



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

MIKROMOBILITA A JEJÍ DOBÍJENÍ

MICROMOBILITY AND THEIR CHARGING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Papež

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Paar, Ph.D.

BRNO 2024

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Michal Papež

ID: 240783

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Mikromobilita a její dobíjení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Přehled parametrů mikromobility využívající elektrickou energii
2. Charakteristika využívání elektro-mikromobility
3. Přehled nabíjecí infrastruktury pro elektromobilitu a elektro-mikromobilitu
4. Analýza vybrané oblasti z pohledu rozvoje nabíjecí infrastruktury

DOPORUČENÁ LITERATURA:

doporučená literatura podle pokynů vedoucího závěrečné práce

Termín zadání: 5.2.2024

Termín odevzdání: 29.5.2024

Vedoucí práce: Ing. Martin Paar, Ph.D.

prof. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalářská práce pojednává o elektrické mikromobilitě a problematice rozvoje dobíjecí infrastruktury určené elektrickým mikromobilům. Zabývá se též elektromobilitou a dobíjením elektrických automobilů. V rámci práce je podán přehled typů mikromobilů a kapacity jejich baterií. Jsou představeny možnosti užití mikromobilů včetně konceptu sdílené mikromobility a legislativní novinky, které se k mikromobilitě vztahují. V práci jsou uvedeny možnosti rozvoje a důležité aspekty pro rozvoj dobíjecí infrastruktury mikromobilů. Byly vybrány lokality v rámci města Brna, na kterých by bylo vhodné zřídit dobíjecí místo. Část práce je pro porovnání s mikromobilitou věnována dobíjení elektrických automobilů, která předkládá stav dobíjecí infrastruktury a výčet problémů, které dobíjení elektromobilů způsobuje.

Klíčová slova

Mikromobilita, koncept chytrých měst, elektromobilita, dobíjení, dobíjecí infrastruktura, chytré dobíjení, elektrokolo

Abstract

The bachelor's thesis deals with electric micromobility and developing of the charging infrastructure for electric micromobiles. It also deals with electromobility and charging of electric cars. In the thesis are presented types of electric micromobiles and their battery capacity. The possibilities of using micromobiles are presented, including the concept of shared micromobility and legislative news related to micromobility. In the thesis are presented development possibilities and important aspects for the development of charging infrastructure for micromobiles. In the city of Brno were selected locations which are relevant for building new charging points. Part of the thesis is devoted to the charging of electric cars for comparison with the micromobility, the part submits the state of the charging infrastructure for electric cars and presents list of problems caused by charging of electric cars.

Keywords

Micromobility, concept of smart cities, electromobility, charging, charging infrastructure, smart charging, ebike

Bibliografická citace

PAPEŽ, Michal. *Mikromobilita a její dobíjení*. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/159550>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Martin Paar.

Prohlášení autora o původnosti díla

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Jméno a příjmení studenta: | Michal Papež |
| VUT ID studenta: | 240783 |
| Typ práce: | Bakalářská práce |
| Akademický rok: | 2023/24 |
| Téma závěrečné práce: | Mikromobilita a její dobíjení |

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne:

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Paarovi, Ph.D. za věcné rady, poznatky a akademické zkušenosti, které mi napomohly při vypracování mé bakalářské práce.

V Brně dne:

podpis autora

Obsah

| | |
|--|-----------|
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 9 |
| SEZNAM TABULEK..... | 11 |
| ÚVOD | 12 |
| 1. MIKROMOBILITA..... | 13 |
| 1.1 TYPY ELEKTRICKÝCH MIKROMOBILŮ | 13 |
| 1.1.1 Elektrické koloběžky..... | 13 |
| 1.1.2 Elektrické skútry..... | 15 |
| 1.1.3 Elektrické jednokolky | 15 |
| 1.1.4 Elektrické longboardy a skateboardy..... | 17 |
| 1.1.5 Elektrokola..... | 18 |
| 1.1.6 Roboti a exoskeletony..... | 20 |
| 1.2 UŽITÍ MIKROMOBILŮ | 21 |
| 1.2.1 Průzkumy užití elektrokol ve společnosti | 21 |
| 1.3 SDÍLENÁ MIKROMOBILITA | 22 |
| 1.4 VÝHODY A NEVÝHODY MIKROMOBILITY | 24 |
| 1.5 MIKROMOBILITA A LEGISLATIVA..... | 24 |
| 2. ELEKTROMOBILITA | 25 |
| 2.1 ELEKTRICKÉ AUTOMOBILY | 25 |
| 2.2 DOBÍJENÍ ELEKTRICKÝCH AUTOMOBILŮ | 27 |
| 2.2.1 Nabíjení střídavým proudem..... | 27 |
| 2.2.2 Nabíjení stejnosměrným proudem..... | 27 |
| 2.2.3 Režimy nabíjení..... | 27 |
| 2.3 DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURA ELEKTRICKÝCH AUTOMOBILŮ V ČESKÉ REPUBLICE | 28 |
| 2.4 DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURA ELEKTRICKÝCH AUTOMOBILŮ VE SVĚTĚ | 28 |
| 3. DOBÍJENÍ ELEKTRICKÝCH MIKROMOBILŮ..... | 30 |
| 3.1 VEŘEJNÁ A NEVEŘEJNÁ DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURA | 30 |
| 3.2 KRYTÁ A NEKRYTÁ VARIANTA | 30 |
| 3.3 MOŽNOSTI ROZVOJE DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURY | 31 |
| 3.3.1 Klasická nástěnná varianta..... | 32 |
| 3.3.2 Synergie dobíjení mikromobilů s dobíjením elektrických automobilů..... | 33 |
| 3.3.3 Synergie dobíjení mikromobilů s infrastrukturou veřejného osvětlení..... | 33 |
| 3.3.4 Dobíjecí stanice včetně zdroje elektrické energie | 34 |
| 4. ELEKTROMOBILITA A MIKROMOBILITA Z POHLEDU DOBÍJECÍ SÍTĚ..... | 35 |
| 4.1 VLIV DOBÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ NA DOBÍJECÍ SÍŤ | 35 |
| 4.1.1 Stabilita sítě | 35 |
| 4.1.2 Frekvenční stabilita | 35 |
| 4.1.3 Kvalita elektrické energie | 35 |
| 4.1.4 Vliv na spotřebu elektrické energie..... | 36 |
| 4.2 VLIV ZPŮSOBU DOBÍJENÍ NA ÚPRAVU DOBÍJECÍ SÍTĚ | 36 |
| 4.2.1 Pomalé AC dobíjení (rozvod nízkého napětí, střední až dlouhá doba dobíjení) | 36 |
| 4.2.2 Rychlé a ultrarychlé DC dobíjení (rozvod vysokého napětí, krátká doba dobíjení)..... | 37 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.2.3 | <i>Hromadné ultrarychlé dobíjecí DC stanice (rozvod velmi vysokého napětí, krátká doba dobíjení při velké soudobosti)</i> | 37 |
| 4.3 | CHYTRÉ DOBÍJENÍ..... | 37 |
| 5. | ANALÝZA NABÍJECÍ INFRASTRUKTURY PRO MIKROMOBILY | 39 |
| 5.1 | MOTIVACE..... | 39 |
| 5.2 | DOJEZD ELEKTROKOL..... | 41 |
| 5.3 | CHARAKTERISTIKA NABÍJENÍ MIKROMOBILU | 42 |
| 5.4 | TYPY BATERÍ A NABÍJEČEK ELEKTROKOL | 42 |
| 5.4.1 | <i>Baterie Bosch</i> | 43 |
| 5.4.2 | <i>Nabíječky Bosch</i> | 44 |
| 5.4.3 | <i>Baterie Bafang</i> | 45 |
| 5.4.4 | <i>Nabíječky Bafang</i> | 46 |
| 5.4.5 | <i>Baterie Shimano</i> | 47 |
| 5.4.6 | <i>Nabíječky Shimano</i> | 48 |
| 5.5 | TYPY KONEKTORŮ DOBÍJECÍCH KABELŮ ELEKTROKOL | 49 |
| 5.6 | ROZDĚLENÍ MÍST, DLE ČASOVÉHO ÚSEKU PRO NABÍJENÍ | 50 |
| 5.6.1 | <i>Krátkodobý časový úsek</i> | 50 |
| 5.6.2 | <i>Střednědobý časový úsek</i> | 50 |
| 5.6.3 | <i>Dlouhodobý časový úsek</i> | 50 |
| 5.7 | POŽÁRNÍ BEZPEČNOST NABÍJENÍ MIKROMOBILŮ | 50 |
| 5.8 | CYKLOTRASY | 51 |
| 5.8.1 | <i>Cyklotrasy EuroVelo</i> | 51 |
| 5.9 | STAV NABÍJECÍ INFRASTRUKTURY PRO MIKROMOBILY V ČR..... | 53 |
| 5.9.1 | <i>Rozložení nabíjecích míst při cyklotrasách EuroVelo na území ČR</i> | 53 |
| 5.10 | STAV NABÍJECÍ INFRASTRUKTURY PRO MIKROMOBILY VE SVĚTĚ..... | 55 |
| 5.10.1 | <i>Německo-EuroVelo 7</i> | 55 |
| 5.10.2 | <i>Nizozemsko-EuroVelo 12</i> | 56 |
| 5.10.3 | <i>Rumunsko-Temešvár</i> | 57 |
| 5.10.4 | <i>Maďarsko-Balaton</i> | 57 |
| 6. | NÁVRH DOBÍJECÍHO MÍSTA | 58 |
| 6.1 | VÝBĚR LOKALITY | 58 |
| 6.1.1 | <i>Rozbor navrhovaných míst</i> | 61 |
| 6.2 | VYTIŽENOST MÍSTA – POČET CYKLISTŮ V LOKALITĚ A..... | 61 |
| 6.3 | STANOVENÍ POČTU KOL | 62 |
| 6.4 | PŘÍKON DOBÍJECÍHO MÍSTA..... | 63 |
| 6.5 | VOLBA VYBAVENOSTI DOBÍJECÍ STANICE | 65 |
| 6.6 | PŘIPOJENÍ STANICE | 65 |
| 6.7 | SOUHRN ZE ZVOLENÝCH DOBÍJECÍCH MÍST | 71 |
| 7. | ZÁVĚR | 72 |
| | LITERATURA | 74 |
| | SEZNAM ZKRATEK | 87 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | Přehled kapacit vybraných modelů elektrických koloběžek..... | 14 |
| 1.2 | Přehled kapacit baterií vybraných modelů elektrických skútrů..... | 15 |
| 1.3 | Elektrická jednokolka Inmotion V13 [26]..... | 16 |
| 1.4 | Přehled kapacit baterií vybraných modelů elektrických jednokolek | 16 |
| 1.5 | Přehled kapacit vybraných modelů elektrických longboardů a skateboardů..... | 17 |
| 1.6 | Přehled kapacit baterií vybraných modelů horských elektrokol..... | 18 |
| 1.7 | Přehled kapacit baterií vybraných elektrických mikromobilů..... | 19 |
| 1.8 | Tesla [44], Appttronik [45], Figure [46]..... | 20 |
| 1.9 | Místa sdílení kol a elektrokol společností Nextbike v ČR [53]..... | 23 |
| 1.10 | Ukázka dokového (stanicového) systému | 23 |
| 2.1 | Přehled kapacit baterií elektrických automobilů | 26 |
| 3.1 | Příklad bezpečného rozšíření infrastruktury – kolárna, Rektorát VUT v Brně [77]..... | 31 |
| 3.2 | Powerbox 4P [80]..... | 32 |
| 3.3 | Powerbox v praxi [81]..... | 32 |
| 3.4 | Zásuvka v rámci dobíjecí stanice elektrických automobilů [83] | 33 |
| 3.5 | Dobíjení elektrických automobilů pomocí infrastruktury veřejného osvětlení [85]..... | 34 |
| 3.6 | Solární multifunkční stanice firmy LEDEOS v obci Horní Bečva [87] | 34 |
| 4.1 | Přehledové schéma využití G2V a V2G [91] | 38 |
| 5.1 | Prodej elektrokol v zemích EU (EU-28) v letech 2006 až 2022 [93][94] | 39 |
| 5.2 | Podíly jednotlivých států Evropy na celkovém prodeji elektrokol za rok 2022 [94] | 40 |
| 5.3 | Možnosti umístění baterie elektrokola, inspirováno [97] | 42 |
| 5.4 | Doba dobíjení – nabíječky Bosch..... | 44 |
| 5.5 | Nabíječka BAFANG E401 [128] | 47 |
| 5.6 | Doba dobíjení – nabíječky Shimano..... | 48 |
| 5.7 | Nabíječka SHIMANO EC-E8004-1[131] | 49 |
| 5.8 | Konektory nabíjecích kabelů baterií elektrokol..... | 49 |
| 5.9 | Mapa cyklotras v rámci projektu EuroVelo [141]..... | 51 |
| 5.10 | Mapa cyklotras EuroVelo v ČR [143]..... | 52 |
| 5.11 | Rozložení nabíjecích stanic firmy Powerbox s.r.o. v České republice [144] | 53 |
| 5.12 | Cyklotrasa EV4 na území ČR a dobíjecí místa v její blízkosti [146][149][78][79] | 54 |
| 5.13 | Cyklotrasa EV7 na území ČR a dobíjecí místa v její blízkosti [147][149][78][79] | 54 |
| 5.14 | Cyklotrasa EV9 na území ČR a dobíjecí místa v její blízkosti [148][149][78][79] | 55 |
| 5.15 | EuroVelo 7 na území Německa [149][150]..... | 56 |
| 5.16 | EuroVelo 12 na území Nizozemska [149][151]..... | 56 |
| 5.17 | Rumunsko-Temešvár [152]..... | 57 |
| 5.18 | Maďarsko-Balaton [153]..... | 57 |
| 6.1 | Brněnská přehrada [154] | 59 |
| 6.2 | Brněnská přehrada – vybraný sektor A [156]..... | 59 |
| 6.3 | Nynější a navržená dobíjecí místa v Brně a okolí [78][79][157] | 60 |
| 6.4 | Lokalita A [161] | 66 |
| 6.5 | Lokalita B [161] | 66 |
| 6.6 | Lokace C [161]..... | 67 |
| 6.7 | Lokace D [161] | 67 |
| 6.8 | Lokace E [161]..... | 68 |
| 6.9 | Lokace F [161] | 68 |
| 6.10 | Lokace G [161] | 69 |

| | |
|---------------------------|----|
| 6.11 Lokace H [161] | 69 |
| 6.12 Lokace I [161] | 70 |
| 6.3 Lokace J [161] | 70 |

SEZNAM TABULEK

| | | |
|------|---|----|
| 1.1 | Přehled parametrů vybraných elektrických koloběžek..... | 14 |
| 1.2 | Přehled parametrů vybraných elektrických skútrů | 15 |
| 1.3 | Přehled parametrů vybraných elektrických jednokolek | 16 |
| 1.4 | Přehled parametrů vybraných elektrických longboardů a skateboardů | 17 |
| 1.5 | Přehled parametrů vybraných horských elektrokol | 18 |
| 1.6 | Přehled robotů | 20 |
| 2.1 | Přehled parametrů vybraných elektrických automobilů [58] | 26 |
| 2.2 | Počet dobíjecích bodů a registrovaných BEV ve vybraných státech..... | 29 |
| 5.1 | Počet prodaných elektrokol za rok 2022 v jednotlivých státech Evropy [94] | 40 |
| 5.2 | Simulace dojezdu elektrokola s komponenty firmy Bosch [96]..... | 41 |
| 5.3 | Baterie Bosch, modelová řada PowerPack [98] | 43 |
| 5.4 | Baterie Bosch, modelová řada PowerTube [98]..... | 43 |
| 5.5 | Nabíječky Bosch [99]..... | 44 |
| 5.6 | Baterie Bafang, modelová řada Racktype | 45 |
| 5.7 | Baterie Bafang, modelová řada Intube | 45 |
| 5.8 | Baterie Bafang, modelová řada Downtube..... | 46 |
| 5.9 | Nabíječky Bafang..... | 46 |
| 5.10 | Baterie Shimano [129] | 47 |
| 5.11 | Nabíječky Shimano [130]..... | 48 |
| 5.12 | Trasy v rámci projektu EuroVelo [142] | 52 |
| 6.1 | Stávající a navržená dobíjecí místa [78][79][157] | 60 |
| 6.2 | Vyžití ve vybraných lokalitách pro umístění dobíjecího místa [157]..... | 61 |
| 6.3 | Počet cyklistů zaznamenaný cyklotektorem Komín [158] | 62 |
| 6.4 | Počet cyklistů využívající elektrokola, cyklotektor Komín | 62 |
| 6.5 | Dobíjecí stanice Powerbox [159] | 63 |
| 6.6 | Příkony zvolených nabíječek..... | 64 |
| 6.7 | Volba připojení dobíjecího místa | 71 |

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zaměřuje na téma elektromobility, primárně na menší elektrická vozidla neboli elektrické mikromobily a možnostmi rozvoje jejich dobíjecí infrastruktury.

Budování infrastruktury pro elektromobilitu, včetně mikromobility, je nutnou podmínkou pro větší implementaci elektrických vozidel do provozu. Užívání elektrických vozidel přináší pozitivní efekt na životní prostředí, a to hlavně při vhodném energetickém mixu. Konkrétně mikromobilita pak může přispět k plynulejší dopravní situaci a úspoře energie, kterou je jinak nutné vydat pro pohyb těžších a větších vozidel.

V rámci první kapitoly je definován pojem mikromobilita, jsou uvedeny typy mikromobilů a přehled kapacit baterií vybraných typů komerčně prodávaných elektrických mikromobilů. Dále jsou v první kapitole uvedeny možnosti užití elektrických mikromobilů včetně sdílené mikromobility. Zmíněné jsou i legislativní změny spojené s mikromobilitou v České republice.

Elektrické mikromobily spadají do elektromobility, kterou tvoří kromě mikromobilů různé typy elektricky poháněných vozidel. Druhá kapitola je tak věnována elektromobilitě a primárně elektrickým automobilům. Tato kapitola je do bakalářské práce začleněna k porovnání elektrických automobilů a elektrických mikromobilů. Porovnat tyto dvě skupiny lze například z pohledu velikostí kapacit jejich baterií. Dále kapitola popisuje typy elektrických automobilů, a způsoby jejich dobíjení. Zaměřuje se na stav dobíjecí infrastruktury pro elektrické automobily v rámci České republiky i dalších států světa.

Ve třetí kapitole jsou zmíněny možnosti a způsoby rozvoje dobíjecí infrastruktury elektrických mikromobilů, primárně infrastruktury určené pro dobíjení elektrokol.

Čtvrtá kapitola pojednává o problematice dobíjení z pohledu dobíjecí sítě, konkrétně o negativních spojených s dobíjením hlavně elektrických automobilů, které vyžadují větší množství elektrické energie než elektrické mikromobily. Je poukázáno na možný nárůst spotřeby elektrické energie a na vliv konkrétních způsobů dobíjení, které mohou vést k možným požadavkům na úpravu a doplnění elektrické soustavy. Představuje koncept chytrého dobíjení, jako možnost snížení negativního dopadu na elektrickou síť.

Pátá kapitola se zabývá parametry a skutečnostmi pro rozvoj dobíjecí infrastruktury určené elektrokolům. Mezi tyto aspekty patří dojezd elektrokol, kapacity baterií, typy konektorů dobíjecích kabelů a rozdělení míst dle potenciálu vyžití uživatele. Dále je v páté kapitole zmapována stávající infrastruktura v České republice a na vybraných trasách a místech ve světě.

V rámci šesté kapitoly je předložen postup výběru vhodných lokalit k rozšíření dobíjecí infrastruktury pro elektrokola v rámci okresu Brno-město a Brno-venkov, naznačen je též návrh počtu elektrokol, příkonu dobíjecího místa a možnosti připojení ve zvolených lokalitách.

1. MIKROMOBILITA

V dnešní době dochází k rozmachu elektricky poháněných dopravních prostředků určených k osobnímu, veřejnému či profesnímu užití. Motivací přechodu od spalovacích motorů k elektrickým pohonům je snížení dopadu dopravy na životní prostředí. Vývoj elektromobility zahrnuje jak větší dopravní prostředky, tak i vozidla menších rozměrů. Menší dopravní prostředky spadají do problematiky mikromobility.

Mikromobilitu je možné definovat více způsoby. Oxford Learner's Dictionaries [1] definuje mikromobilitu jako způsob dopravy, při které je dopravní prostředek určen pro jednu osobu. Jedná se například o jízdní kola nebo koloběžky, které je možné si na omezenou dobu pronajmout ve městech. Další definice, kterou zveřejnil Horace Dediu [2], limituje vozidla spadající do mikromobility hranicí 1000 kg. Pan Horace Dediu vymyslel pojem mikromobilita a limit 1000 kg považuje za vhodný, protože neomezuje další vývoj mikromobility pouze na několik desítek kilogramů.

Tyto menší dopravní prostředky jsou využívány hlavně ve větších městech a světových metropolích, kde lze využít malých rozměrů vozidla neefektivněji. Definice mikromobility nevylučuje bezmotorová vozidla, nicméně tato práce se zabývá hlavně mikroelektromobilitou, tedy mikromobily, které jsou poháněny díky elektrické energii.

Mikromobilita je tvořena rozmanitou škálou dopravních prostředků. V následující podkapitole 1.1 budou jmenovány nejčastější typy dnešních elektrických mikromobilů.

1.1 Typy elektrických mikromobilů

Ač je tento druh dopravy již v dnešní době hojně využíván, lze předpokládat, že rozvoj této oblasti bude nadále intenzivně pokračovat s rostoucím počtem prodaných kusů mikromobilů. V dnešní době je trh s mikromobilitou velmi rozmanitý a uživatel má možnost si vybrat dle svých preferencí a finančních možností.

1.1.1 Elektrické koloběžky

Tento typ mikromobility je velmi rozšířený. K důvodům tak hojného užívání může patřit jednoduché ovládání a stavba vozidla, která je pro obyvatelstvo standardnější než u jiných typů mikromobility. Motivací ke koupi elektrokoloběžky může být i poměrně nízká pořizovací cena některých modelů a menší náklady na údržbu a provoz.

V tabulce 1.1 je uvedeno několik modelů komerčně dostupných elektrických koloběžek a jejich parametry. Kapacity baterií vybraných modelů se pohybují v rozsahu stovek až tisíců Wh.

Společnost Bolt provozuje elektrické koloběžky v rámci sdílené mikromobility. Bolt má vlastní modely koloběžek. Model Bolt 5 [3] má nominální výkon motoru 350 W, špičkový výkon 700 W, kapacitu baterie 676,8 Wh a napětí baterie 47 V. Objevila se i nová generace, a to model Bolt 6. Model Bolt 6 měl být poprvé využit, dle Boltu [4], na

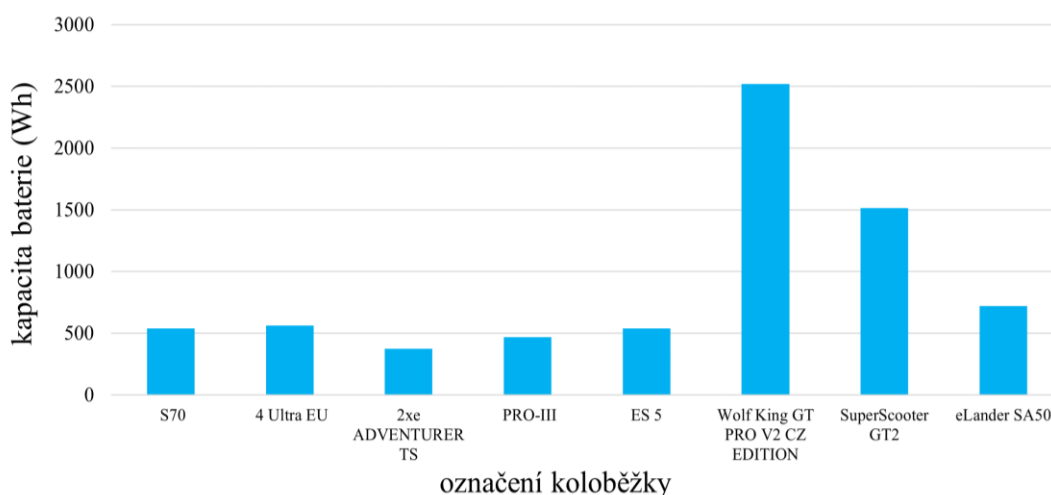
konci července 2023 v Lisabonu, Rize, a Tallinnu. Společnost Bolt uvádí [4], že model Bolt 6 má disponovat kapacitou baterie 1100 Wh a s maximálním dojezdem až 90 kilometrů.

Násobek u nominálního výkonu v tabulce 1.1 naznačuje počet motorů. Nosnost vybraných modelů, dle zdrojů**, je 100 až 150 kg.

Tabulka 1.1 Přehled parametrů vybraných elektrických koloběžek

| výrobce | označení | hmotnost (kg) | nominální výkon (W) | kapacita baterie | |
|---------|-------------------------------------|---------------|---------------------|------------------|--------|
| | | | | (Ah) | (Wh) |
| SENCOR | S70 [5] | 17 | 400 | 15 | 540* |
| Xiaomi | 4 Ultra EU [6] | 24,5 | 500 | 12 | 561,5* |
| Jeep | 2xe ADVENTURER TS [7] | 19 | 350 | 10,4 | 374 |
| Ducati | PRO-III [8] | 17,5 | 350 | 13 | 468 |
| Acer | ES 5 [9] | 18,5 | 350 | 15 | 540* |
| KAABO | Wolf King GT PRO V2 CZ EDITION [10] | 52 | 2x2000 | 35 | 2520 |
| Segway | SuperScooter GT2 [11][12] | 52,6 | 2x1500 | 30 | 1512 |
| LAMAX | eLander SA50 [13] | 25 | 500 | 15 | 720 |

*dopočtená hodnota, **[5][6][7][8][9][10][11][12][13]



Obrázek 1.1 Přehled kapacit vybraných modelů elektrických koloběžek

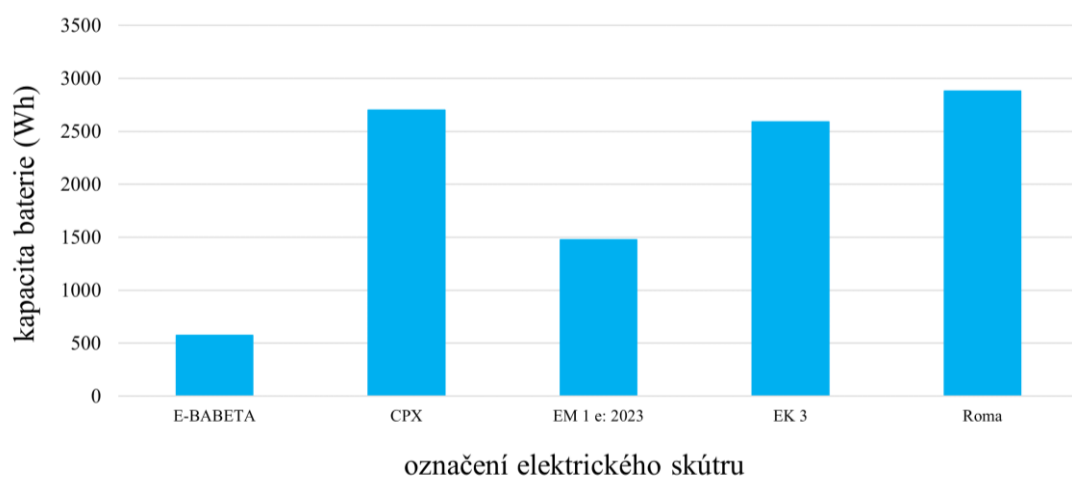
1.1.2 Elektrické skútry

Představují alternativu ke skútrům se spalovacím motorem. Elektrické skútry nabízejí komfortnější jízdu než elektrické koloběžky. Kapacity baterií elektrických skútrů se pohybují v řádu stovek až nižších tisíců viz tabulka 1.2.

