

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Jan Smítka

**MOŽNOSTI VYUŽITÍ ELEKTROMOBILITY
NA VYBRANÝCH LINKÁCH MHD V CHOMUTOVĚ
A JIRKOVĚ**

Bakalářská práce

2019



K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jan Smítka

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Možnosti využití elektromobility na vybraných linkách MHD v Chomutově a Jirkově**

Název tématu (anglicky): Electromobility possibilities at some lines of public transport in Chomutov

Zásady pro vypracování

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

- Popis výchozího uvažovaného provozního konceptu a vedení linek MHD v Chomutově a Jirkově požadovaných oběma městy
- Charakteristika uvažovaných elektromobilních vozidel a současného stavu infrastruktury v uvažovaném místě provozu
- Srovnání technicko-provozních vlastností jednotlivých elektromobilních variant s vazbou na ekonomiku
- Shrnutí výsledků a doporučení pro úspěšnou realizaci projektu



Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího bakalářské práce

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

Seznam odborné literatury: Drdla, P.: Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu. Pardubice: UPCE, 2014.
Vuchic, V.: Urban transit systems and technology. Hoboken: Wiley, 2007.
Valenta J.: Hybridní a elektrické pohony autobusů. Praha: Fs ČVUT, 2015

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **30. června 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **26. srpna 2019**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


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


doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


Jan Smítka
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2018

Poděkování

Rád bych poděkoval své rodině, všem přátelům a přítelkyni Evě, kteří mě při vytváření této práce velmi podporovali, což mi dodávalo sílu k jejímu dokončení.

Taktéž bych chtěl poděkovat Ing. Františku Krtičkovi, Ing. Radku Filipovi, Ing. Josefu Kocháňovi a Antonínu Červenkovi za vstřícnost, ochotu a pomoc při získávání potřebných informací a podkladů.

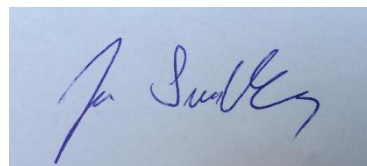
Zvláštní poděkování patří Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D. za odborné vedení práce, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracovávání bakalářské práce věnoval.

Prohlášení

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

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

V Praze dne 26. srpna 2019



podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

MOŽNOSTI VYUŽITÍ ELEKTROMOBILITY NA VYBRANÝCH LINKÁCH MHD V CHOMUTOVĚ A JIRKOVĚ

bakalářská práce

srpen 2019

Jan Smítka

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá novými možnostmi využití elektromobility na vybraných linkách městské hromadné dopravy v Chomutově a Jirkově. První část tvoří výběr linek, na kterých by bylo vhodné elektromobilní koncept použít a analýzu různých vozidel. Na základě výběru linek a vozidel pak druhá část obsahuje vhodnou implementaci do provozu z hlediska infrastruktury, vozidel a částečně i ekonomie provozu.

Klíčová slova

elektromobilita, elektrobus, trolejbus, doprava, veřejná doprava, ekologie, Chomutov, Jirkov

Abstract

The bachelor thesis deals with new possibilities of electromobility at some lines of public transport in Chomutov and Jirkov. The first part consists of a selection of lines, which would be appropriate for using an electromobility concept and an analysis of various vehicles. The second part includes an appropriate implementation into the service based on the selection of lines and vehicles from the view of the infrastructure, vehicles and partly operational economics.

Keywords

electromobility, electrobus, trolleybus, traffic, public transport, ecology, Chomutov, Jirkov

Obsah

Obsah	4
Seznam použitých zkratk.....	6
1 Úvod.....	7
2 Popis výchozího uvažovaného provozního konceptu a vedení linek MHD v Chomutově a Jirkově požadovaných oběma městy	9
2.1 Proces výběru vhodných linek pro použití elektromobility	10
2.1.1 Podmínky výběru vhodných linek	10
2.1.2 Rozdělení linek na skupiny ve vztahu k oběhům vozidel	11
2.1.3 Výběr vhodných linek ve vztahu k oběhům vozidel.....	11
2.1.3.1 Skupina linek 302 - 309.....	12
2.1.3.2 Skupina linek 311 - 314.....	13
2.1.3.3 Skupina linek 320, 321 a 330	13
2.1.3.4 Finální výběr vhodných subjektů	13
2.2 Popis vhodných linek MHD v Chomutově a Jirkově pro provoz elektromobilních vozidel	14
2.2.1 Linka 311	14
2.2.2 Linka 312	15
2.2.3 Linka 313	16
2.2.4 Souhrn vhodných linek	16
2.3 Oběhy vozidel a jízdní řády na vhodných linkách MHD v Chomutově a Jirkově	18
3 Charakteristika uvažovaných elektromobilních vozidel a současného stavu infrastruktury v uvažovaném místě provozu	21
3.1 Stav elektromobilní infrastruktury v Chomutově a Jirkově.....	21
3.2 Vybrané možnosti elektromobilních vozidel	21
3.2.1 Elektrobus	21
3.2.1.1 Klasický elektrobus	22
3.2.1.2 Oportunitní elektrobus	22
3.2.2 Trolejbus	25

3.2.3	Hybridní trolejbus	25
3.2.3.1	Duobus	26
3.2.3.2	Trolejbus s bateriemi	26
3.3	Výběr vhodných elektromobilních typů vozidel	27
4	Srovnání technickoprovozních vlastností jednotlivých elektromobilních variant s vazbou na ekonomiku	29
4.1	Oportunitní elektrobus	29
4.1.1	Návrh výstavby nabíjecí infrastruktury	29
4.1.2	Návrh technických parametrů vozidel	34
4.1.3	Ekonomické zhodnocení	40
4.2	Parciální trolejbus	41
4.2.1	Návrh parametrů vozidel	41
4.2.2	Výstavba trolejbusové infrastruktury	42
4.2.3	Ekonomické zhodnocení	51
4.3	Porovnání elektromobilních variant s dieselovými a plynovými autobusy	53
5	Shrnutí výsledků a doporučení pro úspěšnou realizaci projektu	56
5.1	Shrnutí prověření elektromobilních variant	56
5.1.1	Provoz oportunitního elektrobusu	56
5.1.2	Provoz parciálního trolejbusu	56
5.2	Možná varianta řešení při neimplementaci uvažované koncepce MHD v Chomutově a Jirkově	58
5.3	Možnosti úspěšné realizace projektu	59
5.3.1	Dotace a další zdroje financování	59
5.3.2	Politická podpora a marketing	60
6	Závěr	61
7	Citované zdroje	62
8	Seznam obrázků	68
9	Seznam tabulek	69
10	Seznam příloh	70

Seznam použitých zkratek

MHD	městská hromadná doprava
DPCHJ	Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova
DPMCB	Dopravní podnik města České Budějovice
PMDP	Plzeňské městské dopravní podniky
DSZO	Dopravní společnost Zlín-Otrokovice
AN	autobusové nádraží
a.s.	akciová společnost
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
DPH	daň z přidané hodnoty
EU	Evropská unie
CNG	stlačený zemní plyn
km	kilometr
m	metr
vozom	vozometr
vozokm	vozokilometr
kWh	kilowatthodina
kW	kilowatt
V	volt
t	tuna
min	minuta
hod	hodina
s	sekunda
Kč	Koruna česká
mil.	milion
tis.	tisíc
ks	kus
ul.	ulice

1 Úvod

Města Chomutov a Jirkov se nacházejí na severozápadě České republiky v Ústeckém kraji. Leží přímo vedle sebe a turisté si často ani nepovšimnou, že to jsou opravdu dvě města. Ve větším Chomutově bydlí dnes cca 50 000 obyvatel, v menším Jirkově cca 20 000 obyvatel.

Městům zajišťuje veřejnou dopravní obslužnost dopravní podnik, který je vlastněn oběma městy, jeho název zní Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova a.s. Systém městské hromadné dopravy se dnes může pyšnit nejmladším systémem trolejbusového provozu v České republice, který byl spuštěn 1. 7. 1995. Provoz byl založen zejména na spojení Jirkova, chomutovských sídlišť a centra Chomutova. Trolejbusová síť byla mírně rozšířena v letech 1998 a 2001. K žádné další nové výstavbě trolejí od té doby nedošlo, ačkoli vedení měst plány měla. Tím, že se systém nerozvíjel, přestal být pro města atraktivní a situaci rozhodně nepomohlo, že stávající infrastruktura dodnes neprošla větší rekonstrukcí. Tomuto faktu velmi dopomohla neúspěšná žádost o dotaci v roce 2011 na rekonstrukci celé trolejbusové sítě, nákup nových vozů a nové techniky pro údržbu sítě o ceně 155 mil. Kč. Vozový park na tom nebyl o moc lépe. K 25 kusům původních trolejbusů Škoda 15tr 11/7 přibylo pouhých pět kusů Solaris Trollino 12 v roce 2006 a jeden kus Škoda 25tr Irisbus v roce 2009. Situace se řešila generálními opravami vozů Škoda 15tr, nicméně ty prodloužily životnost o pouhých pět let. [1] [2]

Stav infrastruktury a vozového parku vedl v roce 2015 k jednáním, která byla iniciována zejména starostou města Jirkov, že by trolejbusová síť měla být zrušena a nahrazena autobusy na zemní plyn označovan jako CNG. Situace byla vyhrocena v roce 2017, kdy si zastupitelstvo města Jirkova odhlasovalo, že na svém území trolejbusy zruší. Vedení města Chomutova ovšem udělalo pravý opak. K žádnému radikálnímu kroku nakonec nedošlo, jelikož spolufinancování z různých zdrojů nebylo možné, když by autobusy na plynový pohon nahrazovaly bezemisní dopravu. Obě města si nemohla dovolit tuto velikou investici zaplatit ze svých finančních prostředků, proto byla podána žádost o dotaci z fondů Evropské unie, která z 85 % spolufinancovala téměř 100 % výměnu tehdejšího až 24 let starého vozového parku. Tím byl trolejbusový provoz zachráněn. Nicméně nové trolejbusy, které byly plně uvedeny do provozu na výročí 23 let existence trolejbusové sítě, neobsahují dieselaagregát nebo baterie, čili nejsou schopné obsluhovat úseky mimo trolejové vedení, což je velmi limitující podmínka vzhledem k nevhodnému rozmístění a zastaralosti infrastruktury. [1] [2]

Tato bakalářská práce reaguje na události, které proběhly v posledních pěti letech popsanych v předchozím odstavci, a snaží se navrhnout nejmladší trolejbusový provoz v republice

efektivnější, zajímavější a zároveň podporuje městskou hromadnou dopravu v obou městech založenou na bezemisních zdrojích.

Cílem je najít co nejvhodnější způsob zapojení elektromobilních vozidel veřejné dopravy do dopravní obslužnosti měst Chomutova a Jirkova formou porovnání jednotlivých dosud existujících variant v českém prostředí. Práce se maximálně snaží o další využití stávající infrastruktury, což by dopomohlo k její větší efektivitě. Zároveň nebude snaha o velké investice do nové infrastruktury vzhledem k nevelkému objemu peněžních prostředků v městských rozpočtech obou měst. V té souvislosti bude pak snaha najít efektivní řešení i z hlediska provozu samotných vozidel. Jelikož jsou jakákoliv elektromobilní vozidla zpravidla až dvojnásobně dražší než dieselová vozidla nebo vozidla na zemní plyn, bude rozhodně cílem nezvyšovat počet potřebných vozidel. Rozhodně není možno opomenout cíl spočívající ve zlepšování životního prostředí, což je vzhledem k industriální situaci v okrese Chomutov zcela zásadní. Vzhledem k častým smogovým situacím vznikajících z činnosti blízkých tepelných elektráren by bezemisní vozidla nepřispívala k již znečištěnému ovzduší.

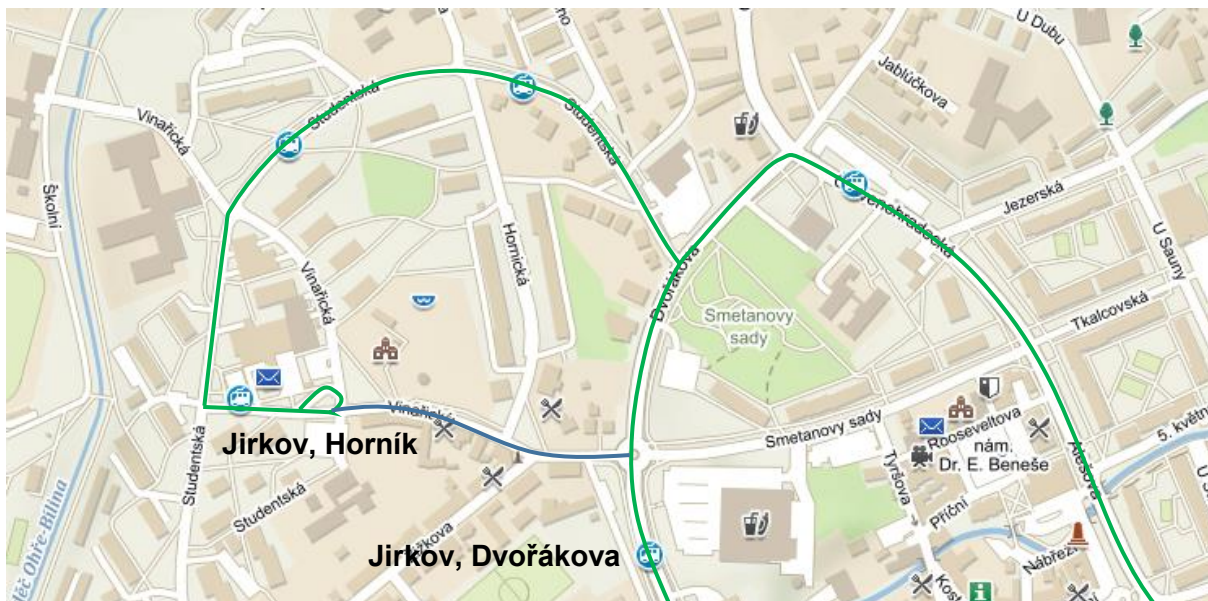
2 Popis výchozího uvažovaného provozního konceptu a vedení linek MHD v Chomutově a Jirkově požadovaných oběma městy

Provozní koncept městské hromadné dopravy v Chomutově a Jirkově, na kterém je založena tato práce, vychází z dokumentu Optimalizace obsluhy oblasti Chomutovsko veřejnou dopravou od Ing. Františka Krtičky, který tuto studii vypracoval v průběhu roku 2018. V rámci koncepce se navrhuje i možné přestavby a výstavby trolejbusové infrastruktury. První návrh se týká přesunu trolejového vedení ze silnice I/13 a ul. Lipská do ul. Zborovská a to v plné její délce, jak ukazuje obrázek 1. Červenou barvou je vyznačen úsek trolejového vedení, který by byl přesunut do úseku vyznačeného modrou barvou. Zelená barva označuje nezměněné úseky trolejového vedení. Součástí návrhu je vybudování dvou nových zastávek označenými červenými kruhy. Na mapě není vyznačena zastávka Zborovská – ta se nachází v místech popisu ul. Zborovská v obou směrech.



Obrázek 1 - Přesun trolejového vedení ze silnice I/13 do ul. Zborovská s dvěma novými zastávkami [3]

Druhý návrh spočívá ve výstavbě krátkého úseku mezi smyčkou u zastávky Jirkov, Horník a ul. Dvořákova, což ukazuje obrázek 2. Zelenou barvou jsou vyznačeny stávající úseky trolejového vedení a modrou barvou úsek, kde se plánuje výstavba trolejového vedení.



Obrázek 2 - Výstavba nového trolejového vedení v ul. Vinařická [4]

Celá studie byla již dokončena a je naplánována její postupná implementace do provozu v řádu dvou až tří let. V souvislosti se současným děním se považuje za nekoncepční a nevhodné uvažovat v práci momentální provoz.

Současně nelze ovšem se stoprocentní jistotou říci, zda návrh Ing. Krtičky bude použit v praxi. Je zde samozřejmě možnost, že provozní koncept zůstane založen na současném modelu. Této problematice je věnována kapitola 5.2.

2.1 Proces výběru vhodných linek pro použití elektromobility

Podle linek navržených v koncepci, na které je založena tato práce, se v této kapitole vyberou linky či jejich pořadí, na kterých by bylo vhodné uvažovat o elektromobilním provozu. Schéma navrženého provozu s vyznačením trolejbusové sítě viz příloha 1 – Zjednodušené schéma linek dle návrhu Ing. Krtičky.

2.1.1 Podmínky výběru vhodných linek

Při výběru vhodných oběhů pro implementaci elektromobilních vozidel je snaha o maximální využití stávající infrastruktury pro trolejbusový provoz a zároveň o malé investice do nové infrastruktury. Určitě je třeba brát v potaz, že infrastruktura musí být využívána co nejvíce. Pořizovací náklady na elektromobilní vozidlo jsou zpravidla větší než na vozidlo na dieselový pohon a jejich ekonomická návratnost velmi záleží na efektivitě provozu. [5]

Využívání infrastruktury je bráno z pohledu pobytu vozu na konečné zastávce, kdy je možno nabíjet ze současné infrastruktury. Tento čas by ovšem měl být dostatečný pro nabití potřebné kapacity baterie. Je zde samozřejmě možnost vybudování nabíjecí infrastruktury na

konečných zastávkách a i s touto možností by se mělo počítat. Dále je bráno využívání infrastruktury z pohledu možnosti jízdy pod trolejovým vedením za účelem jeho dynamického využití stejně jako trolejbus. Vzdálenost, kterou vozidlo ujede v obou směrech linky při využívání trolejbusového vedení, by měla být dostatečně velká, aby baterie doplnily potřebnou kapacitu. Zároveň by měl být úsek bez trolejového vedení určitě větší než úsek s trolejovým vedením. Obecně je doporučen poměr délek nebo času 2:1 (pod trolejovým vedením:mimo trolejové vedení) dle běžné praxe a zkušeností z DSZO.

V následujících podkapitolách budou zhodnoceny všechny navrhované linky v provozním konceptu, zda vyhovují výše zmíněným podmínkám.

2.1.2 Rozdělení linek na skupiny ve vztahu k oběhům vozidel

Uvažované linky se v principu rozdělují na čtyři různé skupiny:

První skupinu tvoří linky jezdící ve městě Chomutov a jejím blízkém okolí. Na linky jsou vypravovány zpravidla vozy o velikostech mezi 9,5 m – 12 m. Do této skupiny patří linky: 302, 303, 304, 306, 307, 308, 309. Oběhy těchto linek jsou zpravidla navzájem propojeny mezi sebou a třetí skupinou.

Druhou skupinu tvoří linky, které spojují města Chomutov a Jirkov jinými trasami než trolejbusová linka 340. Do této skupiny patří linky: 311, 312, 313 a 314. Na linky 311 – 313 jsou vypravovány výhradně kloubové vozy o délce 18 m. Linka 314 je navržena v provozu pouze ve špičkách pracovních dnů a byly by na ni nasazovány vozy o velikostech 9,5 m – 12 m. Oběhy vozidel na linkách 311, 312 a 313 jsou navzájem provázané, proto je nutné o nich uvažovat jako o celku. Oběhy vozidel na lince 314 jsou provázány s linkami 320 a 330.

Třetí skupinu tvoří linky speciální pro obsluhu průmyslových zón, a to 320, 321 a školní linka 330. Na linku 320 je navrženo nasazení samostatného pořadí, které by obsluhovalo i linky 302, 314 a 330. Na lince by jezdily pouze tři páry spojů. Na linkách 302, 314 a 330 by obsluhovalo pořadí 320/1 v průběhu dne pouze jeden pár. Na lince 321 je navržen provoz pouze večer v rámci jednoho páru, který by obsluhoval oběhy z linek 307 resp. 303. Školní linka 330, která by byla v provozu pouze ráno v rámci dvou spojů. První spoj by byl obsluhován oběhem linky 314, druhý spoj by byl obsluhován oběhem linky 320. [6]

2.1.3 Výběr vhodných linek ve vztahu k oběhům vozidel

V této podkapitole jsou popsány jednotlivě všechny autobusové linky z hlediska schopnosti využívat současnou infrastrukturu úsekově i bodově.

2.1.3.1 Skupina linek 302 - 309

Linka 302 by mohla využívat současnou infrastrukturu v úseku Březenecká I – Písečná zdr.stř. – Březenecká I. Linka by měla jezdit s intervalem 60 min. a obsluhovat by ji mělo pořadí 302/1 a zároveň celkem třikrát pořadí 307/3 a 320/1. Úsek v rámci infrastruktury se zdá být vyhovující, ovšem využití pořadím 302/1 není tak časté.

Linka 303 by mohla využívat současnou infrastrukturu na obratišti Poliklinika a v úseku Poliklinika - Čelakovského. Na smyčce Poliklinika se nachází prostorná jednostopá trolejbusová smyčka. V případě, že by vozidlo čekalo na obratišti dlouho, bylo by nutné uvolnit cestu trolejbusové lince 340, která odjíždí v prokladu s linkou 303 celodenně v intervalu 15 min. Linka 303 je navržena s intervalem 15/30 min. (špička/sedlo) a obsluhovaly by ji pořadí 303/1, 303/2, 303/3 a 304/1. První dva zmíněné oběhy by jezdily po celý den a v rámci bezpečnostních přestávek by je čtyřikrát prokládalo pořadí 304/1. Pořadí 303/3 je koncipováno pouze jako špičkové tzv. šejdr. V rámci co největšího využití infrastruktury se zdají být pořadí 303/1 a 303/2 vhodná.

Linka 304 by mohla využívat současnou infrastrukturu pouze na odstavném stání na chomutovském autobusovém nádraží v úseku do zastávky Palackého. Linku by obsluhovalo pořadí 304/1 v rámci pouhých deseti párů po celý den, jinak tento oběh vykryvá bezpečnostní přestávky na ostatních linkách v rámci první skupiny. Z těchto důvodů je toto pořadí nevhodné.

Linka 306 by mohla využívat současnou infrastrukturu pouze na smyčce Poliklinika v úseku Poliklinika – Palackého. Linku by obsluhovalo po celý den pořadí 306/1, ve špičce i pořadí 306/2 a dvakrát v rámci celého dne pořadí 304/1. Vzhledem k malému využití infrastruktury nejsou oběhy vhodné.

Linka 307 by mohla využívat současnou infrastrukturu v úseku Chomutov žel. zast. – Chomutov AN. Linku by obsluhovalo po celý den pořadí 307/1, ve špičkách i pořadí 307/2 a 307/3, jeden spoj vykryvá pořadí 304/1. Vzhledem k využití současné infrastruktury by se dalo považovat za vhodné pouze pořadí 307/1. Ovšem vzhledem k neefektivnosti pořadí 307/2 a 307/3 se nedá považovat za koncepční uvažování pouze o jednom pořadí na lince, proto jsou tyto oběhy brány jako nevhodná.

