK hl. m. Prahy, a.s., 2018 [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: https://www.tsk-praha.cz/wps/portal/root/nabidka-sluzeb/rocenky

[170] Ročenka dopravy Praha 2016 [online]. 1. Praha: © TSK hl. m. Prahy, a.s., 2017 [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: https://www.tsk-praha.cz/wps/portal/root/nabidka-sluzeb/rocenky

[171] Average age of the EU vehicle fleet, by country. ACEA [online]. ACEA, Copyright © 2023 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: https://www.acea.auto/figure/average-age-of-eu-vehicle-fleet-by-country/

[172] Přehled stavu vozového parku. SDA [online]. COPYRIGHT © SDA / CIA [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: https://portal.sda-cia.cz/stat.php?v#str=vpp

[173] Průměrné stáří vozidel je v České republice stále přes 15 let. TechFokus.cz [online]. © TechFocus.cz, Copyright 2023 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: https://techfocus.cz/doprava/2133-prumerne-stari-vozidel-je-v-ceske-republice-stale-pres-15-let.html

[174] Elektronický známka - eDálnice [online]. Státní fond dopravní infrastruktury, Copyright © 2023 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: https://edalnice.cz

[175] Praha upravila ceníky pro modré zóny. Pražský deník [online]. Copyright © VLTAVA LABE MEDIA [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: https://prazsky.denik.cz/podnikani/praha-upravila-ceniky-pro-modre-zony-20170718.html

[176] Patrick M. Bösch, Felix Becker, Henrik Becker, Kay W. Axhausen, Cost-based analysis of autonomous mobility services, Transport Policy, Volume 64, 2018, Pages 76-91, ISSN 0967-070X, https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.09.005. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X17300811)

[177] Sdílené vozidlo musí mít speciální pojištění. Garáž.cz [online]. Copyright © Seznam Zprávy [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: https://www.garaz.cz/clanek/sdilene-vozidlo-musi-mit-specialni-pojisteni-21006511?noredirect=1

[178] Autonapůl: nabídka investice a zhodnocení vašich financí. Autonapůl [online]. IMCerny ©, Copyright 2018 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: https://www.autonapul.cz/investice_2023/

[179] Jonn Axsen, Benjamin K. Sovacool, The roles of users in electric, shared and automated mobility transitions, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 71, 2019, Pages 1-21, ISSN 1361-9209, https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.02.012. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920918312483)

[180] Liao, F., Molin, E., Timmermans, H. et al. Carsharing: the impact of system characteristics on its potential to replace private car trips and reduce car ownership. Transportation **47**, 935–970 (2020). https://doi.org/10.1007/s11116-018-9929-9

[181] Stegmüller, S., Werner, M., Kern, M., Birzle-Harder, B., Götz, K., & Stein, M. (2019). Akzeptanzstudie" ROBOCAB".

[182] Volkswagen Sedric concept revealed ahead of Geneva debut. Drive [online]. Copyright Drive.com.au, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.drive.com.au/news/volkswagen-sedric-concept-revealed-ahead-of-geneva-debut/

[183] Thomas Stoiber, Iljana Schubert, Raphael Hoerler, Paul Burger, Will consumers prefer shared and pooled-use autonomous vehicles? A stated choice experiment with Swiss households, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 71, 2019, Pages 265-282, ISSN 1361-9209, https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.12.019. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920918303304)

[184] *Demografická studie pro území ORP Ústí nad Labem* [online]. Brno: AUGUR Consulting, 2017 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://mapy.usti-nad-labem.cz/PRILOHY/UPD/NUPUL2018_podklady/DEMOGRAFICKA_STUDIE_2017.pdf

[185] *Mapy.cz* [online]. Praha: © Seznam.cz, 2023 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: https://mapy.cz

[186] Základní údaje podle základních sídelních jednotek vybraného SO ORP. *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2023 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=4690&katalog=33475&pvo=SLD21043-ZSJ&pvo=SLD21043-ZSJ&pvokc=65&pvoch=4214#w=

[187] Databáze demografických údajů za obce ČR. *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2023 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/databaze-demografickych-udaju-za-obce-cr

[188] *Ústí nad Labem PLÁN UDRŽITELNÉ MĚSTSKÉ MOBILITY MĚSTA ÚSTÍ NAD LABEM B - Analytická část díl I. Dopravní průzkumy* [online]. Praha: HaskoningDHV Czech Republic, spol. s r.o., 2018 [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: https://www.usti.cz/files/dopravni-portal/pumm/sump-b1_analyticke-pruzkumy.pdf

[189] SCHÁNO, Martin. *Sídliště Skalka, Ústí nad Labem Průzkum dopravy v klidu*. Děčín: Fakulta Dopravní ČVUT v Praze, Pracoviště Děčín, 2022.