Tabulka 1.2 Přehled parametrů vybraných elektrických skútrů

| výrobce | označení | napětí baterie (V) | kapacita baterie | |
|------------|-------------------|--------------------|------------------|----------|
| | | | (Ah) | (Wh) |
| RACCEWAY® | E-BABETA® [14] | 48 | 12 | 576* |
| SUPER SOCO | CPX [15] | 60 | 45 | 2700* |
| Honda | EM 1 e: 2023 [16] | 50,3 | 29,4 | 1478,82* |
| Horwin | EK 3 [17] | 72 | 36 | 2592* |
| ViaGO | Roma [18] | 72 | 40 | 2880* |

*dopočtená hodnota



Obrázek 1.2 Přehled kapacit baterií vybraných modelů elektrických skútrů

1.1.3 Elektrické jednokolky

Elektrické jednokolky jsou také často viděny v centrech měst. Jak již plyne z názvu, tento dopravní prostředek disponuje jedním kolem.

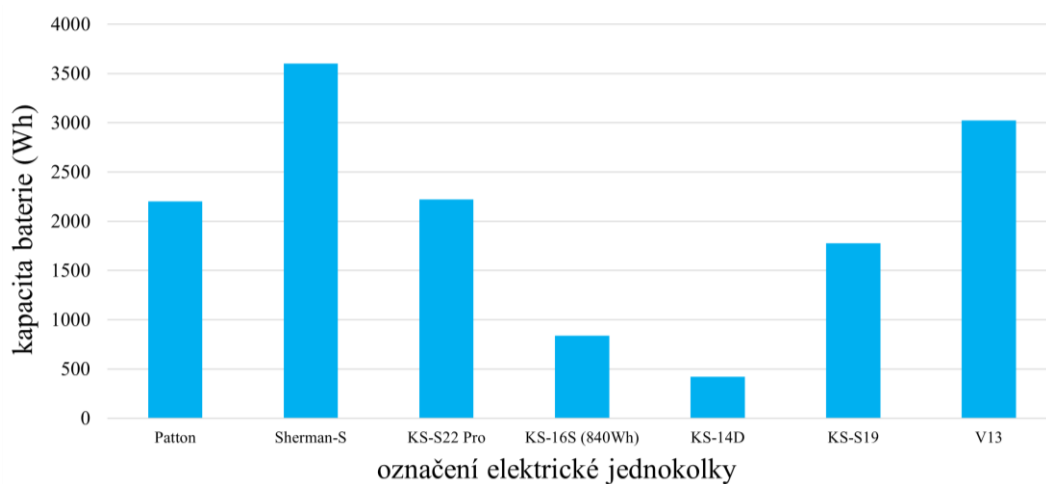
Rychlost jízdy, jak uvádí Wikipedie [19], je ovlivněna přenesením váhy vpřed či vzad. Zatáčení probíhá nakláněním do stran. Jednokolka umožňuje vyvažování jezdce pomocí mechanismu, který využívá akcelerometry, gyroskopy a magnetometr.



Obrázek 1.3 Elektrická jednokolka Inmotion V13 [26]

Tabulka 1.3 Přehled parametrů vybraných elektrických jednokolek

| výrobce | označení | nominální výkon (W) | napětí baterie (V) | kapacita baterie (Wh) |
|----------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|
| Veteran | Patton [20] | 3000 | 126 | 2220 |
| Veteran | Sherman-S [21] | 3000 | 100 | 3600 |
| KingSong | KS-S22 Pro [22] | 4000 | 111 | 2220 |
| KingSong | KS-16S (840Wh) [23] | 1200 | 60 | 840 |
| KingSong | KS-14D [24] | 800 | 60 | 420 |
| KingSong | KS-S19 [25] | 3500 | 88,8 | 1776 |
| Inmotion | V13 [26] | 4500 | 108 | 3024 |



Obrázek 1.4 Přehled kapacit baterií vybraných modelů elektrických jednokolek

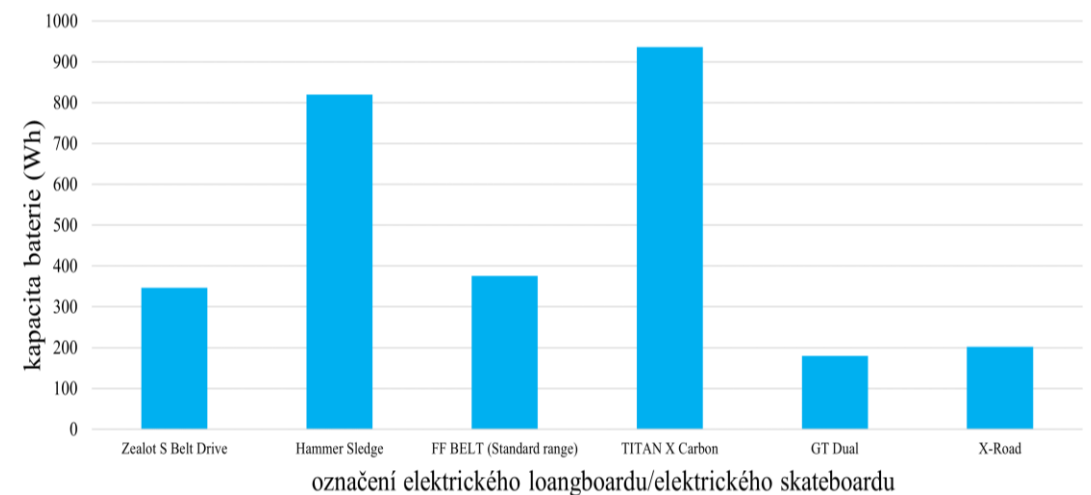
1.1.4 Elektrické longboardy a skateboardy

Stavba elektrických skateboardů a longboardů vychází z bezmotorových variant. K řízení rychlosti je nejčastěji využito dálkového ovládání.

Tabulka 1.4 Přehled parametrů vybraných elektrických longboardů a skateboardů

| výrobce | označení | napětí baterie (V) | kapacita baterie | |
|----------|-------------------------------|--------------------|------------------|--------|
| | | | (Ah) | (Wh) |
| Backfire | Zealot S Belt Drive [27] | 50,4 | 6,87* | 346 |
| Backfire | Hammer Sledge [28] | 50,4 | 16,27* | 820 |
| MAXFIND* | FF BELT (Standard Range) [29] | 48 | 8,7 | 376 |
| B-ONE | TITAN X Carbon [30] | 46,8* | 20 | 936 |
| Blitzart | GT Dual [31] | 36 | 5,2 | 180 |
| Eljet | X-Road [32] | 25,2 | 8 | 201,6* |

*dopočtená hodnota



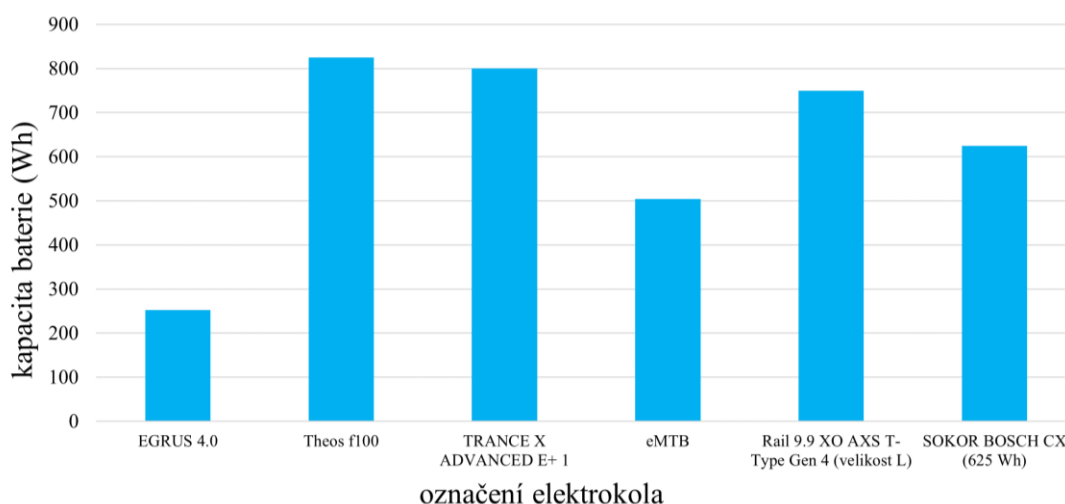
Obrázek 1.5 Přehled kapacit vybraných modelů elektrických longboardů a skateboardů

1.1.5 Elektrokola

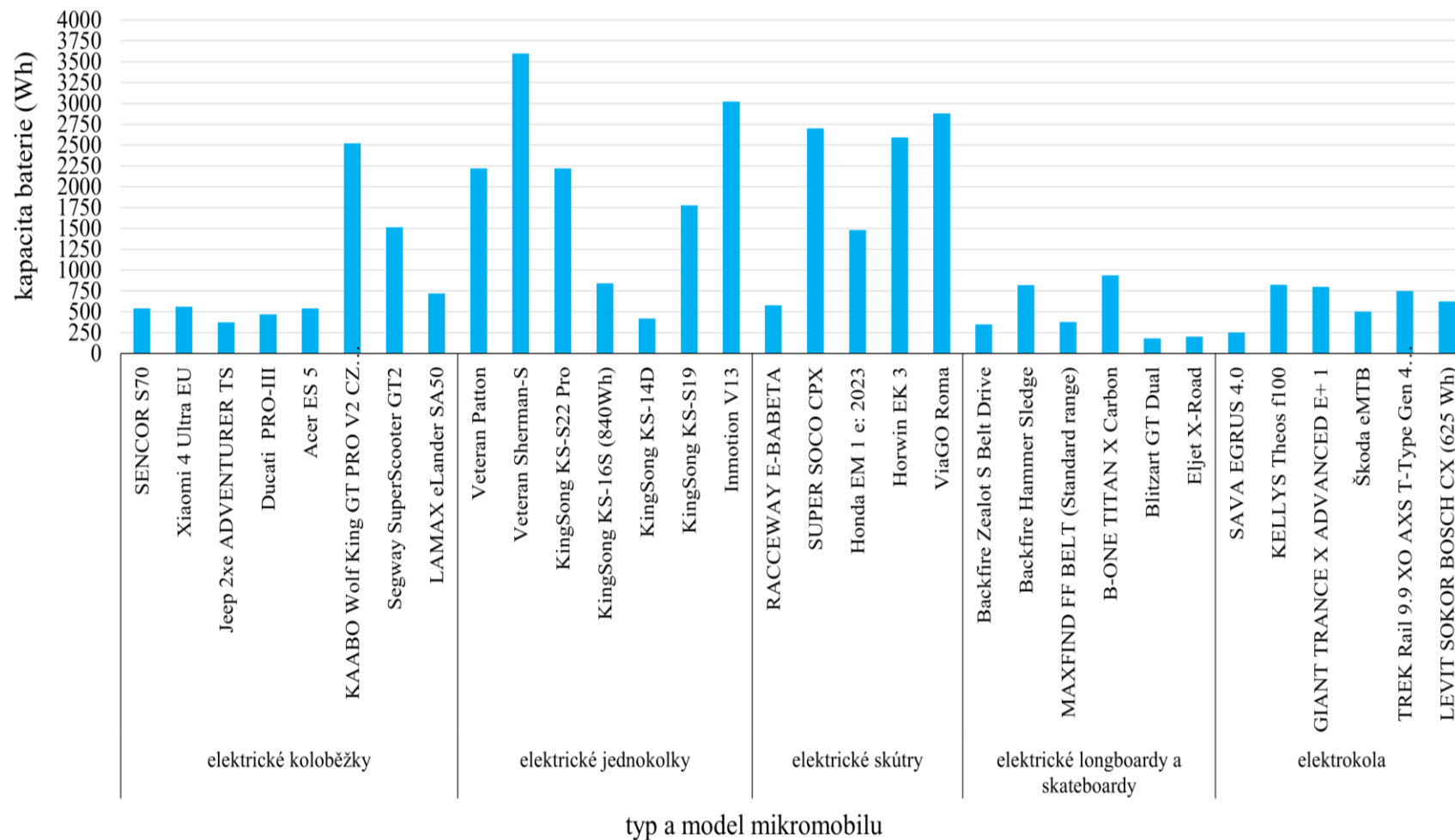
Jízda na elektrokole umožňuje relativně komfortní jízdu i po vybití baterie. Provedení elektrokol se liší od lokace použití. Příkladem jsou horská či silniční elektrokola, trh nabízí i skládací provedení kol městského typu.

Tabulka 1.5 Přehled parametrů vybraných horských elektrokol

| výrobce | označení | kapacita baterie (Wh) | točivý moment (Nm) |
|---------|--|-----------------------|--------------------|
| SAVA | EGRUS 4.0 [33] | 252 | 95 |
| KELLYS | Theos f100 [34] | 825 | 85 |
| GIANT | TRANCE X ADVANCED E+ 1 [35] | 800 | 85 |
| Škoda | eMTB [36] | 504 | 85 |
| TREK | Rail 9.9 XO AXS T-Type Gen 4 (velikost L) [37] | 750 | 85 |
| LEVIT | SOKOR BOSCH CX (625 Wh) [38] | 625 | 85 |



Obrázek 1.6 Přehled kapacit baterií vybraných modelů horských elektrokol



Obrázek 1.7 Přehled kapacit baterií vybraných elektrických mikromobilů

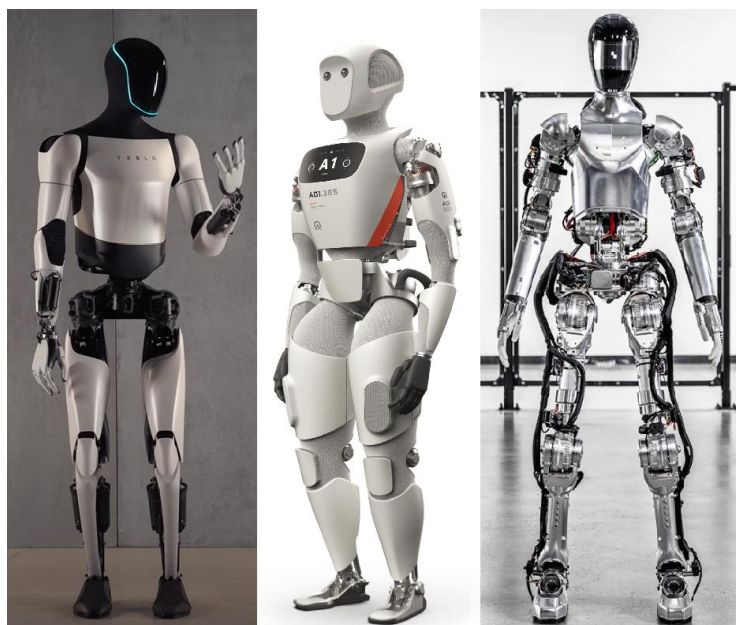
1.1.6 Roboti a exoskeletony

Přesto, že se nejedná o vozidla, tak roboti a exoskeletony mohou napomáhat uspořít vynaloženou lidskou energii potřebnou pro pohyb a práci. Kromě uspořené energie mohou tyto spotřebiče ochránit i lidské zdraví. Zároveň se jedná o potenciální zátěž pro dobíjecí soustavu, a to obzvláště při využívání většího počtu těchto zařízení například v továrnách, dolech či podobných provozech.

Příkladem robota může být model, který vyvíjí Tesla [39]. Vývojová verze představená v roce 2022 disponovala baterií o kapacitě 2,3 kWh s nominálním napětím baterie 52 V. Další modely a jejich parametry jsou uvedeny v následující tabulce 1.6.

Tabulka 1.6 Přehled robotů

| výrobce | model | výška (m) | hmotnost (kg) | nosnost (kg) | kapacita baterie (Wh) | doba provozu na baterii (hodin) |
|-----------------|---------|-----------|---------------|--------------|-----------------------|---------------------------------|
| Appttronik [40] | Apollo | cca 1,73 | cca 72,5 | cca 25 | - | 4 |
| Figure [41] | 01 | cca 1,675 | 60 | 20 | - | 5 |
| Unitree [42] | H1 | cca 1,8 | 47 | - | 864 | - |
| 1x [43] | NEO | 1,65 | 30 | 20 | - | 2 až 4 |
| Tesla [39] | Optimus | - | - | - | 2 300 | až celý den |



Obrázek 1.8 Tesla [44], Appttronik [45], Figure [46]

1.2 Užití mikromobilů

Mikromobily, ať elektrické, či bez přídavného elektrického pohonu, lze využívat z pohledu vlastnictví dvěma způsoby. Uživatel může daný mikromobil vlastnit, či si vozidlo pronajímat v rámci sdílené mikromobility. Druhý zmíněný způsob, tedy sdílená mikromobilita, je popsána v podkapitole 1.3.

Při obou variantách lze mikromobily využít k dopravě například na tzv. první a poslední míli cesty. První míle představuje trasu na počátku cesty, například od domova po stanici metra. Koncept poslední míle může představovat cestu od metra (obecně stanice MHD) k místu výkonu zaměstnání či ke škole. [47]

Mikromobily lze využít v rámci turistiky včetně sportovního vyžití, nebo lze mikromobily užít na přepravu (zásilek, jídla, převozných stánků), tedy i k výdělečné činnosti. Různé možnosti využití mikromobilů vedou ke specifickým požadavkům na budování dobíjecí infrastruktury, například ohledně počtu vozidel, tedy kapacitu dobíjecího místa. Například společnost, která nabízí sdílené elektrické mikromobily bude vyžadovat jiný přístup k budování dobíjecího místa oproti dobíjecímu místu na odpočívadle cyklotrasy, které je určeno primárně pro cykloturisty.

1.2.1 Průzkumy užití elektrokol ve společnosti

Informace o přibližném zastoupení cyklistů v rámci společnosti přináší s vyšším počtem cyklistů (procentním zastoupením) i motivaci a potenciál k budování infrastruktury včetně dobíjecí infrastruktury pro cyklisty, kteří využívají elektrokola. Zároveň stávající infrastruktura může motivovat občany k jízdě na kole či elektrocole, tudíž budování má smysl pro rozvoj cyklistiky a vyššího standardu pro společnost. Průzkumy ukazují stav odpovídající nynější infrastruktuře (blízké minulosti).

Magazín We Love Cycling, který zaštiťuje firma ŠKODA, prováděl průzkum společnosti v rámci dotazníku, na který odpovědělo 800 respondentů. Výsledky tohoto průzkumu uvádí, že 34 % dotázaných nejezdí na kole, 15 % dotázaných se považuje za sváteční cyklisty, aktivních cyklistů je 51 %. Elektrokola využívá 13 % aktivních cyklistů, na elektrocole tedy jezdí 6,6 % z celkového počtu dotázaných. [48]

Další průzkum se zaměřuje na zkušenosti s elektrokyly [49], tohoto průzkumu se zúčastnilo 631 respondentů, kteří jezdí na elektrocolech. Z tohoto průzkumu vyplývá, že elektrokola využívají spíše muži (69,4 % dotázaných) než ženy (30,6 % dotázaných). Dále je uveden věk respondentů, přičemž převažují osoby ve věku 45-54 let (32,3 %), následují osoby ve věku 55-64 let (23,6 %), 35-44 let (20,9 %), osoby starší 65 let (14,3) a osoby ve věku 18-34 let (8,6 %).

1.3 Sdílená mikromobilita

Stav dopravy souvisí s počtem vozidel, který roste v důsledku nárůstu populace. Vyšší počet vozidel způsobuje dopravní zácpy a znečištění životního prostředí. Možná řešení lze nalézt v konceptu tzv. chytrých měst, který je znám pod názvem Smartcities. Tento koncept využívá technologických inovací s cílem zlepšit život obyvatelstvu a zároveň ochránit životní prostředí. Sdílená mobilita včetně sdílené mikromobility může vést ke snížení počtu vozidel v osobním vlastnictví a použitím menších dopravních prostředků lze dosáhnout plynulejší dopravní situace a snížení spotřebované energie na jízdu díky menší hmotnosti vozidla. [50]

V mnoha městech po celém světě je mikromobilita již mezi občany sdílána prostřednictvím různých společností. Sdílená mikromobilita je využívána hlavně pro trasy, které jsou kratší než 5 km. Takové vzdálenosti představují 50-60 % všech ujetých kilometrů v Číně, Evropě i USA. V rámci sdílené mikromobility v ČR, patří k nejvíce užívaným mikromobilům s elektrickými pohony elektrokola a elektrické koloběžky. [50]

Existuje více systémů vypůjčení mikromobilů. Systémy sdílení kol jsou popsány v práci „*Comparing the performance of different types of bike share systems*“ [51]. Tento způsob rozřídění lze použít i u elektrokol či elektrických koloběžek, které je ale nutné dobíjet, což může popsané systémy zkomplikovat. Práce [51] udává následující možnosti. Kola je možno vypůjčit ve stanici (doku) a po použití je nutné ho vrátit do stanice stejné nebo jiné. Další možností je tzv. bezstanicový (bezdokový) systém, v rámci něhož, se kola vypůjčí na ulici a opět se vrací na ulici, kola jsou tedy ponechána na chodníku a podobných místech. Třetí systém je nazván hybridní a kombinuje dva předešlé. Jde o využití stávajících stanic (doků), ale zároveň umožňuje zaparkovat kola i na ulici, tedy mimo stanici.

Proces vypůjčení elektrických koloběžek popisuje například společnost Bolt [52]. Nejprve je nutné nalézt dostupnou koloběžku. Nalézt dostupnou koloběžku může uživatel pomocí aplikace. Druhou možností je vypůjčit si koloběžku, která se nachází na ulici a je dostupná. Dále je nutné koloběžku odemknout, a to opět pomocí aplikace. Společnost Bolt zdůrazňuje nutnost správného parkování po ukončení výpůjčky koloběžky.

Příkladem společnosti, která se zaměřuje na sdílení kol a elektrokol je Nextbike. Nextbike je k dispozici napříč Českou republikou na 40 lokalitách [53], které jsou uvedeny na obrázku 1.9.



Obrázek 1.9 Místa sdílení kol a elektrokol společností Nextbike v ČR [53]



Obrázek 1.10 Ukázka dokového (stanicového) systému

1.4 Výhody a nevýhody mikromobility

Výhodou mikromobility je, jak vyplývá z názvu, malý rozměr vozidla. Malý rozměr je vhodný pro městskou dopravu a skladování vozidla. Další výhodou je individualita cestujícího, který může cestovat malým dopravním prostředkem namísto toho, aby využil větších vozidel, které mají větší spotřebu. S elektrickými pohony přichází i menší náklady na provoz. Nevýhodou může být zranitelnost jezdce nebo například nově povinné pojištění odpovědnosti, jak je popsáno v následující podkapitole 1.5. Problematické je též nesprávné parkování sdílených mikromobilů.

1.5 Mikromobilita a legislativa

Jak uvádí tisková zpráva na stránkách Ministerstva financí České republiky [54], byl přijat návrh zákona o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla. Tento návrh se týká i mikromobility, zmíněny jsou hlavně elektrické koloběžky a segwaye. Pojištění odpovědnosti nyní bude povinné pro vozidla, jejichž hmotnost je vyšší než 25 kg a zároveň jejich maximální rychlost přesahuje 14 km/h. Pokud se však jedná o lehčí dopravní prostředek, tedy o hmotnosti menší než 25 kg, pak je rychlostní limit stanoven na 25 km/h. Tedy pro vozidlo pohybující se maximální rychlostí vyšší než 25 km/h bude nutné pojištění odpovědnosti. Pojistit vozidlo musí provozovatel vozidla, nikoliv řidič, který využívá například sdílených elektrických koloběžek. Zákon nabývá účinnosti dne 23. 12. 2023.

Další legislativní novinku týkající se mikromobility, v tomto případě hlavně jízdních kol na území členských států EU, udává Evropská cyklistická federace [55]. Popisuje pravidla pro budovy, pro které bude nutné zajistit dostatečný počet parkovacích míst určených pro jízdní kola. Obytné budovy, které jsou nově vybudované či aktuálně významně rekonstruovány, budou muset poskytovat 2 a více míst pro jízdní kola, a to na každou bytovou jednotku, pokud tento objekt disponuje minimálně 3 parkovacími místy pro automobily. Nebytové budovy, které jsou nově vybudované či aktuálně významně rekonstruovány a mají 5 a více parkovacích míst pro automobily, budou mít povinnost disponovat prostory pro umístění jízdních kol, a to minimálně pro 15 % z průměrného počtu osob v rámci budovy či 10 % celkové kapacity, kterou daná budova nabízí. Nebytové budovy, které nejsou nové ani neprocházejí rekonstrukcí, disponující počtem parkovacích míst větším než 20 budou také muset nabízet prostory pro kola, a to opět nejméně 15 % z průměrného počtu osob či 10 % z celkové kapacity budovy. Vyhrazené prostory budou muset pojmout i objemnější kola, která jsou určena například pro převoz nákladu. Návrh dále zmiňuje i umístění nabíjecí infrastruktury pro elektrokola v rámci budov. Změny má Parlament EU a Rada EU schválit v prvních měsících roku 2024. V určitých případech budou umožněny výjimky z pravidel, která stanovují počty parkovacích míst pro kola.