Linka 308 by mohla využívat současnou infrastrukturu pouze v úseku Zborovská – U Pekárny. Vzhledem k malé délce tohoto úseku se považují pořadí 308/1 a 308/2 jako nevhodné. Linku navíc obsluhuje v rámci dvou párů pořadí 307/3.

Linka 309 by mohla využívat současnou infrastrukturu pouze v rámci úseku Chomutovka – U Pekárny a v opačném směru U Pekárny – Palackého. Úsek je velice krátký, proto pořadí 309/1, 309/2 a 304/1, které linku obsluhují, jsou považována jako nevhodná. [6]

2.1.3.2 Skupina linek 311 - 314

Oběhy linek 311, 312 a 313 jsou koncipovány dohromady. Všechny linky by mohly využívat současnou infrastrukturu na odstavném stání na jirkovském autobusovém nádraží. V úsecích jednotlivých linek by mohla využívat linka 311 současnou infrastrukturu v úseku Jirkov AN – Březenecká I, linky 312 a 313 krátké úseky Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká, Jirkov, Nové Ervěnice – Písečná. Na lince 312 se nachází trolejové vedení ještě v krátkých úsecích Zoopark – U Lávky a Zborovská – Chomutov AN a na odstavném stání na chomutovském nádraží. Linky by obsluhovaly po celý den čtyři vozidla, které nejsou žádnými jinými prokládány, a i vzhledem k nasazení kloubových vozidel by fungovaly tedy jako samostatný systém v rámci provozu.

Linka 314 by mohla využívat současnou infrastrukturu pouze na obou smyčkách a v rámci krátkých úseků Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká, Zoopark – U Lávky a Zborovská – Chomutov AN. Oběh linky 314 je navržen v provozu pouze ve špičkách pracovních dnů (jinak linka není v provozu), dále by obsluhoval spoj linky 330. Využitelnost oběhu je tedy značně malá. To je důvod, proč je pořadí 314/1 považováno jako nevhodné. [6]

2.1.3.3 Skupina linek 320, 321 a 330

Linka 320 by byla v provozu pouze v rámci tří párů. Pořadí 320/1 by obsluhovalo linky 302 v rámci jednoho spoje, 314 v rámci jednoho páru a jeden spoj linky 330. Využitelnost oběhu je tedy velmi malá, a proto je považován jako nevhodný.

Linka 321 je navržena v provozu pouze v rámci jednoho večerního páru, který by obsluhovala pořadí 307/3 resp. 303/1.

Linka 330 by byla v provozu pouze v rámci dvou ranních spojů, které by obsluhovala pořadí 314/1 a 320/1. [6]

2.1.3.4 Finální výběr vhodných subjektů

Na základě kritérií, která byla popsána v podkapitole 1.1.1, tedy maximálního možného využívání současné trolejbusové infrastruktury, ať už bodově či úsekově, co nejmenších investic do další infrastruktury a provázání jednotlivých proběhů za účelem co největší efektivity provozu se dá říci, že vhodnými jsou pořadí 302/1, 303/1, 303/2 a všechny oběhy v rámci linek 311, 312 a 313, jak se ukázalo v podkapitolách 1.1.3.1 – 1.1.3.3.

Ovšem pořadí 303/1 by dle návrhu obsluhoval i spoj linky 321 ve směru Nové Spořice, kde se nachází současná infrastruktura pouze v rámci úseků Vodní – Palackého a Čelakovského – Chomutov žel. zast. [6]. Tento fakt činí oběh nevhodný, a proto vyřazuje i zbylá pořadí 302/1 a 303/2 z důvodů jejich malého počtu a nevelkého využití infrastruktury.

Nadále tedy se bude pracovat pouze s pořadími 311/1, 311/2, 311/3 a 311/4. Tyto oběhy dostatečně využívají současnou infrastrukturu a mají vhodné proběhy, což jsou dobré předpoklady pro implementaci elektromobilních vozidel. Výsledkem by mohla být bezemisní obsluha města Jirkov páteřními linkami a rovněž atraktivní bezemisní spojení obou měst páteřními linkami, jelikož by se do součtu započítával i současný provoz trolejbusů.

2.2 Popis vhodných linek MHD v Chomutově a Jirkově pro provoz elektromobilních vozidel

Následující popis a charakteristiky uvažovaných linek obsahují jejich nácestné a konečné zastávky, délku a cestovní dobu linek v jednotlivých směrech. V rámci charakteristiky délka je tento údaj rozdělen na vedení mimo trolejové vedení a pod trolejovým vedením, přičemž vzdálenost pod trolejovým vedením je uvažována vždy od a do zastávky, a to z důvodu toho, že připojení vozidla na trolejbusovou infrastrukturu probíhají zejména v zastávce, aby vozidlo neblokovalo okolní provoz. Samozřejmě je zmíněna existence trolejbusové infrastruktury na konečných zastávkách, jelikož na těch lze infrastrukturu též plně využít.

Všechny tři níže popsané linky jsou jedinými linkami, na které se nasazují kloubové 18 m autobusy. Pokud by byla vozidla nasazována na tyto linky nahrazena elektromobilními vozidly, šlo by o stoprocentní nahrazení kloubových dieselových nebo plynových autobusů. DPCHJ dnes vlastní čtyři dieselové (stáří 7 – 11 let) a dva plynové (stáří 2 – 5 let) autobusy.

2.2.1 Linka 311

Linka č. 311 je navržena v trase: Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Hornická – Jirkov, Vinařická I – Jirkov, Horník – Jirkov, Dvořákova – Jirkov, Nové Ervěnice – Jirkov, Hrdinů – Písečná, zdr. stř. – Zahradní TIP – Kamenná – Březenecká II – Sportovní hala – Kundratická – Březenecká I – Moravská – Severka – Kostnická, škola – Kostnická – Kadaňská, škola – Kadaňská, kaplička – Globus a zpět.

Délka linky při cestě ve směru Globus činí 10 630 m¹, přičemž 6 630 m je linka vedena pod trolejovým vedením a zbylých 4 000 m je vedena mimo trolejové vedení. Délka linky při cestě

¹ Všechny délky uvedené v této práci jsou měřeny dle Geoportálu ČÚZK dostupného z <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>, pokud není uvedeno jinak.

ve směru Jirkov AN činí 10 900 m, přičemž 6 650 m je linka vedena pod trolejovým vedením a zbylých 4 250 m je vedena mimo trolejové vedení. Celková délka linky činí tedy 21 530 m.

V zásadě je linka 311 vedena v úseku Jirkov AN – Březenecká I ve stopě trolejbusové infrastruktury. Na konečné zastávce Jirkov AN se nachází jednotopá trolejbusová smyčka, kde jsou odstaveny vozy trolejbusové linky 340, které čekají na svůj odjezd. Na lince 340 je navrhnout celodenní interval 15 minut, takže v případě připojení na trolejbusové dráty by bylo nutné, aby vůz linky 311, 312 nebo 313 pustil vůz linky 340. V předchozích letech byl tento postup zcela běžný při jiné koncepci vedení trolejbusových linek, takže lze s jistotou říci, že dva vozy v tomto místě vedle sebe stát mohou a vedle nich lze projet ještě s dalším vozidlem nicméně s obtížemi. Také by zcela jistě nebyl problém vybudovat předjízdňé trolejbusové vedení, aby řidiči nebyli nuceni stahovat sběrače. V současné době staví autobusové linky na jiném odstavném stání, nad kterým trolejbusové vedení není přítomno. Jistou variantou by bylo vybudování infrastruktury do těchto míst. Je nutné poznamenat, že v úseku Jirkov, Horník – Jirkov, Dvořákova dnes není vystavěna infrastruktura, ovšem její výstavba je naplánována, jak bylo zmíněno na začátku kapitoly 2.

Cestovní doba ve směru Globus činí 35 minut a ve směru Jirkov AN 33 minut. [6]

2.2.2 Linka 312

Linka č. 312 je navržena v trase: Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Jiráskova – Jirkov, U Chaty – Jirkov, Staré Vinařice – Jirkov, Vodárna – Jirkov, Mládežnická – Jirkov, Na Borku – Jirkov, Nový Březeneček – Jirkov, Palackého – Jirkov, Nové Ervěnice – Písečná – Jirkov, žel. zast. – Kaufland – Zoopark – U Lávky – Moravská – Blatenská – Zborovská – Chomutov AN a zpět.

Délka linky ve směru Chomutov AN činí 12 150 m, přičemž 1 730 m je linka vedena pod trolejovým vedením a zbylých 10 420 m je vedena mimo trolejové vedení. Délka linky při cestě ve směru Jirkov AN činí 11 850 m, přičemž 1 730 m je linka vedena pod trolejovým vedením a zbylých 10 120 m je vedena mimo trolejové vedení. Celková délka linky činí tedy 24 000 m.

Celkově linka 312 jede ve stopě trolejbusové infrastruktury pouze v rámci třech cca 500 - 600 m dlouhých úseků mezi zastávkami Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká, Jirkov, Nové Ervěnice – Písečná a Zoopark – U Lávky na silnici I/13. Je nutné poznamenat, že v případě druhého zmíněného úseku na křižovatce s ul. Hrdinů a ul. Písečná není přítomna trolejová spojka ve směru linky č. 312. Ovšem trolejové vedení se nachází na obou konečných zastávkách linky - v zastávce Jirkov AN se nachází jednotopá trolejbusová smyčka, zatímco na chomutovském autobusovém nádraží hned dvoustopá. Na rozdíl od jirkovského

autobusového nádraží by zde nevznikaly žádné konfliktní situace s projížděním trolejbusových sběračů, jelikož zde nejsou navrženy žádné trolejbusové linky.

Cestovní doba ve směru Chomutov AN činí 29 minut a ve směru Jirkov AN 28 minut. [6]

2.2.3 Linka 313

Linka č. 313 je navržena v trase: Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Jiráskova – Jirkov, U Chaty – Jirkov, Staré Vinařice – Jirkov, Vodárna – Jirkov, Mládežnická – Jirkov, Na Borku – Jirkov, Nový Březanec – Jirkov, Palackého – Jirkov, Nové Ervěnice – Písečná – Jirkov, žel. zast. – Kaufland a zpět. Dá se říci, že je kratší verzí linky 312.

Délka linky ve směru Kaufland činí 7 540 m, přičemž 1 230 m je linka vedena pod trolejovým vedením a zbylých 6 310 m je vedena mimo trolejové vedení. Délka linky při cestě ve směru Jirkov AN činí 7 200 m, přičemž 1 230 m je linka vedena pod trolejovým vedením a zbylých 5 970 m je vedena mimo trolejové vedení. Celková délka linky činí tedy 14 680 m.

Linka 313 jede ve stopě trolejbusové infrastruktury pouze v rámci dvou cca 600 m dlouhých úseků mezi zastávkami Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká a Jirkov, Nové Ervěnice – Písečná. Je nutné poznamenat, že v případě druhého zmíněného úseku na křižovatce s ul. Hrdinů a ul. Písečná není přítomna trolejová spojka ve směru linky č. 313. Trolejové vedení se nachází pouze na konečné zastávce Jirkov AN ve formě jedno-stopé smyčky.

Cestovní doba ve směru Chomutov aut. nádr. činí 20 minut a ve směru Jirkov AN také 20 minut. [6]

2.2.4 Souhrn vhodných linek

Tabulka 1 ukazuje souhrn charakteristik vhodných linek, které byly popsány v minulých podkapitolách. Při výběru vhodných linek je ovšem také zapotřebí uvažovat i vzdálenosti a jízdu pod trolejovým vedením či mimo trolejové vedení i při jízdě z a do vozovny. Vozovna DPCHJ se nachází na sídlišti Zahradní vedle otvického obchodního centra S1, což je vidět na obrázku 3.

Tabulka 1 - Charakteristiky vhodných linek

Charakteristika / linka	311		312		313	
	směr G	směr Ji AN	směr CV AN	směr Ji AN	směr K	směr Ji AN
Počet zastávek	22	22	19	19	14	14
Délka pod trolej. stopou (m)	6630	6650	1730	1730	1230	1230
Délka mimo trolej. stopu (m)	4000	4250	10420	10120	6310	5970
Délka v daném směru (m)	10630	10900	12150	11850	7540	7200
Celková délka (m)	21530		24000		14680	
Cestovní doba (min)	33	35	29	28	20	20

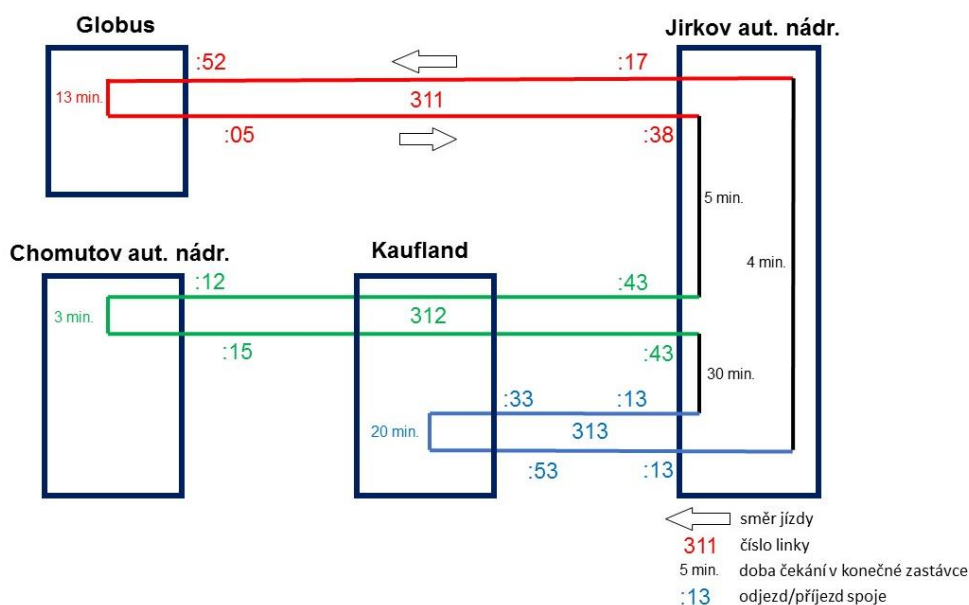
Řidiči autobusů dnes volí následující trasu z vozovny ve směru Jirkov AN: vozovna – silnice I/13 – silnice II/251 – ul. Chomutovská – ul. Palackého – ul. Zaječická – Jirkov AN. Tato trasa je dlouhá **2 910 m** a na obrázku 3 je tato trasa vyznačena **modrou** barvou. Pro trasu do vozovny ze zastávky Jirkov AN volí řidiči autobusů tuto trasu: Jirkov AN – ul. Zaječická – ul. Palackého – ul. Chomutovská – ul. Písečná – vozovna. Tato trasa je dlouhá **2 950 m** a na obrázku 3 je vyznačena **zelenou** barvou. Řidiči trolejbusů využívají stávající trolejbusovou síť, trasa je vyznačena červenou barvou. Délka činí v každém směru **3 375 m**. Červenou barvou jsou znázorněny trasy nájzdů a sjezdů trolejbusů směrem Jirkov AN.



Obrázek 3 - Trasy manipulačních jízd mezi vozovnou a zastávkou Jirkov AN [7]

Nájezdy a sjezdy jsou uvažovány pouze z a do zastávky Jirkov AN, jelikož oběhy autobusů pro linky 311, 312 i 313 vždy začínají a končí v zastávce Jirkov AN. Této záležitosti a oběhům se věnuje více podkapitola 2.3.

2.3 Oběhy vozidel a jízdní řády na vhodných linkách MHD v Chomutově a Jirkově



Obrázek 4 - Schéma oběhů vozidel na linkách 311, 312, 313 [6]

Na obrázku 4 je vidět schéma oběhů vozidel na linkách 311, 312 a 313. Schéma bude přiblíženo pomocí prvního sledu pořadí 311/1. To má první jízdu na lince 311 (červená) s pravidelným odjezdem ve 4:17 ze stanice Jirkov AN a s příjezdem ve 4:52 do stanice Globus. Zde 13 minut čeká na obratišti a v 5:05 vyráží zpět s příjezdem v 5:38 na konečnou Jirkov AN. Zde má 5 minut čekání a v 5:43 odjíždí jako linka 312 ve směru Chomutov AN, kam přijede v 6:12 a po 3 minutové přestávce 6:15 vyráží zpět do stanice Jirkov AN, kde má příjezd v 6:43. Zde má vůz 30 minutové čekání. Poté v 7:13 vyráží jako linka 313 ve směru Kaufland, kam by měl dorazit v 7:33 a po 20 minutové přestávce 7:53 odjet zpět směrem Jirkov AN, kde se s příjezdem v 8:13 po 4 minutovém čekání celý sled uzavře. V 8:17 vůz opět odjíždí jako linka 311.

Tabulka 2 - První a poslední jízdy jednotlivých pořadí [6]

Pořadí	První jízda (odjezd)	Poslední jízda (příjezd)
311 / 1	4:17, linka 311	23:43, linka 313
311 / 2	4:43, linka 312	23:13, linka 313
311 / 3	5:13, linka 313	23:38, linka 311
311 / 4	5:17, linka 311	22:38, linka 311

Tabulka 3 - Denní směny řidičů pro jednotlivá pořadí. [6]

Název směny	R od	R do	R	O od	O do	O	Celk.	vozom
311/1a+b	3:45	12:15	8:30	12:15	0:15	12:00	20:30	307 210
311/2a+b	4:15	12:45	8:30	12:45	23:45	11:00	19:30	285 680
311/3a+b	4:45	13:00	8:15	13:00	0:15	11:15	19:30	283 210
311/4a+b	4:45	13:15	8:30	13:15	23:15	10:00	18:30	268 470
							Celkem	1 144 570

Linky jsou obslouženy celkově čtyřmi vozy, které se řídí dle čtyř pořadí 311/1, 311/2, 311/3 a 311/4, jejichž první jízdy a poslední jízdy jsou vidět v tabulce 2. Obsluha linek začíná a končí u všech pořadí vždy v zastávce Jirkov AN. V tabulce 3 jsou rozvrženy denní směny řidičů pro jednotlivá pořadí s příslušnými vozom.

Řidič na pořadí 311/1 začíná svou směnu ve 3:45 a ve 4:17 vyjíždí jako první spoj linky 311. Poté následuje jízda podle schématu na obrázku 1, a to až do příjezdu ve 22:43 do zastávky Jirkov AN, odkud by měl pokračovat bez 30 minutové přestávky hned na lince 313 s časem odjezdu 22:43 (tedy odjezd linky 312). Svou poslední jízdu tedy absolvuje na lince 313 s příjezdem ve 23:43. Konec směny je psán v 0:15. Vůz celkem pětkrát obslouží všechny tři linky v obou směrech. Podle vzorce 2.1 činí celková délka denního oběhu 307 210 m.

Řidič na pořadí 311/2 začíná svou směnu ve 4:15 a ve 4:43 vyjíždí jako první spoj linky 312. Poté následuje jízda podle schématu na obrázku 1. Svou poslední jízdu absolvuje na lince 313 s příjezdem ve 23:13. Vůz celkem čtyřikrát obslouží linku 311 a pětkrát linky 312 a 313 v obou směrech. Podle vztahu 2.2 činí celková délka denního oběhu 285 680 m.

Řidič na pořadí 311/3 začíná svou směnu ve 4:45 a v 5:13 vyjíždí jako první spoj linky 313. Poté následuje jízda podle schématu na obrázku 1. Svou poslední jízdu absolvuje na lince 311 s příjezdem ve 23:38. Konec směny je psán v 0:15. Vůz na lince celkem pětkrát obslouží linky 311 a 313 a čtyřikrát linku 312. Podle vzorce 2.3 činí celková délka denního oběhu 283 210 m.

Řidič na pořadí 311/4 začíná svou směnu ve 4:45 a v 5:17 vyjíždí jako první spoj linky 311. Poté následuje jízda podle schématu na obrázku 1. Svou poslední jízdu absolvuje na lince 311 s příjezdem ve 22:38. Konec směny je psán v 23:15. Vůz na lince celkem pětkrát obslouží linku 311 a čtyřikrát linky 312 a 313. Podle vzorce 2.4 činí celková délka denního oběhu 268 470 m.

$$l_{311/1} = 5 * (l_{311A} + l_{311B}) + 5 * (l_{312A} + l_{312B}) + 5 * (l_{313A} + l_{313B}) + l_N + l_V, \quad (2.1)$$

$$l_{311/2} = 4 * (l_{311A} + l_{311B}) + 5 * (l_{312A} + l_{312B}) + 4 * (l_{313A} + l_{313B}) + l_N + l_V, \quad (2.2)$$

$$l_{311/3} = 5 * (l_{311A} + l_{311B}) + 4 * (l_{312A} + l_{312B}) + 5 * (l_{313A} + l_{313B}) + l_N + l_V, \quad (2.3)$$

$$l_{311/4} = 5 * (l_{311A} + l_{311B}) + 4 * (l_{312A} + l_{312B}) + 4 * (l_{313A} + l_{313B}) + l_N + l_V, \quad (2.4)$$

kde $l_{311/1}$ je délka ujeta vozidlem na pořadí 311/1,

$l_{311/2}$ je délka ujeta vozidlem na pořadí 311/2,

$l_{311/3}$ je délka ujeta vozidlem na pořadí 311/3,

$l_{311/4}$ je délka ujeta vozidlem na pořadí 311/4,

l_{311A} je délka linky 311 ve směru Globus viz tabulka 1,

l_{311B} je délka linky 311 ve směru Jirkov AN viz tabulka 1,

l_{312A} je délka linky 312 ve směru Chomutov AN viz tabulka 1,

l_{312B} je délka linky 312 ve směru Jirkov AN viz tabulka 1,

l_{313A} je délka linky 313 ve směru Kaufland viz tabulka 1,

l_{313B} je délka linky 313 ve směru Jirkov AN viz tabulka 1,

l_N je délka trasy z vozovny na zastávku Jirkov AN,

l_V je délka trasy ze zastávky Jirkov AN do vozovny.

3 Charakteristika uvažovaných elektromobilních vozidel a současného stavu infrastruktury v uvažovaném místě provozu

3.1 Stav elektromobilní infrastruktury v Chomutově a Jirkově

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, trolejbusová infrastruktura byla vystavěna ve městech Chomutov a Jirkov mezi lety 1992 a 1995. Síť disponuje napětím stejnosměrným o velikosti 750 V (stejně jako např. v Českých Budějovicích). Stavba byla dokončena na konci června roku 1995 a 1. července byl zahájen pravidelný provoz. V roce 1998 se trolejbusová síť rozrostla k chomutovské poliklinice a železárnám a poslední rozšíření proběhlo v roce 2000 o nové autobusové nádraží v Chomutově. Vystavěná trolejbusová infrastruktura nebyla od svého vzniku výrazněji rekonstruována. Pouze došlo k úpravám vedení z důvodů výstaveb kruhových objezdů nebo mostů. Poloha trolejového vedení viz příloha 1, kde je znázorněno červeně (obsluhované úseky) nebo fialově (neobsluhované úseky). [1] [2]

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2, v rámci návrhu provozního konceptu Ing. Františka Krtičky se uvažuje o dvou investicích do trolejbusové infrastruktury. První investicí je přesun trolejbusového vedení ze silnice I/13 a ul. Lipská do ul. Zborovská v plné své délce a druhou investicí je výstavba trolejbusové trati mezi smyčkou Horník v Jirkově a ul. Dvořákova.