[190] *Česko v pohybu* [online]. Centrum dopravního výzkumu, Copyright © 2022 [cit. 2023-06-07]. Dostupné z: https://www.ceskovpohybu.cz/

[191] GERIKE, Regine a et al. *Sonderauswertung zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“ - Städtevergleich* [online]. Dresden: Technische Universität Dresden, Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik, 2021 [cit. 2023-06-14]. Dostupné z: https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/SrV2018_Staedtevergleich.pdf

[192] MÁRA, Ondřej. TEST Hyundai i10 1.0i Style – Malé auto s velkými přednostmi. *Auto.cz* [online]. Praha: Copyright CZECH NEWS CENTER, © 2001 - 2023 [cit. 2023-08-19]. Dostupné z: https://www.auto.cz/test-hyundai-i10-1-0i-style-male-auto-s-velkymi-prednostmi-133804

[193] SLOVÁČEK, Petr. TEST Dlouhodobý test Hyundai i30 kombi 1.5 DPI Smart: Nenáročný dělník dře, co stačí. *Auto.cz* [online]. Praha: Copyright CZECH NEWS CENTER, © 2001 - 2023 [cit. 2023-08-19]. Dostupné z: https://www.auto.cz/test-dlouhodoby-test-hyundai-i30-kombi-1-5-dpi-smart-nenarocny-delnik-dre-co-staci-142535

[194] HRUBEŠ, Ondřej. Test Hyundai Kona Electric 64 kWh: Lepší auto do města neexistuje. *Autojournal.cz* [online]. Praha: Autojournal.cz, © 2023 [cit. 2023-08-19]. Dostupné z: https://www.autojournal.cz/test-hyundai-kona-electric-64-kwh-lepsi-auto-do-mesta-neexistuje/

Seznam zkratek

AC	střídavý elektrický proud
ADAC	Všeobecný německý autoklub (Allgemeiner deutscher Automobilclub)
B2C	Business-to-consumer
CO_2	oxid uhličitý
CZK	česká koruna
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
ČZU	Česká zemědělská univerzita v Praze
D	označení dlouhé cesty (trvající 10 hodin)
DC	stejnosměrný elektrický proud
DPH	daň z přidané hodnoty
E_{100}	modelová reálná spotřeba
E_{NK}	nabíjená energie při každodenním nabíjení
E_{NO}	nabíjená energie při občasném nabíjení
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evrospká unie
EUR	euro
GBP	britská libra
GWh	gigawatthodina (jednotka energie)
h	hodina (jednotka času)
H:MM:SS	formát času – jednociferně_hodiny:dvouciferně_minuty:dvouciferně_sekundy
HH:MM:SS	formát času – dvouciferně_hodiny:dvouciferně_minuty:dvouciferně_sekundy

K	označení krátké cesty (trvající 3 hodiny)
k_{NZ}	koeficient navýšení spotřeby v zimě
kg	kilogram (jednotka hmotnosti)
km	kilometr (jednotka vzdálenosti)
km/h	kilometr za hodinu (jednotka rychlosti)
kV	kilovolt (jednotka elektrického napětí)
kW	kilowatt (jednotka výkonu)
kWh	kilowatthodina (jednotka energie)
MHD	městská hromadná doprava
MiD	Mobilität in Deutschland (německý průzkum dopravního chování)
mil.	milion
min	minuta (jednotka času)
mld.	miliarda
MPO	ministerstvo průmyslu a obchodu
MW	megawatt (jednotka výkonu)
NAF	Norský autoklub (Norges Automobil-Forbund)
NCAP	New Car Assessment Programme
ORP	obec s rozšířenou působností
ÖAMTC	Rakouský automotoklub (Österreichische Automobil-, Motorrad- und Touring Club)
P_N	nabíjecí výkon
P+R	park and ride
P2P	peer-to-peer
PHEV	plug-in hybridní vozidlo (plug-in hybrid electric vehicle)
s_{MD}	modelová vzdálenost ujetá v měřený den