2. ELEKTROMOBILITA

Elektromobilita představuje způsob dopravy, při kterém je k pohánění vozidla využita elektrická energie. Do elektromobility spadá i mikromobilita, která byla představena v kapitole 1. Dalšími příklady elektromobilů jsou elektrické automobily, elektrické vlaky, tramvaje, metra, elektrické autobusy, trolejbusy, elektrické lodě a elektrická letadla. [56]

Tato kapitola se zabývá elektrickými automobily za účelem porovnání jejich parametrů s parametry elektrických mikromobilů. Podstatným rozdílem je velikost kapacit baterií, které jsou u elektrických automobilů mnohonásobně vyšší než u elektrických mikromobilů. Elektrické automobily tak více ovlivňují elektrickou síť. Kromě parametrů je v této kapitole popsáno rozdělení elektrických automobilů dle typu provozu a způsoby dobíjení. V závěru této kapitoly je uveden přehled stavu dobíjecí infrastruktury pro elektrické automobily v České republice a vybraných státech světa.

2.1 Elektrické automobily

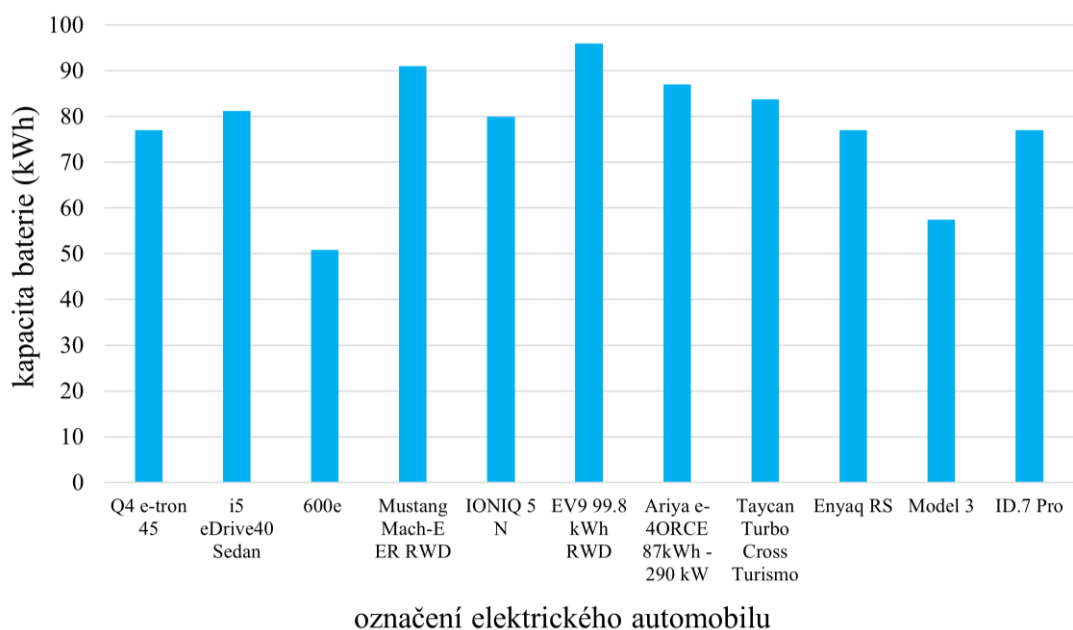
Elektrické automobily lze dělit do několika skupin dle typu provozu, jednotlivé druhy uvádí Škoda Storyboard [57].

- Prvním druhem je bateriový elektromobil (BEV), který pro svůj provoz používá pouze elektrického pohonu a baterie je dobíjena hlavně ze sítě.
- Dalším druhem je hybridní elektromobil (HEV), který má kromě elektromotoru i spalovací motor. Hybridy lze dále dělit následovně.
 - Sériový hybrid využívá spalovacího motoru k dobíjení baterie.
 - Paralelní hybrid je poháněn buď pouze spalovacím motorem nebo jen elektrickým motorem, případně kombinací obou motorů.
 - Sériový/paralelní hybrid kombinuje mezi sériovým a paralelním chodem nebo je kombinuje.
 - Micro hybrid využívá funkce Start/Stop a umožňuje rekuperaci při brzdění, což umožňuje dobít 12V akumulátor.
 - Mild hybrid využívá primárně spalovací motor, elektrický pohon využívá pro zvýšení výkonu např. při rozjezdu nebo zrychlování, přídavný akumulátor pak umožňuje větší využití rekuperované energie, což vede k úsporám paliva.
 - Full hybrid disponuje baterií, která je dobíjena jen pomocí rekuperace nebo spalovacím motorem.
 - Plug-in hybrid narozdíl od full hybridu umožňuje dobíjení baterie ze sítě.
- Třetí druh využívá palivových článků, a to hlavně vodíkových (FCEV). FCEV využívá pouze elektrický motor a baterii z většiny nahrazuje vodíková nádrž a palivové články. V palivových člancích dochází k chemické přeměně vodíku na elektrickou energii, odpadním produktem je vodní pára.

V následující tabulce 2.1 je uvedeno několik vybraných bateriových elektrických automobilů, které jsou dostupné na trhu od roku 2023.

Tabulka 2.1 Přehled parametrů vybraných elektrických automobilů [58]

| výrobce | označení | kapacita baterie (kWh) | spotřeba (Wh/km) |
|------------|------------------------------|------------------------|------------------|
| Audi | Q4 e-tron 45 | 77 | 183 |
| BMW | i5 eDrive40 Sedan | 81,2 | 171 |
| Fiat | 600e | 50,8 | 167 |
| Ford | Mustang Mach-E ER RWD | 91 | 190 |
| Hyundai | IONIQ 5 N | 80 | 208 |
| Kia | EV9 99.8 kWh RWD | 96 | 213 |
| Nissan | Ariya e-4ORCE 87kWh - 290 kW | 87 | 215 |
| Porsche | Taycan Turbo Cross Turismo | 83,7 | 197 |
| Škoda | Enyaq RS | 77 | 177 |
| Tesla | Model 3 | 57,5 | 137 |
| Volkswagen | ID.7 Pro | 77 | 162 |



Obrázek 2.1 Přehled kapacit baterií elektrických automobilů

2.2 Dobíjení elektrických automobilů

Dobíjení elektrických automobilů probíhá z elektrické sítě třemi způsoby. Možné je nabíjet ze zásuvky, z domácí dobíjecí stanice nebo z veřejné dobíjecí stanice. Dobíjení ze stanic může probíhat střídavým nebo stejnosměrným proudem, obě varianty jsou popsány níže v podkapitole 2.2.1 a 2.2.2.

2.2.1 Nabíjení střídavým proudem

Při nabíjení střídavý proud ze sítě proudí skrz nabíjecí stanici, nabíjecí kabel. Ve vozidle je zabudován AC/DC měnič, který střídavý proud mění na stejnosměrný. Stejnosměrný proud pak nabíjí baterii. Nabíjecí výkon může být až 22 kW. Výkony této velikosti jsou šetrné pro nabíjení baterie. [59]

2.2.2 Nabíjení stejnosměrným proudem

V nabíjecí stanici je měnič AC/DC, nabíjecí stanice jsou tedy z tohoto důvodu dražší než u varianty, kde k usměrnění dochází až v samotném automobilu. Nabíjení stejnosměrným proudem umožňuje přenášet větší nabíjecí výkony a to až 500 kW. Takto velké nabíjecí výkony zkracují dobu dobíjení. [59]

2.2.3 Režimy nabíjení

Společnost Phoenix Contact s. r. o. [59] uvádí 4 režimy dobíjení.

Nabíjení v první režimu představuje nabíjení střídavým proudem z domovní zásuvky, a to o maximální hodnotě 16 A. V jednofázové síti o hodnotě napětí do 250 V a u třífázové sítě maximálně 480 V. Neprobíhá žádná komunikace mezi automobilem a nabíjecím bodem.

Druhý režim se liší v hodnotě střídavého proudu, kde je hodnota až 32 A, také je využito IC-CPD, které slouží k ochraně pomocí proudového chrániče a umožňuje komunikaci, která slouží k řízení nabíjení.

V rámci režimu 3 je možné nabíjet střídavým proudem o hodnotě 63 A z nabíjecí stanice či domácí nabíječky. V obvodu je začleněn proudový chránič a mezi nabíjecím bodem a automobilem dochází ke komunikaci. Napětí sítě je opět v jednofázové síti do 250 V a v třífázové do 480 V.

V rámci režimu 4 je dobíjeno stejnosměrným proudem a jedná se o rychlonabíjení. Nabíjecí proudy dosahují až 500 A, což zapříčiňuje nutnost trvalého připevnění nabíjecího kabelu k nabíjecí stanici. Je nutné hlídání teploty kontaktů a jsou využity i další ochranné funkce jako třeba kontrola izolace.

2.3 Dobíjecí infrastruktura elektrických automobilů v České republice

S rostoucím zájmem o elektrické automobily dochází k rozvoji dobíjecí infrastruktury. V České republice je registrováno ke dni 31. 7. 2023, jak uvádí Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky [60], 2170 provozuschopných dobíjecích převážně veřejných stanic s počtem 4051 dobíjecích bodů. Což představuje výrazný posun vzhledem k počtu evidovaných dobíjecích stanic ke konci roku 2022, který činil 1364 dobíjecích stanic s počtem 2643 dobíjecích bodů.

2.4 Dobíjecí infrastruktura elektrických automobilů ve světě

V rámci světa dochází k nárůstu počtu dobíjecích bodů. Například ve Spojených státech amerických, jak uvádí kancelář Energetické účinnosti a obnovitelné energetiky Ministerstva energie Spojených států amerických [61] k prvnímu čtvrtletí roku 2023, došlo k nárůstu na 161 562 dobíjecích bodů, z nichž je přes 140 tisíc veřejných, zbylé dobíjecí body jsou soukromé.

Ve Velké Británii bylo, dle Statista [62] v červenci 2023, k dispozici celkem 44 020 dobíjecích bodů, z nichž 14 848 se nachází v obydlených ulicích. Na místech, která jsou určena k delšímu pobytu je 21 294 dobíjecích bodů. Při cestách je 3 012 dobíjecích bodů, které slouží k dobíjení během cest. Na neveřejných místech ve Velké Británii je 4 866 dobíjecích bodů.

V Německu bylo v červenci 2023, dle Statista [63], 78 918 klasických dobíjecích bodů a 18 577 rychlodobíjecích bodů.

Polsko, jak uvádí Statista [64][65], disponovalo v roce 2023 počtem 3 787 AC dobíjecích bodů a 1 282 DC dobíjecích bodů.

Na Slovensku bylo ke dni 30. 9. 2023, jak uvádí Slovenská asociace pro elektromobilitu (SEVA) [66], dostupných 1 748 veřejných dobíjecích bodů.

V Nizozemsku, jak uvádí Nizozemská podniková agentura [67], bylo k únoru 2023 veřejnosti přístupných 70 706 dobíjecích bodů, dále bylo dostupných 48 574 poloveřejných a 4 376 rychlodobíjecích bodů. Ve Francii se nacházelo, dle Statista [68], ke dni 13. května 2022 celkově 10 648 veřejných dobíjecích bodů, přičemž 7 212 dobíjecích bodů na ulici, 2 800 bodů na privátních parkovištích k veřejnému užívání, 554 bodů na veřejných parkovištích a 82 rychlodobíjecích bodů. Dále bylo k dispozici 307 dobíjecích bodů na soukromých parkovištích určených pro klienty.

Tabulka 2.2 Počet dobíjecích bodů a registrovaných BEV ve vybraných státech

| stát | dobíjecí body | | registrované BEV | | počet dobíjecích bodů na počet BEV |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|
| | počet | údaj k datu | počet | údaj k datu | |
| Česko | 4 051 [60] | 31.07.2023 | 22 500 [69] | 2023 | 0,180 |
| Francie | 10 648 [68] | 13.05.2023 | 606 000 [70] | 2022 | 0,018 |
| Německo | 97 495 [63] | 07.23 | 1 013 009 [71] | 2023 | 0,096 |
| Nizozemsko | 123 656 [67] | 02.23 | 515 838 [72] | 2022 | 0,240 |
| Polsko | 5 069 [64][65] | 2023 | 33 900 [73] | 2022 | 0,150 |
| Slovensko | 1 748 [66] | 30.09.2023 | 6 000 [74] | 2022 | 0,291 |
| Spojené státy americké | >140 000 [61] | 1. čtvrtletí 2023 | x | x | x |
| Velká Británie | 39 154 [62] | 07.2023 | 642 000 [70] | 2022 | 0,061 |

Nárůst dalších dobíjecích stanic v Evropě je předpokládán v důsledku schválení pravidel Evropským parlamentem [75] v rámci balíčku „Fit for 55 in 2030“. Z těchto schválených pravidel plyne, že by měl být k dispozici každých 60 km cesty po stěžejních silnicích v Evropě dobíjecí bazén s minimálním dobíjecím výkonem 400 kW do roku 2026 pro osobní automobily. S následným navýšením dobíjecího výkonu na 600 kW do roku 2028. Pro nákladní automobily a autobusy je uvedena vzdálenost mezi dobíjecími stanicemi 120 km. Tyto stanice by měly být instalovány na polovině hlavních tahů skrz Evropskou unii do roku 2028. Dobíjecí výkony stanic od 1400 kW do 2800 kW v závislosti na konkrétní silnici.

3. DOBÍJENÍ ELEKTRICKÝCH MIKROMOBILŮ

Elektrické mikromobily, stejně jako elektrické automobily vyžadují pro svou funkčnost dostatek elektrické energie, která je dodána do baterie během procesu dobíjení. V procesu dobíjení elektrických mikromobilů a elektrických automobilů je několik rozdílů. Rozdíly plynou z velikostí vozidel, mikromobil zabere menší prostor pro dobíjení. Dalším rozdílem je kapacita baterie, která je u mikromobilů několikanásobně menší než u automobilů, to napřímo ovlivňuje i požadavky na dodanou energii, která musí být při dobíjení elektrických automobilů větší a pro zkrácení dobíjecí doby je pro automobily požadován větší dobíjecí výkon dobíjecích stanic. Výhodu některým mikromobilům poskytuje i vyjímatelná baterie a celkově malá hmotnost některých typů a modelů elektrických mikromobilů, které je možné přenášet bez větší námahy. Menší hmotnost vozidla představuje možnost pro uživatele dobíjet mikromobil v domácnosti, což je výhodou ale zároveň i rizikem (možnost požáru viz podkapitola 5.7).

K dobíjení běžně stačí zásuvka 230 V a dobíjecí sada vhodná pro daný mikromobil. Rozměry nabíječek mikromobilů jsou menší, jelikož jsou navrženy na menší dobíjecí výkony. Lze cestovat s vlastní nabíječkou, komfortnější variantou je ale využití nabíječek, které jsou dostupné v rámci dobíjecích stanic či na místech, které jsou k dobíjení určena.

Základní rozdělení dobíjecích míst je zmíněno v následujících podkapitolách 3.1 a 3.2.

3.1 Veřejná a neveřejná dobíjecí infrastruktura

Dobíjecí místa lze rozdělit s ohledem na dostupnost pro veřejnost. Veřejná dobíjecí místa jsou přístupná všem, mohou se nacházet na odpočívadlech u cyklostezek či u sportovních areálů apod. Neveřejná dobíjecí místa jsou určena pro omezený okruh uživatelů, taková dobíjecí místa se mohou nacházet v uzavřených areálech či budovách (továrny, bytové domy atd.), které jsou dostupné například zaměstnancům či obecně obyvatelům těchto prostor. Může se jednat i o místa, kde dochází k dobíjení sdílených elektrokol či elektrokoloběžek.

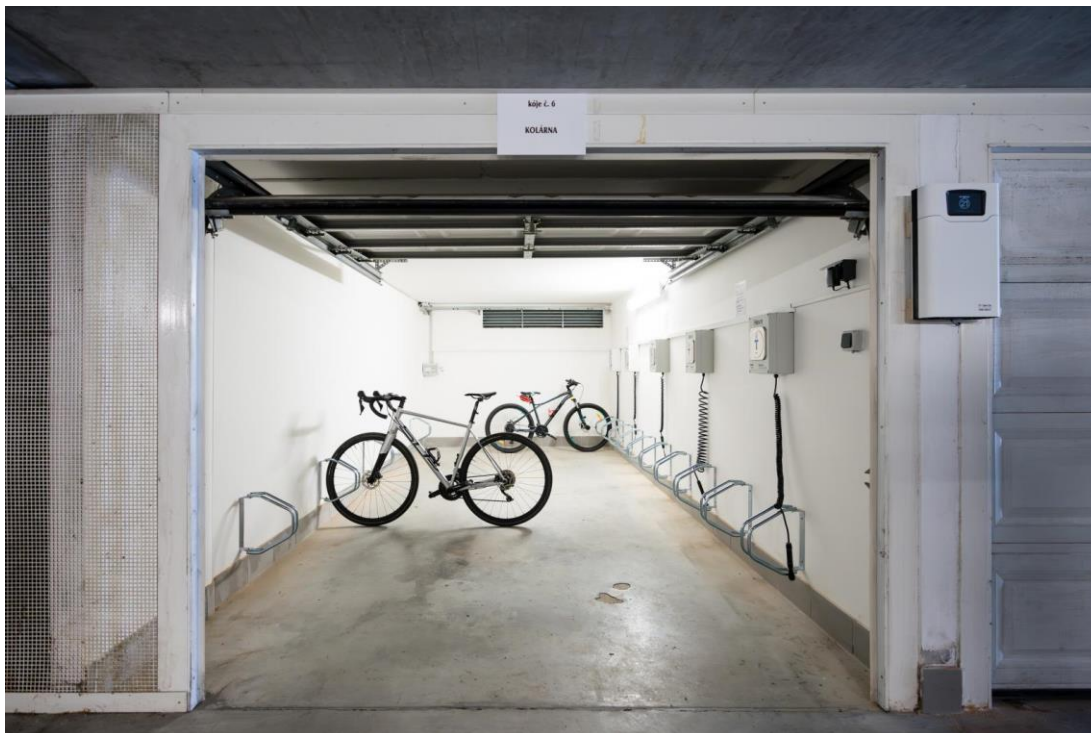
Na toto rozdělení navazuje další charakteristika, a to dělení dle způsobu krytí dobíjecího místa.

3.2 Krytá a nekrytá varianta

Další charakteristika dobíjecího místa vyplývá ze způsobu krytí.

Kryté dobíjecí místo je zabezpečeno proti povětrnostním podmínkám a zároveň umožňuje uschovat vozidlo po delší dobu díky větší ochraně majetku před možnou krádeží či vandalismem. Taková místa se mohou nacházet ve vyhrazených místnostech či prostorách budov či areálů. Příkladem bezpečného (krytého) provedení je kolárna na

Rektorátu VUT v Brně [76]. Tato kolárna disponuje 10 místy pro klasická kola a dále 5 místy pro elektrokola. Na místě je k dispozici nabíječka Bosch, Shimano, Befang, Universal C Jack 2.5 a také Universal XLR 3.



Obrázek 3.1 Příklad bezpečného rozšíření infrastruktury – kolárna, Rektorát VUT v Brně [77]

Nekryté (venkovní) dobíjecí místo se může nacházet v otevřeném prostoru, s možností uzamčení kola či obecně mikromobilu například řetězem, pokud to konstrukce mikromobilu umožňuje. Příklad nekrytého místa je uveden na obrázku 3.3.

3.3 Možnosti rozvoje dobíjecí infrastruktury

Zajistit dobíjení lze i bez budování speciálních dobíjecích míst bez větších zásahů do okolí. Takovou možnost v České republice přináší například projekt Dobiju.cz [78] a KdeNabiju.cz [79]. Tyto projekty shromažďují místa, mezi která patří zejména restaurace a kavárny umožňující svým zákazníkům dobíjení elektrických mikromobilů.

Pro kvalitnější infrastrukturu, která nemusí být omezena například místem provozovny či obsluhou, je vhodné vybudovat stanice, které jsou primárně přizpůsobené svému hlavnímu účelu – dobíjení.

Rozvoj infrastruktury je možný několika způsoby, přičemž každý má své výhody i nevýhody. Vybrané způsoby rozvoje jsou vyjmenovány v následujících podkapitolách 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 a 3.3.4.

3.3.1 Klasická nástěnná varianta

Tato varianta rozvoje je omezena pouze přívodním kabelem a potřebou nosné zdi domu či podobné alternativy. Tento typ stanic nabízí například firma Powerbox.one.



Obrázek 3.2 Powerbox 4P [80]



Obrázek 3.3 Powerbox v praxi [81]

3.3.2 Synergie dobíjení mikromobilů s dobíjením elektrických automobilů

Možnost dobíjet mikromobily pomocí instalovaných dobíjecích stanic pro elektrické automobily byla využita například ve státě Oregon v USA, jak uvádí Ministerstvo dopravy USA [82]. V tomto státě bylo doplněno 44 dobíjecích stanic pro automobily o zásuvku 110 V, která umožňuje bezplatné dobíjení mikromobilů, primárně zdroj zmiňuje elektrická kola.



Obrázek 3.4 Zásuvka v rámci dobíjecí stanice elektrických automobilů [83]

3.3.3 Synergie dobíjení mikromobilů s infrastrukturou veřejného osvětlení

Elektrické automobily je možné dobíjet pomocí nabíječek, které jsou zabudovány nebo přidruženy k vybraným lampám veřejného osvětlení. Například v Praze se budou, jak uvádí tisková zpráva Magistrátu hlavního města Prahy [84], instalovat v rámci modernizace infrastruktury veřejného osvětlení EV-ready lampy. Tyto lampy budou do budoucna připraveny na osazení dobíjecí stanic pro automobily. Využití u automobilů je však omezeno většími rozměry vozidla, tedy pro dobíjení automobilů u lamp veřejného osvětlení může vzniknout problém s parkovací plochou. Využití pro dobíjení mikromobilů by mohlo být kvůli menším rozměrům vozidel přijatelnější.



Obrázek 3.5 Dobíjení elektrických automobilů pomocí infrastruktury veřejného osvětlení [85]

3.3.4 Dobíjecí stanice včetně zdroje elektrické energie

Takové stanice nabízí například firma LEDEOS. Tato firma, jak uvádí na svých stránkách [86], nabízí multifunkční stojany, které lze využít i pro dobíjení mikromobilů. Stojany nevyžadují připojení k elektrické síti. Energie potřebná k dobíjení pochází ze solární energie. Stojany disponují baterií. Firma nabízí různá provedení stojanů na přání zákazníka. Příklad stojanu je uveden na obrázku 3.6.



Obrázek 3.6 Solární multifunkční stanice firmy LEDEOS v obci Horní Bečva [87]

4. ELEKTROMOBILITA A MIKROMOBILITA Z POHLEDU DOBÍJECÍ SÍTĚ

Dobíjení elektricky poháněných vozidel představuje značné výzvy. Mezi tyto výzvy patří například udržení stability sítě, stability frekvence a kvality elektrické energie. Dalším dopadem je možný vzrůst zatížení, se kterým přibývá nároků při dimenzování přírodních vodičů. Na druhou stranu připojení vozidel k síti nabízí možnosti, které lze využít při implementaci chytrého dobíjení, které je popsáno v podkapitole 4.3.

4.1 Vliv dobíjení elektromobilů na dobíjecí síť

V následujících podkapitolách jsou představeny aspekty, na které je nutné brát ohled v souvislosti se zvyšujícím se počtem elektrických vozidel.

Aspekty 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 popisuje práce s názvem: „*A critical review of the effect of light duty electric vehicle charging on the power grid*“ [88].

4.1.1 Stabilita sítě

Dobíjení elektromobilů představuje nelineární zátěž, která spotřebovává velké množství elektrické energie v krátkém čase. Tento energetický výdej může narušit stabilitu sítě. Stabilita sítě představuje schopnost dosáhnout ustáleného stavu sítě po narušení rovnováhy sítě.

4.1.2 Frekvenční stabilita

Odchylka od jmenovité frekvence je způsobena nerovností mezi výrobou a poptávkou elektrické energie. S vyšším počtem elektrických vozidel přichází vyšší poptávka po elektrické energii a tím dochází k snížení frekvence.

4.1.3 Kvalita elektrické energie

Připojení dobíjecích stanic do elektrické sítě zapříčiňuje vznik vyšších harmonických složek, které způsobuje spínání součástí výkonové elektroniky, které jsou použity pro funkčnost dobíjecí stanice. Vznik harmonických složek se vyjadřuje ve zkreslení THD.

Dalším parametrem kvality elektrické energie je kvalita napětí. Velikost příkonu dobíjecích stanic ovlivňuje úbytky napětí. Vodiče musí být dimenzovány tak, aby tento požadovaný příkon nezpůsobil u koncových odběratelů sítě větší úbytek napětí než stanovuje limit.

Dále hrozí nerovnoměrné zatížení fází, což je způsobeno dobíjením pomocí jednofázových AC dobíjecích stanic.

4.1.4 Vliv na spotřebu elektrické energie

Jak uvádí ENTSO-E [89], je předpoklad, že do roku 2030 bude spotřeba elektrická energie pro provoz elektrických vozidel dosahovat přibližně 550 TWh. Z čehož se předpokládá pro provoz lehkých užitkových vozidel (včetně osobních vozidel) téměř 70 %, dvoukolová/tříkolová vozidla 15 %, autobusy 13 %, a nákladní automobily 4 %. To představuje 1-6 % z celkové spotřeby elektrické energie a to dle lokace v rámci světa a konkrétního scénáře. Jak udává ENTSO-E [89], Energetická agentura (IEA) představila 2 scénáře.

- STEPS - scénář stanovených zásad (Stated Policies Scenario), který představuje účinek politických opatření (vydaných či oznámených). Tento scénář předpokládá 140 milionů elektrických vozidel celosvětově do roku 2030 (v roce 2019 bylo celosvětově přibližně 8 milionů elektrických vozidel). V roce 2030 předpokládá 25 milionů prodaných elektrických automobilů v rámci Evropy, což má být 16 % ze všech prodaných vozidel. Větším trhem s elektrickými vozidly má disponovat pouze Čína.
- SDS - scénář udržitelného rozvoje (Sustainable Development Scenario), je striktnější. Cílem je udržet oteplení globální teploty nižší než 1,7 – 1,8 °C. Předpokládá, že v rámci Evropy bude skoro polovina prodaných lehkých užitkových vozidel, autobusů a nákladních vozidel v roce 2030 poháněna elektricky.