V návrhu Ing. Krtičky ze současné i uvažované trolejbusové sítě by trolejbusy nevyužívaly chomutovské autobusové nádraží, úsek mezi zastávkou Vodní a křižovatkou Čelakovského – Politických vězňů – Zborovská a úsek mezi zastávkami Železářny a U Hřbitova.

3.2 Vybrané možnosti elektromobilních vozidel

V současném boomu zavádění elektromobilních vozidel do veřejné hromadné dopravy je spousta typů, nad kterými je možno uvažovat. Tyto typy budou probrány v následujících podkapitolách.

3.2.1 Elektrobus

„Elektrobusy rozumíme autobusy, které ke svému pohonu používají elektromotor, ale na rozdíl od trolejbusů využívají jako zdroj elektřiny baterie (akumulátory) nebo vodíkové palivové články. Elektrobusy se uplatní hlavně v městském provozu s kratší ujetou vzdáleností a častějšími rozjezdy a zastaveními.“ (Valenta, 2015, s. 39) Provoz tohoto typu vozidla je příznivě ekologický, jelikož vozidlo neprodukuje žádné emise. Díky tomuto faktu se nabízí možnost pořídit si vozidlo s pomocí dotace Evropské unie. Další velikou výhodou jsou nižší

provozní náklady, které mohou být až čtyřikrát nižší než u dieselových autobusů. Stejně tak mají elektrobuses více jak dvojnásobnou účinnost motoru (až 90 %) oproti dieselovým autobusům, jsou méně hlučné než trolejbusy a mají možnost rekuperace, což znamená získání energie při brzdění. Kvůli náročné technologii jsou ovšem zpravidla dražší. Cena je úměrná kapacitě baterií. S tím souvisí i velikosti bateriových článků. Čím větší množství baterií elektrobuses má, tím menší kapacitu cestujících bude mít vozidlo. V případě umístění akumulátorů do střešních prostor se ovšem zvyšuje cena, jelikož je nutné vyrobit takovou konstrukci, která baterie unese. Dalšími nevýhodami můžou být: omezený dojezd v závislosti na technologii akumulátorů, samotná údržba baterií. Z praxe z DPMCB bylo zjištěno, že klimatizace a topení mohou snížit dojezd elektrobuse až dvojnásobně. [5] [8] [9] [10]

Elektrobuses se dají rozdělit na dva typy: klasické a oportunitní (příležitostné) elektrobuses. [8]

3.2.1.1 Klasický elektrobuses

Noční elektrobuses (spíše nazývané klasické elektrobuses) jsou konstruované na nabíjení zejména přes noc v garáži, kde je nutné je k plnému dobití odstavit až na šest hodin. V praxi jsou často nabíjené i přes den, jelikož to proběhy vozidel vyžadují. V tuto chvíli je ho ovšem potřeba nahradit jiným vozidlem a řidičem, pokud oběhy nenabízejí speciální přestávku pro nabíjení. Tímto způsobem se velmi zvyšují investiční náklady. Aby baterie vydržela co nejdéle, musí mít dostatečnou kapacitu, a tedy i velikost. Hmotnost akumulátoru pak tvoří až 20 % celkové hmotnosti vozidla. Kvůli velikosti baterie jsou pak noční elektrobuses často dražší než oportunitní elektrobuses. K nabíjení jsou potřeba výkonné nabíjecí stanice. [10] [11]

V České republice se nachází několik měst, které jsou obsluhované výhradně klasickými elektrobuses. Např. v Hranicích na Moravě zakoupil dopravce ČSAD Frýdek-Místek v říjnu 2017 šest elektrobuseů SOR EBN 9,5. Ten je schopný dojet na jedno nabití až 180 km, elektromotor dosáhne výkonu až 120 kW a trakční baterie má kapacitu 172 kWh. Vzhledem k některým delším proběhům vozů jsou vozidla nabíjena přes zásuvku i přes den. Po koupi těchto nových vozů je veřejná doprava ve městě zcela bezemisní, a to jako první v zemi. [12]

Mít druhou bezemisní veřejnou dopravu v pořadí se nedávno splnilo městu Bílina. Dopravce Arriva City zakoupil vozy SOR EBN11, které jsou schopny dojet na jedno nabití až 150 km. Vzhledem k proběhům vozů se ovšem vozy musí na linkách střídat. Nákup tří vozů vyšel na 33 mil. Kč. [13]

3.2.1.2 Oportunitní elektrobuses

Zásadní rozdíl mezi klasickým a oportunitním elektrobusem je v četnosti nabíjení baterií. Zatímco klasické elektrobuses jsou uzpůsobeny zejména k nabíjení přes noc, oportunitní

elektrobusy se nabíjejí až několikrát denně. Úplné dobití baterie pak ovšem netrvá v řádu hodin jako u klasických elektrobusů, nýbrž v řádu desítek minut, jde často o rychlonabíjení. Technologie musí být volena tak, aby byly akumulátory nabity na potřebnou kapacitu. Nabíjení probíhá z dobíjecích stanic na trase nebo v konečných stanicích, jejich poloha musí ctít konkrétní proběhy vozů. [10]

Dnes existují tři možnosti oportunitního dobíjení. První je bezkontaktní dobíjení, které je založeno na principu elektromagnetické indukce. Dobíjecí infrastruktura v podobě cívek je umístěna v povrchu vozovky a v podvozku vozidla. Druhou možností je dobíjení přes odbočku tramvajové či trolejbusové infrastruktury pomocí pantografového sběrače. V tomto případě je nutné, aby byl přítomen zemnicí vodič a dvojpólový pantograf kvůli uzavření elektrického okruhu. Poslední možností je nabíjení opět pomocí pantografového sběrače ale přes samostatný napájecí vodič, který může být umístěn v některé ze stanic. [8] [10] [14]

Velkými průkopníky v České republice v provozu oportunitních elektrobusů s nabíjením přes samostatný napájecí vodič v České republice se staly dopravci obsluhující MHD v Hradci Králové a Trutnově. V Hradci Králové bylo pořízeno hned dvacet elektrobusů, a to typu SOR NS 12. Každý elektrobus je možno nabíjet ze zásuvky, přičemž každý má svou stanicí a také vykazují možnost oportunitního nabíjení ze speciálně tomu určených stanic. Dojezd tohoto typu vozidla činí až 200 km, cena jednoho vozidla činí 11,4 mil. Kč bez DPH, výkon elektromotoru je 160 kW a baterie disponují kapacitou 225 kWh. Elektrobus si ovšem vypomáhá dieselovým vytápěním, a tak vozidlo není čistě bezemisní, proto je nutno tento koncept brát s rezervou. [15] [16]

Arriva Východní Čechy zakoupila do MHD Trutnov na začátku roku 2019 čtyři oportunitní elektrobusy Škoda 26BB s nabíjením jednak pomocí klasického plug-in nabíjení Škoda a zároveň i pomocí rychlonabíjecí stanice ABB, kterou dodal výrobce od ČEZ ESCO. Tato stanice je schopná nabíjet s výkonem až 150 kW. Zároveň ČEZ ESCO zajistí servis na dalších pět let. Elektrobusy jsou schopné dojet bez nabití až 200 km a jsou schopné rekuperace, což může být užitečné do místních sklonových poměrů. Kapacita akumulátorů dosahuje 250 kWh. Arriva si nechala také vybudovat dobíjecí areál za 20 mil. Kč. Celková pořizovací cena vozidel (včetně dvou 18 m autobusů na CNG) činila 83 mil. Kč. Dá se tedy předpokládat, že jeden elektrobus vyšel dopravce na 13–14 mil. Kč. Celá investice byla hrazena z 85 % fondy EU. [17] [18]

Vůbec prvním městem v České republice, kde se začalo používat oportunitní nabíjení z odbočky trolejbusové sítě, jsou České Budějovice. V roce 2018 zakoupil DPMCB 11 elektrobusů o velikosti midibusu Škoda 29 BB za 142,5 mil. Kč. Cena jednoho elektrobusu se

tak pohybuje okolo 13 mil. Kč. Trakční baterie mají využitelnou kapacitu 120 kWh a jsou schopné se nabít za 75–80 minut při nabíjecím výkonu 80 kW. Průměrná spotřeba energie činí obvykle 1,3 – 1,6 kWh/km v závislosti na použití topení a klimatizace. Průměrný dojezd pak dosahuje rozmezí 75–92 km. Nabíjecí infrastruktura v prostoru vozoven pak vyšla dopravní podnik na 33 mil. Kč. Elektrobusy jsou také schopné rekuperace. Celá investice byla hrazena z 85 % z fondů EU. [9] [19] [20]

Na sousedním Slovensku se první koncept oportunitního elektrobusu dobíjených ze současné infrastruktury začal používat v Žilině rovněž od konce roku 2018, a to koupí dvou elektrobusů Škoda 26 BB. Investice mimo dvou nabíjecích stanic vyšla místní dopravní podnik na 1 149 200 EUR (v přepočtu cca 30 mil. Kč). Baterie mají využitelnou kapacitu 200 kWh a jsou typu Li-Ion. Garantovaný dojezd činí 100 km, předpokládaný pak 150 km. Elektromotor disponuje nominálním výkonem o výši 160 kW. Doba dobití činí cca 48 minut s nabíjecím výkonem 110 kW. [20] [21] [22] [23]

Tabulka 4 - Souhrn parametrů oportunitních elektrobusů

	Hradec Králové	České Budějovice	Trutnov	Žilina
Výrobní model	SOR NS12	Škoda 29BB	Škoda 26BB	Škoda 26BB
Délka autobusu (m)	12	9,5	12	12
Cena (Kč*ks ⁻¹)	11 400 000	13 000 000	14 000 000	15 000 000
Využitelná kapacita baterie (kWh)	225	120	250	200
Dojezd (km)	200	92	192	150
Výkon elektromotoru (kW)	160	160	160	160
Čas dobití baterie (rychlodobíjení) (min)	-	75–80	-	48
Nabíjecí výkon (kW)	-	80	-	110
Průměrná spotřeba energie (kWh*km ⁻¹)	-	1,3	1,3	1,3

Tabulka 4 znázorňuje důležité údaje oportunitních elektrobusů, které jsou známy a byly zmíněny v předchozích odstavcích. Do současné doby existují na českém a slovenském trhu pouze elektrobusy o maximální délce 12 m. Jejich cena se mění zejména v závislosti na délce vozidla. Autobusy o délce 12 m vyšly dopravní podniky na 14–15 mil. Kč, zatímco kratší midibus pro České Budějovice na 13 mil. Kč. Výjimkou je elektrobus SOR pro Hradec Králové,

který vyšel na podstatně méně finančních prostředků. Kapacita baterie je instalována zejména na požadavky objednatele, s tím pak koresponduje dojezd vozidla. Průměrná spotřeba energie pak činí $1,3 \text{ kWh} \cdot \text{km}^{-1}$. Čas dobití baterie se pohybuje mezi 48 a 80 minutami v závislosti na nabíjecím výkonu a požadavcích zákazníka.

3.2.2 Trolejbus

Trolejbus používá ke svému pohonu elektromotor. Elektřina je získávána z trolejových drátů nad vozovkou, které jsou dva – jeden je kladného pólu, druhý záporného. Hodí se do specifických provozů, zejména do kopcovitých či do míst, která není vhodné znečišťovat výfukovými plyny. Počáteční investice do trolejbusů je nákladnější než do dieselových autobusů, a to z hlediska pořízení samotných vozidel i vybudování patřičné infrastruktury, nicméně se mohou pyšnit vyšším výkonem, rychlou a hladkou akcelerací, rekuperací, nižší hlučností, a navíc se jedná o vozidlo zcela bezemisní. Provoz je ovšem limitován pouze na úseky, kde je vybudována infrastruktura. [5]

Trolejbus je dle české legislativy brán jako drážní vozidlo a musí se řídit zákonem 266/1994 Sb. a jeho působnost prochází vždy schvalováním přes Drážní úřad, a to z toho důvodu, že trolejbus je striktně limitován možnostmi trasy. [24]

V České republice existuje dnes 14 trolejbusových provozů. V tom je započítán samozřejmě provoz v Chomutově a Jirkově a ke dnešku nejmladší trolejbusový provoz v Praze zatím ovšem neplnohodnotný ve zkušebním provozu. [2]

3.2.3 Hybridní trolejbus

Hybridním vozidlem se obecně myslí vozidlo, které je poháněné kombinací několika zdrojů energie. Má minimálně dva zásobníky energie a odpovídající agregáty, platí, že jeden z nich se dá nabíjet během jízdy. Hybridním trolejbusem se pak myslí trolejbus, který s jízdou pod trolejovým vedením kombinuje další zdroj energie. Jako druhý zdroj energie se nejčastěji používají samostatný dieselový motor (duobus), dieselagregát nebo akumulátory (parciální trolejbus). [8]

Oproti elektrobusu mají hybridní trolejbusy stejně jako klasické trolejbusy na první pohled jednu legislativní nevýhodu. Musí se totiž řídit zákonem 266/1994 Sb. (drážním zákonem). Podle něj musí být vázány na přesnou trasu, ať už je vedena pod trolejovým vedením či nikoliv. [24]

3.2.3.1 Duobus

Trolejbus a zároveň autobus, často nazýván duobus, je vozidlo, které jezdí na dieselovou i elektrickou trakci. Je vhodný pro provoz kombinující obsluhu v centru a periférii. V centru je efektivní vybudovat trolejbusové vedení kvůli četné obsluze, které navíc není posléze znečištěné zplodinami, zatímco na periférii se tato investice jednoduše nevyplatí a kvůli méně četné obsluze tu výfukové plyny nemusí hrát tak velikou roli. Přejít mezi dieselovou a elektrickou trakcí probíhá na speciálně konstruovaných částech vedení za pomoci automatického nasazování a svěšování trolejbusových sběračů. Tento postup je zcela běžný při jakékoli změně trakce. [5]

Právě kombinace bezemisního provozu v centru a málo nákladného provozu na periférii je obrovskou výhodou duobusu. Ovšem je zde jedna velká nevýhoda a tou jsou dvě nezávislé hnací jednotky. Provozní náklady šplhají až ke dvoj – či trojnásobné výši, než kterou mají klasické trolejbusy, ačkoli životnost je stejná. Nutnost využívání fosilních paliv a absence bezemisního provozu je další nevýhodou. Jelikož byla stanovena podmínka použití bezemisního konceptu již na začátku práce, nebude se nadále s tímto vozidlem ani vozidlem, který by mělo pouze pomocný dieselagregát, uvažovat. [5]

3.2.3.2 Trolejbus s bateriemi

Trolejbusu s bateriemi se ujal název parciální trolejbus. Stejně jako u duobusu se hodí do provozů, kde je velmi četná obsluha v centru, nicméně na periférii již je výstavba trolejbusové infrastruktury ekonomicky nenávratná. Tento typ vozu současně přebírá trh po duobusu, jelikož je zcela bezemisní. Úskalím parciálního trolejbusu je umístění akumulátorů, které jsou stejně jako u elektrobusů těžké a drahé. Podíl baterie v ceně a váze parciálního trolejbusu se blíží až k 20 %. Také platí, že baterie je často nutné umístit do prostoru pro cestující, tudíž se snižuje kapacita vozidla. [5] [25]

Významnou zakázku na dodávku sedmi parciálních trolejbusů právě dokončila Škoda Electric na vozy Škoda 27Tr do Plzně pro tamní dopravní podnik PMDP. Za jeden kus zaplatí PMDP 19,2 mil. Kč, celkem cca 134 mil. Kč. Trolejbusy jsou schopné dojet mimo trolejové vedení až 12 km. Vybitá baterie se pak dobije pod trolejovým vedením za cca 30 minut za jízdy, při stání pak doba nabíjení činí cca 44 minut, přičemž nabíjecí výkon je při jízdě na troleji cca 70 kW a při stání cca 45 kW. Využitelná energie bateriových článků činí 44 kWh. Životnost baterií je počítána na 7 let provozu, ale dle Škody Electric bude reálná životnost vyšší. Podobnou zakázku na stejný typ parciálních trolejbusů zhotovila Škoda Electric do Českých Budějovic. Parametry se liší u využitelné energie bateriových článků, která v tomto případě činí 33,7 kWh. Žádný rozdíl v dojezdu pak zapříčiňuje různé použití trolejbusů. V Plzni používají baterie

několikrát denně, zatímco v Českých Budějovicích zejména při výlukách tedy v režimu „občas“. V Plzni je pak třeba garantovat, že i při stárnutí a tedy degradaci baterie bude trolejbus nadále schopen dojet 12 km mimo trolejové vedení. Průměrná spotřeba s rekuperací i topením činí 3,1 kWh/km. Bez topení i rekuperace pak 2,8 kWh. Při jízdě na baterie je výkon topení redukován na 30 %. [20] [26] [27]

Dopravní podnik měst Zlín a Otrokovice objednal v průběhu roku 2018 sedm parciálních trolejbusů Škoda 30Tr. Celkově za vozy zaplatí 94,64 mil. Kč bez DPH, tedy 13,52 mil. Kč za jeden trolejbus. Stejně jako vozy pro Dopravní podnik města Plzně jsou schopny dojet až 12 km mimo trolejové vedení. [28] [29]

Dopravce Arriva City si pro MHD v Teplicích objednal pět parciálních trolejbusů Škoda 30Tr, za které zaplatil 76 mil. Kč, tedy 15,2 mil. Kč za jeden vůz. Trolejbusy jsou schopné rekuperace a bez trolejového vedení jsou schopné ujet až 10 km. [30]

Tabulka 5 ukazuje vybrané technické údaje trolejbusů s bateriemi. Dle prvních dvou údajů lze vidět, že cena mezi 12 m a 18 m trolejbusem se liší o cca 4 mil. Kč. Dojezd se uvádí zpravidla 10–12 km. Poslední dva údaje jsou uvedeny pro 18 m trolejbusy s bateriemi.

Tabulka 5 - Zjištěné vybrané technické údaje trolejbusů s bateriemi

Údaj	Hodnota
Cena za 18 m trolejbus s bateriemi	19,2 mil. Kč
Cena za 12 m trolejbus s bateriemi	cca 15,5 mil. Kč
Garantovaný dojezd	10–12 km
Dobíjení za jízdy	30 min
Dobíjení za stání	44 min
Využitelná energie baterie (18 m)	33,7 kWh / 44 kWh
Průměrná spotřeba energie (18 m)	3,1 kWh/km

3.3 Výběr vhodných elektromobilních typů vozidel

Vzhledem k vybraným linkám a oběhům v kapitole 2 je potřeba pro další pokračování práce zvolit vhodná elektromobilní vozidla, se kterými se bude uvažovat v dalších kapitolách.

Již v podkapitole 3.2.3.1 byl vyřazen duobus. Jedním z účelů této práce je použít současnou infrastrukturu. Tuto podmínku nespĺňuje dostatečně klasický elektrobus, který by zcela jistě využil vystavěnou infrastrukturu (tím není myšleno trolejbusové vedení) v prostoru vozoven

a dalších nabíjecích míst, nicméně ostatní části by zůstaly nevyužité. Navíc provoz v České republice pro midibusy umožňují dojezd do 180 km, což vzhledem k délce proběhů v obězích nestačí. Proto ani s klasickým elektrobusem není vhodné nadále uvažovat.

Oportunitní elektrobus na rozdíl od klasického elektrobuse nelimituje dojezd, pokud je možnost v průběhu dne jej nabít na potřebnou kapacitu. Z hlediska využití současné infrastruktury se nejvíce nabízí provoz s oportunitním nabíjením z trolejového vedení. Zbylé možnosti oportunitního nabíjení vyžadují investice, které je možno právě využitím zdejší infrastruktury obejít. Nevýhodou tohoto konceptu ve zdejších podmínkách může být fakt, že v České republice je zatím pouze jeden provoz, který se uchýlil k takovému používání tohoto typu dopravního prostředku. Provoz je navíc midibusový a k účelům práce by bylo potřeba vyvinout elektrobus kloubový. Koncept ovšem vykazuje jistý potenciál, a proto s ním bude nadále uvažováno.

Trolejbus splňuje zcela jistě všechna kritéria, nicméně je velmi limitován svým polem působnosti. Bylo by třeba vystavět 20 730 m trolejového vedení v obou směrech. Soudě podle nedávné výstavby 3 km² trolejového vedení v Pardubicích, která vyšla na cca 40 mil. Kč, by výstavba takto dlouhého vedení vyšla na cca 276,4 mil. Kč a do této ceny není započítána výstavba nové měřírny, která by jistě musela být započtena při výstavbě trolejového vedení o takové délce. Výše investičních nákladů je velmi vysoká a neatraktivní, a proto nebude s trolejbusem nadále uvažováno. [31] [32]

Pro provoz parciálního trolejbusu ovšem není nutno stavět takové množství trolejového vedení. Nicméně délka dojezdu parciálních trolejbusů pohyblivost vozů omezují, a proto je nutno posoudit, zda stačí současná trolejbusová infrastruktura. Výhodou tohoto vozidla je, že je používán zcela běžně a není raritou. Výhody jasně ukazují pro další uvažování provozu parciálního trolejbusu.

² Tato hodnota je myšlena ve smyslu délky komunikace v jednom směru, nikoli celkové délce vystavěného trolejového vedení. Takto bude uvažováno i v dalších odstavcích práce, pokud nebude uvedeno jinak.

4 Srovnání technickoprovozních vlastností jednotlivých elektromobilních variant s vazbou na ekonomiku

Zbylé dvě varianty (oportunitní elektrobus nabíjitelný z trolejového vedení, dále pouze oportunitní elektrobus, a trolejbus s akumulátory dále pouze parciální trolejbus) budou v této kapitole blíže specifikovány a budou stanoveny technickoprovozní podmínky s vazbou na ekonomiku pro jejich úspěšnou implementaci.

4.1 Oportunitní elektrobus

Prvním zásadním faktem při úvaze použití oportunitního elektrobusu je to, že by se jednalo o nový typ vozidla v majetku DPCHJ. Druhým zásadním faktem je to, že by se při srovnání se současnou situací jednalo o vůbec první použití elektrobusu o délce 18 m v České republice. Tato fakta mohou hned ze začátku uvalit na jejich použití jistou dávku nedůvěry. O to důležitější je důslednost při návrhu požadavků na novou infrastrukturu a technologii vozidel.