s_R	nabíjená vzdálenost (ujetá mezi nabíjeními)
SEK	švédská koruna
SoC	state of charge
SPZ	státní poznávací značka (registrační značka)
SrV	Mobilität in Städten (německý průzkum dopravního chování)
STK	stanice technické kontroly (používáno i pro označení samotné kontroly)
SUV	sportovní užitkové vozidlo (sport utility vehicle)
t	tuna (jednotka hmotnosti)
t_{NK}	doba nabíjení při každodenním nabíjení
t_{NO}	doba nabíjení při občasném nabíjení
TSI	Twincharged Stratified Injection (označení motoru)
TWh	terrawatthodina (jednotka energie)
USA	Spojené státy americké (United States of America)
USD	americký dolar
V	volt (jednotka elektrického napětí)
V2G	vehicle-to-grid
V2L	vehicle-to-load
V2X	vehicle-to-X
VHD	veřejná hromadná doprava
VŠE	Vysoká škola ekonomická v Praze
W	watt (jednotka výkonu)
WLTC	Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Cycle
WLTP	Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure

Seznam obrázků

Obrázek 1: Detekce z obrazu kamery zabírající parkoviště v Děčíně [8]

Obrázek 2: Detektor ve vozovce v Pardubicích [12]

Obrázek 3: Detektory nad parkovacími místy [18]

Obrázek 4: Vozidlo pro kontrolování zón placeného stání společnosti Eltodo [5]

Obrázek 5: Detekce vozidel (registračních značek) kamerami na vjezdu [20]

Obrázek 6: Cestovní deník projektu Česko v pohybu [21]

Obrázek 7: Základní dělení nabíjení elektrických vozidel [51]

Obrázek 8: Energetické ztráty u různých pohonů [59]

Obrázek 9: Poloha sídliště Skalka [185]

Obrázek 10: Sídliště Skalka [185]

Obrázek 11: Umístění a směr záběru detekčních kamer [185]

Obrázek 12: Sběr dat pomocí kamer (kamera na pozici 1)

Obrázek 13: Záběr kamery na pozici 2 za zhoršených světelných podmínek na konci dne

Seznam tabulek

Tabulka 1: Možnosti elektrifikace automobilů

Tabulka 2: Spotřeba vozidel VW ID.3 a Škoda Enyaq iV 80 [61] [63] [64]

Tabulka 3: Ztráty při nabíjení v závislosti na způsobu nabíjení [60]

Tabulka 4: Ztráty při nabíjení zjištěné v rámci ADAC Ecotest [61]

Tabulka 5: Ztráty přenosové a distribuční soustavy [62]

Tabulka 6: Formy vlastnictví/užívání vozidel

Tabulka 7: Scénáře používání automobilů

Tabulka 8: Náklady na provoz nové Škody Fabia Ambiente 1.0 TSI 70 kW

Tabulka 9: Výhody a nevýhody carsharingu

Tabulka 10: Podíl kombinací nájezdů v rozhodný den a scénářů užívání vozidel

Tabulka 11: Modelový tarif carsharingu

Tabulka 12: Výhodnost modelového carsharingu v případě malého auta [CZK/km]

Tabulka 13: Výhodnost modelového carsharingu v případě velkého auta [CZK/km]

Tabulka 14: Výhodnost model. carsharingu při kombinaci malého a velkého auta [CZK/km]

Tabulka 15: Vstupní parametry občasného nabíjení

Tabulka 16: Náklady na provoz sdílených vozidel

Tabulka 17: Výnosy z provozu sdílených vozidel v závislosti na scénáři užívání

Tabulka 18: Potenciál carsharingu dle scénářů užívání v ČR

Tabulka 19: Potenciál carsharingu dle scénářů užívání v ČR při zohlednění velikosti měst