Nárůst spotřeby pro provoz elektrických vozidel na 1 - 6 % z celkové spotřeby elektrické energie, by neměl znamenat nedostatek elektrické energie, jelikož se předpokládá postupné zvyšování energetické účinnosti v zemích vyspělých ekonomik. Problém by nárůst počtu elektromobilů způsobil hlavně v rozvojových ekonomikách, kde spotřeba poroste i v rámci ostatních sektorů vyžadujících elektrickou energii.

4.2 Vliv způsobu dobíjení na úpravu dobíjecí sítě

ENTSO-E [89] představuje možné dopady vlivem konkrétního způsobu dobíjení elektrických automobilů:

4.2.1 Pomalé AC dobíjení (rozvod nízkého napětí, střední až dlouhá doba dobíjení)

Pomalé AC dobíjení, v rámci sítě nízkého napětí, probíhá na ulici či jiných veřejných místech nebo v rámci domova, hotelu atd. Tento způsob dobíjení může způsobit nutnost náhrady stávajících transformátorů nízkého a vysokého napětí, a dále výměny vedení nízkého, případně i vysokého napětí.

4.2.2 Rychlé a ultrarychlé DC dobíjení (rozvod vysokého napětí, krátká doba dobíjení)

Představuje rychlé nabíjecí stanice (50-150 kW) u existujících čerpacích stanic nebo městské hyper rychlé dobíjecí stanice (150-350 kW) na nových místech. Tento způsob může vyžadovat vybudování nové jednoúčelové rozvodny vysokého napětí. Je možná nutnost výměny linek vysokého napětí a některých transformátorů vysokého a nízkého napětí.

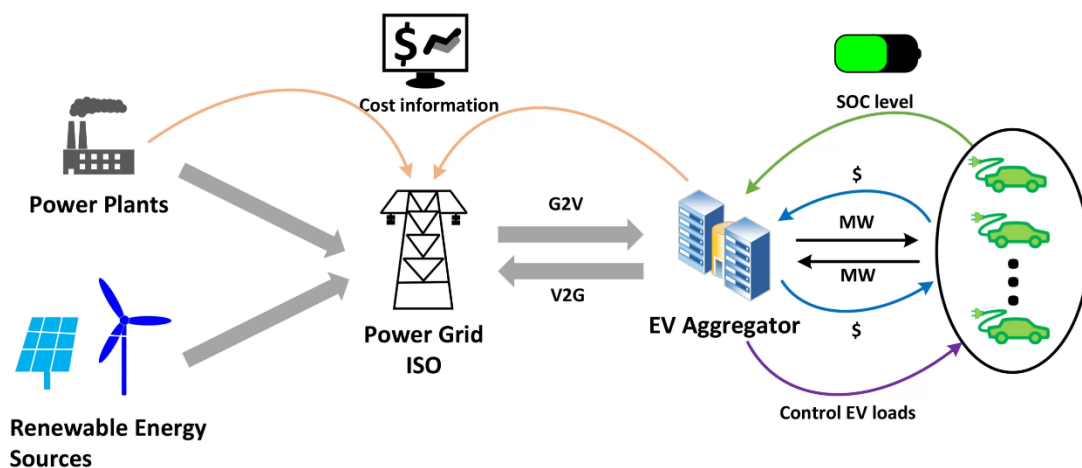
4.2.3 Hromadné ultrarychlé dobíjecí DC stanice (rozvod velmi vysokého napětí, krátká doba dobíjení při velké soudobosti)

Dobíjecí stanice okolo dálnic – hyper rychlé dobíjecí stanice (150-350 kW) v nových jednoúčelových místech pro automobily a nákladní vozidla. Tento způsob dobíjení vyžaduje nové rozvodné stanice, které mohou být umístěny blízko linkám vysokého napětí a lze tak ušetřit při budování přívodního vedení velmi vysokého napětí.

4.3 Chytré dobíjení

Problematikou chytrého dobíjení se zabývá práce s názvem „*A comprehensive review on electric vehicles smart charging: Solutions, strategies, technologies, and challenges*“ [90]. Cílem chytrého dobíjení elektromobilů je umožnit dobíjení a zároveň minimalizovat negativní dopady spojené s dobíjením, které ovlivňují elektrizační soustavu. Například zátěž elektrizační soustavy v noci, kdy je dobíjeno nejvíce elektromobilů.

Pro správnou činnost chytrého dobíjení, je nutné využití tzv Vehicle to grid (V2G) a Grid to vehicle (G2V). Při V2G dochází k dodávání energie z baterie vozidla do sítě a v rámci G2V je ze sítě naopak dobíjeno vozidlo. Lze tak dobíjet elektromobil, když je v rámci sítě dostatek energie a případně energii síti dodávat v čase, kdy je po elektrické energii vysoká poptávka. Celý proces řízení koordinuje agregátor, který zohledňuje odlišné způsoby chování řidičů, úroveň nabití baterií elektromobilů. Dále agregátor zohledňuje předpokládaný zájem vlastníků elektromobilů dobíjet vozidla hlavně v noci. Agregátor například může určit čas v průběhu noci, kdy bude elektromobil dobíjen, podle množství dostupné energie v síti tak, aby neprobíhalo dobíjení u všech elektromobilů zároveň v čase, kdy není dostatek energie. Při volbě doby, kdy bude elektromobil dobíjen, agregátor kalkuluje též s parametrem času, který je zapotřebí pro dobití baterie na takovou úroveň, kterou uživatel vyžaduje pro jízdu v následujícím dnu.



Obrázek 4.1 Přehledové schéma využití G2V a V2G [91]

Testování konceptu V2G probíhá v nizozemském městě Utrecht, kde společnost We drive solar tento koncept testuje pomocí 25 elektrických automobilů značky Hyundai, konkrétně se jedná o model IONIQ 5. Tato vozidla umožňují dvousměrný tok výkonu, tedy dobíjení baterie a dobíjení sítě z baterie. [92]

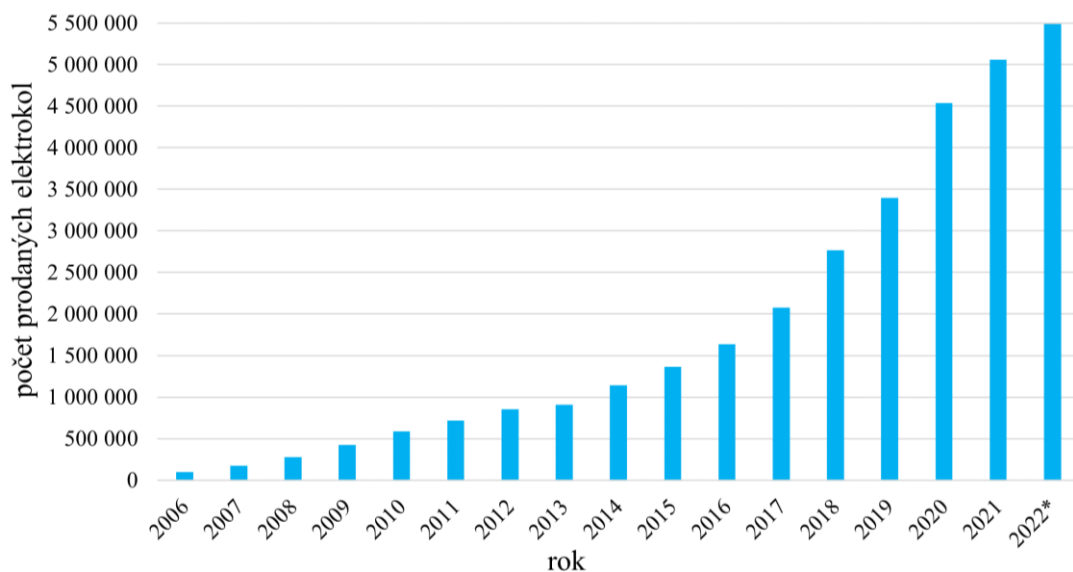
5. ANALÝZA NABÍJECÍ INFRASTRUKTURY PRO MIKROMOBILY

Analýza se primárně zaměřuje na rozvoj nabíjecí infrastruktury pro elektrokola, která patří mezi nejužívanější typy elektrických mikromobilů. Infrastruktura určená pro elektrokola může být využita i pro ostatní mikromobily, pokud bude dobíjecí místo vybaveno zásuvkou. Kromě turistů cestujících pomocí mikromobilů se může tato vybudovaná infrastruktura hodit i turistům pěším, kteří ji mohou využít například k dobíjení potřebných zařízení. Je tedy vhodné dobíjecí infrastrukturu pro mikromobily brát jako příležitost pro danou lokalitu, čehož mohou využít místní podniky.

5.1 Motivace

Značná obliba elektrokol, která umožňují pohyb osobám s menší výkonností či osobám, které chtějí ušetřit vlastní energii při dopravě, je patrná z vývoje ročních prodejů v rámci zemí Evropské unie viz obrázek 5.1.

Prodej elektrokol v zemích EU (EU-28) v letech 2006 až 2022



Obrázek 5.1 Prodej elektrokol v zemích EU (EU-28) v letech 2006 až 2022 [93][94]

*včetně prodejů ve Velké Británii

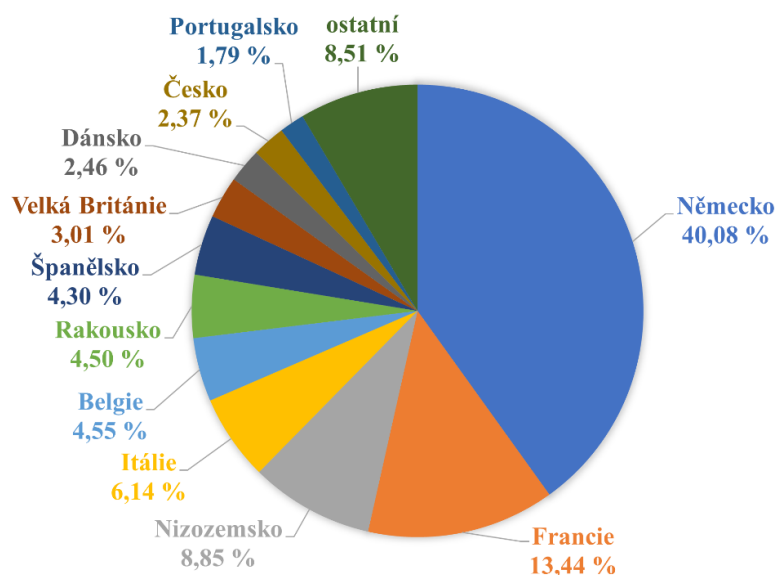
Ekolo.cz [95] uvádí životnost baterie elektrokola zhruba 5-8 let. Za předpokladu modelové situace, kdy dojde k výměně elektrokola každých 5 let společně s baterií a předpokladu, že byl za rok 2023 prodán stejný počet elektrokol jako za rok 2022, pak je

v Evropě k dispozici cca 24 milionů elektrokol, což představuje značný potenciál pro zkoumání stavu dobíjecí infrastruktury.

Tabulka 5.1 Počet prodaných elektrokol za rok 2022 v jednotlivých státech Evropy [94]

| stát | počet prodaných elektrokol | stát | počet prodaných elektrokol |
|----------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| Německo | 2 200 000 | Slovensko | 73 000 |
| Francie | 738 000 | Rumunsko | 30 000 |
| Nizozemsko | 486 000 | Slovinsko | 24 000 |
| Itálie | 337 000 | Maďarsko | 21 000 |
| Belgie | 250 000 | Irsko | 10 000 |
| Rakousko | 247 000 | Chorvatsko | 10 000 |
| Španělsko | 236 000 | Bulharsko | 10 000 |
| Velká Británie | 165 000 | Lucembursko | 7 000 |
| Dánsko | 135 000 | Lotyšsko | 6 000 |
| Česko | 130 000 | Řecko | 5 000 |
| Portugalsko | 98 000 | Litva | 5 000 |
| Švédsko | 90 000 | Estonsko | 5 000 |
| Polsko | 85 000 | Malta | 1 000 |
| Finsko | 85 000 | Kypr | 200 |

Procentní zastoupení jednotlivých států Evropy (EU + Velká Británie) na prodeji elektrokol za rok 2022 je vyjádřeno na Obrázku 5.2. Kategorie „ostatní“ na obrázku 5.2 zahrnuje státy, ve kterých byl prodej za rok 2022 menší, než v Portugalsku (tabulka 5.1.).



Obrázek 5.2 Podíly jednotlivých států Evropy na celkovém prodeji elektrokol za rok 2022 [94]

5.2 Dojezd elektrokol

Dojezd je významným parametrem pro volbu vzdálenosti mezi nabíjecími místy. Jak uvádí prodejce elektrokol Ekolo.cz [95], dojezd elektrokol závisí na několika faktorech. Důležitým faktorem je hmotnost jezdce, zvolený terén (typ povrchu, výškový profil) a volba stupně dopomoci pomocí elektromotoru. Dojezd je dále ovlivněn stářím baterie a teplotou okolí.

Ekolo.cz zmiňuje kapacitu baterií moderních elektrokol v rozsahu 500-900 Wh (rozsah potvrzuje i výběr elektrokol viz tabulka 1.5) s teoretickým dojezdem 50-150 km. Při volbě náročnějšího terénu a při vyšší hmotnosti jezdce dochází ke zkrácení dojezdu stejných elektrokol, dle Ekola.cz, na 30-50 km.

Ač má stanovení dojezdu elektrokola mnoho proměnných, tak pro přiblížení reálných dojezdů firma Bosch vydala simulátor dojezdu [96], který udává přibližný dojezd za zvolených podmínek. V tabulce 5.2 je uveden dojezd při různých jízdních režimech (režim ovlivňuje námahu, kterou jezdec musí vyvinout). V tabulce jsou uvedeny 4 případy, které mají společné základní nastavení. Základní nastavení obsahuje váhu jezdce včetně kola (120 kg), kadenci (60 ot./min), roční období (léto), povětrnostní podmínky (lehký vánek), typ kola (MTB), typ dezénu pneumatik (MTB – cross country), typ systému (Smart systém), typ motoru (Performance Line), typ baterie (PowerPack 545 Frame, tedy 545 Wh), systém řazení (přehazovačka), rychlost (25 km/h) a tzv. spouštění, která definuje nutnost zastavování na trase, například na semaforech atd. (zvolena střední hodnota tohoto parametru). V této simulaci, viz výsledky v tabulce 5.2, je upřena pozornost na změnu dojezdu při změně terénu a povrchu cesty.

Tabulka 5.2 Simulace dojezdu elektrokola s komponenty firmy Bosch [96]

| specifikace | | | dojezd elektrokola (km) při určitém režimu | | | | | | |
|-------------|--------|-------------------------------|--|------|-------|------|-------|------|-------|
| | | | ECO | TOUR | TOUR+ | AUTO | SPORT | eMTB | TURBO |
| 1 | terén | občasná stoupání | 122 | 80 | 79 | 76 | 66 | 70 | 61 |
| | povrch | většinou dobrý asfalt | | | | | | | |
| 2 | terén | občasná stoupání | 86 | 56 | 55 | 51 | 46 | 48 | 42 |
| | povrch | lesní prostředí a polní cesty | | | | | | | |
| 3 | terén | kopcovitý | 102 | 66 | 58 | 60 | 54 | 54 | 49 |
| | povrch | většinou dobrý asfalt | | | | | | | |
| 4 | terén | kopcovitý | 53 | 33 | 29 | 28 | 27 | 27 | 24 |
| | povrch | měkké lesní cesty | | | | | | | |

5.3 Charakteristika nabíjení mikromobilu

Nabíjení je proces o určitém časovém úseku, který je nutné brát v potaz při cestování. Potřeba nabíjení vede k nutnému plánování tras pro bezproblémové dobití.

Pro návrh dobíjecí infrastruktury je důležitým aspektem údaj o době dobití baterie, kterému se nelze vyhnout pro návrh infrastruktury o určité kvalitě. Dalším podstatným aspektem je dojezd vozidla. Tyto a další aspekty budou, konkrétně pro elektrokola, uvedeny v následujících podkapitolách.

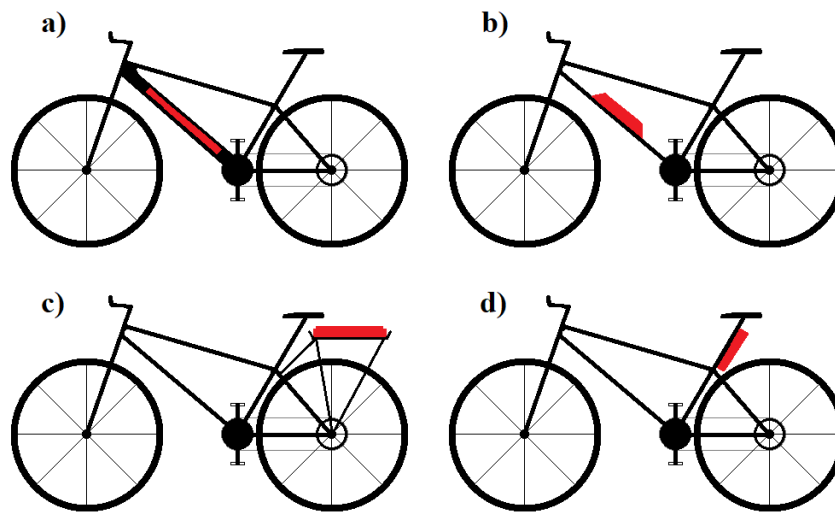
5.4 Typy baterií a nabíječek elektrokol

Základní rozdělení elektrokol lze brát z pohledu umístění baterie v konstrukci kola. Kapacita baterie je závislá na velikosti baterie. Velikost baterie je závislá na volbě umístění baterie v rámci konstrukce elektrokola.

Baterie může být, dle webových stránek Ecyklista [97]:

- a) plně integrovaná ve spodní trubce rámu,
- b) umístěna na spodní trubce rámu,
- c) umístěna na zadním nosiči,
- d) umístěna za sedlovou trubkou.

Vyjmenované způsoby umístění baterie a), b), c) a d) jsou vyobrazeny v obrázku 5.3.



Obrázek 5.3 Možnosti umístění baterie elektrokola, inspirováno [97]

Dalším kritériem je výrobce baterie, který má pro své baterie určené konkrétní nabíječky. Volba typu nabíječky je důležitým předpokladem pro budování nové stanice.

V následujících podkapitolách jsou uvedeny modely baterií, jejich kapacity a doba dobíjení pomocí kompatibilních nabíječek.

5.4.1 Baterie Bosch

Tabulka 5.3 Baterie Bosch, modelová řada PowerPack [98]

| modelová řada | | PowerPack | | | | | |
|------------------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| model | | 400 | 400 | 500 | 545 | 725 | 800 |
| umístění | | na rámu | na nosiči | na nosiči | na rámu | na rámu | na rámu |
| napětí (V) | | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| kapacita | (Ah) | 11,1 | 10,8 | 13,6 | 14,4 | 19,2 | 22,2 |
| | (Wh) | 400 | 400 | 500 | 545 | 725 | 800 |
| váha (kg) | | 2,2 | 2,7 | 2,8 | 3 | 3,8 | 3,9 |
| doba nabití na 50 % (hodin) | nabíječka 2 A | 2,8 | 2,8 | 3,6 | 3,8 | 5,3 | 5,7 |
| | nabíječka 4 A | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 2,3 | 2,6 |
| doba nabití na 100 % (hodin) | nabíječka 2 A | 6 | 6 | 7,3 | 7,7 | 11 | 12,4 |
| | nabíječka 4 A | 3,5 | 3,5 | 4,5 | 4,9 | 6 | 6,9 |

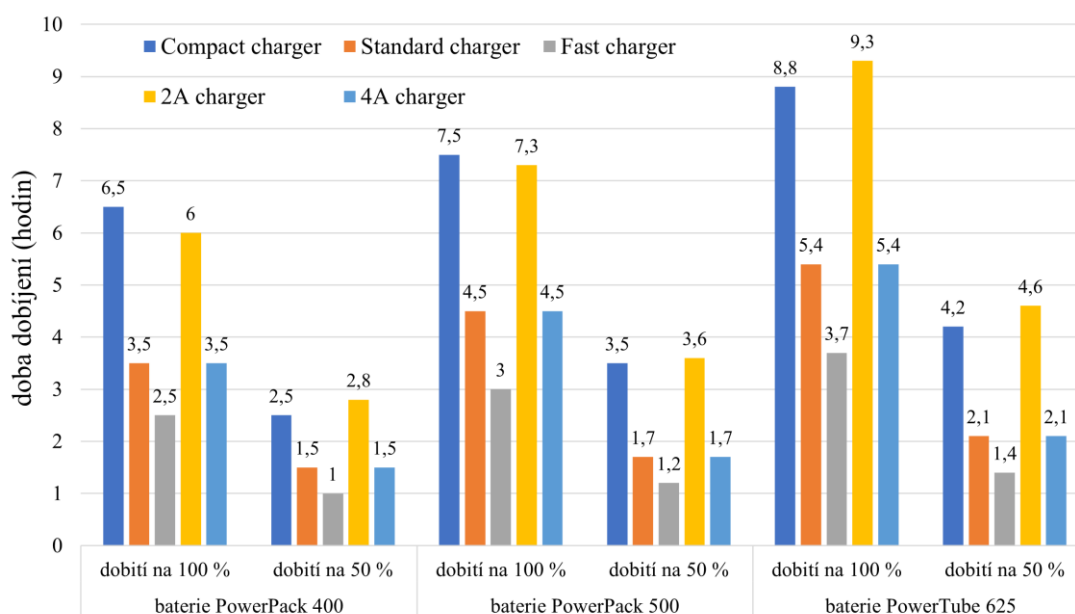
Tabulka 5.4 Baterie Bosch, modelová řada PowerTube [98]

| modelová řada | | PowerTube | | | |
|------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
| model | | CompactTube 400 | 500 | 625 | 750 |
| umístění | | v rámu (horizontálně/ vertikálně) | v rámu (horizontálně/ vertikálně) | v rámu (horizontálně/ vertikálně) | v rámu (horizontálně/ vertikálně) |
| napětí (V) | | 36 | 36 | 36 | 36 |
| kapacita | (Ah) | 11,1 | 13,4 | 16,7 | 20,1 |
| | (Wh) | 400 | 500 | 625 | 750 |
| váha (kg) | | 2 | 3 | 3,65 | 4,3 |
| doba nabití na 50 % (hodin) | nabíječka 2 A | 2,8 | 3,6 | 4,6 | 5,3 |
| | nabíječka 4 A | 1,5 | 1,7 | 2,1 | 2,3 |
| doba nabití na 100 % (hodin) | nabíječka 2 A | 6 | 7,3 | 9,3 | 11 |
| | nabíječka 4 A | 3,5 | 4,5 | 5,4 | 6 |

5.4.2 Nabíječky Bosch

Tabulka 5.5 Nabíječky Bosch [99]

| výrobce | | BOSCH | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------|------------|------------|
| označení | | Compact charger | Standard charger | Fast charger | 2A charger | 4A charger |
| vstupní AC napětí (V) | | 100 - 240 | 220 - 240 | 220 - 240 | 220 - 240 | 220 - 240 |
| maximální výstupní DC proud (A) | | 2 | 4 | 6 | 2 | 4 |
| baterie PowerPack 400 (400 Wh) | čas dobítí na 100 % (hodin) | 6,5 | 3,5 | 2,5 | 6 | 3,5 |
| | čas dobítí na 50 % (hodin) | 2,5 | 1,5 | 1 | 2,8 | 1,5 |
| baterie PowerPack 500 (500 Wh) | čas dobítí na 100 % (hodin) | 7,5 | 4,5 | 3 | 7,3 | 4,5 |
| | čas dobítí na 50 % (hodin) | 3,5 | 1,7 | 1,2 | 3,6 | 1,7 |
| Baterie PowerTube 625 (625 Wh) | čas dobítí na 100 % (hodin) | 8,8 | 5,4 | 3,7 | 9,3 | 5,4 |
| | čas dobítí na 50 % (hodin) | 4,2 | 2,1 | 1,4 | 4,6 | 2,1 |



Obrázek 5.4 Doba dobíjení – nabíječky Bosch

5.4.3 Baterie Bafang

Tabulka 5.6 Baterie Bafang, modelová řada Racktype

| modelová řada | | Racktype | | |
|------------------------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| model | | BT C01.750.UC [100] | BT C01.623.UC [101] | BT C01.498.UC [102] |
| umístění | | zadní nosič | zadní nosič | zadní nosič |
| napětí (V) | | 43 | 43 | 43 |
| kapacita | (Ah) | 17,5 | 14,5 | 11,6 |
| | (Wh) | 750 | 623 | 498 |
| váha (kg) | | 4 | 4 | 3,5 |
| doba nabití na 100 % (hodin) | nabíječka 2 A | 10 | 8,5 | 6,8 |
| | nabíječka 3 A | 6,5 | 5,5 | 5 |

Tabulka 5.7 Baterie Bafang, modelová řada Intube

| model | umístění | napětí | kapacita | | váha (kg) | doba dobítí na 100 % (hodin) | |
|----------------------|-------------------|--------|----------|------|-----------|------------------------------|---------------|
| | | (V) | (Ah) | (Wh) | | nabíječka 2 A | nabíječka 3 A |
| BT F311.840.0 [103] | úplně integrovaná | 48 | 17,5 | 840 | 4,3 | - | 7 |
| BT F120.D720 [104] | úplně integrovaná | 48 | 15 | 720 | 3,8 | - | 6 |
| BT F120.B720 [105] | úplně integrovaná | 36 | 20 | 720 | 3,8 | 11 | 8 |
| BT F100.B360.C [106] | v trubce | 36 | 9,5 | 360 | 2,3 | 6 | 4,5 |
| BT F39.614.0 [107] | úplně integrovaná | 48 | 12,8 | 614 | 3,6 | - | 5,3 |
| BT F38.960.0 [108] | úplně integrovaná | 48 | 20 | 960 | 4,8 | - | 8 |
| BT F15.730.C [109] | úplně integrovaná | 36 | 20,3 | 730 | 4,5 | 11 | 8 |
| BT F15.655.C [110] | úplně integrovaná | 36 | 18,2 | 655 | 4,5 | 10 | 7 |
| BT F050.B360.C [111] | úplně integrovaná | 36 | 10 | 360 | 2,2 | 6 | 4,5 |
| BT F021.B504.C [112] | úplně integrovaná | 36 | 14 | 504 | 2,9 | - | 5,5 |
| BT F020.B504.C [113] | úplně integrovaná | 36 | 14 | 504 | 2,9 | 8 | - |
| BT F014.410.C [114] | v trubce | 43 | 9,5 | 410 | 2,6 | 6 | 4,5 |
| BT F010.D672.C [115] | úplně integrovaná | 48 | 14 | 672 | 3,8 | - | 5,7 |
| BT F010.B630.C [116] | úplně integrovaná | 36 | 17,5 | 630 | 3,6 | 10 | 7 |