Na dosud vyrobené oportunitní elektrobusy jezdící v Česku a Slovensku takového typu byly vynaloženy peněžní prostředky o výších cca 13 mil. Kč (České Budějovice – 9,5 m elektrobus) a 15 mil. Kč (Žilina – 12 m elektrobus). Jelikož toto použití elektrobusů vyžaduje 18 m kloubový autobus, dá se předpokládat, že cena bude vyšší. Cenu nelze přesně stanovit vzhledem k dosud neexistujícím zakázkám na tento typ v tuzemsku, ovšem Berlínský dopravní podnik si objednal 15 kusů 18 m klasických elektrobusů, které vychází každý na 900 000 € (v přepočtu více než 23 mil. Kč) [33]. Vzhledem k vysoké pořizovací ceně elektrobusů se ukazuje jako velmi neefektivní pořizovat více elektrobusů, než kolik by bylo potřeba na stejné výkony dieselových nebo plynových autobusů, proto bude maximální snaha o zachování stejného počtu potřebných vozidel.

4.1.1 Návrh výstavby nabíjecí infrastruktury

Při každé implementaci elektrobusů je potřeba vystavět novou infrastrukturu, a to zejména pro nabíjení. Vzhledem k výběru elektrobusu, který se nabíjí z trolejbusového vedení, a samotné existenci trolejbusového vedení v místě provozu, je tento proces méně nákladný a nevyžaduje významné stavební a technologické úpravy.



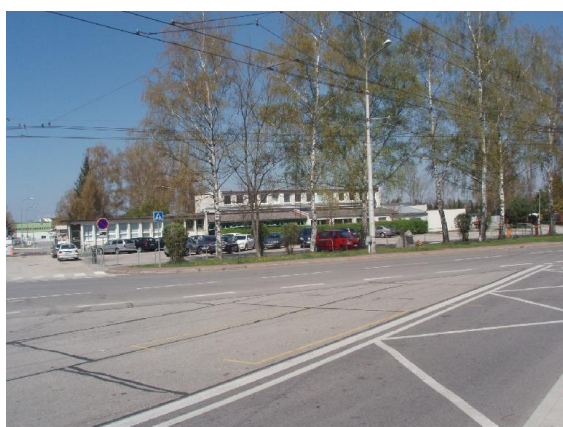
Obrázek 5 – Způsob nabíjení elektrobuse v areálu vozoven DPMCB, foto autor

Zcela jistě je třeba vyhradit místa pro trvalé nabíjecí stání v prostoru vozoven pro počet pořízených elektrobuseů. Tato místa bývají zpravidla zastřešená, aby citlivá technologie vozidel nebyla vystavena přírodním vlivům. Ze zkušenosti z Českých Budějovic nejsou v těchto stáních přítomny třífázové zásuvky, nýbrž pouze pozměněné trolejové vedení, což je detailně vidět na obrázku 5. Tato infrastruktura by sloužila výhradně pro nabíjení elektrobuseů, pro jízdu trolejbusů není určena. Oproti nabíjecím stáním v Českých Budějovicích by měla navržená nabíjecí stání v Chomutově pojmut 18 m kloubová vozidla. Dále bývá zvykem, ale rozhodně ne pravidlem, že každý elektrobuse má své nabíjecí stání, které je označeno evidenčním číslem vozidla. Touto politikou se striktně řídí v Hradci Králové, kde mají elektrobusey svá nabíjecí stání se zásuvkami, jak je vidět na obrázku 6, ale neřídí se jí v Českých Budějovicích. Je třeba zmínit, že způsob nabíjení nemá pro způsob tohoto řešení žádný vliv. V praxi se toto dá srovnávat např. s přidělením vozidla řidiči/ům či nikoliv.



Obrázek 6 - Nabíjení elektrobuse v prostoru vozoven Dopravního podniku Hradce Králové, foto autor

Jelikož největší vzdálenost ujede vozidlo obsluhující pořadí 311/1, je nemožné, aby tuto vzdálenost urazilo vozidlo, aniž by se v průběhu směny nenabíjelo, proto je nutné vytyčit si v síti vhodná místa pro průběžné nabíjení. Vzhledem k současné existenci trolejového vedení na autobusovém nádraží v Jirkově, je toto místo velmi vhodné pro nabíjení během dne zejména v rámci 30minutové přestávky při přechodu mezi linkami 312 a 313. Ostatní přestávky není třeba vzhledem k délce pobytu využívat, pokud by to nebylo nezbytně nutné v závislosti na stavu nabití akumulátorů. Poté je možné využít průběžné nabíjení v dalších konečných stanicích Globus, Chomutov AN nebo Kaufland.



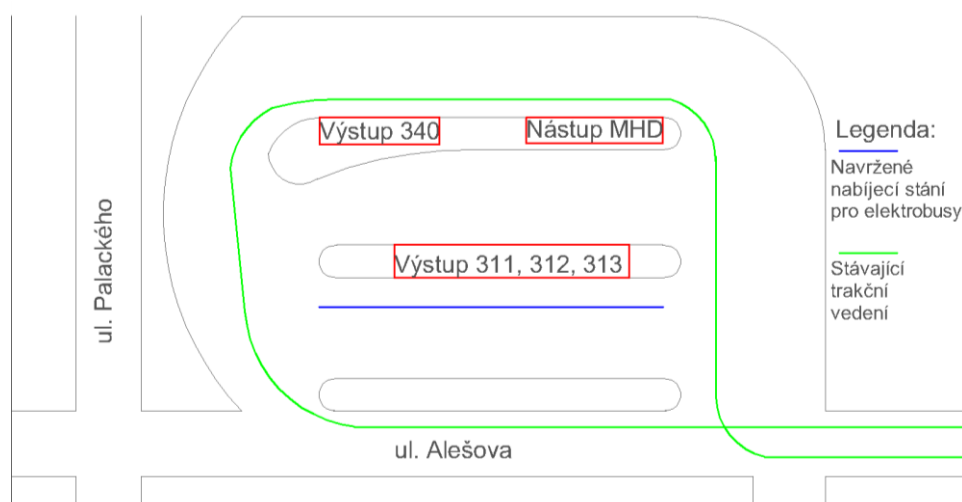
Obrázek 7 - Nabíjecí stání v konečné stanici Papírenská - točna, foto autor



Obrázek 8 - Nabíjecí stání v konečné stanici Parkoviště Jirovcova, foto autor

Je doporučeno vystavět popř. vyhradit trolejové vedení speciálně pro účely nabíjení elektrobusem z důvodu zabránění konfliktním situacím se sběrači trolejbusů a kvůli rozdílným technickým vlastnostem využívání trakčního vedení elektrobusem a trolejbusem. Kvůli prvnímu důvodu je nabíjecí místo v konečné stanici Papírenská - točna v Českých Budějovicích označeno, aby po místě neprojížděly sběrače trolejbusů, jak je vidět na obrázku 7 a kvůli druhému důvodu na obou nabíjecích místech v síti v Českých Budějovicích v Papírenská - točna a v konečné Parkoviště Jírovцова zesílen průměr trolejových drátů kvůli jejich větší odolnosti, jak je vidět na obrázku 8. [9]

Na základě zkušeností z Českých Budějovic by se mělo používat jedno stanoviště pro standardní nabíjení a další pro nabíjení v případě nepoužitelnosti stanoviště prvního např. z důvodu strnutí troleje vozidlem s nadměrným nákladem vozidla. Pro standardní stanoviště pro nabíjení za provozu se dá považovat Jirkov AN, kdy 30 minutová přestávka se zdá být dostatečná, a to na základě toho, že elektrobusey pro Žilinu se nabíjí akumulátory z 0 % na 100 % za 48 minut. Na obrázku 8 je vidět zjednodušené schéma stanice Jirkov AN, do kterého je zakomponován návrh umístění nabíjecího místa pro elektrobusey (**modrou barvou**), které se nachází v místě, kde běžně vozidla manipulačně čekají na svůj nájezd k odjezdové zastávce. Proto je navržena odbočka trolejového vedení, která je dlouhá cca 70 m. Současné umístění trolejového vedení je znázorněno **zelenou barvou**. Není navrženo místo pro nabíjení v místě manipulačního stání trolejbusů v oblasti „Výstup 340“, a to z důvodu obav vytvoření nedostatečného místa pro obě kloubová vozidla a průjezd např. 15 m autobusu společnosti Regiojet, která odtud vypravuje své autobusy do Mostu a Prahy.



Obrázek 9 - Zjednodušené schéma zastávky Jirkov AN, zdroj autor

Druhé „náhradní“ nabíjecí stanoviště pak může být umístěno v konečných stanicích Globus nebo Kaufland, jelikož pobyt v konečné zastávce Chomutov AN je příliš krátký. Jelikož obratiště Kaufland má výhodu v blízkém umístění od vozovny dopravního podniku (konkrétně

jde o cca 330 m vzdušnou čarou), bylo by vhodné umístit toto právě do těchto míst, což je vidět na obrázku 10. Zde v místě červené úsečky by bylo vhodné umístit odbočku trolejového vedení o délce 60 m. V těchto místech se nachází jednak výstupní i nástupní zastávka i manipulační stání pro linku 313. Díky krátké vzdálenosti od prostor dopravního podniku by mohla být přivedena trolejová infrastruktura a s tím elektrická energie právě z prostor vozoven či rovnou z trvalého nabíjecího stání. Podobnou metodu aplikovali v Českých Budějovicích u konečné stanice Parkoviště Jírovцова, kde je infrastruktura přivedena od trolejového vedení od cca 300 metrů vzdálené Pražské třídy, kde se nachází trolejové vedení. V reálném provozu se pak při nedostatečném nabití baterií ve stanici Jirkov AN mohou baterie dobít v obchodním centru Kaufland, kde by 20minutová přestávka měla doplnit nabíjení. Možností je také využít trolejbusová manipulační stání ve stanici Jirkov AN. Při této skutečnosti se pak nabízí otázka, zda nevzniknou dle jízdního řádku konfliktní situace mezi jednotlivými pantografy při čekání 30 minut při přechodu mezi linkami 312 a 313. Dle jízdního řádu trolejbusové linky 340 by žádná konfliktní situace vzniknout neměla. Linka 340 jezdí pravidelně každých 15 minut a na konečnou stanici Jirkov AN přijíždí každou 41. minutu (tedy 2 minuty před linkou 312) a odjíždí v 59. minutu, další vozidlo přijíždí v 56. minutu a odjíždí ve 14. minutu (tedy 1 minutu po lince 313). Problém pak mohou činit pouze sjezdy a nájezdy trolejbusů do vozovny a nepravidelnosti jízdního řádu či jiné mimořádnosti. Dále by bylo v současném místě trolejbusového manipulačního stání „těsno“. V tuto chvíli je pak na místě správně rozhodnout technické parametry vozidla – tato problematika je rozvedena v podkapitole 4.1.2. [6]



Obrázek 10 - Schéma stanice Kaufland [34]

V extrémním případě není potřeba stavět žádnou infrastrukturu, nicméně tento postup je důrazně nedoporučován. V první řadě by jistě docházelo k těsným situacím v manipulačním

stání v zastávce Jirkov AN, jak bylo popsáno v minulém odstavci. Systém by pak neměl žádné záložní řešení při porušení nabíjecího stání v zastávce Jirkov AN a vozidla by zcela jistě postrádala vlastní zázemí v prostoru vozoven, což by v důsledku mělo velmi negativní efekt pro jejich životnost a údržbu. V neposlední řadě by pak byly zvýšeny nároky na infrastrukturu, jelikož samotné nabíjení elektrobuseů je jiných parametrů než poježdění po trolejovém vedení trolejbusovými pantografy.

4.1.2 Návrh technických parametrů vozidel

V první řadě je třeba si vytyčit takové technické parametry vozidel částečně z hlediska zákazníka, zejména pak parametry vozidel z hlediska technologie.

Dnes se používají v DPCHJ kloubové autobusy se čtyřmi dveřmi, přičemž všechny dveře jsou stejného typu. V této ideje by bylo vhodné pokračovat a není třeba ji měnit, neboť elektrobuse na toto nemá vliv. Bylo by rovněž vhodné zachovat kapacitu vozidla, nicméně je třeba konstatovat, že toto nebude možné, jelikož je nutné do určitých částí vozidla umístit akumulátory. Akumulátory jsou umístěné v elektrobusech v jakýchsi „boxech“, a to zejména v zadní části vozidla, tudíž je třeba počítat s menší kapacitou. Celkově by mohlo jít asi o snížení 10 míst ke stání/sezení.

Pro přesnější hodnoty a lepší použití v praxi bude spíše nadále počítáno s hodnotami 29 resp. 19 minut pro přestávky pro nabíjení, jelikož cca 1 minutu zabere nájezd vozidla k počáteční zastávce a odpojení od trolejového vedení a nástup cestujících. Celkově je pak třeba stanovit si několik parametrů, podle kterých budou určeny technické parametry vozidla. Vztah 4.1 ukazuje vztah vyjadřující délku sledu, kterou ujede vozidlo mezi základním nabíjecím stáním.

$$l_{záklsled} = l_{311A} + l_{311B} + l_{312A} + l_{312B} + l_{313A} + l_{313B} \quad (4.1)$$

, kde $l_{záklsled}$ je délka sledu mezi základním nabíjecím místem, tato proměnná nabývá hodnoty **60 270 m**, ostatní proměnné jsou převzaty z rovnic 2.1 – 2.4 v kapitole 2.

$$E_{min} = \frac{c_{baterie}}{t_{nabití}} \quad (4.2)$$

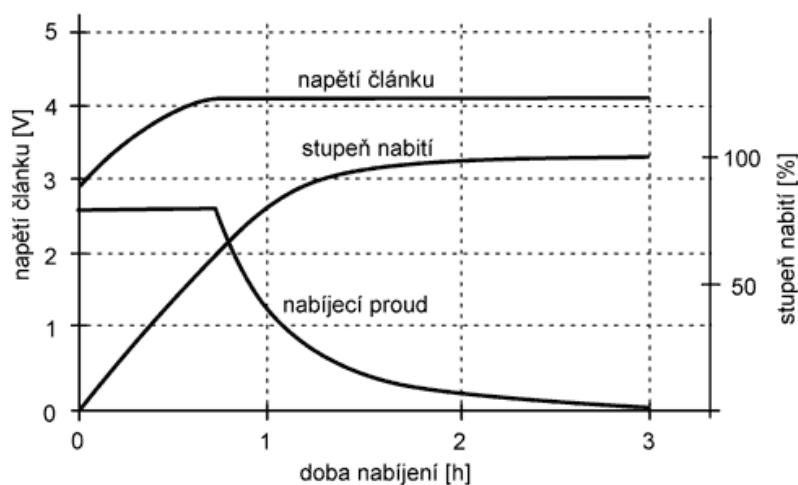
, kde E_{min} je energie nabitá za 1 minutu,

$t_{nabití}$ je čas nabití elektrobuse,

$c_{baterie}$ je kapacita baterie.

Dalším vztahem použitým v textu je vztah 4.2. Při převzetí hodnot z provozu v Žilině, kde $t_{nabití} = 48 \text{ min}$ a $c_{baterie} = 200 \text{ kWh}$, pak E_{min} nabývá hodnoty **4,17 kWh.min⁻¹**.

Tato hodnota ovšem není zcela přesná. Baterie, které jsou použity v elektrobusech v Českých Budějovicích a Žilině jsou typu Li-Ion, které se nenabíjí lineárně, nýbrž do cca 70 % kapacity baterie se nabíjejí vysokou rychlostí, pak se ovšem začne nabíjení znatelně zpomalovat, jak je vidět na obrázku 11 u prostřední křivky. Výše uvedená hodnota E_{min} představuje zjednodušený pohled. V následujících odstavcích sice bude počítáno s touto hodnotou, avšak na konci podkapitoly je třeba zhodnotit, zda toto omezení není zásadní pro tuto úlohu. Jelikož obrázek 11 ukazuje pouze obecně nabíjení baterie typu Li-Ion a přesná charakteristika použitých baterií je neznámá, bude důsledkem tohoto omezení posléze navržena patričná rezerva v kapacitě baterie. [35]



Obrázek 11 - Schéma nabíjení Li-Ion baterií [35]

$$l_{baterie} = \frac{C_{baterie}}{E_{maxspotřeba}} \quad (4.3)$$

, kde $C_{baterie}$ je kapacita baterie,

$l_{baterie}$ je dojezd elektrobusu na baterie,

$E_{maxspotřeba}$ je maximální spotřeba energie.

Vztah 4.3 ukazuje závislost dojezdu vozidla na kapacitě baterie a maximální spotřeby, kdy je známa hodnota $E_{maxspotřeba} = 1,6 \text{ kWh} \cdot \text{km}^{-1}$ ze zkušeností z Českých Budějovic, kdy v zimě se může spotřeba vyšplhat až na tuto hodnotu. Průměrná hodnota spotřeby energie $E_{spotřeba}$ pak činí $1,3 \text{ kWh} \cdot \text{km}^{-1}$ [9]. Je třeba ovšem poznamenat, že této maximální hodnoty spotřeby energie nedosahuje elektrobus běžně, ale pouze při velmi extrémních podmínkách. Běžné jsou hodnoty kolem průměrné spotřeby energie.

Nechť jsou jednotlivé sledy jízd nadále myšleny od konce tohoto nabíjení do jeho začátku. Tedy základní sled je brán jako obsluha linek 313, 311 a 312 v tomto pořadí v případě nabíjení

v zastávce Jirkov AN v průběhu 30 minutové přestávky. Právě na oběh 311/1 je kladen největší nárok na baterii při absolvování posledního sledu, kdy po obsluze linek 313, 311 a 312 v tomto pořadí po 30 minutovém nabíjení v zastávce Jirkov AN v rámci klasického sledu následuje opět obsluha linky 313, ale bez 30 minutové přestávky. Proto bude tento oběh probrán detailně. Tuto pozornost je třeba mít i u prvního sledu oběhu 311/3, který absolvuje svůj první sled společně s nájездem z vozovny, což je druhá nejvyšší ujetá délka na baterie po výše uvedeném případě v rámci oběhu 311/1. Na základě následujících odstavců bude poté určena kapacita baterie.

Je předpokládáno, že vozidlo na oběhu 311/1 vyjede z vozovny s plně nabitou baterií. V rámci prvního sledu po příjezdu do stanice Jirkov AN obslouží linky 311 a 312. Vozidlo tedy při sečtení těchto vzdáleností ujelo 48 440 m, což při aplikaci vztahu 4.3 znamená, že spotřeba činila 77,504 kWh. Při 29minutové přestávce je možno baterie nabít až o 120,83 kWh, což znamená, že při započítání druhého sledu vyjíždí vozidlo s plně nabitou baterií. Druhý sled má formu základního sledu, při kterém se spotřebuje 96,432 kWh. Následující přestávka probíhá analogicky stejně jako po sledu prvním a celkově to znamená, že po absolvování základního sledu se baterie nabijí opět na svou plnou kapacitu. Třetí a čtvrtý sled je stejný jako sled druhý. Při sledu pátém vozidlo ujede vzdálenost o délce klasického sledu, a navíc obslouží linku 313 a vrátí se do vozovny. Celková vzdálenost pátého sledu je 77 960 m, což znamená spotřebu energie o velikosti 124,736 kWh. Pro lepší přehled je k dispozici tabulka 6.

Tabulka 6 - Spotřeba a nabíjení energie baterií oportunitního elektrobuse na oběhu 311/1

311/1		
sled 1	délka [m]	48440
	spotřeba [kWh]	77,50
	čas nabíjení [min]	29
	nabitá energie [kWh]	77,504
sled 2	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	29
	nabitá energie [kWh]	96,432
sled 3	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	29
	nabitá energie [kWh]	96,432
sled 4	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	29
	nabitá energie [kWh]	96,432
sled 5	délka [m]	77960
	spotřeba [kWh]	124,736

Co se týče prvního sledu u oběhu 311/3, tak zde vzdálenost činí 63 180 m, což je délka základního sledu a nájezdu z vozovny. Spotřeba je 101,088 kWh. V tabulce 7 lze vidět proces nabíjení a spotřeby energie u zbývajících oběhů. Délky sledů u ostatních oběhů pak menší nebo stejné jako základní sled. Při znalosti těchto informací se pak dá říci, že nejvyšší spotřeba na jeden je 124,736 kWh u posledního sledu oběhu 311/1.

Tabulka 7 - Spotřeba a nabíjení energie oportunitního elektrobusu u oběhů 311/2, 311/3 a 311/4

311/2			311/3			311/4		
sled 1	délka [m]	26910	sled 1	délka [m]	63180	sled 1	délka [m]	48440
	spotřeba [kWh]	43,056		spotřeba [kWh]	101,088		spotřeba [kWh]	77,504
	čas nabíjení [min]	29		čas nabíjení [min]	29		čas nabíjení [min]	29
	nabitá energie [kWh]	43,056		nabitá energie [kWh]	101,088		nabitá energie [kWh]	77,504
sled 2	délka [m]	60270	sled 2	délka [m]	60270	sled 2	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	29		čas nabíjení [min]	29		čas nabíjení [min]	29
	nabitá energie [kWh]	96,432		nabitá energie [kWh]	96,432		nabitá energie [kWh]	96,432
sled 3	délka [m]	60270	sled 3	délka [m]	60270	sled 3	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	29		čas nabíjení [min]	29		čas nabíjení [min]	29
	nabitá energie [kWh]	96,432		nabitá energie [kWh]	96,432		nabitá energie [kWh]	96,432
sled 4	délka [m]	60270	sled 4	délka [m]	60270	sled 4	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	29		čas nabíjení [min]	29		čas nabíjení [min]	29
	nabitá energie [kWh]	96,432		nabitá energie [kWh]	96,432		nabitá energie [kWh]	96,432
sled 5	délka [m]	60270	sled 5	délka [m]	39220	sled 5	délka [m]	39220
	spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	62,752		spotřeba [kWh]	62,752
	čas nabíjení [min]	29						
	nabitá energie [kWh]	96,432						
sled 6	délka	17690						
	spotřeba	28,304						

Nicméně není nezbytně nutné, aby vozidlo na oběhu 311/1 absolvovalo poslední jízdu linky 313. Ve 22:38 totiž přijíždí na lince 311 vozidlo na oběhu 311/4 do stanice Jirkov AN, což znamená, že by mohlo poslední jízdu na lince 313 obsloužit právě toto vozidlo. Co se týče směn, znamenalo by to, že odpolední směna na lince 311/1 se zkrátí z 12 hod na 11 hod a odpolední směna na lince 311/4 se prodlouží z 10 hod na 11 hod, tedy je vše v souladu se zákoníkem práce. V rámci spotřeby a nabíjení energie by to znamenalo, že vozidlo na oběhu 311/1 by ujelo v rámci posledního sledu 63 220 m, spotřeba by tedy činila 101,152 kWh. Vozidlo na oběhu 311/4 by ujelo v rámci posledního sledu 53 960 m, spotřeba by tedy činila 86,336 kWh. Rozdíly posledního sledu oběhu 311/1 jsou vidět v tabulce 8 a rozdíly posledního sledu oběhu 311/4 jsou vidět v tabulce 9. Po této úpravě je pak nejvyšší spotřeba energie na jeden 101,152 kWh, a to právě u posledního sledu oběhu 311/1. [6] [36]

Tabulka 8 - Rozdíl spotřeby energie v rámci posledního sledu oběhu 311/1

311/1		
sled 5	délka [m]	77960
	spotřeba [kWh]	124,736
NEBO		
sled 5	délka [m]	63220
	spotřeba [kWh]	101,152

Tabulka 9 - Rozdíl spotřeby energie v rámci posledního sledu oběhu 311/4

311/4		
sled 5	délka [m]	39220
	spotřeba [kWh]	62,752
NEBO		
sled 5	délka [m]	53960
	spotřeba [kWh]	86,336

Po této znalosti se pak dá stanovit kapacita baterie, která s nejvyšší spotřebou na jeden sled uvedenou výše by se dala stanovit jako 150 kWh. V rámci vyšší spolehlivosti by bylo ovšem vhodné zapracovat variantu, kdy z mimořádných nebo jiných závažných důvodů se nebude moci využít nabíjecí místo v manipulačním stání ve stanici Jirkov AN a vozidla se budou muset nabíjet ve stanici Kaufland. Základní sled se tímto posouvá – začátek sledu je nyní odjezd spoje linky 313 ze stanice Kaufland a konec příjezd spoje linky 313 do stanice Kaufland. Doba nabíjení mezi sledy činí 19 minut. O průběhu nabíjení a spotřeby energie u všech oběhů pojednává tabulka 10.