Tabulka 20: Potenciál carsharingu dle scénářů užívání v ČR při zohlednění VHD

Tabulka 21: Potenciál carsharingu dle scénářů už. v ČR při zohlednění VHD a velikosti měst

Seznam grafů

Graf 1: Účinnost a nabíjecí výkon rychlonabíjecích stanic v závislosti na teplotě [115]

Graf 2: Charakteristika uživatelů carsharingu v Německu dle MiD 2017 [72]

Graf 3: Charakteristika uživatelů carsharingu v Německu dle MiD 2017 [72]

Graf 4: Počet sdílených vozidel provozovatelů Car4way, Anytime, AJO a Autonapůl [123]

Graf 5: Celkový počet vozidel v oblasti

Graf 6: Počet vozidel v oblasti dle jejich typu

Graf 7: Vyhlazené příjezdy jednotlivých typů vozidel do oblasti

Graf 8: Vyhlazené odjezdy jednotlivých typů vozidel z oblasti

Graf 9: Vyhlazené příjezdy jednotlivých typů vozidel do oblasti po doplnění

Graf 10: Vyhlazené odjezdy jednotlivých typů vozidel z oblasti po doplnění

Graf 11: Celkový počet vozidel v oblasti po doplnění

Graf 12: Počet vozidel v oblasti dle jejich typu po doplnění

Graf 13: Celkový počet vozidel v oblasti po doplnění a rozšíření na 48 hodin

Graf 14: Četnost průměrných denních nájezdů v závislosti na stáří vozidla (vybraná vozidla)

Graf 15: Četnost scénářů užívání v závislosti na stáří vozidla

Graf 16: Potřebný výkon pro každodenní nabíjení elektromobilů výkonem 22 kW

Graf 17: Potřebný výkon pro každodenní nabíjení elektromobilů výkonem 11 kW

Graf 18: Obsazení nabíjecích stanic při každodenním nabíjení

Graf 19: Potřebný výkon pro řízené každodenní nabíjení elektromobilů výkonem 22 kW

Graf 20: Potřebný výkon pro řízené každodenní nabíjení elektromobilů výkonem 11 kW

Graf 21: Obsazení nabíjecích stanic při řízeném každodenním nabíjení

Graf 22: Potřebný výkon pro občasné nabíjení elektromobilů výkonem 22 kW

Graf 23: Potřebný výkon pro občasné nabíjení elektromobilů výkonem 11 kW

Graf 24: Obsazení nabíjecích stanic při občasném nabíjení

Graf 25: Celkový počet dojíždějících vozidel v oblasti

Graf 26: Počet dojíždějících vozidel v oblasti dle typu

Graf 27: Srovnání průměrného potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů v závislosti na způsobu nabíjení

Graf 28: Srovnání maximálního potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů v závislosti na způsobu nabíjení

Graf 29: Srovnání průměrného potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů v závislosti na způsobu nabíjení se zohledněním dojíždějících

Graf 30: Srovnání maximálního potřebného výkonu pro nabíjení elektromobilů v závislosti na způsobu nabíjení se zohledněním dojíždějících

Graf 31: Srovnání obsazení nabíjecích stanic v závislosti na způsobu nabíjení

Graf 32: Počet vozidel rezidentů mimo oblast

Graf 33: Potřebný počet sdílených vozidel v případě bezplatného rezidentního parkování

Graf 34: Potřebný počet sdílených vozidel v případě rezidentního parkování v jednoduchém parkovacím domě (parkovné 1 500 CZK/měsíc)

Graf 35: Srovnání průměrného potřebného počtu sdílených vozidel v závislosti na ceně rezidentního parkování

Seznam příloh

Příloha A: Přehled pohonů osobních automobilů

Příloha B: Nabíjení elektromobilů a jeho dopady na distribuční síť

Příloha C: Přehled nabídky carsharingu v České republice

Příloha D: Ekologické přínosy, finanční výhodnost a potenciál carsharingu

Příloha E: Kalkulace nákladů na užívání soukromého a sdíleného auta

Příloha F: Data o pohybech a pobytech vozidel na sídlišti Skalka

Příloha G: Validace dat modelu

Příloha H: Analýza vozového parku a přiřazovaná data pro modelování

Příloha I: Model (jedna iterace)

Příloha J: Výsledky modelování