Tabulka 5.8 Baterie Bafang, modelová řada Downtube

| model | umístění | napětí | kapacita | | váha | doba dobítí na 100 % (hodin) | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------|----------|------|------|------------------------------|------------------|------------------|
| | | (V) | (Ah) | (Wh) | (kg) | nabíječka 2 A | nabíječka 3 A | nabíječka 4 A |
| BT F35.620.0 [117] | polointegrovaná | 48 | 14 | 620 | 3,6 | - | 5,7 | - |
| BT F23.720.C [118] | polointegrovaná/ na trubce | 50,4 | 14,3 | 720 | 3,7 | - | - | 5 |
| BT F22.960.C [119] | polointegrovaná/ na trubce | 50,4 | 19 | 960 | 4,6 | - | - | 6 |
| BT F14.430.0 [120] | polointegrovaná | 36 | 13 | 430 | 3,5 | 7,5 | 5,5 | - |
| BT F08.600.C [121] | polointegrovaná | 43 | 14 | 600 | 3,5 | 8,5 | 5,5 | - |

5.4.4 Nabíječky Bafang

Tabulka 5.9 Nabíječky Bafang

| výrobce | BAFANG | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| označení | BC E401 [122] | BC D301 [123] | BC B301 [124] | BC B201 [125] | BC 00301 [126] | BC 00201 [127] |
| vstupní AC napětí (V) | 100 - 240 | 100 - 240 | 100 - 240 | 100 - 240 | 100 - 240 | 100 - 240 |
| výstupní DC napětí (V) | 58,8 | 54,6 | 42 | 42 | 49,2 | 49,2 |
| výstupní DC proud (A) | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |



Obrázek 5.5 Nabíječka BAFANG E401 [128]

5.4.5 Baterie Shimano

Tabulka 5.10 Baterie Shimano [129]

| model | umístění | napětí | kapacita | | váha | doba dobítí (hodin) | |
|------------|--------------------------------------|--------|----------|------|------|---------------------|-------|
| | | (V) | (Ah) | (Wh) | (kg) | 80 % | 100 % |
| BT-EN805 | integrovaná | 36 | 14 | 504 | 2,9 | 2,5 | 4 |
| BT-EN805-L | integrovaná | 36 | 14 | 504 | 3,15 | 2,5 | 4 |
| BT-EN806 | integrovaná | 36 | 17,5 | 630 | 3,7 | 3,2 | 4,8 |
| BT-EN604 | na spodní trubce rámu/trubce sedadla | 36 | 11,6 | 418 | 2,55 | 2 | 3 |
| BT-EN605 | na spodní trubce rámu/trubce sedadla | 36 | 14 | 504 | 2,6 | 2,5 | 4 |
| BT-EN606 | na spodní trubce rámu/trubce sedadla | 36 | 17,5 | 630 | 3,2 | 3,2 | 4,8 |
| BT-EN404 | na zadním nosiči | 36 | 11,6 | 418 | 2,58 | 2 | 3 |
| BT-EN405 | na zadním nosiči | 36 | 14 | 504 | 2,65 | 2,5 | 4 |
| BT-E8010 | na spodní trubce rámu | 36 | 14 | 504 | 2,6 | 2,5 | 4 |
| BT-E8014 | na spodní trubce rámu | 36 | 11,6 | 418 | 2,55 | 2 | 3 |
| BT-E8016 | externí | 36 | 17,5 | 630 | 3,2 | 3,2 | 4,8 |
| BT-E8020 | integrovaná | 36 | 14 | 504 | 3,05 | 2,5 | 4 |
| BT-E8035 | integrovaná | 36 | 14 | 504 | 2,9 | 2,5 | 4 |
| BT-E8035-L | integrovaná | 36 | 14 | 504 | 3,15 | 2,5 | 4 |
| BT-E8036 | integrovaná | 36 | 17,5 | 630 | 3,7 | 3,2 | 4,8 |
| BT-E6000 | na zadním nosiči | 36 | 11,6 | 418 | 2,58 | 2 | 3 |
| BT-E6001 | na zadním nosiči | 36 | 14 | 504 | 2,65 | 2,5 | 4 |

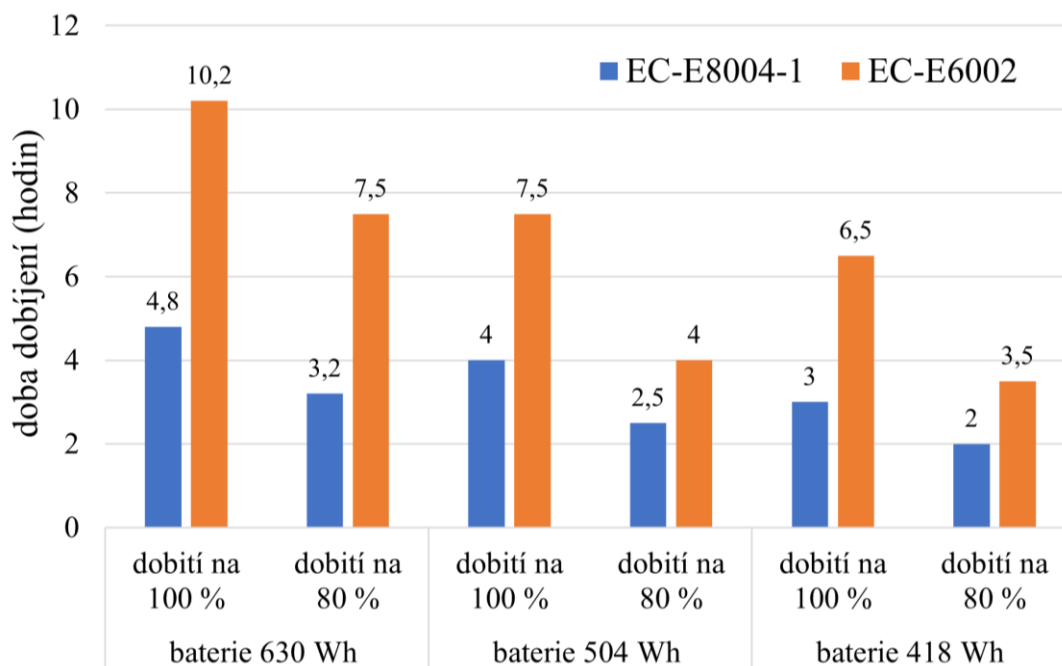
5.4.6 Nabíječky Shimano

Shimano jmenuje několik typů nabíječek [130], přičemž pro Evropu konkrétně typ s označením EC-E8004-1 a typ EC-E6002.

Tabulka 5.11 Nabíječky Shimano [130]

| výrobce | | SHIMANO | | |
|---------------------------------|----------------|-----------------|------------|------|
| označení | | EC-E8004-1 | EC-E6002 | |
| vstupní AC napětí (V) | | 100 - 240 | 100 - 240 | |
| frekvence vstupního napětí (Hz) | | 50 - 60 | 50 - 60 | |
| výstupní DC napětí (V) | | 42 | 42 | |
| výstupní DC proud (A) | | 4-4,6 | 1,8 | |
| čas dobíjení baterie (hodin) | baterie 630 Wh | dobití na 100 % | 4,8 (*5,7) | 10,2 |
| | | dobití na 80 % | 3,2 (*4) | 7,5 |
| | baterie 504 Wh | dobití na 100 % | 4 (*4,5) | 7,5 |
| | | dobití na 80 % | 2,5 (*3,2) | 4 |
| | baterie 418 Wh | dobití na 100 % | 3 (*3,5) | 6,5 |
| | | dobití na 80 % | 2 (*2,5) | 3,5 |

*údaj pro napájecí napětí 100 V



Obrázek 5.6 Doba dobíjení – nabíječky Shimano



Obrázek 5.7 Nabíječka SHIMANO EC-E8004-1[131]

5.5 Typy konektorů dobíjecích kabelů elektrokol

Typy konektorů nejsou prozatím standardizovány, tudíž existuje několik typů. Vybrané typy konektorů jsou znázorněny na obrázku 5.8. Obrázek vychází ze zdrojů [131][132][133][134][135][136][137][138].



Obrázek 5.8 Konektory nabíjecích kabelů baterií elektrokol

5.6 Rozdělení míst, dle časového úseku pro nabíjení

V předchozích kapitolách byly uvedeny dobíjecí časy vybraných baterií, které mohou výrazně ovlivnit chování uživatele. Uživatel nemusí vždy disponovat časem, který je nutný k úplnému dobití baterie. Uživatel tedy setrvává u dobíjecího místa, či na dobíjecím místě mikromobil ponechá po omezenou dobu. Na dobu, která je dostupná k dobíjení má vliv charakter lokality. Charakter lokality tedy určuje využitelnost potenciálního dobíjecího místa.

Místa (lokality) lze dělit dle časového úseku, po který je možné elektrický mikromobil ponechat na místě za účelem nabíjení.

5.6.1 Krátkodobý časový úsek

Takový časový úsek je kratší než 1 hodina. Příkladem jsou obchody či místa obecně poskytující krátkodobé služby.

5.6.2 Střednědobý časový úsek

Střednědobý časový úsek umožňuje setrvání mikromobilu na místě umožňující nabíjení v rozsahu několika hodin. Takovým místem může být kino, divadlo nebo sportoviště.

5.6.3 Dlouhodobý časový úsek

Dlouhodobý časový úsek poskytuje dobu, při které je teoreticky možno dobít baterii mikromobilu z 0 % na 100 %. Takto dlouhý časový úsek mohou poskytovat místa, která jsou určena k nabíjení v blízkosti škol, pracovišť, nádraží či místa v blízkosti bydliště uživatele. S dobou dobíjení rostou i rizika. Pro vyloučení rizik je nutné dbát na dostatečné zabezpečení před odcizením a požární bezpečnost.

5.7 Požární bezpečnost nabíjení mikromobilů

Nabíjení mikromobilu si vyžaduje nejen čas, ale i správný postup během nabíjení a provozu mikromobilu. Jelikož se jedná o elektrické zařízení, existuje riziko požáru, obzvláště během dobíjení baterie. Hasičský záchranný sbor České republiky předkládá rady [139], kterých by se uživatel měl držet, aby požáru, konkrétně elektrické koloběžky, předešel. Zmíněné rady lze uplatnit u všech mikromobilů.

Hasičský sbor [139] doporučuje nepoužívat zařízení, které má prokazatelně poškozenou baterii. Nepoužívat baterie, které jsou mechanicky poškozené či baterie, jejichž dobíjení doprovází nestandardní jevy (nafouknutá baterie, kouř, zápach, vytékající tekutina atd.). Dále je nutné zařízení využívat v rozsahu daném výrobcem (doporučená nabíječka atd.) a nevystavovat baterii nepříznivým podmínkám (teplota okolí). Podstatný je pravidelný servis, taktéž je důležité vyvarovat se neodbornému zacházení se zařízením (úpravy, opravy atd.).

5.8 Cyklotrasy

V rámci rozvoje dobíjecí infrastruktury je nutné vybrat místa, kde by bylo vhodné infrastrukturu rozšířit. Možným způsobem hledání lokalit spočívá v mapování stavu dobíjecí infrastruktury v okolí cyklotras, které představují značný potenciál k rozšíření dobíjecí infrastruktury, jelikož je předpoklad, že se jezdec bude těchto tras držet.

5.8.1 Cyklotrasy EuroVelo

Evropský projekt EuroVelo představuje 17 cyklotras, které vedou skrz evropské státy. Tyto trasy mohou využít cykloturisté ale i obyvatelé, kteří žijí v blízkosti těchto tras. Trasy, které jsou do EuroVelo zařazeny musí být schváleny Evropskou cyklistickou federací. [140]



Obrázek 5.9 Mapa cyklotras v rámci projektu EuroVelo [141]

Tabulka 5.12 Trasy v rámci projektu EuroVelo [142]

| označení trasy | název |
|----------------|-------------------------------------|
| EV1 | Cesta po pobřeží Atlantského oceánu |
| EV2 | Cesta hlavních měst |
| EV3 | Poutnická cesta |
| EV4 | Středoevropská cesta |
| EV5 | Via Romea (Francigena) |
| EV6 | Atlantik - Černé moře |
| EV7 | Sluneční cesta |
| EV8 | Středomořská cesta |
| EV9 | Balt - Jadran |
| EV10 | Cyklostezka Baltského moře |
| EV11 | Východoevropská cesta |
| EV12 | Cyklostezka Severního moře |
| EV13 | Stezka železné opony |
| EV14 | Vody střední Evropy |
| EV15 | Rýnská cyklostezka |
| EV17 | Cyklostezka Rhone |
| EV19 | Cyklotrasa Meuse |

Českou republikou vedou čtyři z těchto tras a to EV4, EV7, EV9 a EV13.



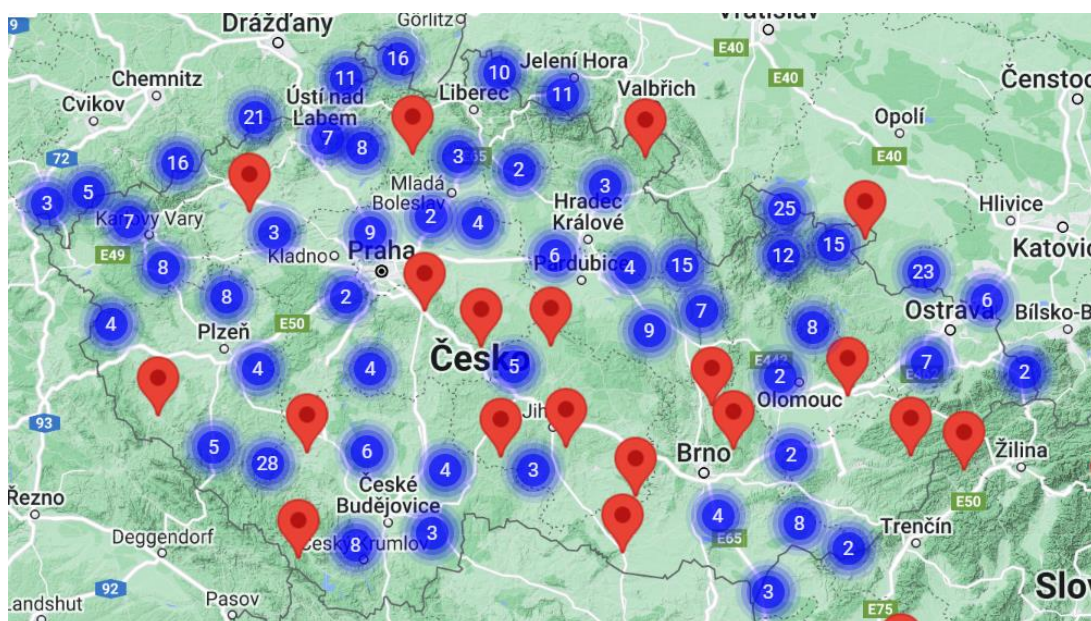
Obrázek 5.10 Mapa cyklotras EuroVelo v ČR [143]

5.9 Stav nabíjecí infrastruktury pro mikromobily v ČR

V České republice jsou dobíjecí stanice, případně též stojany dodávány převážně již zmíněnou firmou LEDEOS či firmou Powerbox s.r.o.

Firma Powerbox s.r.o. na svých stránkách jmenuje místa [144], na kterých jsou instalovány dobíjecí stanice jejich výroby. V rámci České republiky je instalováno 400 stanic značky Powerbox.

Firma LEDEOS, jak je patrné z webových stránek firmy [145], v České republice zprovoznila 132 dobíjecích míst.

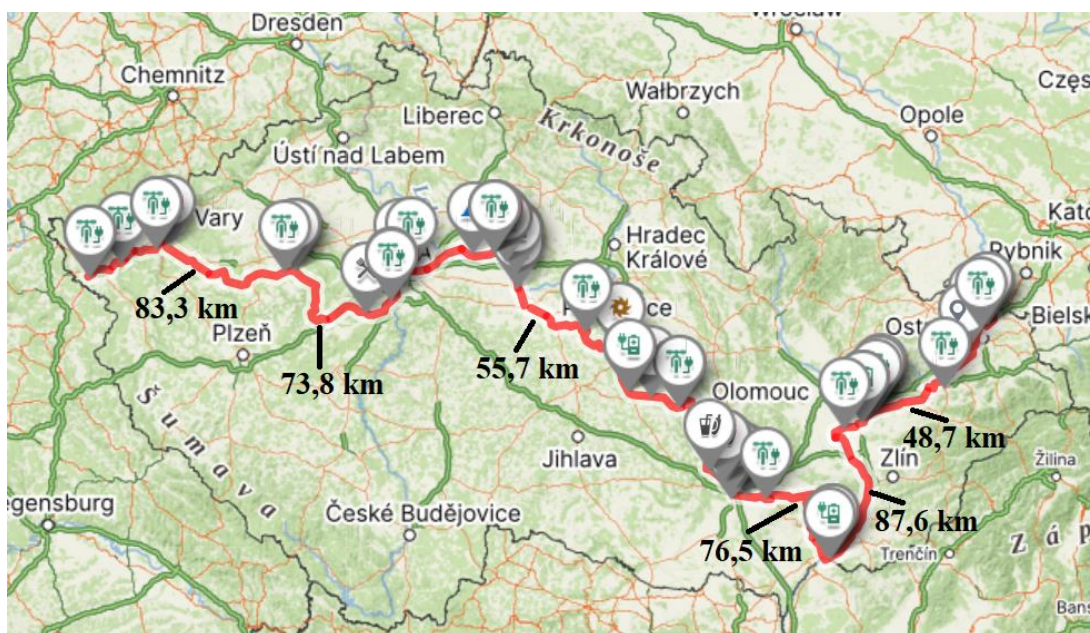


Obrázek 5.11 Rozložení nabíjecích stanic firmy Powerbox s.r.o. v České republice [144]

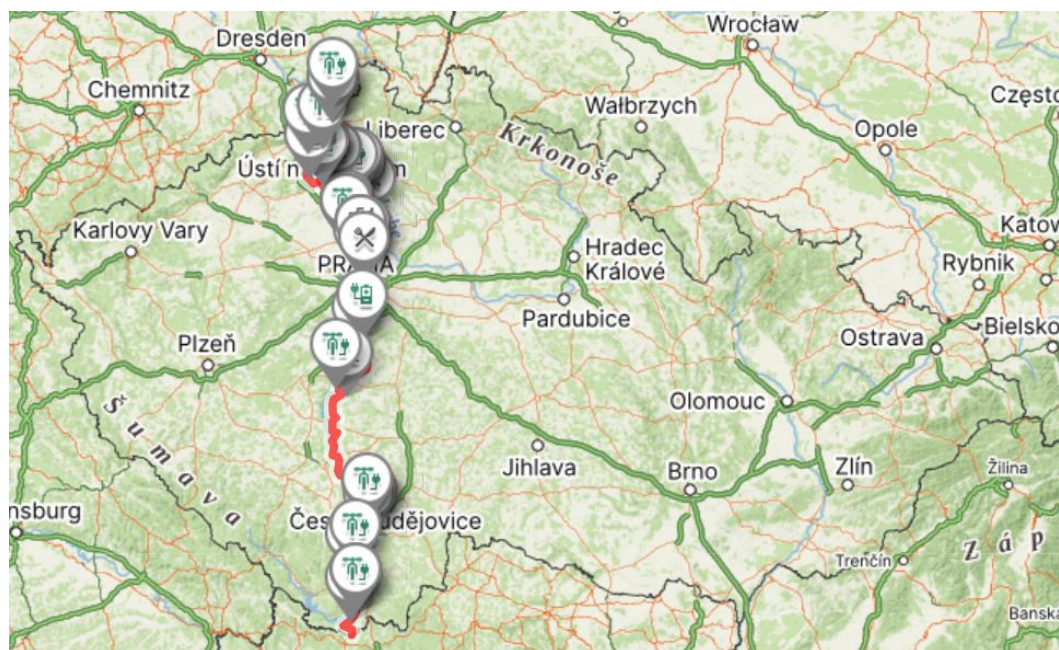
5.9.1 Rozložení nabíjecích míst při cyklotrasách EuroVelo na území ČR

Uvedené stanice jsou umístěny v blízkosti tras. V mapách níže jsou uvedeny stanice, které jsou zaneseny v mapách Mapy.cz, dále jsou uvedena místa (například kavárny, hotely), která jsou registrována v projektu Dobiju.cz [78] nebo KdeNabiju.cz [79]. Na některých místech v rámci projektu Dobiju.cz a KdeNabiju.cz je dobíjení limitováno například minimální útratou v daném podniku a otevírací dobou.

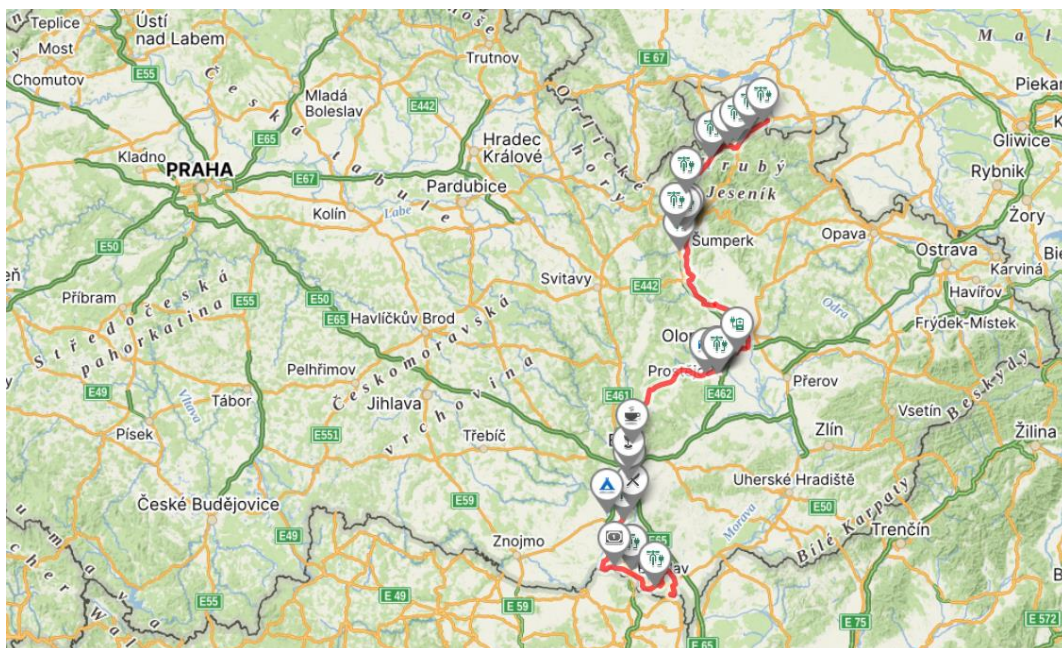
V obrázku 5.12 jsou uvedeny nejdelší vzdálenosti mezi dvěma nabíjecími místy.



Obrázek 5.12 Cyklotrasa EV4 na území ČR a dobíjecí místa v její blízkosti [146][149][78][79]



Obrázek 5.13 Cyklotrasa EV7 na území ČR a dobíjecí místa v její blízkosti [147][149][78][79]



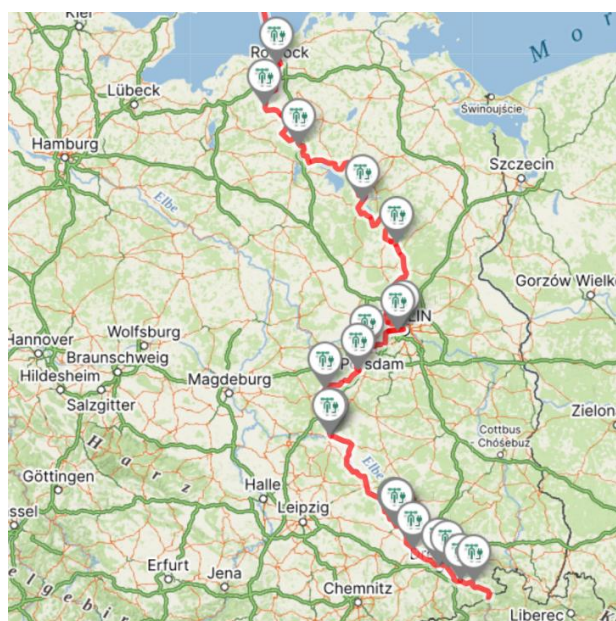
Obrázek 5.14 Cyklotrasa EV9 na území ČR a dobíjecí místa v její blízkosti [148][149][78][79]

5.10 Stav nabíjecí infrastruktury pro mikromobily ve světě

V následujících podkapitolách je vyobrazena četnost nabíjecích míst ve vybraných částech Evropy. Mezi vybraná místa patří město Temešvár, jezero Balaton a dvě trasy EuroVelo, konkrétně EV12 na území Nizozemska a EV7 na území Německa.

5.10.1 Německo-EuroVelo 7

Část cyklotrasy EuroVelo 7, která prochází Německem, poskytuje dobíjecí infrastrukturu viz obrázek 5.15 (dle informací z Mapy.cz). Střední vzdálenost mezi dvěma nabíjecími místy je pro tuto trasu zhruba 60 km. Střední vzdálenost mezi dvěma nabíjecími místy představuje vzdálenost danou aritmetickým průměrem. Aritmetický průměr je vypočten ze dvou extrémů na dané trase, a to nejkratší a nejdelší vzdálenost mezi dvěma nabíjecími body. V tomto případě je nejdelší vzdálenost zhruba 120 km a nejkratší cca 500 m.