Tabulka 10 - Spotřeba a nabíjení energie při nabíjení ve stanici Kaufland pro všechny oběhy

311/1			311/2			311/3			311/4		
sled			sled			sled			sled		
1	délka [m]	55980	1	délka [m]	34450	1	délka [m]	10450	1	délka [m]	55980
	spotřeba [kWh]	89,568		spotřeba [kWh]	55,120		spotřeba [kWh]	16,720		spotřeba [kWh]	89,568
	čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19
	nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	55,120		nabitá energie [kWh]	16,720		nabitá energie [kWh]	79,167
sled			sled			sled			sled		
2	délka [m]	60270	2	délka [m]	60270	2	délka [m]	60270	2	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19
	nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167
sled			sled			sled			sled		
3	délka [m]	60270	3	délka [m]	60270	3	délka [m]	60270	3	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19
	nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167
sled			sled			sled			sled		
4	délka [m]	60270	4	délka [m]	60270	4	délka [m]	60270	4	délka [m]	60270
	spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432
	čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19
	nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167
sled			sled			sled			sled		
5	délka [m]	60270	5	délka [m]	60270	5	délka [m]	39220	5	délka [m]	28730
	spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	96,432		spotřeba [kWh]	62,752		spotřeba [kWh]	45,968
	čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19		čas nabíjení [min]	19
	nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	79,167		nabitá energie [kWh]	62,752		zbývající energie při kapacitě 150 kWh [kWh]	41,835
sled			sled			sled					
6	délka [m]	10150	6	délka	10150	6	délka [m]	31680			
	spotřeba [kWh]	16,24		spotřeba	16,24		spotřeba [kWh]	50,688			
	zbývající energie při kapacitě 150 kWh [kWh]	54,297		zbývající energie při kapacitě 150 kWh [kWh]	64,699		zbývající energie při kapacitě 150 kWh [kWh]	47,516			

Lze vidět, že charakter nabíjení se oproti nabíjení v zastávce Jirkov AN změnil. Nyní se baterie nedobíjejí mezi sledy na svou plnou kapacitu, nýbrž o cca 17 kWh méně než 100 %. To v důsledku znamená, že se tato nedobitá energie nakumuluje do konce dne, a právě v tabulce 10 v zelených řádcích lze vidět, kolik energie chybí od 100 % nabité baterie. Nejvyšší nároky jsou pak kladeny na oběh 311/4, kdy chybí 108,165 kWh, což je také nejvyšší spotřebovaná hodnota energie. Tato hodnota je o 7,013 kWh vyšší než nejvyšší spotřeba při nabíjení ve stanici Jirkov AN, což není nijak závažné. *V tom ovšem není zahrnuta úprava oběhů jako při nabíjení ve stanici Jirkov AN, to by znamenalo, že se nároky na oběh 311/4 zvýší, a proto*

se důrazně nedoporučuje tuto úpravu použít při nabíjení ve stanici Kaufland. I při použití záložního nabíjecího místa je pak vhodné použít kapacitu baterií o velikosti 150 kWh, pokud by se ovšem použila úprava oběhů 311/1 a 311/4. Ovšem při přesné neznalosti charakteristiky baterie se jeví jako rozumné mít vyšší rezervu v kapacitě baterie. Navíc baterie časem degradují a jejich kapacita se snižuje, proto by bylo vhodné použít baterie o vyšší kapacitě a to $c_{baterie} = 200 \text{ kWh}$, kterou používají v Žilině. Tím bude zajištěna dostatečná rezerva, a to i při zimních měsících, kdyby se spotřeba díky topení dostala do vysokých hodnot. Při průměrné spotřebě $E_{spotřeba} = 1,3 \text{ kWh}$, pak dojezd $l_{baterie} = 154 \text{ km}$.

4.1.3 Ekonomické zhodnocení

Vzhledem k výše uvedených cenám se dá předpokládat cena o výši cca 20 mil. Kč a na základě současné přítomnosti relativně nových plynových autobusů v majetku DPCHJ by v současné době bylo vhodné zakoupit pouze čtyři vozidla a plynová použít v turnusu s elektrobusy. V případě vyřazení plynových autobusů je pak možné zakoupit nové elektrobusy. Pořizovací cena čtyř elektrobusů vyjde tedy **cca na 80 mil. Kč**. V případě, že by DPCHJ již nedisponoval plynovými autobusy či by byly před hranicí životnosti, by bylo vhodné zakoupit pět elektrobusů, kde by pátý sloužil jako záložní vozidlo. Možností je také zakoupení čtyř vozidel s opcí na další vozidla po vyřazení plynových autobusů.

Co se týče nové infrastruktury, je potřeba postavit nabíjecí stanici v prostoru vozoven. Dle informací z DPMCB vyšla nabíjecí stanice pro 11 midibusových elektrobusů na **33 mil. Kč**. Je předpokládáno, že částka bude vzhledem k rozdílné délce vozidel podobná. Dále jde o nabíjecí stání ve stanicích Jirkov AN a Kaufland. Cena vybudování těchto stání se nedá přesně určit. V Českých Budějovicích vyšlo vybudování nabíjecího místa ve stanici Parkoviště Jírovцова společně se záchytným parkovištěm na 4,14 mil. Kč. Je předpokládáno, že cena parkoviště přesahovala výstavbu trolejového vedení, proto uvažujeme částku **1,5 mil. Kč** pro stanici Kaufland a **0,5 mil. Kč** pro stanici Jirkov AN. Fixní náklady činí celkově **cca 115 mil. Kč**. [9]

Když se v tabulce 7 sečtou všechny položky nabití energie a spotřebovaná energie při posledním sledu (tato energie se nabije ve vozovně), tak spotřeba elektrobusů bude $1\,831,312 \frac{\text{kWh}}{\text{den}}$. Tato hodnota je ovšem pro $E_{maxspotřeba} = 1,6 \text{ kWh.km}^{-1}$, nicméně se tato hodnota dá očekávat i jako průměrná, jelikož jde o kloubové vozidlo. Spotřeba elektrobusů za rok tak činí **668 428,880 $\frac{\text{kWh}}{\text{rok}}$** . Uvažovaná cena elektrické energie pro velkoobdoběratele činí **1,61 $\frac{\text{kWh}}{\text{Kč}}$** [37]. Když se vynásobí poslední dvě hodnoty, tak výsledná hodnota činí

$2\,948,412 \frac{\text{Kč}}{\text{den}}$ a tedy $1\,109\,591,941 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}}$. Takových hodnot by zhruba dosáhla cenově trakční energie v daných časových oblastech.

Životnost elektrobusu se předpokládá 10 let, přičemž životnost trakčních baterií je poloviční. To znamená, že se baterie budou muset minimálně jednou vyměnit. To je samozřejmě záležitost, se kterou je třeba počítat. [9]

4.2 Parciální trolejbus

V první řadě je třeba říci, že parciální trolejbus nepřinese v majetku DPCHJ nic zásadně nového. S trolejbusy má dopravní podnik více než 25 letou zkušenost. Jediný rozdíl od klasického trolejbusu je přítomnost akumulátorů, což v rámci údržby liší pouze nutností jednou za rok vyndat bateriové články a vyčistit prostory stlačeným vzduchem [20]. Kloubové parciální trolejbusy jsou dnes v České republice pořád novou záležitostí.

Vzhledem k vysokým pořizovacím cenám bylo by velmi neefektivní zvyšovat počet vypravených vozů, proto bude maximální snaha o zachování výpravy na čísla čtyři. Jelikož výprava kloubových autobusů v MHD Chomutov a Jirkov jsou čtyři vozy právě na linky 311, 312 a 313, šlo by o 100 % nahrazení kloubových autobusů.

4.2.1 Návrh parametrů vozidel

Stejně jako u oportunitních elektrobusů není důvod měnit počet dveří ani jejich šířku. Z hlediska obsazenosti je nutno poznamenat, že baterie se umísťují také do interiéru vozidla. V modelech pro Plzeň nebo České Budějovice jsou akumulátory umístěny v nejzadnější části vozu, kde se v klasických trolejbusech téhož typu nachází řada pěti sedadel. Pro lepší představu je níže uveden obrázek 12. Vzhledem k nástupu předními dveřmi, a tedy nevelké frekvenci cestujících v zadní části vozu by toto omezení prostoru nemělo vadit v komfortu cestujícím.



Obrázek 12 - Umístění baterií v parciálním trolejbusu pro DPMCB, foto autor

Důležitým faktorem pro provoz parciálního trolejbusu je jeho dojezd na baterie. V domácím prostředí mají parciální trolejbusy dojezd 12 km, jelikož se dosud nikdo nepokoušel aplikovat parciální trolejbus s vyšším dojezdem (a samozřejmě s instalovanou energií akumulátorů pro vyšší dojezd), považuje se vhodné u této hodnoty v tuto chvíli zůstat.

V poslední době uvedly do provozu DPMCB a PMDP kloubové parciální trolejbusy. Pro účely práce ovšem bude brána v potaz plzeňská verze jako vhodné vozidlo, ovšem pro návrh trolejbusové infrastruktury bude spíše počítáno se **spotřebou elektrické energie při započtení rekuperace a především topení, která činí 3,1 kWh/km**. Dle vztahu 4.3 se pak kapacita rovná **37,2 kWh**. Rozdíl mezi touto hodnotou a kapacitou plzeňského trolejbusu 6,8 kWh bude brán jako rezerva při degradaci baterií v průběhu stáří vozidla.

4.2.2 Výstavba trolejbusové infrastruktury

Na rozdíl od oportunitního elektrobusu není v případě parciálního trolejbusu potřeba vybudovat speciální infrastrukturu v prostorách vozoven. DPCHJ disponuje veškerým zázemím pro trolejbusy, proto možné investice do trolejbusové infrastruktury by byly soustředěny zejména do míst provozu linek 311, 312 a 313.

Je třeba posoudit, zda je nutno s dojezdem 12 km vystavět infrastrukturu. Pokud by investice byly nutné, pak je třeba navrhnout výstavbu trolejbusové infrastruktury v takovém měřítku, aby nebyla nutnost stavět měnírnu. V kapitole 3.3 byla zmíněna výstavba trolejbusových tratí v Pardubicích pro výstavbu 3 km trolejového vedení bez měnírny. Jedna ze stavěných trolejbusových tratí v Pardubicích byla sice dlouhá přes 2 km, nicméně asi v polovině se křížila s jinou trolejbusovou tratí. Úsek do Ohrazenic, který je tím izolovanějším od předchozí

trolejbusové tratě, je dlouhý cca 1 km. V roce 2010 byla dokončena stavba trolejbusové trati v Plzni v oblasti Borských polí. Trolejbusová stopa byla vystavěna na komunikacích o celkové délce asi 4,3 km (se 700 m odbočkou). Celková cena výstavby vyšla na cca 162 mil. Kč (120 mil. Kč bylo pokryto z fondů EU). V přepočtu částka činí 33,75 mil. Kč/km. Tato cena je o něco málo než 2,5 krát vyšší než v Pardubicích. Cenu mohlo ovlivnit i větší množství výhybek. Zásadní nárůst ceny ovšem zapříčiňuje právě měnirna. Vystavěná trolejbusová trať v Plzni v podstatě propojovala dvě místa s trolejovým vedením (Jižní předměstí a kruhový objezd v Domažlické ulici). K tomu byla vybudována ještě smyčka. Měnirna Karlov vystavěna zejména pro účely trolejbusové trati do Borských polí je umístěna 1,7 km od křížení s jinou trolejbusovou tratí u Jižního předměstí a 1,94 km od kruhového objezdu v Domažlické ulici, kde se nachází trolejbusová trať ve směru na Novou Hospodu. Ta je napájena z měnirny Zátíší, která se nachází cca 1,8 km od konečné stanice Nová Hospoda. Z výše zmíněného plyne, že novou měnirnu se vyžaduje postavit 1,5 - 2 km od stávající trolejbusové trati. [38]

Nejprve je třeba posoudit všechny tři linky, zda by je parciální trolejbus byl schopen pohodlně odjet samostatně. K dobití se bude používat výše uvedený vztah 4.2. Pro nabíjení za jízdy platí $E_{nab,jízda} = 1,24 \text{ kWh} \cdot \text{min}^{-1}$ a pro nabíjení za stání platí $E_{nab,stání} = 0,85 \text{ kWh} \cdot \text{min}^{-1}$.

Na lince 311 by vůz stáhnul sběrače v zastávce Březenecká I, odkud by pokračoval ke konečné zastávce Globus a zase zpět do zastávky Březenecká I. Cestovní doba úseku Jirkov AN – Březenecká I činí 19 minut [6], pokud se započte i výstavba trolejového vedení v úseku Jirkov, Dvořákova - Jirkov, Horník, a při předpokladu, že vůz stojí na všech 14 nácestných zastávkách 30 s³, tak by celková doba stání činila 7 minut a jízdy 12 minut. Kapacita baterie by se zvýšila o 20,80 kWh, ale v tomto případě je baterie plně nabita. Následující trasa, která by byla ujeta na baterie, je dlouhá 8,25 km. Problém může činit stoupání mezi zastávkami Moravská a Březenecká I a mezi zastávkami Kostnická a Kadaňská, škola a také 13minutové čekání v zastávce Globus. Vozidlo by spotřebovalo 25,58 kWh. Zbývající kapacita tedy činí 11,62 kWh. Je třeba také počítat se spotřebou při přestávce na zastávce Globus, která je ovšem velmi nízká. Poté následuje jízda ze zastávky Březenecká I do konečné stanice Jirkov AN. Pokud započítáme i výstavbu trolejového vedení v úseku Jirkov, Dvořákova a Jirkov, Horník, tak cestovní doba činí opět 19 minut. Při předpokladu, že vůz stojí na všech 14 nácestných zastávkách 30 s, tak by celková doba stání činila 7 minut a jízdy 12 minut. Po aplikaci vztahu 4.2 by se kapacita baterie zvýšila o 20,80 kWh a kapacita baterie by se zvýšila na 32,42 kWh. Pět minut čekání by poté nabilo baterii o 4,25 kWh. Celkově po absolvování

³ Hodnota 30 s byla stanovena jako průměrný maximální pobyt v zastávce. V případě, že by byla hodnota nižší, tak dopad na nabíjení energie v zastávkách by byl takový, že by se nabilo více energie. V případě delšího pobytu by zpravidla docházelo ke zpožděním. Se zpožděním již pracuje rezerva kapacity baterie.

linky 311 baterie disponuje kapacitou 36,67 kWh, což je skoro stejný stav jako při výjezdu z počáteční zastávky. Při použití nabíjení ve směru Globus, pak dokonce energie přebývá o více než 19 kWh. Samotná linka 311 tedy nevyžaduje výstavbu infrastruktury pro provoz parciálního trolejbusu. Pro lepší přehled o stavu energie je k dispozici tabulka 11. První sloupec označuje řešený úsek, druhý sloupec označuje spotřebu (**červená barva**) či nabití energie (**zelená barva**) a poslední sloupec ukazuje stav kapacity baterie po absolvování onoho úseku. Stejný styl tabulek bude použit v následujících tabulkách 12–18.

Tabulka 11 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 311

Krok	Spotřeba/nabití energie	Kapacita baterie
Jirkov AN (odjezd)	-	37,20 kWh
Jirkov AN – Březenecká I	+ 20,80 kWh	37,20 kWh (max. kapacita baterie)
Březenecká I – Globus – Březenecká I	- 25,58 kWh	11,62 kWh
Březenecká I – Jirkov AN	+ 20,80 kWh	32,42 kWh
Jirkov AN (5 min. přestávka)	+ 4,25 kWh	36,67 kWh

Tabulka 12 ukazuje spotřebu a nabíjení elektrické energie na lince 312 v případě, že by vozidlo vyjelo z počáteční zastávky s plně nabitými bateriemi. Je vidět, že při cestě zpět ze stanice Chomutov AN kapacita baterie nevystačí. Problém tkví v úseku Jirkov, Červenohrádecká – Zborovská, který je dlouhý 10,42 km.

Tabulka 12 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 312

Krok	Spotřeba/nabití energie	Kapacita baterie
Jirkov AN (odjezd)	-	37,20 kWh
Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká	+ 1,67 kWh	37,20 kWh (max. kapacita baterie)
Jirkov, Červenohrádecká – Zborovská	- 32,30 kWh	4,90 kWh
Zborovská – Zborovská	+ 4,84 kWh	9,74 kWh
Zborovská – Jirkov, Červenohrádecká	- 31,37 kWh	- 21,63 kWh
Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov AN	+ 1,24 kWh	- 20,39 kWh
Jirkov AN (30 min. přestávka)	+ 25,50 kWh	5,11 kWh

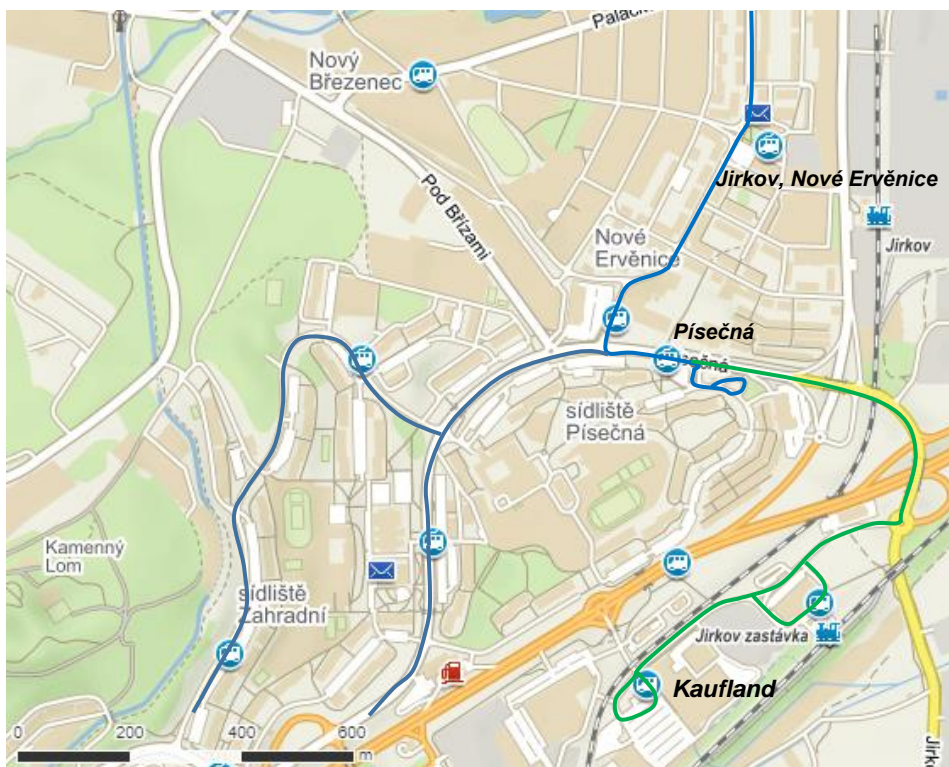
Tabulka 13 ukazuje spotřebu a nabíjení elektrické energie na lince 313 v případě, že by vozidlo vyjelo z počáteční zastávky plně nabito. Stejně jako u linky 312 nevystačí kapacita baterie pro cestu zpět, a to je třeba počítat s 20 minutovým pobytem v konečné Kaufland. Úsek mimo trolejové vedení je dlouhý 12,28 km, což těsně přesahuje dojezd vozidla.

Tabulka 13 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 313

Krok	Spotřeba/nabití energie	Kapacita baterie
Jirkov AN (odjezd)	-	37,20 kWh
Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká	+ 1,67 kWh	37,20 kWh (max. kapacita baterie)
Jirkov, Červenohrádecká – Kaufland – Jirkov, Červenohrádecká	- 38,07 kWh	- 0,87 kWh
Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov AN	+ 1,24 kWh	0,37 kWh
Jirkov AN (4 min. přestávka)	+ 3,40 kWh	3,77 kWh

Výsledkem je, že je zapotřebí vybudovat trolejové vedení v úsecích linek 312 a 313. Aby byla efektivita co největší, bylo by účinné vybudovat infrastrukturu v místech, který obsluhují obě linky. Při tomto kroku již budou brány v potaz oběhy vozidel na linkách.