Obrázek 5.15 EuroVelo 7 na území Německa [149][150]

5.10.2 Nizozemsko-EuroVelo 12

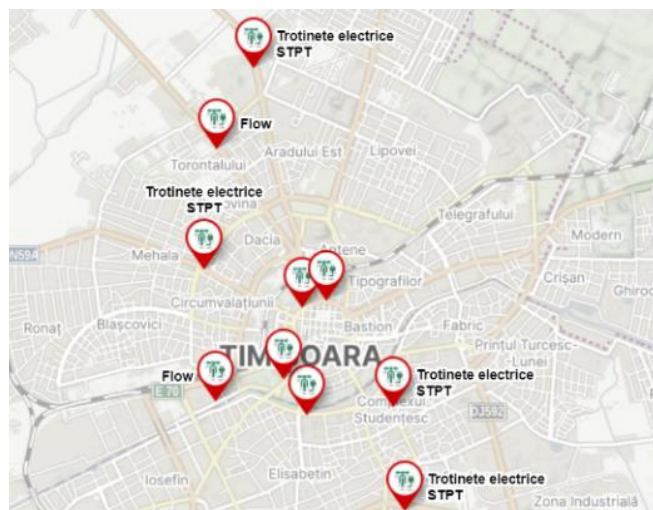
Dobíjecí místa podél nizozemské části trasy EV12, dle dostupných informací, nabízí uživatelům 2 až 10 zásuvek 230 V, které jsou určeny k dobíjení, některá místa jsou určena pouze pro hosty či zákazníky. Vzdálenost mezi jednotlivými dobíjecími body je různá, pohybuje se většinou v řádu desítek kilometrů.



Obrázek 5.16 EuroVelo 12 na území Nizozemska [149][151]

5.10.3 Rumunsko-Temešvár

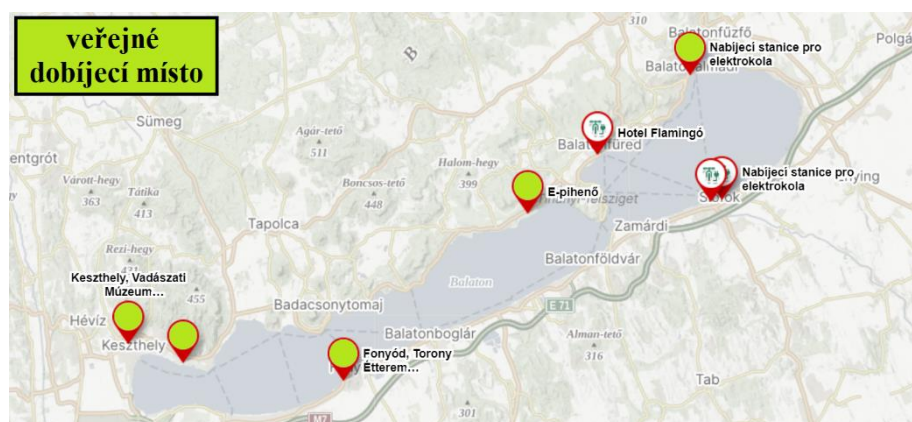
V rumunském městě Temešvár je dle dostupných informací dobíjení umožněno na 10 místech, z toho na 9 z nich bezplatně. Vzdálenost mezi vedlejšími nabíjecími body, které jsou vyznačené na obrázku 5.17, se pohybují od 350 metrů do zhruba 2,3 kilometrů.



Obrázek 5.17 Rumunsko-Temešvár [152]

5.10.4 Maďarsko-Balaton

Balaton, je turisticky významným místem v rámci Maďarska, vyobrazená nabíjecí místa jsou uvedena na Mapy.cz. V blízkosti Balatonu se nachází, dle dostupných informací 8 dobíjecích míst, ne všechny jsou ale veřejné. Dle dostupných informací je veřejné a bezplatné nabíjení umožněno na 5 místech (vyznačeno v mapě zeleně). Nejdelší vzdálenost mezi dvěma veřejnými dobíjecími body je 85 km, nejkratší vzdálenost 8 km. V průměru je vzdálenost mezi dvěma veřejnými dobíjecími body 41 km.



Obrázek 5.18 Maďarsko-Balaton [153]

6. NÁVRH DOBÍJECÍHO MÍSTA

Následující podkapitoly vedou k návrhu dobíjecích míst pro elektrokola ve zvolené oblasti. Návrh každé nové dobíjecí stanice (dobíjecího místa) je ovlivněn konkrétní lokalitou a způsobem užití daných mikromobilů. V této práci byly vybrány potenciální dobíjecí místa v uživatelsky přívětivých lokalitách, které nabídnou uživateli možné vyžití.

6.1 Výběr lokality

Výběr lokality ovlivňuje již vybudovaná infrastruktura, její vytiženost a atraktivita daného místa. Jedním z možných přístupů, jak vyselektovat vhodnou lokalitu, je sledovat stav infrastruktury podél cyklotras viz podkapitola 5.9.

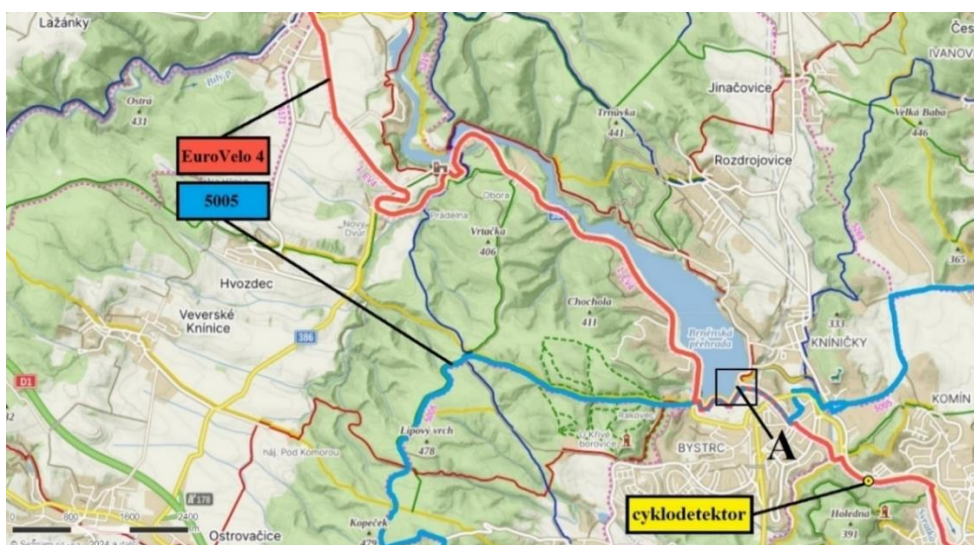
Vzhledem k faktu, že vedou přes město Brno mimo jiné i dvě cyklotrasy projektu EuroVelo (EV4, EV9), a taktéž je z dostupných informací patrné, že na těchto trasách a celkově ve městě Brně a jeho okolí dobíjecí infrastruktura chybí. Jeví se jako vhodné, zaměřit se právě na Jihomoravský kraj, konkrétně se zaměřit přímo na město Brno.

Jak bylo výše zmíněno, každé místo vykazuje určitý potenciál k budování dobíjecího místa, který je dán atraktivitou místa, tedy časem, který na místě uživatel stráví. V Brně k takovým místům mohou patřit sportoviště, rekreační oblasti, ale i centrum města včetně nádraží. Velký potenciál k budování mají též firmy o velkém počtu zaměstnanců, kteří mohou dojíždět do práce na kole.

V rámci této práce je výběr lokality zaměřen na veřejnou nekomerční dobíjecí infrastrukturu, tedy infrastrukturu, která je dostupná veřejnosti bez poplatku. Na výběr místa jsou tedy kladeny zvolené parametry:

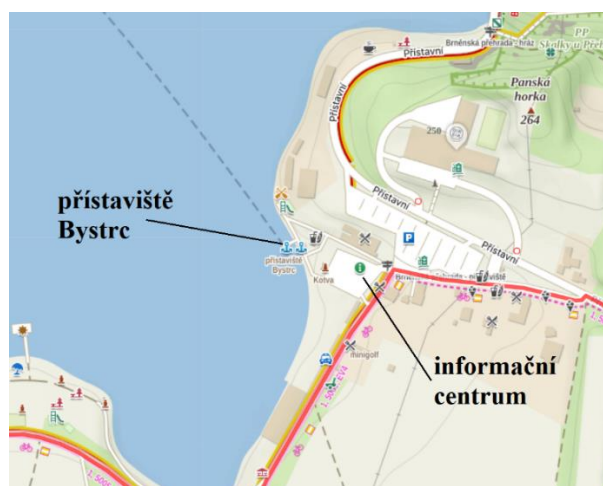
- a) dostupnost veřejnosti,
- b) značná atraktivita daného místa – zajištěné vyžití uživatele na daném místě,
- c) bezpečnost místa – ochrana před krádeží, dostatečný prostor k manipulaci atd.

Takovým místem na území Brna může být například Brněnská přehrada, která může disponovat všemi zmíněnými požadavky. Navíc kolem Brněnské přehrady vede již zmíněná cyklotrasa EuroVelo 4, a taktéž cyklotrasa číslo 5005, která vede okolo města Brna. Trasy jsou znázorněny na obrázku 6.1, taktéž je na obrázku 6.1 znázorněn vybraný sektor A, který je podrobněji vyobrazen na obrázku 6.2 a cyklodetektor, o kterém jsou bližší informace v další podkapitole 6.2.



Obrázek 6.1 Brněnská přehrada [154]

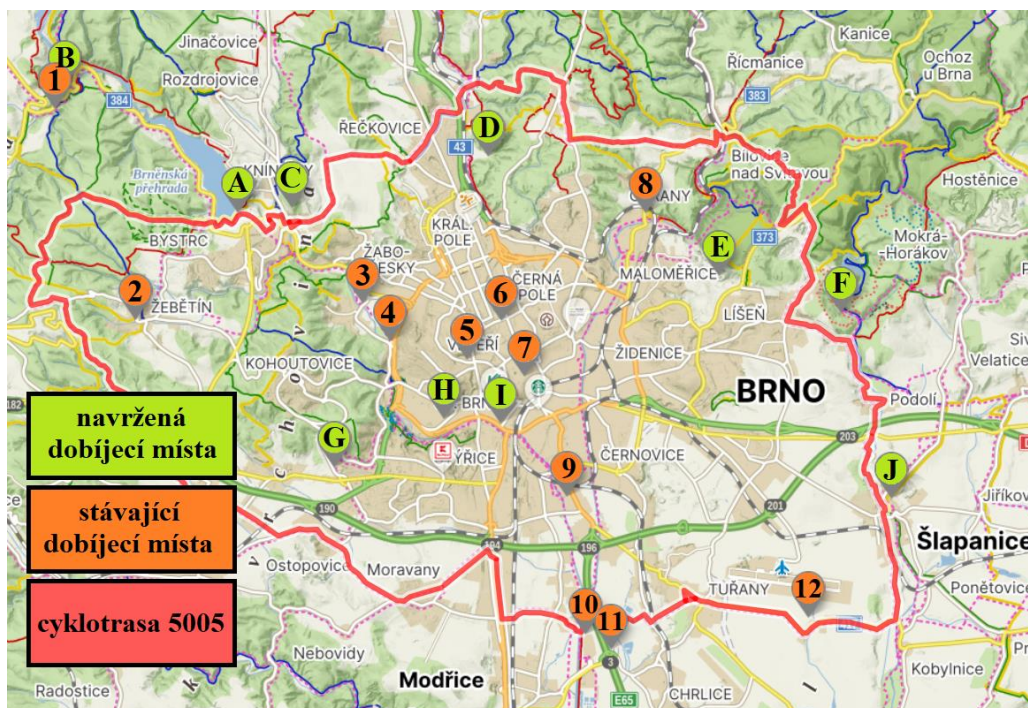
Na obrázku 6.2 je vyznačeno informační centrum a přístaviště Bystrc. Obě místa představují potenciál k umístění dobíjecího místa, či v jejich blízkosti. Tyto provozy by mohly teoreticky zajistit propůjčování dobíjecích kabelů či nabíječek. Nevýhodou je, že informační centrum je k dispozici pouze 3 měsíce v roce [155], tudíž se jeví jako vhodnější uvažování hlavně stálé budovy přístaviště Bystrc.



Obrázek 6.2 Brněnská přehrada – vybraný sektor A [156]

V návaznosti na výběr lokality v blízkosti Brněnské přehrady byly vybrány další místa v okrese Brno-město a Brno-venkov, které jsou vyobrazeny společně se stávajícími místy, na kterých je možné nabíjet, na obrázku 6.3. Popis navržených potenciálních dobíjecích míst je uveden v tabulce 6.1. Stávající body jsou z projektu Dobiju.cz [78],

výjimkou je Montenegro-pub, tento podnik je registrován v projektu Kdedobiju.cz [79]. V tabulce 6.2 je pak uvedeno možné využití a občanská vybavenost v daných lokalitách.



Obrázek 6.3 Nynější a navržená dobíjecí místa v Brně a okolí [78][79][157]

Tabulka 6.1 Stávající a navržená dobíjecí místa [78][79][157]

| stávající dobíjecí místa | | navržené lokality pro dobíjecí místa | |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| označení | popis | označení | popis |
| 1 | Stará prádelna | A | Brněnská přehrada – přístaviště Bystrc |
| 2 | Minipivovar Richard | B | Hrad Veverří |
| 3 | Café Louka | C | ZOO Brno |
| 4 | Cyklozastávka Pod Jabloní | D | Venkovní posilovna Zamilec/Discgolf |
| 5 | Restaurace Lucky Bastard | E | Cesta rákosím |
| 6 | Montenegro-pub | F | Singletrail Mariánské údolí |
| 7 | Veselá čajovna | G | Fit4all centrum |
| 8 | Kafara | H | VIDA! Science centrum |
| 9 | Komec - sportovní areál Brno Komárov | I | Winning Group Arena |
| 10 | Beach bar | J | Bazén ZŠ Šlapanice |
| 11 | Nabíjecí stanice Decathlon | | |
| 12 | Hospůdka Na Dráze | | |

6.1.1 Rozbor navrhovaných míst

Tabulka 6.2 Vyžití ve vybraných lokalitách pro umístění dobíjecího místa [157]

| označení | popis | vyžití a občanská vybavenost v okolí |
|----------|--|---|
| A | Brněnská přehrada – přístaviště Bystrc | rekreace, sportoviště, občerstvení, výlety |
| B | Hrad Veveří | historické prohlídky, občerstvení |
| C | ZOO Brno | pobyt v zoo, občerstvení |
| D | Venkovní posilovna Zamilec/Discgolf | venkovní posilovna, discgolf, dětské hřiště, studánka Jára Cimrmana, Zamilectrejls (singletrail, bikepark) |
| E | Cesta rákosím | cesta rákosím, bývalé lomy, Lamacentrum, přírodní památka Kavky, Hádecká krasová plošina |
| F | Singletrail Mariánské údolí | singletrail, bobová dráha U Mlýna, dětské hřiště, venkovní posilovna, zábavní park Eldorado |
| G | Fit4all centrum | posilovna, dětský lanový park, venkovní posilovna, tenisový kurt, softball, BMX dráha Nový Lískovec, veřejný gril Nový Lískovec |
| H | VIDA! science centrum | VIDA! science centrum, BVV - Veletrhy Brno |
| I | Winning Group Arena | Winning Group Arena, obchod BILLA, dětská hřiště, základní škola, mateřská škola, MU pedagogická fakulta |
| J | Bazén ZŠ Šlapanice | plavecký bazén, muzeum ve Šlapanicích, sportovní hala |

6.2 Vytíženost místa – počet cyklistů v lokalitě A

Tato podkapitola se zabývá odhadem vytíženosti lokality A, tedy u přístaviště Bystrc a je uvedena pro naznačení možného přístupu ke zjištění vytíženosti zvolené lokality.

Vytíženost stanice lze odhadnout dle dostupných dat z detektoru cyklistů, který se nachází na trase EuroVelo 4 zhruba 2,5 km od Brněnské přehrady. Data jsou vyhodnocena za období 8. února 2022 až 8. února 2023 a jsou uvedena v tabulce 6.3. Data jsou orientační, na sčítání cyklistů může mít vliv několik faktorů, například započítání stejného cyklisty několikrát za sebou kvůli opakujícím průjezdům. Další chyba může plynout z neúplnosti dat, jelikož může docházet k přerušení přenosu dat, což zkresluje počet průjezdů cyklistů v dané hodině. Uvedené počty cyklistů jsou v místě detektoru, což kvůli vzdálenosti od přehrady zanáší nejistotu, jelikož cyklista může zvolit jinou trasu. Nicméně tras v lokalitě není mnoho, lze tedy předpokládat, že většina sečtených cyklistů okolo přehrady, a zvoleným místem viz obrázek 6.1.

Tabulka 6.3 Počet cyklistů zaznamenaný cyklodetektozem Komín [158]

| směr | | Komín | Bystrc |
|-----------------------------|-------------------------|-------|--------|
| hodinové maximum (cyklistů) | | 248 | 265 |
| hodinový průměr | pracovní den (cyklistů) | 16 | 14 |
| | víkend (cyklistů) | 18 | 16 |

Z dat tabulky 6.3 lze odhadnout počet elektrokol, který projede za dobu jedné hodiny tímto úsekem. V rámci podkapitoly 1.2.1 byly uvedeny výsledky ankety, včetně přibližného procentního zastoupení cyklistů využívajících elektrokola z celkového počtu cyklistů. V rámci ankety bylo zjištěno 6,6% zastoupení. Pro případné snížení chyby je vhodné procentní zastoupení snížit na 6 %. Při uvažování této hodnoty zastoupení byly vypočteny počty cyklistů na elektrokolech projíždějící lokalitou vyhodnocovanou pomocí cyklodetektoru Komín (ve směru Komín a Bystrc). Vypočtený předpokládaný počet cyklistů s elektrokoly je uveden v následující tabulce 6.4. Počet elektrokol je zaokrouhlen na nejbližší celé číslo.

Tabulka 6.4 Počet cyklistů využívající elektrokola, cyklodetektor Komín

| směr | | Komín | Bystrc |
|--|--|-------|--------|
| hodinové maximum (cyklistů na elektrokolech) | | 15 | 16 |
| hodinový průměr | pracovní den (cyklistů na elektrokolech) | 1 | 1 |
| | víkend (cyklistů na elektrokolech) | 1 | 1 |

6.3 Stanovení počtu kol

Zvolený počet dostupných nabíječek a zásuvek určuje maximální počet elektrokol, který lze na místě dobíjet. Volebný počet elektrokol odpovídá již zmíněné atraktivitě místa, tedy potenciálním využitím nového dobíjecího místa.

Ve zvolené lokalitě brněnské přehrady dobíjecí infrastruktura pro elektrokola či obecně mikromobily, dle dostupných informací chybí, tudíž není možné zjistit standardní obsazenost okolních dobíjecích míst. Je tak nutné zvolit počet kol bez této informace, lze vycházet z odhadovaných dat počtů cyklistů na elektrokolech viz tabulka 6.4, též je možné přihlídnout ke standardům v jiných lokalitách, tedy standardního počtu dobíjených kol na jiných stanicích či dobíjecích místech. Firma Powerbox nabízí nabíjecí stanice pro 4-8 elektrokol, dle typu stanice. Dostupné typy stanic firmy Powerbox jsou uvedeny v tabulce 6.5.

Tabulka 6.5 Dobíjecí stanice Powerbox [159]

| typ stanice | | Powerbox 4P (verze 2023) | Powerbox 6P (verze 2023) |
|---|--------------|-----------------------------|---|
| počet zároveň dobíjených elektrokol - kabelem | | 4 | 6 |
| počet různých typů portů | Univerzální* | 2 | 3 |
| | Bosch | 1 | 2 |
| | Shimano | 1 | 1 (případně 1x Bosch smart nebo Darfon) |
| počet zásuvek 230 V (nutná vlastní nabíječka) | | 1 až 2 | 2 |
| maximální počet dobíjených elektrokol | | 5 až 6 | 8 |

*Univerzální typ portu je určen pro ostatní značky baterií, vyžaduje konkrétní kabel Powerbox

Z dostupných dat možné vytiženosti lokality a standardů jiných dobíjecích stanic se zdá jako vhodná volba šesti míst pro elektrokola.

6.4 Příkon dobíjecího místa

Příkon stanice je ovlivněn zvoleným počtem elektrokol, přičemž byl zvolen počet 6 elektrokol v předešlé podkapitole 6.3. Nyní je nutné stanovit konkrétní typy nabíječek a jejich příkony. Příkon je ovlivněn požadovaným výstupním napětím (dáno baterií) a proudem (určuje rychlost nabíjení), součin obou stejnosměrných veličin dává dobíjecí výkon. Při volbě nabíječek je vhodné použít nabíječky s vyšším dobíjecím proudem, což zkracuje dobu dobíjení viz podkapitola 5.4.

Dobíjecí stanici (dobíjecí místo) je vhodné navrhnout tak, aby bylo co nejvíce praktické. Tedy aby umožnilo dobít co nejvíce typům elektrokol. Jednou možností je vybudovat dobíjecí stanici jakou je například Powerbox (viz obrázek 3.2 a obrázek 3.3), která má vestavěné nabíječky a několik 230V zásuvek, další možností je disponovat na dobíjecím místě pouze zásuvkami 230 V s možností vypůjčení nabíječek, či použití vlastních nabíječek.

Pro stanovení orientačního příkonu dobíjecího místa byly zvoleny následující nabíječky, v realitě může volbu nabíječek ovlivnit zájem uživatelů či volba majitele dobíjecího místa:

- 2x BOSCH Fast charger,
- 2x BOSCH 4A charger
- 2x SHIMANO (2x EC-E8004-1).

Příkon nabíječek BOSCH a Shimano byl vypočítán za předpokladu 80% účinnosti nabíječek. Jedná se o odhad účinnosti na základě práce „*Improving the Autonomy of a Mid-Drive Motor Electric Bicycle Based on System Efficiency Maps and Its Performance*“ [160], ve které účinnost nabíjení vyšla 85,77 %. Jelikož se ale jedná o jinou baterii a nabíječku, tak byla zvolena účinnost vybraných nabíječek pro další výpočty 80 %, pro snížení případné chyby.

Celkový příkon stanice je dán součtem příkonů všech zvolených nabíječek, v tomto případě 6, viz rovnice (6.1):

$$P = 2 \cdot P_{\text{Bosch_fast}} + 2 \cdot P_{\text{Bosch_4A}} + 2 \cdot P_{\text{EC-E8004-1}} \quad (6.1)$$

Pro výpočet rovnice (6.1) je nutné vypočítat příkon jednotlivých nabíječek, pro nabíječku Bosch Fast charger výpočet příkonu viz (6.2), pro nabíječku Bosch 4A charger viz (6.3) a pro nabíječku Shimano viz rovnice (6.4). Účinnost uvažována, jak bylo výše zmíněno, 80%. Výstupní napětí je uvažováno u všech 3 typů totožné, tedy 42 V, vychází se z dostupných dat k nabíječce Shimano a z předpokladu, že dochází k dobíjení 36V baterie, stejně jako u Shimano, tudíž bylo zvoleno 42 V i pro nabíječky Bosch.

$$P_{\text{Bosch_fast}} = I_{\text{DC_fast}} \cdot U_{\text{DC_fast}} \cdot \eta^{-1} = 6 \cdot 42 \cdot 0,8^{-1} = 315 \text{ W}, \quad (6.2)$$

$$P_{\text{Bosch_4A}} = I_{\text{DC_4A}} \cdot U_{\text{DC_4A}} \cdot \eta^{-1} = 4 \cdot 42 \cdot 0,8^{-1} = 210 \text{ W}, \quad (6.3)$$

$$P_{\text{Shimano}} = I_{\text{DC_Shimano}} \cdot U_{\text{DC_Shimano}} \cdot \eta^{-1} = 4,6 \cdot 42 \cdot 0,8^{-1} = 241,5 \text{ W}. \quad (6.4)$$

Vypočtené příkony jsou v následující tabulce 6.6.

Tabulka 6.6 Příkony zvolených nabíječek

| nabíječka | | výstupní napětí (V) | výstupní proud (A) | příkon (W) |
|-----------|------------------|---------------------|--------------------|------------|
| výrobce | označení | | | |
| BOSCH | Fast charger | 42 | 6 | 315 |
| | 4A charger | 42 | 4 | 210 |
| SHIMANO | EC-E8004-1 [130] | 42 | 4,6 | 241,5 |

Po vypočtení příkonu jednotlivých nabíječek je možné vypočítat celkový příkon dobíjecího místa:

$$P = 2 \cdot 315 + 2 \cdot 210 + 2 \cdot 241,5 = 1533 \text{ W}. \quad (6.5)$$

Při úvaze použití šesti nabíječek Bosch Fast charger by pak příkon dobíjecího místa byl následující:

$$P_{6\text{-Fast}} = 6 \cdot P_{\text{Bosch_fast}} = 6 \cdot 315 = 1890 \text{ W.} \quad (6.6)$$

6.5 Volba vybavenosti dobíjecí stanice

Vybavenost stanice navyšuje komfort pro jezdce, například umožněním kontroly/servisu kola, čehož mohou případně využít i cyklisté, kteří užívají klasická bezmotorová kola (základní nářadí + vzduchová pumpa/kompresor). Komfort pro jezdce může znamenat i možnost bezstarostného ponechání kola na místě dobíjení, a to jednak kvůli obavám z krádeže či kvůli povětrnostním podmínkám, čemuž lze předcházet použitím uzavíratelných a uzamykatelných boxů, zámků, vhodné je taktéž umístění kamery atd.

Ve vybrané oblasti v okolí přehrady, je vhodné využít nekrytou variantu, která je běžná, dále by bylo možné využít variantu boxů, které by zajistily větší krytí pro elektrokolo. S tímto výběrem souvisí i zmíněná vybavenost stanice.

6.6 Připojení stanice

Volba napájecího kabelu dobíjecí stanice odpovídá předpokládanému příkonu dobíjecí stanice, který je dán volbou počtu elektrokol. Vliv volby napájecího kabelu dále hraje teplota okolí, uložení kabelu. Počtu elektrokol pak odpovídá konkrétní počet nabíječek zvoleného typu a počet instalovaných zásuvek v rámci stanice.

Připojení stanice může být provedeno přes již instalovaný elektroměr, například v případě, pokud je dobíjecí místo (dobíjecí stanice) napájeno z rozvodu domu u kterého se nachází. Druhou možností je vybudovat nový přípojovací bod k němuž bude nutné instalovat elektroměr. V následujících obrázcích je vyobrazen rozvod elektřiny (dostupný ze stránek EG.D [161]) ve vybraných lokalitách a zakreslené navržené body, kde by bylo vhodné umístit dobíjecí místo. Jelikož se jedná o předběžný teoretický návrh, je návrh proveden bez ohledu na majetkové poměry místa.