Podle tabulky 11 potřebuje vyjet vozidlo na linku 311 při minimální kapacitě baterií **16,40 kWh** (myšleno 37,20–20,80 tzn. nevyužité nabíjení mezi Jirkov AN – Březenecká I), aby po výjezdu na linku 312 baterie disponovaly kapacitou 36,67 kWh. Po ujetí úseku Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká se ovšem baterie nabije opět na 37,20 kWh. Vzhledem k umístění trolejového vedení v úseku Jirkov, Nové Ervěnice – Písečná, se jeví možnost toto vedení využít s případným prodloužením do zastávky Kaufland, kde jej může vozidlo na lince 313 využít při 20minutovém čekání. Celkově by se jednalo o výstavbu trolejového vedení o délce **cca 1,16 km** bez smyček na zastávkách Kaufland a Jirkov, žel. zast. Jednostopé vedení v prostorách smyčky Kaufland by bylo dlouhé cca 270 m a v případě Jirkov, žel. zast. cca 250 m. Celý úsek lze vidět níže na obrázku 13, kdy **zeleně** je vidět návrh výstavby úseku a **modře** stávající trolejbusová síť. Tato výstavba by vzhledem ke své délce zcela jistě nevyžadovala stavbu měničky už z toho důvodu, že úsek se nachází blízko vozovny. Celková délka trolejbusové stopy včetně již přítomného úseku činí 1,84 km a 6 minut jízdy v každém směru [39] a po cestě se nachází 2 zastávky (mimo těch, kde by bylo nutno svěsit, popř. připojit sběrače). Celkově by se za tento úsek baterie nabily o 6,85 kWh (90 s stání na zastávkách a 4,5 min jízdy). V případě čekání ve stanici Kaufland by se baterie nabily o 17 kWh. Pro linku 312 by to tedy znamenalo nabití o **6,86 kWh** v každém směru a pro linku 313 o **23,86 kWh**, když by se vozidlo kontinuálně nabíjelo v úseku Jirkov, Nové Ervěnice – Kaufland – Jirkov, Nové Ervěnice.



Obrázek 13 - Návrh výstavby trolejového vedení Písečná – Kaufland [40]

Vzhledem k velkému nárůstu energie, která se nabije při jízdě na lince 313, je nyní dobré zjistit, s jakou kapacitou může vyjet vozidlo na linku 313. Již na první pohled ovšem lze jasně vidět, že před odjezdem na lince 313 se nachází 30minutová přestávka, při které se nabije 25,50 kWh. Tabulka 14 pak ukazuje průběh spotřeby a nabíjení energie na lince 313 při použití podmínky výše. Úsek bez trolejového vedení se zkrátil na 4,58 km v jednom směru a také zmizely obavy o statické vybíjení při přestávce v konečné Kaufland. Kapacita baterie při příjezdu do konečné zastávky činí 27,64 kWh. To znamená, že požadavek na minimální kapacitu baterie pro odjezd na linku 311 (tedy 16,40 kWh) je splněn a parciální trolejbus nyní odjede bez problému za sebou linky 313 a 311 v tomto pořadí.

Tabulka 14 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 313 s vystavěným trolejovým vedením mezi stanicemi Písečná a Kaufland a s výjezdem s nejmenší možnou kapacitou baterie

Krok	Spotřeba/nabití energie	Kapacita baterie
Jirkov AN (odjezd)	-	26,74 kWh
Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká	+ 1,67 kWh	28,41 kWh
Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Nové Ervěnice	- 14,20 kWh	14,21 kWh
Jirkov, Nové Ervěnice – Kaufland – Jirkov, Nové Ervěnice	+ 23,86 kWh	37,20 kWh (100 %)
Jirkov, Nové Ervěnice – Jirkov, Červenohrádecká	- 14,20 kWh	23,00 kWh
Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov AN	+ 1,24 kWh	24,24 kWh
Jirkov AN (4 min. přestávka)	+ 3,40 kWh	27,64 kWh

Poslední díl skládky tvoří linka 312. Již teď je známo, že vůz na lince 312 odjede ze zastávky Jirkov, Červenohrádecká s plnou kapacitou baterie a může přijet prakticky vybitý do téže zastávky v opačném směru.

Nyní je třeba využít poznatek o přesunu trolejového vedení ze silnice I/13 do ul. Zborovská. Pokud by se linka 312 přesunula z ul. Moravská a ul. Blatenská, kde trolejové vedení není přítomno, do ul. Zborovská a zároveň by se přesunulo vedení na nájездеch na silnici I/13 u benzínové pumpy Shell do protisměru. Znamenalo by to, že ze zastávky Zoopark až do konečné stanice Chomutov AN by jelo vozidlo připojeno na síť a vyžádalo by si to pouze minimální úpravy v infrastruktuře. Pokud ovšem by tento přesun linky byl nevyhovující, bylo by zapotřebí vystavět trolejové vedení v ul. Moravská, které by využívala i linka 311, a ul. Blatenská. Šlo by ovšem o investici výstavby dvoustopého trolejového vedení o délce cca 815 m, což by jistě nevyžadovalo stavbu měnírny. Ta se navíc nachází právě u pumpy Shell. Časový rozdíl by činil 1 min ve prospěch jízdy přes zastávku Moravská, což by znamenalo o dvě minuty kratší pobyt na konečné zastávce Chomutov AN. Pro lepší představu situace se nachází níže obrázek 13. [Modře](#) je vidět trasa, která by byla absolvována při výběru varianty přes Chomutov, žel. zast. a dále ul. Zborovskou (ta je zakreslena [zeleně](#)) nebo při výběru varianty přes ul. Moravská a ul. Blatenská standardně dle návrhu provozního konceptu (ta je zakreslena [červeně](#)). Zelená varianta znamená obsluhu zastávek Chomutov, žel. zast. a dvou budoucích zastávek v ul. Zborovská, které jsou obsaženy v návrhu přesunu trolejového vedení. Červená varianta počítá s obsluhou zastávek Moravská a Blatenská. Druhá jmenovaná zastávka by se ovšem měla nacházet ve vzdálenosti 100 m od jedné z navrhovaných zastávek. Dále je třeba podotknout, že současná verze linky 312, linka 316, která kopíruje z většiny své délky trasu linky 312, v zastávce Blatenská nezastavuje. Pro zastávku Blatenská by převedení do červené varianty mělo faktický dopad v tom, že by byla obsluhována pouze linkou 314. Ta je v podstatě vedena v trase dnešní linky 316 a od linky 312 se liší tím, že ze zastávky Jirkov, Na Borku jede přes zastávku Písečná, zdr. stř. do zastávky Zoopark a dále po trase linky 312. Obrat cestujících v zastávce Blatenská je ovšem dnes velmi nízký. V případě zastávky Moravská může jako náhradní trasa sloužit využití linky 302 nebo 311. Obrat cestujících ovšem nedosahuje zde závažných čísel, většina cestujících pokračuje do zastávky Zborovská nebo do konečné zastávky Chomutov, aut. nádr. [6] [39]



Obrázek 14 - Varianty vedení linky 312 [3]

Nyní je třeba ověřit, zda vozidlo dojde úseky bez trolejového vedení na baterie. Tyto úseky jsou Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Nové Ervěnice (4,58 km) a Kaufland – Zoopark (2 km). Dle textu výše počítejme s tím, že vozidlo vyjede na linku s kapacitou baterie 36,67 kWh, což je hodnota, se kterou končí kapacita baterie po přestávce na lince 311. Tabulka 15 pak ukazuje spotřebu a nabíjení energie na 312 s výjezdem z počáteční zastávky s kapacitou 36,67 kWh. Výsledkem je, že vozidlo přijede do konečné Jirkov AN s kapacitou baterie 24,24 kWh, nicméně po 30minutové přestávce je opět nabito na 100 %.

Tabulka 15 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 312 s vystavěným trolejovým vedením mezi stanicemi Písečná a Kaufland a přesunem linky přes zastávku Chomutov, žel. zast.

Krok	Spotřeba/nabití energie	Kapacita baterie
Jirkov AN (odjezd)	-	36,67 kWh
Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká	+ 1,67 kWh	37,20 kWh (max. kapacita baterie)
Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Nové Ervěnice	- 14,20 kWh	23,00 kWh
Jirkov, Nové Ervěnice – Kaufland	+ 6,86 kWh	29,86 kWh
Kaufland – Zoopark	- 6,2 kWh	23,66 kWh
Zoopark – Chomutov AN – Zoopark	+ 16,07 kWh	37,20 kWh (100 %)
Zoopark – Kaufland	- 6,2 kWh	31,00 kWh
Kaufland – Jirkov, Nové Ervěnice	+ 6,86 kWh	37,20 kWh (100 %)
Jirkov, Nové Ervěnice – Jirkov, Červenohrádecká	- 14,20 kWh	23,00 kWh
Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov AN	+ 1,24 kWh	24,24 kWh
Jirkov AN (pobyt 30 minut)	+ 25,50 kWh	37,20 kWh

Pro variantu zelenou na obrázku 15, jak je vidět v tabulce 16, je zde pouze rozdíl v kolonce Zoopark – Chomutov AN – Zoopark, kdy by se nabilo 15,48 kWh, což nemá na výslednou kapacitu větší vliv, protože po vyjetí ze zastávky Zoopark ve směru na Kaufland by baterie byla nabitá na 100 %.

Tabulka 16 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 312 s vystavěným trolejovým vedením mezi stanicemi Písečná a Kaufland a v ul. Moravská a ul. Blatenská

Krok	Spotřeba/nabití energie	Kapacita baterie
Jirkov AN (odjezd)	-	36,67 kWh
Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká	+ 1,66 kWh	37,20 kWh (max. kapacita baterie)
Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Nové Ervěnice	- 14,20 kWh	23,00 kWh
Jirkov, Nové Ervěnice – Kaufland	+ 6,85 kWh	29,85 kWh
Kaufland – Zoopark	- 6,2 kWh	23,65 kWh
Zoopark – Chomutov AN – Zoopark	+ 15,48 kWh	37,20 kWh (100 %)
Hodnoty následujících úseků jsou stejné jako v tabulce 15.		

Při kombinaci tabulek 11, 14, 15 popř. 16 je vidět, že limitní podmínky byly splněny a nehrozí, že by vozidlo na baterie nedojelo úsek mimo trolejové vedení. Jedinou výjimku tvoří poslední spoj oběhu 311/1. Ten s příjezdem do stanice Jirkov AN v 22:43 na lince 312 v ten samý čas odjíždí na lince 313. To by znamenalo, že vůz nevyužije 30minutovou přestávku v konečné Jirkov AN a vyjede na linku 313 s kapacitou baterie 24,24 kWh. Tato hodnota je o 2,5 kWh nižší, než s kterou se pracuje v tabulce 14. Když se odečte 2,5 kWh od každé hodnoty v posledním sloupci, nejnižší hodnota činí 11,71 kWh v úseku Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Nové Ervěnice. Nejsou zde tedy potřeba žádné úpravy v obězích. Pokud by to ovšem bylo nutné, oběh 311/4 končí na lince 311 v 22:38 s kapacitou 36,67 kWh s případnou 5minutovou přestávkou. Směna by se řidiči navýšila o 1 hodinu, což by znamenalo celkovou délku odpolední směny 11 hod, což je v souladu se zákonem 262/2006 Sb., zákoník práce. [6] [36]

Jelikož tabulka 15 popř. 16 pracují s jistou hodnotou kapacity baterie, se kterou bude vozidlo vyjíždět na linku 312, jelikož vozidlo končící na lince 311 bude mít vždy kapacitu baterie 36,67 kWh při splnění předchozích podmínek, tabulky pracující s linkami 311 a 313 s jistou počáteční hodnotou nepracují. Nyní je ale možno říci, že tato počáteční hodnota u zbylých linek je známa. U linky 313 to je plná kapacita baterie. Nabití baterie v úseku Jirkov, Nové Ervěnice – Jirkov, Nové Ervěnice ovšem je veliké tak, že se baterie opět nabije na 100 %. Pak se již kapacita baterie pohybuje ve stejných hodnotách jako v tabulce 14. Výjezd linky 313 z počáteční zastávky s plnou kapacitou baterie ilustruje tabulka 17.

Tabulka 17 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 313 s odjezdem z Jirkov AN s maximální kapacitou baterie

Krok	Spotřeba/nabití energie	Kapacita baterie
Jirkov AN (odjezd)	-	37,20 kWh
Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká	+ 1,67 kWh	37,20 kWh
Jirkov, Červenohrádecká – Jirkov, Nové Ervěnice	- 14,20 kWh	23,00 kWh
Jirkov, Nové Ervěnice – Kaufland – Jirkov, Nové Ervěnice	+ 23,85 kWh	37,20 kWh (100 %)
Hodnoty následujících úseků jsou stejné jako v tabulce 14.		

Dle tabulky 14 je jasně vidět, že vozidlo na lince 313 bude vždy končit spoj s kapacitou baterie 27,64 kWh. Když se převezmou údaje o nabití baterie z tabulky 11, kdy v úseku Jirkov AN – Březenecká I se nabije 20,80 kWh, pak se hodnota vyšplhá na 100 % kapacity baterie. Od zastávky Březenecká I se všechny údaje pohybují ve stejných hodnotách jako v tabulce 11. Výjezd linky 311 z počáteční zastávky s kapacitou baterie 27,64 kWh ilustruje tabulka 18.

Tabulka 18 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 311 s odjezdem z Jirkov AN s kapacitou baterie 27,64 kWh

Krok	Spotřeba/nabití energie	Kapacita baterie
Jirkov AN (odjezd)	-	27,64 kWh
Jirkov AN – Březenecká I	+ 20,80 kWh	37,20 kWh (100%)
Hodnoty následujících úseků jsou stejné jako v tabulce 11.		

Dle tabulek a textu výše je pak patrné, že vozidlo vždy odjede úseky bez trolejového vedení. Nejnižší hodnoty může vozidlo dosáhnout v zastávce Březenecká I ve směru Jirkov AN na lince 311 (11,62 kWh) a v zastávce Jirkov, Nové Ervěnice ve směru Kaufland na lince 313 (11,71 kWh) při poslední jízdě. Tyto hodnoty znamenají dostatečnou rezervu. Při použití vzorce 4.3 je vozidlo s kapacitou 11,62 kWh schopno dojet 3,75 km. Vystavět trolejové vedení je pak potřeba v úsecích Písečná – Kaufland a přestavět vedení do opačných směrů na nájezdech na silnici I/13.

Celkem by se trolejové sběrače měly připojovat k síti na zastávkách:

- Jirkov, Červenohrádecká (směr Jirkov AN, linky 312 a 313)

- Jirkov, Nové Ervěnice (směr Kaufland/Chomutov AN, linky 312 a 313)
- Březenecká I (směr Jirkov AN, linka 311)
- Zoopark (směr Chomutov AN, linka 312)
- Kaufland (směr Jirkov AN, linka 312).

To znamená, že by bylo potřeba zakoupit 5 zařízení, které by navedly sběrače na trolejbusové vedení, aby řidič nemusel vždy vystupovat z vozidla, což je reálně velmi nepohodlné a časově náročné. Těmto zařízením se říká slangově „stříšky“.

Dále by bylo potřeba rozšířit trolejové vedení ve stanici Jirkov AN, kde se nachází pouze jednostopá smyčka. Již v průběhu podkapitoly 4.1 bylo ukázáno, že při 30minutové přestávce nenastane kolizní situace s linkou 340, nicméně při ostatních přestávkách tomu tak není. Pro lepší průjezd by bylo třeba vybudovat předjízdnu stopu vedle stávající, která by sloužila primárně pro průjezd vozidel. Zanechání jednostopé smyčky by mohlo negativně ovlivnit nabíjení trolejbusů při stání, jelikož by bylo potřeba sběrače odstavit mimo vedení. Využít by se mohly výhybky ve stanici Chomutov AN, které nebudou již potřeba, jelikož jedinou trolejbusovou linkou v této stanici by byla linka 312. [6]

4.2.3 Ekonomické zhodnocení

V případě implementace parciálních trolejbusů by bylo vhodné všechny kloubové dieselové autobusy vyřadit. Zbývající dva plynové autobusy se pak mohou používat jako záložní nebo v turnusech v kombinaci s parciálními trolejbusy. Jejich životnost ovšem bude mnohem kratší než u parciálních trolejbusů, proto se s nimi nemůže počítat po jejím uplynutí. Bylo by vhodné zakoupit čtyři parciální trolejbusy s opcí na další vozidla po vyřazení plynových autobusů. Ta by mohla sloužit jako záložní vozidla či by bylo možno je nasadit na linky 340 či 350 v rámci pravidelné obnovy vozového parku. Čtyři vozidla by vyšla cenově na **76,8 mil. Kč**. Úsek Písečná – Kaufland, kde byla v předchozí podkapitole navržena výstavba trolejového vedení, je dlouhá cca 1,16 km dvoustopého vedení + 520 m jednostopého vedení. Cena by se pohybovala okolo **cca 19 mil. Kč**⁴. K tomu je třeba připočítat přesuny trolejového vedení na nájezdech na silnici I/13. Tato investice se nedá přesně vyčíslit, uvažujme však investici o výši **cca 1 mil. Kč**. Jako poslední zásah do infrastruktury by bylo 5 „stříšek“ pro navedení sběračů

⁴ Při nedávné výstavbě trolejového vedení v Pardubicích o celkové délce cca 3 km zaplatil investor cca 40 mil. Kč, což činí cca 13,33 mil. Kč/1 km trati. Pozn. Použito i při výpočtu dalších hodnot v textu. [30]

na trolejové vedení, dle DSZO vyjde jedna stříška na 10 tis. Kč. Tyto náklady by byly bezpodmínečně nutné, nicméně jsou zanedbatelné [41].

Mezi tyto náklady se nezařazuje úsek trolejového vedení v ul. Moravská a ul. Blatenská je dlouhý cca 815 m, což by vyžadovalo investici **cca 10 mil. Kč** a vystavění výhybky i v obratišti Jirkov AN, jejíž investice by dosáhla **cca 0,5 mil. Kč**. Fixní bezpodmínečně nutné náklady tedy činí **cca 96,8 mil. Kč** a k tomu cca 10,5 mil. Kč dalších možných nákladů.

K variabilním nákladům, které mají souvislost s touto úlohou, pak patří zejména spotřeba trakční energie, údržba vozidel a údržba nové trolejbusové infrastruktury. Spotřeba trakční energie byla stanovena jako 3,1 kWh/km při využití rekuperace i topení, nicméně topení, popř. klimatizace nejsou využívány po celý rok. Proto v tomto případě bude vhodnější pracovat s hodnotou $2,8 \frac{kWh}{km}$, která topení neobsahuje. S touto hodnotou pracují i s trolejbusy v dopravním podniku města Ústí nad Labem. [37] Dle tabulky 3 odjedou autobusy denně na obězích 311/1-4 1 144 570 vozom. V případě parciálních trolejbusů se hodnota musí mírně upravit, a to kvůli různým hodnotám nájezdů a sjezdů z resp. do vozovny a odlišnému vedení linky 312. Rozdíl vzdáleností mezi nájezdem z vozovny autobusu a trolejbusu činí 465 m a mezi sjezdem do vozovny 425 m. Rozdíl vzdálenosti mezi vedení linky 312 ul. Blatenská a Moravská a ul. Čelakovského a ul. Zborovská je 109 m. Tabulka 19 ukazuje rozdíl hodnot vozom mezi autobusy a parciálními trolejbusy. Tedy celkem denně najedou vozidla na linkách 311, 312 a 313 **1 150 092 vozom = 1 150, 092 km**.

Tabulka 19 - Rozdíl vozokm autobusů a parciálních trolejbusů na linkách 311, 312 a 313

Oběh vozom	Autobus	Parciální trolejbus
311/1	307 210	308 645
311/2	285 680	287 115
311/3	283 210	284 536
311/4	268 470	269 796
Celkem	1 144 570	1 150 092

Když se poté vynásobí celková hodnota vozokm a spotřeba, tak výsledná hodnota činí $3\,220,258 \frac{kWh}{den}$ a tedy $1\,175\,394 \frac{kWh}{rok}$. Uvažovaná cena elektrické energie pro velkoodběratele činí $1,61 \frac{kWh}{Kč}$ [37]. Když se vynásobí poslední dvě hodnoty, tak výsledná hodnota činí $5\,184,62 \frac{Kč}{den}$ a tedy $1\,892\,384 \frac{Kč}{rok}$. Takových hodnot by zhruba dosáhla cenově trakční energie v daných časových oblastech.

Parciální trolejbusy se z hlediska údržby nijak zásadně neliší od klasických trolejbusů. Jedinými odlišnostmi je vyčištění prostoru baterie. Dle výroční zprávy DPCHJ z roku 2017 byly náklady na trolejbusy vyčísleny na 56,4 mil. Kč při 634 314 vozokm, což činí $88,91 \frac{Kč}{km}$ [42].

Tato částka je ovšem z doby, kdy vozový park byl složen až z 25 let starých vozidel⁵ a bez provozního konceptu Ing. Krtičky, proto se s touto hodnotou nedá počítat. Pro ilustraci např. v Dopravním podniku města Pardubic dosahovala ve stejném roce tato hodnota $61,61 \frac{Kč}{km}$ [43].

Z hlediska stavby nové infrastruktury platí, že čím více projede trolejbusů po vedení, tím více se investice vyplatí. Nepísaným pravidlem bývalo, že pokud projede více jak 70 spojů za den jednom směru, pak se investice vyplatí [44]. V úseku Písečná – Kaufland součet spojů linek 312 a 313 činí 37 spojů. V případě úseku v ul. Moravská a ul. Blatenská to je pouhých 18 spojů. V prvním případě se pak nabízí prodloužit linku 350 do zastávky Kaufland. V určitých špičkových časech ovšem mají vozy na obratišti Písečná pouhých 7 minut přestávku, proto by bylo možno zajíždět pouze v určité časy. Možností je také úprava celodenních oběhů tak, aby alespoň každý druhý spoj linky 350 zajížděl do stanice Kaufland. Výsledkem bude nejen větší efektivita nové infrastruktury, ale také lepší dostupnost obyvatel žijících v sídlištích Březenecká, Kamenná, Zahradní a Písečná do nádraží Jirkov zastávka a obchodní zóny S1 Center, kde se nachází konečná zastávka Kaufland. V neposlední řadě půjde také o lepší obsluhu vesnice Otvice z centra Chomutova, která se nachází cca 5 minut chůze od zastávky Jirkov žel. zast. V druhém případě je pak jasné, že výstavba efektivní nebude, pokud by se v budoucnu úsek nezačal více využívat. Proto je doporučeno vedení linky 312 přes ul. Čelakovského a ul. Zborovská. [6]

Závěrem této podkapitoly je třeba zmínit životnost parciálního trolejbusu. Ta se zpravidla blíží až dvojnásobně hodnotě než u autobusů. Baterie parciálních trolejbusů jsou stavěny na délku 7 let, nicméně výrobce již dnes predikuje, že jejich životnost bude delší. Baterie pak je třeba vyměnit. První výměna baterií pak může být i součástí zakázky na vozidla, nicméně obvykle tomu tak není. Další výměna baterií se stejně nedoporučuje, jelikož celkově životnost trolejbusů se pohybuje mezi 15–20 lety. [20]

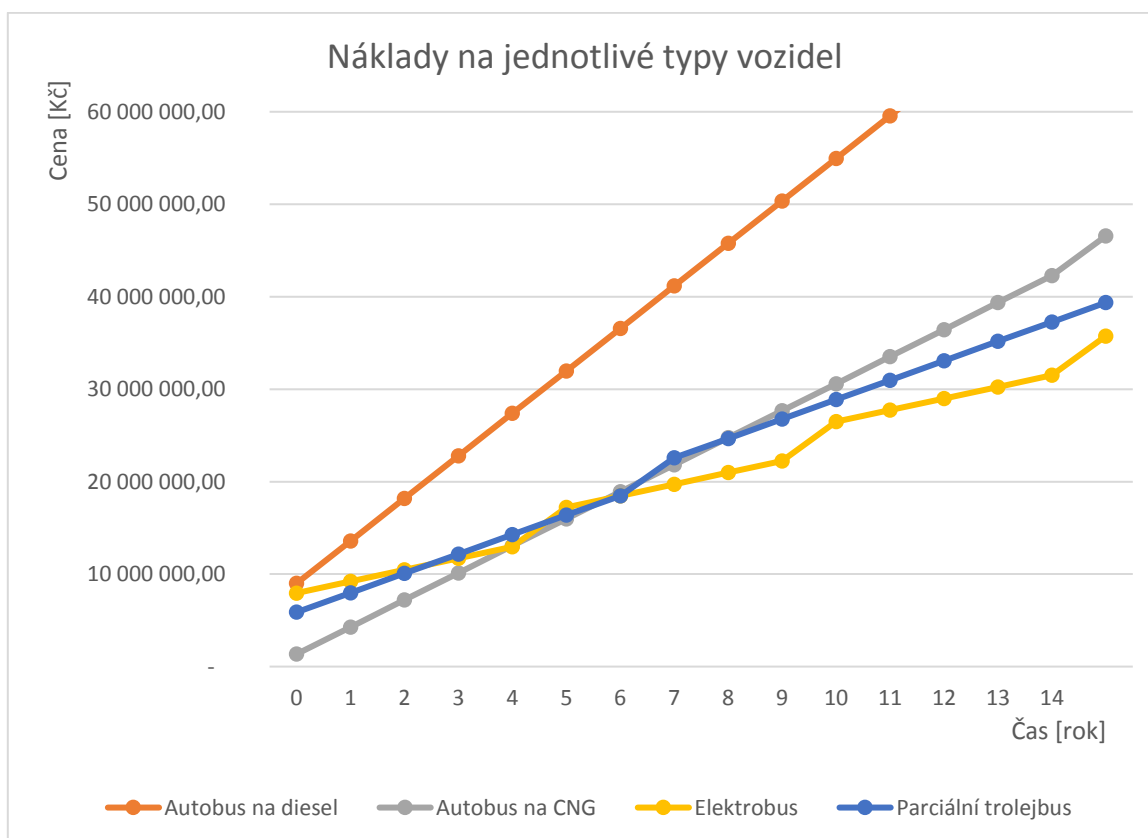
4.3 Porovnání elektromobilních variant s dieselovými a plynovými autobusy

Tabulka 20 ukazuje srovnání nejzásadnějších údajů elektromobilních variant s autobusy na dieselový a CNG pohon pro jedno vozidlo.

⁵ Vozový park trolejbusů byl stoprocentně obnoven v roce 2018.

Tabulka 20 - Porovnání údajů elektromobilních variant s kloubovými dieselovými a plynovými autobusy [9] [19] [20] [37] [41] [45] [46] [47] [48]

	Dieselový autobus	Autobus na CNG	Oportunitní elektrobuses	Parciální trolejbus
Pořizovací cena	9 000 000	9 000 000 (Iveco)	20 000 000	19 200 000
Provozní cena na 1 km	11 Kč / km	7 Kč / km	3 Kč / km	5 Kč / km
Celkové náklady na provoz	50 Kč / km	52 Kč / km	-	88 Kč / km (data z DPCHJ)
Další náklady v průběhu provozu	-	-	Výměna baterií po cca 5 letech (3 000 000 Kč)	Výměna baterií po cca 7 letech (2 000 000 Kč)
Cena infrastruktury	0 Kč	51 000 000 Kč (již hotovo)	35 000 000 Kč	20 000 000 Kč
Dotace	0 %	Až 85 %	Až 85 %	Až 85 %
Minimální životnost	10 let	10 let	10 let	15 let
Zátěž na životní prostředí	Vysoká	Nízká	Žádná (v místě provozu)	Žádná (v místě provozu)
Hlučnost	Vysoká	Vysoká	Velmi nízká	Velmi nízká



Obrázek 15 - Graf vývoje variabilních nákladů na jednotlivé typy vozidel

Obrázek 15 ukazuje graf vývoje variabilních nákladů pro jedno vozidlo dle tabulky 20 s přihlédnutím existence dotací pro nízkoemisní a bezemisní pohony, která činí až 85 % pokrytí fixních nákladů včetně vybudování infrastruktury, která je v grafu započítána též. Je vidět, že dieselové autobusy jsou nejdražší po celou dobu vývoje. Co se týče ostatních druhů, body

zvratu se nacházejí mezi čtvrtým a osmým rokem provozu. Zde se nacházejí právě obávané výměny baterií. Avšak od devátého roku provozu se elektromobilní pohony vyplácejí. Ke grafu je třeba připomenout, že ceny elektřiny, zemního plynu či dieselu se budou zvyšovat, avšak vývoj ceny elektřiny je predikován jako pomalejší, než je tomu tak u fosilních paliv.

5 Shrnutí výsledků a doporučení pro úspěšnou realizaci projektu

5.1 Shrnutí prověření elektromobilních variant

Při implementaci jakékoli varianty by šlo o radikální změnu při cestování mezi městy Chomutov a Jirkov, zejména v samotném Jirkově. Společně se současnými trolejbusovými linkami by byl provoz téměř 100 % bezemisní. Jedinou výjimku by tvořila vozidla na lince 314 a 330 a „zelené“ meziměstské autobusy. Oběma variantám navíc i svědčí technologie provozu, jelikož vozidla z velké části směny jezdí, což je velká podpora pro úspěšný provoz na závislé trakci, a to i z pohledu variabilních nákladů, které jsou pro elektromobilní vozidla nižší.

5.1.1 Provoz oportunitního elektrobusu

Kromě ekologického a efektivního provozu je další výhodou oportunitního elektrobusu jeho nezávislá trakce. Vozidla v rámci svého dojezdu, který se navrhuje na 150 km, může obsloužit mimořádně i jiné linky. Nabíjení je navíc dostatečně rychlé na to, aby zásadně nelimitovalo provoz svým odstavením pro právě potřeby nabíjení.

Baterie jsou navrženy s patřičnou rezervou. Při nabíjení ve stanici Jirkov AN se baterie vždy nabijí na 100 %, takže nehrozí mimořádný závlek vozidla do vozovny z důvodu nízké kapacity baterie. Při použití záložního nabíjení ve stanici Kaufland se sice baterie nenabijí na 100 % a kapacita baterie s každým odjetým sledem klesá, nicméně nedosáhne kritické hodnoty. Přesto není navržena instalovaná kapacita baterie žádnou novou hodnotou na trhu. Je tak navržen kloubový elektrobus, nicméně s parametry dosud provozovaných kratších elektrobusů.

Na druhou stranu jde o nevyzkoušenou technologii pro kloubové vozy. Spotřeba takových elektrobusů může být větší než daná průměrná hodnota u krátkých vozidel. Proto byly všechny výpočty tvořeny se spotřebou 1,6 kWh, která může být i v reálném provozu tou průměrnou. Každé vozidlo na baterie se vždy potýká s kratší životností baterií, než je životnost vozidla. Při dodržení doporučené životnosti vozidla i baterií by se měla baterie 1x vyměnit. Při provedení generální opravy je možné životnost vozidla prodloužit, ale baterie se bude muset vždy zakoupit nová.

5.1.2 Provoz parciálního trolejbusu

Ekologický a efektivní provoz nejsou jedinými výhodami parciálního trolejbusu. V porovnání s elektrobusem je zvýhodněn tím, že několik dopravních podniků již parciální trolejbusy

úspěšně provozují. Samotný DPCHJ vlastní trolejbusy přes 25 let, a tak by pro personál i management bylo jednodušší se s typem vozidla seznámit. Jasná výhoda oproti elektrobusu je jeho delší životnost. S podobnou pořizovací cenou a požadavky na výstavbu infrastruktury pak ekonomika provozu nehovoří přímo ani pro jeden typ v právě tomto provozním konceptu.

Přestože parciální trolejbus může jet mimo trolejové vedení, dojezd není nijak veliký. Proto pořád platí, že jde o vozidla stále vázané na infrastrukturu, kterou bude potřeba vybudovat. I tak jejich využití nemusí být nutně na linky mimo trolejové vedení, ale na klasické trolejbusové linky 340 a 350 při výpadku klasických trolejbusů, což se může hodit při jakékoliv mimořádnosti. Ačkoli dojezd na baterie nedosahuje vysokých hodnot, provoz je navržen tak, že by nemělo dojít k poklesu kapacity baterie na její kritickou hodnotu. Stejně jako u elektrobusu ovšem platí, že životnost baterií je kratší než životnost vozidla. I při generální opravě vozidel je nutné počítat s výměnou baterií.

Důležitou záležitostí v provozu parciálního trolejbusu je to, že toto vozidlo je považováno za vozidlo drážní, a tak se řídí zákonem 266/1994 Sb. o drahách. Vozidlo má pak pevně danou jízdní dráhu. To znamená překonatelnou, ale neodstranitelnou legislativní překážku. Obsluhující personál musí pak mít osvědčení o způsobilosti provozu takového vozidla. Vzhledem k již existující trolejbusové síti a provozu v Chomutově a Jirkově toto nemělo činit závažnější problémy ani s nedostatkem kvalifikovaného personálu.

V minulé kapitole bylo navrženo zakoupit vždy 4 parciální trolejbusy, z nichž by tři vždy jezdily. Zbýlý jeden kus pak může sloužit jako vozidlo záložní pro tento či klasický trolejbusový provoz nebo může mít odpočinkový den či může být nasazen do oběhů linek 340 a 350. V případě implementace v nejbližších letech by bylo nutno počítat i se současnými dvěma plynovými autobusy, které jsou relativně nové, a tedy by bylo nevýhodné je vyřazovat. Ty mohou být nasazené jako čtvrté vozidlo do oběhů linek 311, 312 a 313 či se pro ně mohou najít jiné výkony na ostatních autobusových linkách. Vzhledem k dosavadní neimplementaci návrhu Ing. Krtičky se tato skutečnost může určitě objevit.

Jelikož by fakticky šlo o převedení autobusových linek na linky trolejbusové a také při doporučené výstavbě trolejového vedení by šlo o zásah do vedení linek, je přiložena příloha 2 – Zjednodušené vedení linek při implementaci parciálního trolejbusu. Na základě toho, že trolejbusové lince obsluhující město Jirkov náleží číslo 340, bylo by vhodné linky přecíslovat na 341, 342 a 343.

5.2 Možná varianta řešení při neimplementaci uvažované koncepce MHD v Chomutově a Jirkově

Tato práce počítá s implementací provozního konceptu Ing. Krtičky. Jelikož ovšem není implementace definitivně potvrzena, bude se tato podkapitola stručně věnovat možnostmi zavedení elektromobilních vozidel na současném provozu. Základním rizikem by byla neimplementace celé koncepce včetně navrhovaných změn v trolejbusové infrastruktuře, druhým rizikem je pouze neprovedení výše uvedených dvou změn ve vedení trolejbusové infrastruktury, což by byl problém při provozu parciálních trolejbusů.

V případě neprovedení výstavby trolejového vedení v ul. Vinařická v Jirkově byla by nutnost stáhnout sběrače v zastávce Jirkov, Horník a opět je nasadit v zastávce Jirkov, Dvořákova a v opačném směru v zastávce Jirkov, Horník, což by si vyžádalo další dvě „stříšky“. Druhou možností je vedení „závleku“ do zastávky Jirkov, Horník, což by bylo ovšem časově náročnější. Neprovedení přesunu trolejového vedení do ul. Zborovská by ovšem znamenalo, že by se linka 312 musela vyhnout obydleným oblastem okolo silnice I/13 jako dnes činí trolejbusové linky. Obsluha zastávky Zborovská by tak byla přesunuta do zastávky Lipská I. Časový rozdíl by ovšem neměl být problematický.

Linka 311 vede ve stejné trase jako dnešní linka 301, linka 312 je trasově podobná lince 316 a 313 je vedena ve stejné trase jako dnešní linka 313. Dnes se kloubová vozidla používají na lince 301 s přejezdy na linku 310, která se liší od linky 301 tím, že ze zastávky Březenecká I jede přímo do konečné zastávky Globus. Linka 310 je v provozu pouze v ranní špičce formou jednoho spoje. Záludnost tkví v tom, že se ráno a také zejména o víkendech a svátcích vozy často vrací manipulačně z konečné zastávky Globus do stanice Jirkov AN. Na linku 301 jsou nasazena oběhově 4 vozidla a právě tato 4 vozidla se z výše uvedeného jeví jako vhodná varianta k použití elektromobilních vozů. Páté vozidlo je nasazeno na linku 316. Ta je vedena ve stejné trase jako navrhovaná linka 314.

V případě oportunitního elektrobusu by nabíjení probíhalo opět ve stanici Jirkov AN, ale kvůli krátkým přestávkám konečných stanicích Globus a Chomutov AN se v těchto místech nevyplatí vybudovat záložní nabíjecí místa. Při kapacitě baterií 200 kWh by mohlo vozidlo ujet až 5 kol bez nabití. Spotřebovaná energie ale při ujetí délky linky 301 činí 34,448 kWh při spotřebě 1,6 kWh/km. Pro nabití takové energie stačí 8 minut. Přestávky ve stanici Jirkov AN ovšem trvají zpravidla 15 – 30 minut. Délka linky 310 a manipulační přejezd zpět je rozhodně kratší velikosti a délka linky 316 tam i zpět činí 19,5 km. Při poruše nabíjecí stanice v obratišti Jirkov AN by pak musely být vozy staženy do vozovny a nahrazeny záložními vozidly na 1 kolo. Tato technologie by pak byla použitelná pro nahrazení všech kloubových autobusů. [39]

V případě parciálního trolejbusu by byla kompletní implementace o něco náročnější. Základ by zcela jistě tvořila linka 301, kde bylo dokázáno, že úsek Březenecká I – Globus – Březenecká I odjede parciální trolejbus i bez trolejového vedení. Pokud by ovšem nedošlo k výstavbě trolejového vedení mezi zastávkami Jirkov, Dvořákova a Jirkov, Horník, pak by bylo nutné jet na baterie i v tomto úseku. Problém ovšem nastává s linkou 316. Trolejové vedení v trase linky 316 se nachází pouze v úsecích Jirkov AN – Jirkov, Červenohrádecká, Písečná, zdr. stf. – U Lávky a v obratišti Chomutov AN. Ve druhém jmenovaném jde ovšem pouze o jednostopé vedení v tomto směru, v opačném směru by bylo nutné jet přes zastávky Kamenná a Zahradní TIP. Jelikož spoje linky 316 jezdí jednou za hodinu o pracovní dny a jednou za dvě hodiny o víkendech a svátcích, bylo by velmi neefektivní stavět pro tuto linku infrastrukturu, pokud by nedošlo k jejímu výraznému posílení. Variantou pak může být vedení linky přes silnici I/13 jako dnes jezdí trolejbusy. Došlo by ovšem k neobsloužení zastávek Moravská a Zborovská. Druhá jmenovaná by byla nahrazena zastávkou Lipská I. V případě linky 310 by trolejbus jel pod vedením i po silnici I/13, kde by byly sběrače za jízdy stáhnuty. Pro cestu zpět se stanice Globus by se mohlo vrátit vozidlo do zastávky Březenecká I a do stanice Jirkov AN se vrátit pod vedením manipulačně. Délka jízdy mimo trolejové vedení činí 4,7 km, což je zvládnutelné. Implementace této technologie by byla úspěšná pouze pro pokrytí linek 301 a 310. Pro linku 316 by bylo nutné vlastnit patřičné množství kloubových autobusů. Na rozdíl od oportunitního elektrobusu není nutné ovšem stavět žádnou infrastrukturu. [6] [39]

Jistá nevýhoda v současných jízdních řádech je taková, že vozidla nemají tak vytížené oběhy než v návrhu Ing. Krtičky, čímž se snižuje efektivita a výhody elektromotoru. Na první pohled se může zdát pro obě varianty vhodná linka 302, avšak zde vyvstává problém s provázaností s linkou 317, která vede do nedaleké vesnice Údlice, kam trolejové vedení nevede. Vhodné je použití obou technologií. V případě oportunitního elektrobusu by se nahradilo 100 % kloubových autobusů, nicméně by bylo nutné stavět nabíjecí infrastrukturu, v případě parciálního trolejbusu by se nenahradily všechny kloubové autobusy, nicméně není potřeba stavět žádnou infrastrukturu. [39]

5.3 Možnosti úspěšné realizace projektu

5.3.1 Dotace a další zdroje financování

Pro pořízení elektromobilních vozidel hraje dotační prostředí důležitou roli. Pořizovací cena takových vozidel je totiž vysoká, že bez dotací by byla jejich koupě často i neuskutečnitelná. Pro získání dotace je ovšem třeba splnit podmínky pro její čerpání, jde zejména o normy související se zatěžováním životního prostředí. [8]

Jeden z možných zdrojů financí je program ITI zaměřený na Ústecko-chomutovskou aglomeraci. Vizí je dobrá dopravní obslužnost obyvatel a život ve zdravém životním prostředí. Právě „Dopravní dostupnost a vnitřní propojenost regionu“ a „Krajina a životní prostředí“ jsou hlavními dvěma prioritními oblastmi strategie. Konkrétně opatření 1.1.2 „Modernizace a doplnění vozového parku, vč. související infrastruktury“ plně splňuje požadavky. [49]

Dotace z fondů EU může dosáhnout až podílu 85 %. Takového podílu spolufinancování bylo dosaženo při pořízení elektrobusů do Českých Budějovic. Stejného podílu spolufinancování bylo dosaženo při pořízení parciálních trolejbusů do Zlína. V tomto případě šlo o peníze z Evropského fondu pro regionální rozvoj. [19] [28]

5.3.2 Politická podpora a marketing

Současnost nahrává provozům veřejné dopravy s vozidly s bateriemi. V poslední době probíhá v České republice velký boom těchto vozidel. V zásadě jde v první řadě o kompromis mezi stavěním kilometrů trolejového vedení a používání dieselových motorů. Řada měst s trolejbusovým provozem právě sahá po těchto alternativách. Dalším zcela nepochybným důvodem je jejich ekologický provoz ve městech. Může se namítat, že tato elektrická energie vyjde z komínů tepelných elektráren na severu Čech, tyto zplodiny vycházejí do ovzduší v méně obydlených oblastech a celková účinnost zůstává ve finále nezměněna. Účinnost elektrického motoru činí 90 % a tepelných elektráren 40 %. Při vynásobení těchto hodnot vyjde 36 %. Účinnost vznětového motoru je 20 – 33 %. Zejména ovšem čistý a bezemisní (včetně menších hodnot hluku) život ve městech je tahounem těchto projektů. [50] [51] [52]

Jak již bylo naznačeno v předchozí podkapitole, tak doba velmi nahrává právě elektrickým veřejným dopravním prostředkům. Právě dotace a tedy lepší platební podmínky jsou vodítkem pro politickou podporu, jelikož městskou pokladnu stojí náklady na vozidla pouhých 15 %.

Současná doba zkrátka říká, že elektrické provozování jsou „sexy“, a proto si následující řádky dovoluji inspirovat několika hesly pro reklamu a marketing:

- Jezdíme bez emisí.
- Jsem trolejbus a nemusím jet pod dráty, mám totiž baterky!
- Bezemisní MHD v Jirkově.
- Chomutov ↔ Jirkov: jen elektricky!
- Přestali jsme kouřit pro Váš lepší vzduch.
- Bez hluku, bez kouře.

6 Závěr

Elektromobilita zažívá v posledních několika letech obrovský boom. Ten byl odstartován dotačními podmínkami Evropské unie, dotace pokryjí kupujícímu velkou část pořizovacích nákladů, čímž se stávají elektromobilní vozidla pro dopravní podniky zajímavou investicí. Ovšem aby se elektromobilní technologie stala technologií efektivní, je velmi nebezpečné jít nehledě na provoz vstříc k elektromobilnímu provozu, nýbrž je nutno ji prověřit a udělat z ní výhodnou a opakovatelnou investici.

Poměrně negativní postoj k trolejbusovému provozu ze stran politického vedení města mohl zapříčinit i jeho zrušení. Cílem práce bylo mimo jiné i nabídnout nové využití pro stávající trolejové vedení. Tento cíl byl splněn, neboť jednak oportunitní elektrobusy i parciální trolejbusy by mohly využívat vybudovanou infrastrukturu více. Oba druhy vozidel jsou ekologicky příznivější pro území, které obsluhují a byly by nasazeny do oběhů, ve kterých se nenachází žádná zbytečná stání, naopak oběhy jsou velmi vyhovující pro nabíjení vozidel v konečných stanicích popř. za jízdy. Také se dle vytyčeného cíle nezvýšil počet potřebných vozidel. Je možno využít i stávající plynové autobusy k provozu.

Jediný otazník pak vzniká nad otázkou, který typ vozidla by byl výhodnější pro implementaci do provozu. Oba typy splňují cíle práce a jsou schopny splnit požadavky oběhů. Zásadní odlišností mezi nimi je budování infrastruktury. Zatímco pro oportunitní elektrobus je potřeba vybudovat nabíjecí stanici a nabíjecí stání na konečných zastávkách, pro parciální trolejbus je nutno vystavět cca 1,16 km dvoustopého vedení + 520 m jednostopého vedení a dále udělat menší úpravy ve stávající infrastruktuře. Parciální trolejbus by také musel změnit trasu linky 312. Přesto čtyři vozy a infrastruktura vychází cenově příznivěji pro parciální trolejbus, a to s rozdílem 18,2 mil. Kč oproti elektrobusu. Pokud by se započítaly i další možné fixní náklady pro verzi parciálního trolejbusu, rozdíl by se snížil na 7,7 mil. Kč. I tak platí, že všechny fixní náklady je možno pokrýt z dotačních prostředků. Oproti tomu variabilní náklady vycházejí příznivěji pro elektrobus. Další výhody parciálního trolejbusu jsou zejména jeho delší životnost a to, že není na trhu zásadní novinkou. Od klasického trolejbusu se liší pouze přítomností baterií pro jízdu mimo trolejové vedení. Tím, že je parciální trolejbus používán v několika městech v České republice, bylo by možno si zapůjčit vozidlo pro ověření funkčnosti technologie. Životnost a nová, nevyzkoušená technologie jsou právě zásadní nevýhody kloubového oportunitního elektrobusu. Jeho výhodou je ovšem jeho flexibilita myšleno jako liniová nezávislost na trolejovém vedení. Menší náklady, delší životnost či zkušenosti jsou považovány za nepřehlédnutelné výhody pro parciální trolejbus, proto jeho implementace je brána jako vhodnější varianta.