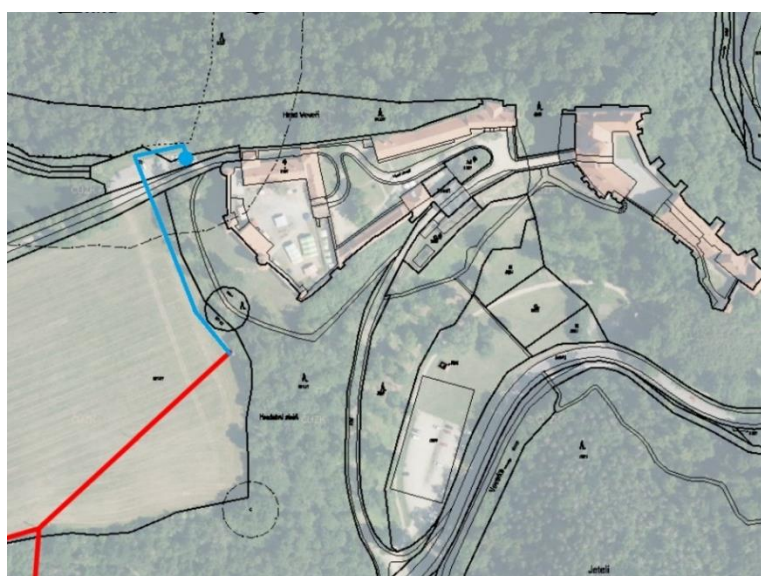
Pro připojení konkrétního dobíjecí místa při pokračování v návrhu by bylo nutné mimo jiné zvolit a instalovat přívodní kabel, zvolit a instalovat jištění a je nutné myslet například i na přepětíové ochrany, které mají význam hlavně u lokalit, kde by došlo k připojení přímo z distribuční sítě, nikoliv z budovy.

V lokalitě A – tedy u Brněnské přehrady, se nabízí umístit nabíjecí stanici u budovy přístaviště. Bylo by tak vhodné, připojit stanici k rozvodu této budovy a kola umístit viz modrý bod na obrázku 6.4.



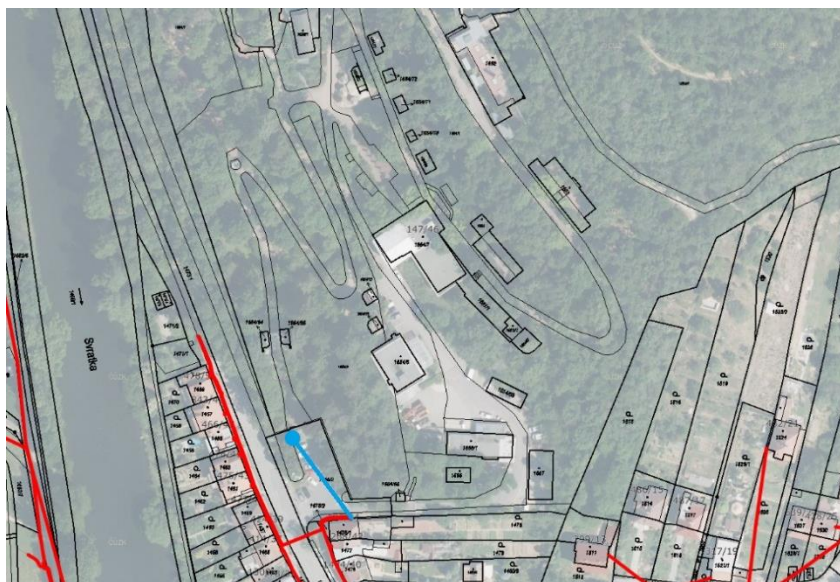
Obrázek 6.4 Lokalita A [161]

V lokalitě B – hrad Veveří, je vhodné umístit dobíjecí místo na parkovišti. Z nákresu viz obrázek 6.5 je patrné, že připojení tohoto bodu by vyžadovalo instalaci kabelu (modrá čára) od koncového bodu distributora, či využít rozvod z hradu, který není znám. Při teoretické výstavbě dobíjecího místa je nutné dbát na historický a kulturní ráz místa a je tak nutné zvolit odpovídající postup tomuto místu.



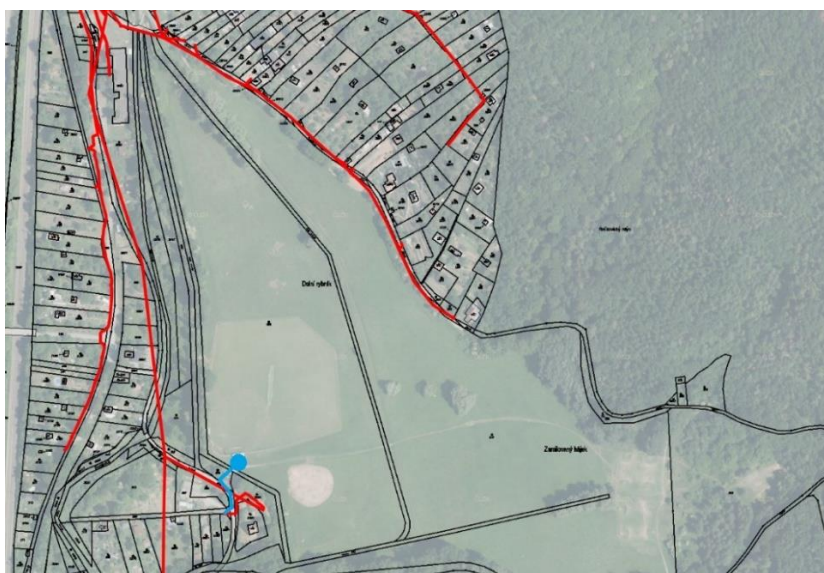
Obrázek 6.5 Lokalita B [161]

V lokalitě C – Zoologická zahrada Brno, je vhodné umístit dobíjecí místo na parkovišti před areálem zoologické zahrady viz obrázek 6.6, či u pokladny ZOO. V tomto případě je buď opět nutné instalovat kabel viz modrá čára, či případně zjistit možnost připojení k rozvodu uvnitř zoologické zahrady.



Obrázek 6.6 Lokace C [161]

V lokalitě D – Venkovní posilovna Zamilec/Discgolf, se jeví jako vhodné umístit dobíjecí místo u kriketového hřiště s připojením viz náčrt na obrázku 6.7.



Obrázek 6.7 Lokace D [161]

V lokalitě E – Cesta rákosím, bylo vybráno parkoviště u hotelu Velká Klajdovka, připojení dobíjecího místa může být provedeno viz náčrtek na obrázku 6.8 nebo z rozvodu hotelu, záleží na případném investorovi.



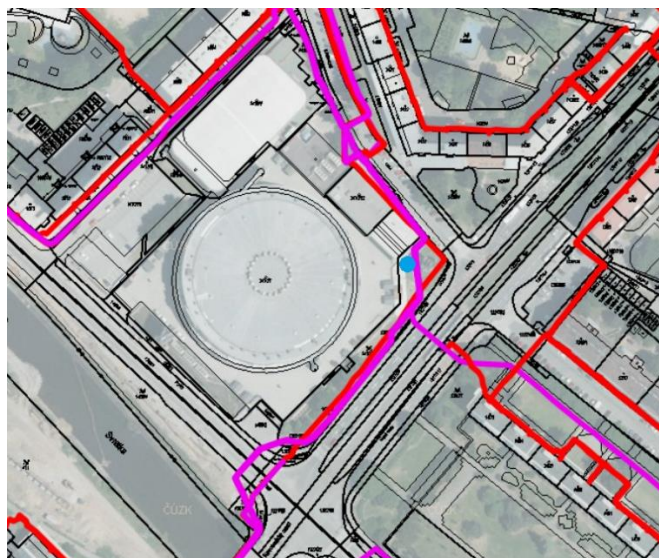
Obrázek 6.8 Lokace E [161]

V lokalitě F – Singletrail Mariánské údolí, bylo zvoleno umístění dobíjecího bodu na parkovišti u bobové dráhy s názvem Bobovka U Mlýna, připojení opět viz obrázek 6.9, či rozvod elektřiny určený pro areál bobové dráhy.



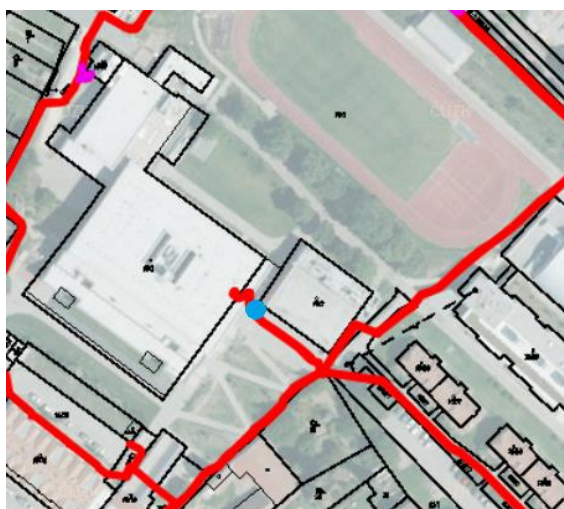
Obrázek 6.9 Lokace F [161]

V lokalitě I – Winning Group Arena, bylo vybráno umístění zboku vstupní brány, v této lokalitě by bylo žádoucí využít například uzavíratelných boxů, jelikož se na místě pohybuje mnoho občanů kvůli akcím v aréně.



Obrázek 6.12 Lokace I [161]

V lokalitě J – Bazén ZŠ Šlapanice, se jeví jako možné umístit dobíjecí místo před vstupem do bazénu na stávajícím místě pro kola. Nutné vhodně navrhnout dobíjecí místo tak, aby nedošlo ke zmenšení prostoru a nepřekáželo tak. Připojení se nabízí opět z rozvodu elektřiny pro školu či bazén.



Obrázek 6.13 Lokace J [161]

6.7 Souhrn ze zvolených dobíjecích míst

V předchozích podkapitolách došlo k výběru potenciálních dobíjecích míst, v tabulce 6.7 je pro každé dobíjecí místo uveden předpokládaný způsob připojení. Způsob připojení definuje, k jakému elektroměru by mělo být dobíjecí místo připojeno, pokud by šlo o připojení na rozvod objektu, či je nutno elektroměr při odbočce z distribuční sítě vybudovat. Záleží též na možném investoru, či jednotlivých investorech daných míst, kteří mohou mít odlišné požadavky na volbu způsobu připojení, výběr způsobu je tedy orientační.

Tabulka 6.7 Volba připojení dobíjecího místa

| označení | popis | volba připojení dobíjecího místa |
|----------|--|---------------------------------------|
| A | Brněnská přehrada - přístaviště Bystrc | k objektu |
| B | Hrad Veveří | k distribuční síti |
| C | Zoo Brno | k distribuční síti |
| D | Venkovní posilovna Zamilec/Discgolf | k distribuční síti |
| E | Cesta rákosím | k distribuční síti/rozvod hotelu |
| F | Singletrail Mariánské údolí | Spíše k rozvodu v areálu bobové dráhy |
| G | Fit4all centrum | k objektu |
| H | VIDA! science centrum | k objektu |
| I | Winning Group Arena | k objektu |
| J | Bazén ZŠ Šlapanice | k objektu |

Na možném investoru závisí též volba nabíječek, při počtu 6 kol, který se zdá adekvátní pro všechna místa, je nutné počítat s příkonem dobíjecího místa, který může dosáhnout například 2 kW, viz podkapitola 6.4. Příkon se ale zvyšuje s další vybaveností stanice, kterou může být kamera, osvětlení, kompresor, elektronický zámek apod.

Se zmíněnou vybaveností částečně souvisí i způsob krytí dobíjecího místa. Čím více chráněné dobíjecí místo je, tím roste i bezpečnost uschování a tím i zájem uživatele. Kryté varianty jsou tedy obecně vhodnější, a to hlavně pro dlouhodobější dobíjení, s krytím a vybaveností ale roste cena výstavby daného místa. Dalším aspektem je zachování přívetivého rázu dané lokality, kde by nevhodná volba dobíjecí stanice mohla narušit vjem uživatele z daného místa.

7. ZÁVĚR

Užití elektricky poháněných vozidel je motivováno snížením dopadu dopravy na životní prostředí. V rámci elektromobility je populárním způsobem dopravy využití elektrických mikromobilů, což jsou dopravní prostředky menších rozměrů a hmotnosti. Oblíbeným typem elektrického mikromobilu je elektrická koloběžka, elektrokolo, elektrický skútr, elektrická jednokolka či elektrický skateboard nebo longboard. Kapacity baterií zmíněných mikromobilů se pohybují v řádu stovek až nižších tisíců Wh. Hojně užití mikromobilů je známo v rámci sdílené mobility, která je využívána hlavně ve větších městech. Mikromobilita má potenciál pomoci překlenout dobu nástupu elektrických vozidel při ústupu vozidel se spalovacím motorem, jelikož pořizovací cena mnoha mikromobilů je nižší než cena většího vozidla. Vliv mikromobilů na elektrickou síť není markantní kvůli menším kapacitám baterií a dobíjecím výkonům, na rozdíl od osobních elektrických vozidel ve formě BEV, které disponují bateriemi o vyšších kapacitách. Kapacity BEV se pohybují v řádu desítek kWh.

S rostoucím počtem elektrických automobilů roste nátlak na dobíjecí infrastrukturu, která je postupně rozvíjena. V rámci České republiky byl počet dobíjecích bodů rozšířen z 2643 dobíjecích bodů v roce 2022 na počet 4051 dobíjecích bodů v roce 2023. Se zvyšujícím se počtem elektrických vozidel vzroste spotřeba elektrické energie o zhruba 1-6 % vzhledem k celkové spotřebě elektrické energie. Tento vzrůst by neměl být kritický pro vyspělé ekonomiky, kde je neustále zlepšována energetická účinnost. Nicméně růst zátěže spojený s nárůstem elektromobilů může negativně ovlivnit elektrickou síť a kvalitu elektrické energie. Proto se jeví jako vhodné aplikování konceptu chytrého dobíjení, který by mohl značně ušetřit prostředky na úpravu celé elektrické sítě včetně zdrojů energie.

Návrh dobíjecího místa pro elektrokola je motivován rostoucím prodejem elektrokol za poslední roky. V České republice se za rok 2022 prodalo 130 000 elektrokol, tudíž má význam se na rozvoj dobíjecí infrastruktury pro elektrokola zaměřit i u nás. Důležitým aspektem pro návrh je doba dobíjení, délka dojezdu a při samotném výběru vhodných lokalit je nutné zohlednit možné vyžití v blízkosti dobíjecího místa, které by zpříjemnilo uživateli čekání na dobití baterie elektrokola. Doba dobíjení závisí mimo jiné na typu nabíječky, dobíjení trvá v řádu hodin a je prováděno stejnosměrným proudem o běžné velikosti 2 až 6 A. Nominální napětí baterií elektrokol je typicky 36 V. Vhodným krokem k budování dobíjecí infrastruktury by bylo sjednocení konektorů dobíjecích kabelů, kterých je několik typů. Dojezd elektrokol je závislý jednak na hmotnosti jezdce, ale i na volbě trasy.

V rámci této práce byly vybrány potenciální lokality v okrese Brno-město a Brno-venkov, ve kterých by mělo být dostupné nabíjení elektrokol, jelikož se v daném místě nachází vyžití pro uživatele. Mezi tyto lokality patří Brněnská přehrada či hrad Veveří. Lokality byly v závěru práce částečně zkoumány vzhledem k možnostem připojení. Pro případné budování je nutné provést detailnější návrh co se týče vzhledu a konstrukce

dobíjecího místa. Nutné je dále dimenzovat mimo jiné přívodní kabel a příslušné jištění. Případně se s volbou místa pojí instalace přidruženého elektroměru, pokud by došlo k připojení dobíjecího místa přímo k distribuční síti, v případě města Brna k síti EG.D.

Při výstavě nových dobíjecích míst je vhodné dbát na bezpečnost a komfort uživatelů i dobíjených elektrokol, což zvyšuje cenu potenciálního projektu. Podstatným faktem ale je, že budování nových dobíjecích míst může probíhat i finančně přijatelnou formou i přes možná úskalí těchto úspor. Minimálním požadavkem je pouze dostupná zásuvka 230 V a cyklostojan. Tento jednoduchý způsob rozvoje přináší možnost aktivní cyklistiky i pro cyklisty s nižší sportovní výkonností.

LITERATURA

- [1] *Micromobility*. Online. In: Oxford Learner's Dictionaries. C2023. Dostupné z: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/micromobility>. [cit. 2023-10-22].
- [2] DEDIU, Horace. *The Micromobility Definition*. Online, blogový příspěvek. 23. 2. 2019. Dostupné z: Micromobility Industries, <https://micromobility.io/news/the-micromobility-definition>. [cit. 2023-10-22].
- [3] *Introducing the Bolt 5, our fifth generation scooter*. Online, blogový příspěvek. MAR 30, 2022. Dostupné z: Bolt, <https://bolt.eu/en/blog/bolt-introduces-the-bolt-5-its-fifth-generation-scooter-model/>. [cit. 2023-11-05].
- [4] *Safer. Smarter. Stronger. Meet the new Bolt 6 scooter*. Online, blogový příspěvek. JUL 13, 2023. Dostupné z: Bolt, <https://bolt.eu/en/blog/introducing-bolt-6-scooter/>. [cit. 2023-11-05].
- [5] *SCOOTER S70 KOLOBEŽKA*. Online. SENCOR. Dostupné z: <https://www.sencor.cz/kolobezka/scooter-s70>. [cit. 2023-10-29].
- [6] *Xiaomi Electric Scooter 4 Ultra EU*. Online. Xiaomi Česko. C2010-2023. Dostupné z: <https://www.xiaomicesko.cz/xiaomi-electric-scooter-4-ultra-eu.html>. [cit. 2023-10-29].
- [7] *Jeep 2xe ADVENTURER TS*. Online. Jeep urban e-mobility. C2023. Dostupné z: <https://www.ejeep.cz/product/jeep-2xe-adventurer-TS/>. [cit. 2023-10-29].
- [8] *ELECTRIC SCOOTER PRO-III*. Online. In: Ducati Urban e-Mobility. C2022. Dostupné z: <https://www.ducatiurbanemobility.com/electric-mobility/pro-iii-2/>. [cit. 2023-10-29].
- [9] *Řada Acer ES 5*. Online. Acer. C2023. Dostupné z: <https://www.acer.com/cs-cs/emobility/escooters/acer-es-series-5>. [cit. 2023-10-29].
- [10] *KAABO Wolf King GT PRO V2 CZ EDITION*. Online. Kaabo Czech. C2023. Dostupné z: <https://eshop.kaabo-official.cz/cs/emobilita/1295-wolf-king-gt-pro-2022-cz-edition-8594176662527.html>. [cit. 2023-10-29].
- [11] *Segway SuperScooter GT2*. Online. Segway-Ninebot. C2023. Dostupné z: <https://www.segway-store.cz/elektrokolobezky/segway-superscooter-gt2/>. [cit. 2023-10-29].
- [12] *SEGWAY GT: Produktový manuál, Originální instrukce*. C2022. Dostupné také z: https://www.segway-store.cz/user/related_files/gt_manual_cz.pdf.
- [13] *LAMAX eLander SA50*. Online. LAMAX. C2023. Dostupné z: <https://lamaxshop.cz/cs/emobilita/1694-lamax-elandersa50-8594175358803.html>. [cit. 2023-10-29].
- [14] *Elektroskútr RACCEWAY® E-BABETA®, černá*. Online. MOTOe. C2022-2023. Dostupné z: <https://www.motoe.cz/p/elektroskutr-racceway-e-babeta-cerna>. [cit. 2023-11-04].
- [15] *SUPER SOCO CPX*. Online. SUPER SOCO. C2019-2023. Dostupné z: <https://www.supersoco.cz/super-soco-cpx/>. [cit. 2023-11-04].

- [16] *Technické údaje: PODROBNOSTI O MOTOCYKLU*. Online. HONDA. Dostupné z: <https://www.honda.cz/motorcycles/range/scooter/em1-e/specifications.html>. [cit. 2023-11-04].
- [17] *EK3*. Online. HORWIN. C2017. Dostupné z: https://horwin.cz/ek3/?gclid=EAIaIQobChMIgdL2vpyqggMVh7SGCh392wMiEAAYASAAEgIUYPD_BwE. [cit. 2023-11-04].
- [18] *ViaGo Roma*. Online. ViaGo. C2023. Dostupné z: <https://www.viago.cz/roma/>. [cit. 2023-11-04].
- [19] *Electric unicycle*. Online. Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, last edited on 22 October 2023, at 17:42 (UTC). Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_unicycle. [cit. 2023-11-07].
- [20] *Veteran Patton, 2,220WH Battery, 3,000W Motor, Suspension*. Online. EWheels. C2023. Dostupné z: <https://www.ewheels.com/product/veteran-patton/>. [cit. 2023-11-04].
- [21] *Veteran Sherman-S, 3,600WH Battery, 3,000W Motor, Suspension*. Online. EWheels. C2023. Dostupné z: <https://www.ewheels.com/product/veteran-sherman-s/>. [cit. 2023-11-04].
- [22] *KS-S22 Pro*. Online. Kingsong. August 12, 2022. Dostupné z: <https://www.kingsong.com/products/ks-s22>. [cit. 2023-11-04].
- [23] *KS-16S*. Online. Kingsong. August 12, 2022. Dostupné z: <https://www.kingsong.com/products/ks-16s-16-inch-series>. [cit. 2023-11-04].
- [24] *KS-14D*. Online. Kingsong. August 12, 2022. Dostupné z: <https://www.kingsong.com/products/ks-14d-14-inch-series>. [cit. 2023-11-04].
- [25] *KS-S19*. Online. Kingsong. September 5, 2023. Dostupné z: <https://www.kingsong.com/products/ks-s19>. [cit. 2023-11-04].
- [26] *Inmotion V13*. Online. INMOTIONSTORE. Dostupné z: <https://inmotion-store.com/product/inmotion-v13/>. [cit. 2023-11-04].
- [27] *Backfire Zealot S Belt Drive Electric Skateboard*. Online. Backfire Boards. C2023. Dostupné z: <https://www.backfireboards.com/products/backfire-zealot-s-belt-drive-electric-skateboard>. [cit. 2023-11-04].
- [28] *Backfire Hammer Sledge*. Online. Backfire Boards. C2023. Dostupné z: <https://www.backfireboards.com/products/backfire-hammer-sledge>. [cit. 2023-11-04].
- [29] *MAXFIND FF BELT*. Online. Maxfind. C2023. Dostupné z: https://www.maxfind.com/products/electric-skateboard-ff-belt?currency=USD&variant=39533144277057&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=Google+Shopping&stkn=51db55386360&gclid=EAIaIQobChMI8IDy3OCqggMV_5eDBx0uhQLYEAQYASABEgLH_vD_BwE. [cit. 2023-11-04].
- [30] *Titan X Electric Skateboard (Up to 80km range)*. Online. BONEEBOARD. C2023. Dostupné z: <https://boneeboard.com/products/titan-x>. [cit. 2023-11-04].

- [31] *Blitzart GT Dual Electric Skateboard with 105mm Off-Road Wheels*. Online. BLITZART. C2017. Dostupné z: <https://www.blitzarts.com/product-page/blitzart-gt-dual-electric-skateobard>. [cit. 2023-11-04].
- [32] *Elektrický longboard Eljet X-Road*. Online. Motoe. C2022-2023. Dostupné z: <https://www.motoe.cz/p/elektricky-longboard-eljet-x-road>. [cit. 2023-11-04].
- [33] *EGRUS 4.0*. Online. Sava bicycles. C2023. Dostupné z: <https://www.sava-bicycles.cz/products/egravel-4-0?variant=40543100108883>. [cit. 2023-11-05].
- [34] *THEOS F100 SH 29"/27.5" 825Wh*. Online. Kellysbike. C2016. Dostupné z: <https://kellysbike.com/cs/horska-c989/theos-f100-sh-29-275-825wh-p75239>. [cit. 2023-11-05].
- [35] *TRANCE X ADVANCED E+ 1*. Online. Giant Bicycles. C2023. Dostupné z: <https://www.giant-bicycles.com/cz/trance-x-advanced-eplus-1>. [cit. 2023-11-05].
- [36] *Jízdní kolo Škoda eMTB*. Online. Škoda auto. C2023. Dostupné z: https://eshop.skoda-auto.cz/cs_CZ/jizdni-kolo-skoda-embt/p/000050212CE. [cit. 2023-11-05].
- [37] *Rail 9.9 X0 AXS T-Type Gen 4*. Online. Trek Bikes. C2023. Dostupné z: https://www.trekbikes.com/cz/cs_CZ/kola/horsk%C3%A1-kola/horsk%C3%A1-elektrokola/rail/rail-9-9-x0-axs-t-type-gen-4/p/41579/?colorCode=orange. [cit. 2023-11-05].
- [38] *SOKOR BOSCH CX (625 Wh Teal white pearl)*. Online. Levit. C2023. Dostupné z: <https://www.levit.com/sokor-bosch-cx>. [cit. 2023-11-05].
- [39] *Tesla AI Day 2022* [@Tesla]. Online, video. Dostupné z: YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=ODSJsviD_SU&t=2062s. [cit. 2024-03-04].
- [40] *Building Robots For Humans*. Online. APPTRONIK. C2024. Dostupné z: <https://apptronik.com/>. [cit. 2024-05-08].
- [41] *INTRODUCING FIGURE 01*. Online. Figure. C2024. Dostupné z: <https://www.figure.ai/>. [cit. 2024-05-08].
- [42] *Unitree H1: Unitree's First Universal Humanoid Robot*. Online. Unitree. C2016-2024. Dostupné z: <https://www.unitree.com/h1/>. [cit. 2024-05-08].
- [43] *Meet NEO*. Online. 1X. C2024. Dostupné z: <https://www.1x.tech/androids/neo>. [cit. 2024-05-08].
- [44] *Optimus - Gen 2* [@Tesla]. Online, video. 2023. Dostupné z: Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=cpraXaw7dyc>. [cit. 2024-05-09].
- [45] *[Robot Apollo]*. Online, obrázek. In: APPTRONIK. C2024. Dostupné z: <https://apptronik.com/apollo>. [cit. 2024-05-09].
- [46] *[Robot Figure 01]*. Online, obrázek. In: Figure. C2024. Dostupné z: <https://www.figure.ai/>. [cit. 2024-05-09].
- [47] *Last mile (transportation)*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, last edited on 2 February 2024, at 05:37

- (UTC). Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Last_mile_\(transportation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Last_mile_(transportation)). [cit. 2024-04-14].
- [48] Unikátní průzkum. Co Čech, to cyklista?!. Online. *We Love Cycling*. 25. 05. 2022 v 15:00. Dostupné z: <https://www.welovecycling.com/cs/2022/05/25/unikatni-pruzkum-co-cech-to-cyklista/>. [cit. 2024-05-20].
- [49] ANKETA – *Praktické zkušenosti s jízdou na elektrokolech - výsledky*. Online. Observatoř bezpečnosti silničního provozu. Dostupné z: <https://www.czrso.cz/prakticke-zkusenosti-s-jizdou-na-elektrokolech-vysledky/>. [cit. 2024-05-19].
- [50] KARLI, Rukiye Gizem Öztaş a ÇELIKYAY, Selma. Current Trends in Smart Cities: Shared Micromobility. Online. *Innovations in Smart Cities Applications Volume 5*. March 2022, s. 187-198. ISSN 2367-3389. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/359092923_Current_Trends_in_Smart_Cities_Shared_Micromobility. [cit. 2024-03-18].
- [51] KOU, Zhaoyu a CAI, Hua. Comparing the performance of different types of bike share systems. Online. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2021, article 102823. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102823>. [cit. 2023-10-29].
- [52] *Bezpečné. Cenově dostupné. Šetrné k životnímu prostředí*. Online. In: Bolt. C2023. Dostupné z: <https://bolt.eu/cs-cz/scooters/>. [cit. 2023-11-05].
- [53] *Města, kde si s námi zajezdíte*. Online. In: Nextbike. Dostupné z: <https://www.nextbikeczech.com/mesta/>. [cit. 2024-04-08].
- [54] MINISTERSTVO FINANČÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Vláda schválila návrh zákona o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla*. Online. Ministerstvo financí České republiky. 23.08.2023 15:00. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/ministerstvo/media/tiskove-zpravy/2023/vlada-schvalila-navrh-zakona-o-pojisteni-odpovedno-52639>. [cit. 2023-11-29].
- [55] KÜSTER, Fabian. *Two bicycle parking spaces per apartment set to become new European norm*. Online. European Cyclists' Federation. 15 Dec, 2023. Dostupné z: <https://ecf.com/news-and-events/news/two-bicycle-parking-spaces-apartment-set-become-new-european-norm>. [cit. 2024-02-06].
- [56] ČEZ A. S. *Vše, co vás zajímá ohledně elektromobility, na jednom místě*. Online. SKUPINA ČEZ. C2023. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/elektromobilita/faq/elektromobilita>. [cit. 2023-11-15].
- [57] ŠKODA AUTO A.S. *Druhy elektromobilů – znáte je všechny?* Online. ŠKODA Storyboard. 2019. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita/cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>. [cit. 2023-11-18].
- [58] *Current and Upcoming Electric Vehicles*. Online. Electric Vehicle Database. C2023. Dostupné z: [77](https://ev-database.org/#sort:path~type~order=.rank~number~desc|range-slider-range:prev~next=0~1200|range-slider-acceleration:prev~next=2~23|range-slider-topspeed:prev~next=110~350|range-slider-battery:prev~next=10~200|range-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- slider-towweight:prev~next=0~2500|range-slider-fastcharge:prev~next=0~1500|paging:currentPage=0|paging:number=9. [cit. 2023-11-15].
- [59] PHOENIX CONTACT, S. R. O. *Základy technologie nabíjení pro elektromobilitu*. Online. PHOENIX CONTACT. C2023. Dostupné z: <https://www.phoenixcontact.com/cs-cz/prumyslova-odvetvi/elektromobilita/zaklady-technologie-nabijeni-elektrobility>. [cit. 2023-11-18].
- [60] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU ČESKÉ REPUBLIKY. *Seznam veřejných dobíjecích stanic — stav k 31. 7. 2023*. Online. Ministerstvo průmyslu a obchodu. 2023. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/statistika-a-evidence-cerpacich-a-dobijecich-panic/seznam-verejnych-dobijecich-panic-_stav-k-31--7--2023--276204/. [cit. 2023-11-15].
- [61] OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. *FOTW #1299, July 17, 2023: The Number of Electric Vehicle Charging Ports in the U.S. Nearly Doubled in the Past Three Years*. Online. Energy.gov. 2023. Dostupné z: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1299-july-17-2023-number-electric-vehicle-charging-ports-us-nearly>. [cit. 2023-12-02].
- [62] *Available public charging points in the United Kingdom between January 2022 and July 2023, by location*. Online. Statista. 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1409741/uk-available-public-charging-points-by-quarter-and-location/>. [cit. 2023-12-02].
- [63] *Number of publicly accessible charging points for electric vehicles in Germany from January 2017 to July 2023*. Online. Statista. 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1302152/electric-vehicles-public-charging-points-germany/>. [cit. 2023-12-02].
- [64] *Number of electric vehicle AC recharging points in Poland from 2020 to 2023, by type*. Online. Statista. 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/933071/number-of-electric-vehicle-charging-stations-in-poland/>. [cit. 2023-12-28].
- [65] *Number of electric vehicle DC recharging points in Poland from 2020 to 2023, by type*. Online. Statista. 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1340776/poland-number-of-electric-vehicle-dc-charging-stations/>. [cit. 2023-12-28].
- [66] *Nabíjačky pribúdajú pomaly, problém máme pri diaľniciach*. Online. SEVA. 2023. Dostupné z: <https://seva.sk/sk-infrastruktura-23-q3/>. [cit. 2023-12-28].
- [67] *Electric Vehicles Statistics in the Netherlands*. Online. Netherlands Enterprise Agency, 8 March, 2023. Dostupné z: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-03/Statistics-Electric-Vehicles-and-Charging-in-The-Netherlands-up-to-and-including-February-2023.pdf>. [cit. 2023-12-28].

- [68] *Public electric vehicle charging points in France as of May 13, 2022, by location type*. Online. Statista. Jul 1, 2022. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1309393/france-ev-charging-points-by-location-type/>. [cit. 2024-02-05].
- [69] *Elektromobilita v Česku 2023: 22 500 elektromobilů a přes 4 600 dobíjecích bodů, většina z nich nabíjí zelenou elektrinou*. Online. Čistá doprava. 2023. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/tiskove-zpravy/elektromobilita-v-cesku-2023-22-500-elektromobilu-a-pres-4-600-dobijecich-bodu-vetsina-z-nich-nabiji-zelenou-elekrinou/>. [cit. 2024-02-14].
- [70] *Norway, Germany, UK: Which European countries have the biggest share of electric cars?* Online. Euronews.green. 2023, 10/05/2023. Dostupné z: <https://www.euronews.com/green/2023/05/08/norway-germany-uk-which-european-countries-have-the-biggest-share-of-electric-cars>. [cit. 2024-02-14].
- [71] *Total number of battery electric cars registered in Germany as of January 1st, between 2008 and 2023*. Online. Statista. Jul 4, 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/646075/total-number-electric-cars-germany/>. [cit. 2024-02-14].
- [72] *Total fleet of electric passenger cars in the Netherlands from 2013 to 2022, by type**. Online. Statista. Aug 31, 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/654594/number-of-electric-passenger-cars-in-the-netherlands-by-type/>. [cit. 2024-02-14].
- [73] *Electric car (BEV+PHEV) park in Poland from 2010 to 2022 with forecast to 2025*. Online. Statista. Oct 30, 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1269061/poland-number-of-electric-cars/>. [cit. 2024-02-14].
- [74] *Slovensko a elektromobilita 2023: Trh, infraštruktúra a opatrenia pre rozvoj sektora*. Online. Slovak Electric Vehicle Association, 2023. Dostupné z: https://www.seva.sk/wp-content/uploads/2023/05/SEVA_REPORT_2023.pdf. [cit. 2024-02-14].
- [75] *MEPs adopt new rules for more charging stations and greener maritime fuels*. Online. European Parliament. 11-07-2023 - 13:21. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230707IPR02419/meps-adopt-new-rules-for-more-charging-stations-and-greener-maritime-fuels>. [cit. 2023-12-02].
- [76] KUBÍČEK, Petr. *VUT přichystalo cyklistům dárek ke Dni jízdního kola*. Online. VUT. 2023. Dostupné z: <https://www.vut.cz/vut/aktuality-f19528/vut-prichystalo-cyklistum-darek-ke-dni-jizdniho-kola-d242159>. [cit. 2024-02-14].
- [77] PROKOPIUS, Jan. *[Nová kolárna na VUT]*. Barevná fotografie. Online. In: VUT. 2023. Dostupné z: <https://www.vut.cz/vut/aktuality-f19528/vut-prichystalo-cyklistum-darek-ke-dni-jizdniho-kola-d242159>. [cit. 2024-02-14].
- [78] *Jezděte, objevujte, dobíjejte*. Online. Dobiju.cz. C2021. Dostupné z: <https://dobiju.cz/>. [cit. 2023-12-29].

- [79] *Dlouhé výlety na elektrovozítka už nejsou sci-fi*. Online. KdeNabiju.cz. C2024. Dostupné z: <https://kdenabiju.cz/>. [cit. 2024-05-27].
- [80] [*Powerbox 4P*]. Online, obrázek. In: POWERBOX.ONE. Dostupné z: <https://powerbox.one/nabijeci-stanice/typy/>. [cit. 2024-05-20].
- [81] [*Powerbox v praxi*]. Online, obrázek. In: POWERBOX.ONE. Dostupné z: <https://powerbox.one/nabijeci-stanice/nove/>. [cit. 2024-05-20].
- [82] U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *Planning for Micromobility*. Online. U.S. Department of Transportation. Wednesday, July 5, 2023. Dostupné z: <https://www.transportation.gov/rural/electric-vehicles/ev-toolkit/planning-micromobility>. [cit. 2023-12-30].
- [83] *An EVCS charger with 110 volt outlet circled*. Online, obrázek. In: BikePortland. 2022. Dostupné z: <https://bikeportland.org/2022/05/25/odot-has-added-e-bike-charging-outlets-to-oregons-portion-of-west-coast-electric-highway-354610>. [cit. 2024-05-20].
- [84] *Praha buduje v rámci obnovy veřejného osvětlení tzv. EVR lampy, které budou sloužit i pro nabíjení elektromobilů*. Online. Praha.eu. 2023. Dostupné z: https://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/magistrat/tiskovy_servis/tiskove_zpravy/praha_buduje_v_ramci_obnovy_verejneho.html. [cit. 2023-12-29].
- [85] *Sloup veřejného osvětlení s integrovanou nabíječkou*. Online, fotografie. In: IDNES.cz. 26. února 2021 12:00. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/nabijecka-lampa-elektromobil-praha.A210226_101354_automoto_fdv. [cit. 2024-05-20].
- [86] *Solární multifunkční dobíjecí stanice TIP / TOP SPOT (mobiliář)*. Online. LEDEOS. C2022. Dostupné z: <https://www.ledeos.cz/solarni-multifunkcni-dobijeci-stanice/>. [cit. 2023-12-30].
- [87] *SPOT - Solární multifunkční dobíjecí stanice: Obec Horní Bečva*. Online. In: LEDEOS. C2022. Dostupné z: <https://www.ledeos.cz/reference/>. [cit. 2023-12-30].
- [88] TASNIM, Moshammed Nishat; AKTER, Shahrin; SHAHJALAL, Mohammad; SHAMS, Tamanna; DAVARI, Pooya et al. A critical review of the effect of light duty electric vehicle charging on the power grid. Online. *Energy Reports*. November 2023, s. 4126-4147. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723015111?via%3Dihub>. [cit. 2023-12-29].
- [89] *Electric Vehicle Integration into Power Grids*. Online. ENTSO-E, 31 March 2021. Dostupné z: https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/210331_Electric_Vehicles_integration.pdf. [cit. 2024-01-04].
- [90] SADEGHIAN, Omid; OSHNOEI, Arman; MOHAMMADI-IVATLOO, Behnam; VAHIDINASAB, Vahid a ANVARI-MOGHADDAM, Amjad. A comprehensive review on electric vehicles smart charging: Solutions, strategies, technologies, and challenges. Online. *Journal of Energy Storage*. October 2022, article 105241.

- ISSN 2352-1538. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X22012403>. [cit. 2023-12-06].
- [91] *Vehicle to Grid V2G vs Vehicle to Home V2H. Which one to choose?* Online. EVSE Australia. C2023. Dostupné z: <https://evse.com.au/blog/vehicle-to-grid-v2g-vs-vehicle-to-home-v2h-which-one-to-choose/>. [cit. 2023-12-06].
- [92] *Hyundai and We Drive Solar launch energy system of the future in Utrecht.* Online. HYUNDAI. 2022. Dostupné z: <https://www.hyundai.news/eu/articles/press-releases/hyundai-and-we-drive-solar-launch-energy-system-of-the-future-in-utrecht.html>. [cit. 2023-12-30].
- [93] *Number of electric bicycles sold in the European Union (EU-28) from 2006 to 2021.* Online. Statista. Dec 18, 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/397765/electric-bicycle-sales-in-the-european-union-eu/>. [cit. 2024-02-11].
- [94] *Sales volume of electric bicycles in Europe in 2022, by country.* Online. Statista. Dec 18, 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1353317/electric-bike-sales-european-countries/>. [cit. 2024-02-11].
- [95] *Vše o dojezdu elektrokola.* Online. Ekolo.cz. C2007-2024. Dostupné z: <https://ekolo.cz/vse-o-dojezdu-elektrokola>. [cit. 2024-03-18].
- [96] *Dojezdový Asistent eBIKE.* Online. BOSCH. C2024. Dostupné z: <https://www.bosch-ebike.com/cz/servis/dojezdovy-asistent>. [cit. 2024-05-26].
- [97] *BATERIE JE DUŠÍ ELEKTROKOLA: aneb výhody elektrokola jsou živé tak dlouho, jak dlouho zůstane živá baterie.* Online. Ecyklista.cz. C2019. Dostupné z: <https://www.ecyklistika.cz/vse-o-elektrokolech/o-bateriich-a-nabijeni-elektrokol/>. [cit. 2024-02-14].
- [98] *Bosch eBike batteries: Packed with power.* Online. BOSCH. Dostupné z: <https://www.bosch-ebike.com/en/products/batteries/#c370730>. [cit. 2024-02-14].
- [99] *The Bosch eBike Charger: Charge batteries efficiently.* Online. BOSCH. Dostupné z: <https://www.bosch-ebike.com/en/products/charger/>. [cit. 2024-03-03].
- [100] *BT C01.750.UC.* Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-c01750uc>. [cit. 2024-03-03].
- [101] *BT C01.623.UC.* Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-c01623uc>. [cit. 2024-03-03].
- [102] *BT C01.498.UC.* Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-c01498uc>. [cit. 2024-03-03].

- [103] *BT F311.840.0*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f3118400>. [cit. 2024-03-03].
- [104] *BT F120.D720*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f120d720>. [cit. 2024-03-03].
- [105] *BT F120.B720*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f120b720>. [cit. 2024-03-03].
- [106] *BT F100.B360.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f100b360c>. [cit. 2024-03-03].
- [107] *BT F39.614.0*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f396140>. [cit. 2024-03-03].
- [108] *BT F38.960.0*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f389600>. [cit. 2024-03-03].
- [109] *BT F15.730.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f15730c>. [cit. 2024-03-03].
- [110] *BT F15.655.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f15655c>. [cit. 2024-03-03].
- [111] *BT F050.B360.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f050b360c>. [cit. 2024-03-03].
- [112] *BT F021.B504.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f021b504c>. [cit. 2024-03-03].
- [113] *BT F020.B504.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f020b504c>. [cit. 2024-03-03].
- [114] *BT F014.410.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f014410c>. [cit. 2024-03-03].
- [115] *BT F010.D672.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f010d672c>. [cit. 2024-03-03].
- [116] *BT F010.B630.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f010b630c>. [cit. 2024-03-03].
- [117] *BT F35.620.0*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f356200>. [cit. 2024-03-03].
- [118] *BT F23.720.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f23720c>. [cit. 2024-03-03].

- [119] *BT F22.960.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f22960c>. [cit. 2024-03-03].
- [120] *BT F14.430.0*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f144300>. [cit. 2024-03-03].
- [121] *BT F08.600.C*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bt-f08600c>. [cit. 2024-03-03].
- [122] *BC E401*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bc-e401>. [cit. 2024-03-03].
- [123] *BC D301*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bc-d301>. [cit. 2024-03-03].
- [124] *BC B301*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bc-b301>. [cit. 2024-03-03].
- [125] *BC B201*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bc-b201>. [cit. 2024-03-03].
- [126] *BC 00301*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bc-00301>. [cit. 2024-03-03].
- [127] *BC 00201*. Online. BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bc-00201>. [cit. 2024-03-03].
- [128] *BC E401*. Online, obrázek. In: BAFANG. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/oem-area/components/component/battery/bc-e401>. [cit. 2024-04-03].
- [129] *E-BIKE / Battery*. Online. SHIMANO. Updated: Nov 2, 2023. Dostupné z: <https://productinfo.shimano.com/#/spec/E-BIKE/Battery>. [cit. 2024-03-03].
- [130] *E-BIKE / Battery Charger*. Online. SHIMANO. Updated: Nov 2, 2023. Dostupné z: <https://productinfo.shimano.com/#/spec/E-BIKE/Battery%20Charger>. [cit. 2024-03-03].
- [131] *SHIMANO nabíječka E-BIKE EC-E8004-1 vč. nabíjecího kabelu pro EU bal.* Online. In: TSBOHEMIA.CZ. C2024. Dostupné z: https://www.tsbohemia.cz/shimano-nabijacka-e-bike-ec-e8004-1-vc-nabijeciho-kabelu-pro-eu-bal_d517876.html?utm_source=google&utm_medium=srovnac&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwnv-vBhBdEiwABCYQA1VHg8GYRDsN04ZuzULh7h_gmTSQuOgzt7ZYeUyk_8BDbwjNBmiaPxocLZcQAvD_BwE. [cit. 2024-04-02].
- [132] *Nabíjecí kabel PowerBox "B" - typ Jack 2.1*. Online, obrázek. In: Ekolo.cz. C2007-2024. Dostupné z: <https://ekolo.cz/nabijeci-kabel-pro-powerbox-b-typ-jack21>. [cit. 2024-05-29].
- [133] *Nabíjecí kabel pro PowerBox "T" - typ XLR3M pro GIANT*. Online, obrázek. In: Ekolo.cz. C2007-2024. Dostupné z: <https://ekolo.cz/nabijeci-kabel-pro-powerbox-t-xlr-giant>. [cit. 2024-05-29].
- [134] *Nabíjecí kabel PowerBox "P" - typ Phylion*. Online, obrázek. In: Ekolo.cz. C2007-2024. Dostupné z: <https://ekolo.cz/Nab%C3%ADjec%C3%AD-kabel-PowerBox-%22P%22-typ-Phylion>. [cit. 2024-05-29].

- [135] *Nabíjecí kabel PowerBox typ "Y"*. Online, obrázek. In: Ekolo.cz. C2007-2024. Dostupné z: <https://ekolo.cz/nabijeci-kabel-pro-powerbox-y>. [cit. 2024-05-29].
- [136] *Nabíječka BOSCH Smart System 4A*. Online, obrázek. In: Ekolo.cz. C2007-2024. Dostupné z: https://ekolo.cz/nabijecka-bosch-smart-system-4a-2022?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAR0Q-EPxj6MBiCjJ0mjt4pMj3eMlyBGyxMObuALtNO2itsgO7bZ0n3jWuIk_aem_AVjUzp70as9gXZLHb3hxr4AkL2X5R2gf_PLKndHVbC_E1tA3XVOOF2bU6AcBzK6diwsrVxHov1MWPu-wY9bpXCeN. [cit. 2024-05-29].
- [137] *Nabíjecí kabel pro Powerbox "E" - typ BOSCH*. Online, obrázek. In: Ekolo.cz. C2007-2024. Dostupné z: <https://ekolo.cz/nabijeci-kabel-pro-powerbox-bosch>. [cit. 2024-05-29].
- [138] *Nabíječka Bosch Fast Charger 6A pro Performance Line, Cargo Line*. Online, obrázek. In: AKU-SHOP.cz. Dostupné z: <https://www.aku-shop.cz/e-bike/nabijecka-bosch-fast-charger-6a-pro-performance-line-cargo-line/d4.63.BOS.1.3>. [cit. 2024-05-29].
- [139] *POČET POŽÁRŮ ELEKTRICKÝCH PŘIBLIŽOVADEL ROSTE*. Online. Hasičský záchranný sbor České republiky. 2023. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/pocet-pozaru-elektrickyh-priblizovadel-roste.aspx>. [cit. 2024-03-15].
- [140] *Discover Europe by bicycle!*. Online. EuroVelo. Dostupné z: <https://en.eurovelo.com/about-us>. [cit. 2024-03-17].
- [141] *EuroVelo Schematic Diagram*. Online. In: EuroVelo. Dostupné z: <https://en.eurovelo.com/about-us>. [cit. 2024-03-22].
- [142] *ROUTES & COUNTRIES*. Online. EuroVelo. Dostupné z: <https://en.eurovelo.com/#routes-and-countries>. [cit. 2024-03-17].
- [143] *[Mapa tras EuroVelo v ČR]*. Online. In: EuroVelo. Dostupné z: <https://en.eurovelo.com/czech-republic>. [cit. 2024-04-16].
- [144] *Mapa nabíjecích stanic*. Online, mapa. In: POWERBOX.ONE. Dostupné z: <https://powerbox.one/mapa/>. [cit. 2024-05-27].
- [145] *Reference*. Online. LEDEOS. C2022. Dostupné z: <https://www.ledeos.cz/reference/>. [cit. 2024-02-14].
- [146] *[EuroVelo 4 v ČR]*. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?dim=66412b48d77359a1ba045f7f&x=15.2957026&y=49.6364055&z=7>. [cit. 2024-05-27].
- [147] *[EuroVelo 7 v ČR]*. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?q=Cyklotrasa%20EV7&source=base&id=2142251&ds=2&x=14.8256669&y=50.0528882&z=7>. [cit. 2024-05-27].
- [148] *[EuroVelo 9 v ČR]*. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?l=0&dim=65feaaab626ac3429f64872c&x=16.6745894&y=49.6045781&z=8>. [cit. 2024-05-27].

- [149] [Dobíjecí místa v Mapy.cz]. Online, mapa. In: Mapy.cz. C2024. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?!=0&q=chargebike&x=10.2997926&y=50.9703526&z=6>. [cit. 2024-05-29].
- [150] [EuroVelo 7 v Německu]. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?!=0&dim=6619308926dc7988bb6a3311&x=12.8796572&y=52.4891274&z=7>. [cit. 2024-05-27].
- [151] [EuroVelo 12 v Nizozemsku]. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?!=0&dim=66192b1aee81f03f9490c10c&x=5.1082818&y=52.8388500&z=7>. [cit. 2024-05-27].
- [152] [Dobíjecí body - Temešvár]. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?!=0&q=Charge%20bike&cat=1&x=21.2302617&y=45.7604573&z=13>. [cit. 2024-04-03].
- [153] [Dobíjecí body - Balaton]. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?!=0&q=Chargebike&cat=1&x=17.7357621&y=46.8666484&z=10>. [cit. 2024-04-03].
- [154] [EuroVelo 4 u Brněnské přehrady]. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?q=EV4&source=base&id=2142249&ds=2&x=16.4688364&y=49.2519318&z=13>. [cit. 2024-05-27].
- [155] Turistické Informační centrum na přehradě Brno. Online. Turistická informační centra. C2014-2024. Dostupné z: <https://www.icka.cz/ic/informacni-centrum-na-prehrade-brno>. [cit. 2024-05-29].
- [156] [Brněnská přehrada - detail]. Online, mapa. In: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?!=0&source=base&id=2141041&x=16.5154968&y=49.2298238&z=17>. [cit. 2024-05-27].
- [157] [Mapa Brna]. Online, mapa. In: Mapy.cz. C2024. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?!=0&x=16.5895712&y=49.2222732&z=12>. [cit. 2024-05-29].
- [158] CYKLODETEKTORY. Online. [CYKLODETEKTORY]. Dostupné z: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMmNjYzA2MzYtZTUyYy00YzA1LTg1NzktMWY3MTRhMzk2ZTJkIiwidCI6ImI4MDRINTE5LTFjYzYtNDk3ZC1hOTVmLWUwMDIwNGMwMzh1ZSIsImMiOiJh9&pageName=ReportSection>. [cit. 2024-05-27].
- [159] Typy nabíjecích stanic. Online. POWERBOX.ONE. Dostupné z: <https://powerbox.one/nabijeci-stanice/typy/>. [cit. 2024-05-13].
- [160] ARANGO, Ivan; LOPEZ, Carlos a CEREN, Alejandro. Improving the Autonomy of a Mid-Drive Motor Electric Bicycle Based on System Efficiency Maps and Its Performance. Online. *World Electric Vehicle Journal*. 8 April 2021. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/350762795_Improving_the_Autonomy_of_a_Mid-Drive_Motor_Electric_Bicycle_Based_on_System_Efficiency_Maps_and_Its_Performance. [cit. 2024-05-27].

[161] *EG.D Síť*. Online, mapa. In: [EG.D Síť]. Dostupné z: <https://vyj.egd.cz/itc/default.aspx?serverconf=site>. [cit. 2024-05-27].

SEZNAM ZKRATEK

Zkratky:

| | |
|------|--|
| BEV | Bateriové elektrické vozidlo (Battery electric vehicle) |
| HEV | Hybridní elektrické vozidlo (Hybrid electric vehicle) |
| FCEV | Elektrické auto s palivovými články (Fuel cell electric vehicle) |
| THD | Celkové harmonické zkreslení (Total harmonic distortion) |
| V2G | Vozidlo do sítě (Vehicle to grid) |
| G2V | Síť do vozidla (Grid to vehicle) |

Symboly:

| | | |
|-------------------|--|---|
| I_{DC_fast} | Výstupní proud nabíječky Bosch (Fast charger) | A |
| I_{DC_4A} | Výstupní proud nabíječky Bosch (4A charger) | A |
| $I_{DC_Shimano}$ | Výstupní proud nabíječky Shimano (EC-8004-1) | A |
| P | Příkon všech nabíječek | W |
| P_{max} | Příkon šesti nabíječek Bosch Fast charger | W |
| P_{Bosch_fast} | Příkon nabíječky Bosch (Fast charger) | W |
| P_{Bosch_4A} | Příkon nabíječky Bosch (4A charger) | W |
| $P_{EC-E8004-1}$ | Příkon nabíječky Shimano (EC-8004-1) | W |
| U_{DC_fast} | Výstupní napětí nabíječky Bosch (Fast charger) | V |
| U_{DC_4A} | Výstupní napětí nabíječky Bosch (4A charger) | V |
| $U_{DC_Shimano}$ | Výstupní napětí nabíječky Shimano (EC-8004-1) | V |
| η | Účinnost nabíječek | % |