7 Citované zdroje

1. Dopravní podnik Chomutova a Jirkova. Historie městské dopravy v Chomutově a Jirkově. *Dopravní podnik Chomutova a Jirkova*. [Online] Dopravní podnik Chomutova a Jirkova a.s. [cit. 2019-03-05] Dostupné z: <http://www.dpchj.cz/historie-mestke-dopravy-chomutove-a-jirkove/>.
2. Mašek, J. Trolejbusové provozy. Chomutov a Jirkov. *Československé trolejbusy*. [Online] Trolejbusy1936, 1. září 2018. [cit. 2019-03-20] Dostupné z: <http://www.trolejbusy1936.cz/TPHlavniN.html>.
3. Seznam.cz a.s. 1:12 000. *www.mapy.cz*. [Online] Seznam.cz a.s. [cit. 2019-06-05] Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=13.4069914&y=50.4686572&z=15>
4. Seznam.cz a.s. 1:6 000. *www.mapy.cz*. [Online] Seznam.cz a.s. [cit. 2019-06-05] Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=13.4409267&y=50.5016634&z=16>.
5. Vuchic, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, 2007. ISBN 978-0-471-75823-5.
6. Krtička, František. *Optimalizace obsluhy oblasti Chomutovsko veřejnou dopravou*. 2018.
7. Seznam.cz a.s. 1:12 000. *www.mapy.cz*. [Online] Seznam.cz a.s., 2019. [cit. 2019-06-05]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=13.4371729&y=50.4917627&z=15>.
8. Valenta, Jan. Hybridní a elektrické pohony autobusů. [Online] Praha, 29. červen 2015. [cit. 2019-03-10] Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/63694?show=full>. Bakalářská práce. FS ČVUT. Ing. Josef Morkus, CSc..
9. Dopravní podnik města České Budějovice. *Elektrobusy*. [interní dokument]. Filip Radek. 13. 5. 2019.
10. Redakce Proelektrotechniky.cz. Víte, jak fungují elektromobily a elektrobusy? *proelektrotechniky.cz*. [Online] Ing. Jakub Slavík, MBA – Consulting Services, 12. duben 2013. [cit. 2019-03-20] Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/25.php>.
11. *www.trolejbusyvpraze.net*. Elektrobusy s "klasickými" akumulátory. *Trolejbusy v Praze*. [Online] [cit. 2019-03-20] Dostupné z: http://www.trolejbusyvpraze.net/elektrobusy_bat.htm.
12. Redakce Smartcityvpraxi.cz. 3ČSAD v Hranicích na Moravě od listopadu 2017 plně elektricky. *proelektrotechniky.cz*. [Online] Ing. Jakub Slavík, MBA – Consulting Services, 16.

listopad 2017. [cit. 2019-03-25] Dostupné z:
<http://proelektrotechniky.cz/elektromobilita/326.php>.

13. Šindelář, Jan. Bílina nasadila do provozu nové elektrobuses, má tak bezemisní MHD. *Zdopravy.cz*. [Online] Avizer Z, s.r.o., 2. 10. 2018. [cit. 2019-03-24] Dostupné z:
<https://zdopravy.cz/bilina-nasadila-do-provozu-nove-elektrobuses-ma-tak-bezemisni-mhd-16956/>. ISSN 2570-7868.

14. www.trolejbusyvpraze.net. Oportunitní elektrobuses s indukčním nabíjením. *Trolejbusy v Praze*. [Online] [cit. 2019-03-20] Dostupné z:
http://www.trolejbusyvpraze.net/elektrobuses_oport_indukce.htm.

15. Pavlůsek, Ondřej. Nový český elektrobuses SOR pro Hradec Králové. *Auto.cz*. [Online] CZECH NEWS CENTER a.s., 5. červen 2018. [cit. 2019-03-21] Dostupné z:
<https://www.auto.cz/novy-cesky-elektrobuses-sor-pro-hradec-kralove-122209>.

16. Majurník, Jan. Elektrobuses v Hradci Králové: vyzkoušeli jsme, jak se jezdí se SOR NS 12 Electric. *Hybrid.cz*. [Online] Chamanne s.r.o., 7. prosinec 2018. [cit. 2019-03-21] Dostupné z:
<http://www.hybrid.cz/elektrobuses-v-hradci-kralove-vyzkouseli-jsme-jak-se-jezdi-se-sor-ns-12-electric>. ISSN 1802-5323.

17. Redakce www.hybrid.cz. Trutnov má nové elektrobuses a autobusy na CNG. *Hybrid.cz*. [Online] Chamanne s.r.o., 5. únor 2019. [cit. 2019-05-29] Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/trutnov-ma-nove-elektrobuses-autobusy-na-cng>. ISSN 1802-5323.

18. Šindelář, Jan. Trutnovská MHD končí s diesely, převzala elektrobuses a vozy na plyn. *Zdopravy.cz*. [Online] Avizer Z, s.r.o., 6. únor 2019. [cit. 2019-05-29] Dostupné z:
<https://zdopravy.cz/trutnovska-mhd-konci-s-diesely-prevzala-elektrobuses-a-vozy-na-plyn-23192/>. ISSN 2570-7868.

19. Dopravní podnik města České Budějovice. Elektrobuses nové generace v Českých Budějovicích. *DPMCB*. [Online] Dopravní podnik města České Budějovice a.s., 4. říjen 2018. [cit. 2019-03-21] Dostupné z: <https://www.dpmcb.cz/o-nas/novinky/elektrobuses-nove-generace-v-ceskych-budejovicich-285.html>.

20. Škoda ELECTRIC. *Bateriový trolejbus a elektrobuses*. [Interní dokument], Radek Kapr, 13. 6. 2019.

21. Škoda ELECTRIC. *Škoda Perun 26SH01*. [Interní dokument]. 2018.

22. Žilina.sk. Do Žiliny dorazili dva elektrobusy značky Škoda, ich dojazd na jedno nabitie je do 200 kilometrov. *Žilina.sk*. [Online] INAQ s.r.o., 21. listopad 2018. [cit. 2019-05-29] Dostupné z: <https://www.zilina.sk/prispevky/10749/do-ziliny-dorazili-dva-elektrobusy-znacky-skoda-ich-dojazd-na-jedno-nabitie-je-do-200-kilometrov>.
23. Hinčica, Libor. Nové autobusy do Žiliny dodá Solaris, elektrobusy Škoda Electric. *Československý dopravák*. [Online] Československý dopravák, 30. září 2017. [cit. 2019-06-04] Dostupné z: <http://www.cs-dopravak.cz/zpravy/2017/9/30/nov-autobusy-do-iliny-dod-solaris-elektrobusy-koda-electric>.
24. Česko. Zákon č. 266 ze dne 14. prosince 1994 o drahách. *Sbírka zákonů České republiky*. [Online] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-266>.
25. Redakce Proelektrotechniky.cz. Projekt Slide In: parciální trolejbus střídá trolejbusové a autobusové linky. *proelektrotechniky.cz*. [Online] Ing. Jakub Slavík, MBA – Consulting Services, 10. únor 2015. [cit. 2019-03-27] <http://www.proelektrotechniky.cz/elektromobilita/146.php>.
26. Sůra, Jan. Plzeň má nové klimatizované trolejbusy s bateriemi, jeden půjčí Praze na testování. *Zdopravy.cz*. [Online] Avizer Z, s.r.o., 25. březen 2019. [cit. 2019-03-26] <https://zdopravy.cz/plzen-ma-nove-klimatizovane-trolejbusy-s-bateriemi-jeden-pujci-praze-na-testovani-25773/>. ISSN 2570-7868.
27. Hinčica, Libor. Plzeň nakoupí 18m parciální trolejbusy od Škody Electric. *Československý dopravák*. [Online] MH Development s. r. o., 16. březen 2018. [cit. 2019-03-25] Dostupné z: <http://www.cs-dopravak.cz/zpravy/2018/3/16/plze-nakoup-18m-parciln-trolejbusy-od-kody-electric>.
28. Sůra, Jan. Zlín převzal první bateriový trolejbus Škoda 30 Tr, bude jich mít sedm. *Zdopravy.cz*. [Online] Avizer Z, s.r.o., 17. leden 2019. [cit. 2019-02-27] <https://zdopravy.cz/zlin-prevzal-prvni-bateriovy-trolejbus-bude-jich-mit-sedm-22264/>. ISSN 2570-7868.
29. Hinčica, Libor. Zlín se dočká nových trolejbusů s karoserií SOR. *Československý dopravák*. [Online] Československý Dopravák, 22. červen 2018. [cit. 2019-05-28] <http://www.cs-dopravak.cz/zpravy/2018/6/22/zln-se-dok-novch-trolejbus-s-karoseri-sor>.
30. Ertl, Tomáš. V Teplicích vyjedou nové parciální trolejbusy. *BUSPORTÁL*. [Online] ČSAD SVT Praha, s.r.o., 13. červenec 2018. [cit. 2019-03-27] <http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=14613>.

31. Zlinský, Milan. Trolejbusy v Pardubicích získají nové tratě, klíčovou do depa ale ne. *iDnes.cz*. [Online] MAFRA, a.s., 2. leden 2018. [cit. 2019-04-02] Dostupné z: https://www.idnes.cz/pardubice/zpravy/trolejbusy-v-pardubicich-nove-trate.A180102_373590_pardubice-zpravy_jah. ISSN 1210-1168.
32. Zlinský, Milan. Trolejbusy, kanály i depozitář. Pardubice a Hradec si dělí euromiliardy. *iDnes.cz*. [Online] MAFRA a.s., 19. leden 2017. [cit. 2019-04-02] Dostupné z: https://www.idnes.cz/pardubice/zpravy/kam-zamiri-jeden-a-pul-miliardy-z-evropske-unie.A170119_2299884_pardubice-zpravy_jah. ISSN 1210-1168.
33. Hinčica, Libor. Berlín může koupit dalších 90 elektrobusů. Ty stávající ale propadají. *Československý Dopravák*. [Online] Československý Dopravák, 12. červen 2019. [cit. 2019-06-13] Dostupné z: <http://www.cs-dopravak.cz/zpravy/2019/6/12/berln-me-koupit-dalch-90-elektrobus-ty-stvajc-ale-propadaj>.
34. Seznam.cz a.s. 1:1 500. *www.mapy.cz*. [Online] Seznam.cz a.s., 19. srpen 2016. [cit. 2019-06-14] Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?x=13.4437564&y=50.4845232&z=18>.
35. Šimíček, Petr. Vývoj baterií přenosných počítačů. *Masarykova univerzita - Fakulta Informatiky*. [Online] 25. leden 2006. [cit. 2019-06-14] Dostupné z: <https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2005/xsimicek.htm>.
36. Česko. Zákon 262/2006 Sb., zákoník práce. *Sbírka zákonů České republiky*. [Online] Dostupné z: <https://business.center.cz/business/pravo/zakony/zakonik-prace/>.
37. CIVITAS Ústí nad Labem. *Public Transport Route Optimisation Study*. [Online] Ústí nad Labem: CIVITAS, 14. června 2010. Dostupné z: https://www.usti-nad-labem.cz/files/civitas/11-2-4_public_transport_route_optimisation_study.pdf.
38. Kresa, Zdeněk. Trolejbusová trať na Borská pole. *Plzeňské trolejbusy*. [Online] 30. srpen 2010. [cit. 2019-06-16] Dostupné z: <http://www.plzensketrolejbusy.cz/trate/ttbpole.php>.
39. Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova. Jízdní řády. *Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova*. [Online] Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova, 9. prosinec 2019. [cit. 2019-06-17] Dostupné z: <http://www.dpchj.cz/jizdni-rady-vyhledavani/>.
40. Seznam.cz a.s. *www.mapy.cz*. *www.mapy.cz*. [Online] Seznam.cz a.s., 18. červen 2019. [cit. 2019-06-18] Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=13.4474715&y=50.4907607&z=15>.
41. Dopravní společnost Zlín-Otrokovice. *Parciální trolejbusy*. [Interní dokument], 2019.

42. Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova. *Výroční zpráva 2017*. [Online] Chomutov : Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova a.s., 27. duben 2018. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=447002>.
43. Dopravní podnik města Pardubic. *Výroční zpráva Dopravního podniku města Pardubic 2017*. [Online] Pardubice : Dopravní podnik města Pardubic, 2018. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=426116>.
44. www.trolejbusyvpraze.net. Trolejbusy a Praha. *Trolejbusy v Praze*. [Online] 17. říjen 2017. [cit. 2019-06-30] Dostupné z: http://www.trolejbusyvpraze.net/trolejbusy_praha.htm.
45. Sůra, Jan. Tajnosti kolem obří zakázky v Praze. 150 autobusů dodá SOR, cenu DPP nezveřejnil. *Zdopravy.cz*. [Online] Avizer Z, s.r.o., 22. září 2017. [cit. 2019-07-12] Dostupné z: <https://zdopravy.cz/tajnosti-kolem-obri-zakazky-v-praze-150-autobusu-doda-sor-cenu-ale-taji-2059/>. ISSN 2570-7868.
46. Neuman, Jan. AUTOBUSY IVECO URBANWAY NA ZEMNÍ PLYN. *Fernfahrer Magazin Trucker*. [Online] 14. březen 2019. [cit. 2019-07-12] Dostupné z: https://www.trucker.cz/rubriky/bus/autobusy-iveco-urbanway-na-zemni-plyn_46900.html.
47. Dušek, Josef. Téma pro rok 2016: Ekonomika vs ekologie aneb Zmizí z ulic trolejbusy? *Chomutovskýdeník.cz*. [Online] 2016. leden 2. [cit. 2019-07-12] Dostupné z: https://chomutovsky.denik.cz/zpravy_region/tema-pro-rok-2016-ekonomika-vs-ekologie-aneb-zmizi-z-ulic-trolejbusy-20160102.html.
48. ČTK. Chomutov pořídil deset autobusů na stlačený zemní plyn. *blesk.cz*. [Online] Czech News Center, 2014. listopad 21. [cit. 2019-07-12] Dostupné z: <https://www.blesk.cz/clanek/zpravy-live-ekonomika/287149/chomutov-poridil-deset-autobusu-na-stlaceny-zemni-plyn.html>.
49. ITI Ústecko-chomutovská aglomerace. Podporované aktivity. *ITI Ústecko-chomutovská aglomerace*. [Online] [cit. 2019-07-03] Dostupné z: <http://www.iti-ucha.cz/o-iti/podporovane-aktivity>.
50. Brabec, Petr a Bartůněk, Filip. Tepelné motory. *Fyzika 007*. [Online] [cit. 2019-07-12] Dostupné z: <http://www.fyzika007.cz/struktura-a-vlastnosti-latek/tepelne-motory>.
51. Asociace pro elektromobilitu České republiky, z.s. PROČ ELEKTROMOBIL? *Asociace pro elektromobilitu České republiky*. [Online] 2015. [cit. 2019-07-12] Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz/proc-elektromobil>.

52. Molek, Tomáš. Uhelne kondenzační elektrárny. *Oenergetice.cz*. [Online] 12. červenec 2015. [cit. 2019-07-12] Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/uhelne-kondenzacni-elektrarny>.

Drdla, Pavel. Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu. Pardubice. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2014. ISBN 978-80-7395-787-2

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Přesun trolejového vedení ze silnice I/13 do ul. Zborovská s dvěma novými zastávkami [3]	9
Obrázek 2 - Výstavba nového trolejového vedení v ul. Vinařická [4].....	10
Obrázek 3 - Trasy manipulačních jízd mezi vozovnou a zastávkou Jirkov AN [7]	17
Obrázek 4 - Schéma oběhů vozidel na linkách 311, 312, 313 [6]	18
Obrázek 5 – Způsob nabíjení elektrobusů v areálu vozoven DPMCB, foto autor	30
Obrázek 6 - Nabíjení elektrobusů v prostoru vozoven Dopravního podniku Hradce Králové, foto autor.....	31
Obrázek 7 - Nabíjecí stání v konečné stanici Papírenská - točna, foto autor	31
Obrázek 8 - Nabíjecí stání v konečné stanici Parkoviště Jírovцова, foto autor	31
Obrázek 9 - Zjednodušené schéma zastávky Jirkov AN, zdroj autor	32
Obrázek 10 - Schéma stanice Kaufland [35].....	33
Obrázek 11 - Schéma nabíjení Li-Ion baterií [36].....	35
Obrázek 12 - Umístění baterií v parciálním trolejbusu pro DPMCB, foto autor.....	42
Obrázek 13 - Návrh výstavby trolejového vedení Písečná – Kaufland [41]	46
Obrázek 14 - Varianty vedení linky 312 [3]	48
Obrázek 15 - Graf vývoje variabilních nákladů na jednotlivé typy vozidel	54

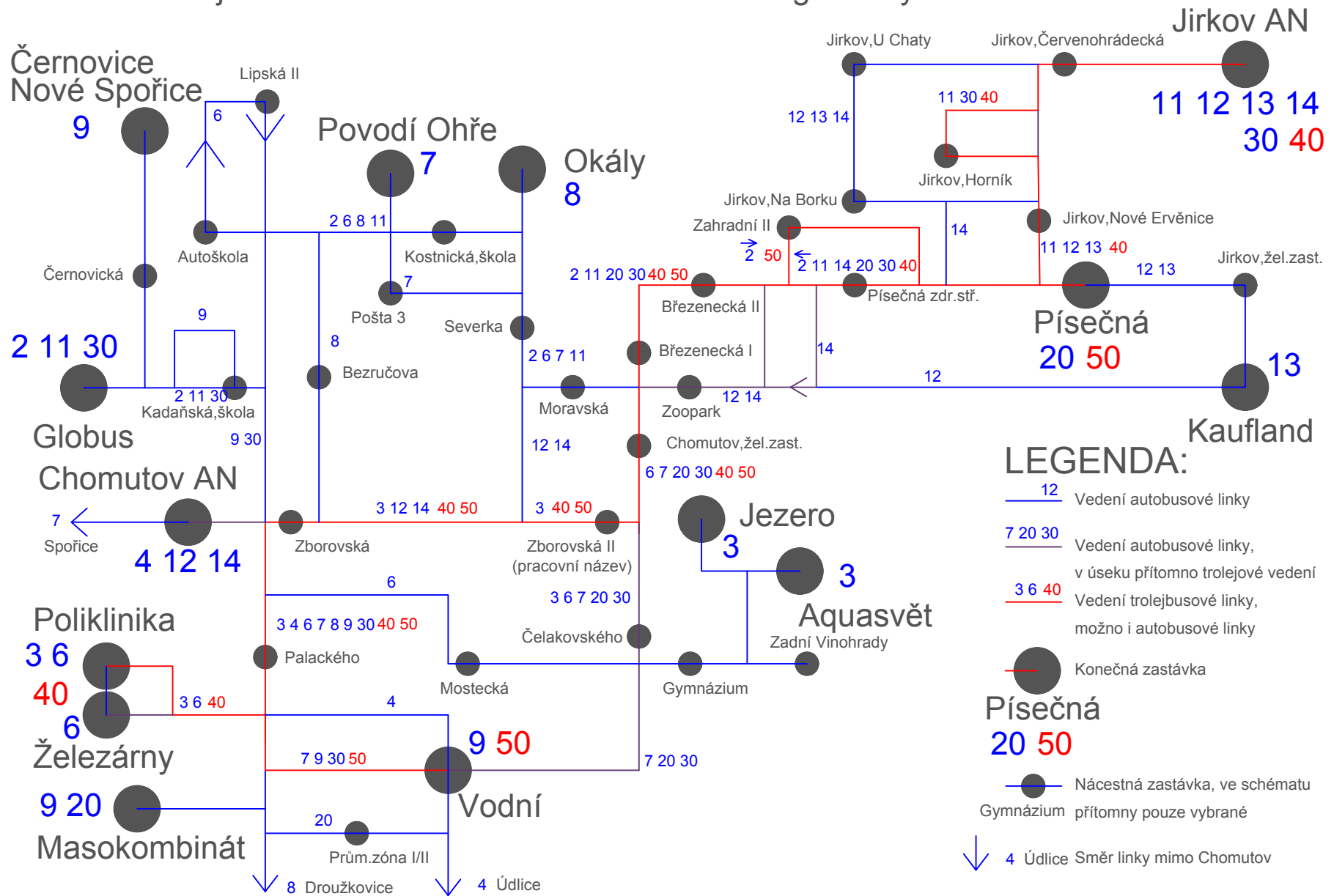
9 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Charakteristiky vhodných linek.....	17
Tabulka 2 - První a poslední jízdy jednotlivých pořadí [6]	18
Tabulka 3 - Denní směny řidičů pro jednotlivá pořadí. [6]	19
Tabulka 4 - Souhrn parametrů oportunitních elektrobusů	24
Tabulka 5 - Zjištěné vybrané technické údaje trolejbusů s bateriemi	27
Tabulka 6 - Spotřeba a nabíjení energie baterií oportunitního elektrobusu na oběhu 311/1..	36
Tabulka 7 - Spotřeba a nabíjení energie oportunitního elektrobusu u oběhů 311/2, 311/3 a 311/4.....	37
Tabulka 8 - Rozdíl spotřeby energie v rámci posledního sledu oběhu 311/1	38
Tabulka 9 - Rozdíl spotřeby energie v rámci posledního sledu oběhu 311/4	38
Tabulka 10 - Spotřeba a nabíjení energie při nabíjení ve stanici Kaufland pro všechny oběhy	39
Tabulka 11 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 311	44
Tabulka 12 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 312.....	44
Tabulka 13 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 313.....	44
Tabulka 14 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 313 s vystavěným trolejovým vedením mezi stanicemi Písečná a Kaufland a s výjezdem s nejmenší možnou kapacitou baterie	46
Tabulka 15 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 312 s vystavěným trolejovým vedením mezi stanicemi Písečná a Kaufland a přesunem linky přes zastávku Chomutov, žel. zast.	49
Tabulka 16 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 312 s vystavěným trolejovým vedením mezi stanicemi Písečná a Kaufland a v ul. Moravská a ul. Blatenská	49
Tabulka 17 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 313 s odjezdem z Jirkov AN s maximální kapacitou baterie	50
Tabulka 18 - Spotřeba elektrické energie parciálního trolejbusu na lince 311 s odjezdem z Jirkov AN s kapacitou baterie 27,64 kWh	50
Tabulka 19 - Rozdíl vozokm autobusů a parciálních trolejbusů na linkách 311, 312 a 313 ...	52
Tabulka 20 - Porovnání údajů elektromobilních variant s kloubovými dieselovými a plynovými autobusy [10] [20] [21] [38] [42] [46] [47] [48].....	54

10 Seznam příloh

1. Zjednodušené schéma linek dle návrhu Ing. Krtičky
2. Zjednodušené schéma vedení linek při implementaci parciálního trolejbusu

Příloha 1 - Zjednodušené schéma linek dle návrhu Ing.Krtičky



Příloha 2 - Zjednodušené schéma vedení linek při implementaci parciálního trolejbusu

Jirkov AN

