

České vysoké učení technické v Praze

FAKULTA DOPRAVNÍ

Ústav dopravních systémů

Horská 3, 128 03 PRAHA 2

<http://www.fd.cvut.cz>



Expertní posouzení elektrizace linek 377 a 375

Závěrečná zpráva

červen 2021

Odpovědný řešitel: **doc. Ing. Jiří Čarský, Ph.D.**

Řešitelský tým: **doc. Ing. Jiří Čarský, Ph.D.**
Ing. Bc. Vladimír Faltus, Ph.D.

Objednatel: **Krajská správa a údržba silnic
Středočeského kraje, příspěvková organizace**



ČVUT

FD

**DOPRAVNÍ
SYSTEMY**

**Ústav dopravních
systémů (K612)**

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE:

Název akce:

Expertní posouzení elektrizace linek 377 a 375

Objednatel:

Krajská správa a údržba silnic Středočeského kraje,
příspěvková organizace

Zborovská 11, 150 21 PRAHA 5

IČO 00066001

Osoby oprávněné k jednání:

ve věcech smluvních Ing. Jan Lichtneger (ředitel)

ve věcech technických Ing. Lukáš Svoboda, Ph.D.

Poskytovatel:

České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní

Ústav dopravních systémů

Konviktská 20, PRAHA 1, 120 00

zastoupenýděkanem fakulty doc. Ing. Pavlem Hrubešem, Ph.D.

vedoucí ústavu Ing. Martin Jacura, Ph.D.

odpovědný řešitel doc. Ing. Jiří Čarský, Ph.D.

řešitelský tým doc. Ing. Jiří Čarský, Ph.D. Ing. Bc. Vladimír Faltus, Ph.D.

kontaktní telefony + 420 604 846 823, + 420 737 381 729

E-mail..... carsky@fd.cvut.cz, faltus@fd.cvut.cz

OBSAH

1. Účel a obsah dokumentu	4
2. Východiska	4
2.1. Širší vztahy	6
2.2. Stav na městské lince č. 140	7
3. Analýza provozu	10
3.1. Aktuální provoz linky 375	12
3.2. Aktuální provoz linky 377	18
3.3. Výhledový uvažovaný provoz	25
4. Posuzované varianty trakce.....	29
4.1. Přehled a popis posuzovaných variant	30
4.1.1. Zachování autobusů.....	31
4.1.2. Parciální trolejbusy dle studie [1]	31
4.1.3. Vodíkové palivové články	36
4.1.4. Klasické trolejbusy (s možností nezávislé trakce).....	38
4.1.5. Elektrobusy.....	39
4.1.6. Další možnosti.....	41
4.2. Porovnání s příbuznými projekty	43
4.2.1. Klasické a parciální trolejbusy	44
4.2.2. Elektrobusy.....	46
4.2.3. Vodíkové palivové články	48
4.3. Hodnoticí kritéria	50
4.4. Porovnání variant podle dílčích kritérií.....	51
4.4.1. Pořízení a obnova vozidel	53
4.4.2. Vybudování a obnova infrastruktury na trasách	55
4.4.3. Vybudování a obnova infrastruktury ve vozovně.....	59
4.4.4. Synergický efekt při realizaci dalších linek.....	61
4.4.5. Provozní náklady infrastruktury	64
4.4.6. Provozní náklady vozidel	66
4.4.7. Externality	70
4.4.8. Nejistota z neprověřené technologie	73
4.4.9. Možnost dotací.....	74
4.5. Celkové výsledné porovnání variant	75
5. Opatření pro preferenci VHD.....	78
5.1. Pilíře preference autobusů a souvisejících vozidel.....	78
5.2. Lokality s dopravními kongescemi	79
5.3. Další lokality s možností úprav	83
6. Shrnutí a doporučení.....	84
7. Seznam zdrojů	87

1. ÚČEL A OBSAH DOKUMENTU

Cílem dokumentu je posouzení možností využití náhrady stávajících autobusů se spalovacími motory vozidly, která využívají alternativní způsob pohonu, a to na 2 linkách veřejné autobusové dopravy ve Středočeském kraji. Konkrétně se jedná o záměr spolupráce hl. m. Prahy a Středočeského kraje na přípravě nového řešení 2 příměstských integrovaných linek z Prahy do Brandýsa nad Labem – Staré Boleslavi a do Kostelce nad Labem.

Důvody této činnosti jsou zejména environmentální a ekologické. Praha i Středočeský kraj chtějí tímto projektem mimo jiné naplnit klimatický závazek, který do budoucna počítá s mnohem vyšším zapojením lokálně bezemisní veřejné dopravy. Z hlediska viditelných lokálních dopadů se jedná o snahu zvýšit kvalitu ovzduší a snížit hlukovou zátěž ze spalovacích motorů, které nepříznivě ovlivňují celkovou kvalitu života obyvatel žijících v blízkém i vzdálenějším okolí pozemních komunikací.

V této souvislosti je užitečné zmínit čerstvou strategii hl. m. Prahy, která v budoucím období s horizontem řádu 10 let nepředpokládá umožnění vjezdu dieselovým autobusům na své území, tj. v případě nerealizace jakéhokoliv projektu by došlo na hranicích s hl. m. Prahou k nutnosti přestupu na městské linky provozované lokálně bezemisními vozidly, tj. došlo by k prodloužení cestovních dob a zhoršení komfortu pro cestující.

Dlouhodobějším cílem jsou také celkové energetické úspory a otázky trvale udržitelného rozvoje. Do budoucna, po rutinním zvládnutí příslušných technologií, lze doufat i v úspory ekonomické, které se aktuálně vyčíslují poměrně komplikovaným způsobem, zejména přes oceňování tzv. externích vlivů (např. cenou za nápravu důsledků zhoršeného zdravotního stavu populace).

Přestože hromadná doprava není hlavním znečišťovatelem životního prostředí, je díky své vysoké kapacitě, fixaci na stálé trasy a celkovým rozměrům vozidel, vhodná pro aplikace bezemisních pohonů.

2. VÝCHODISKA

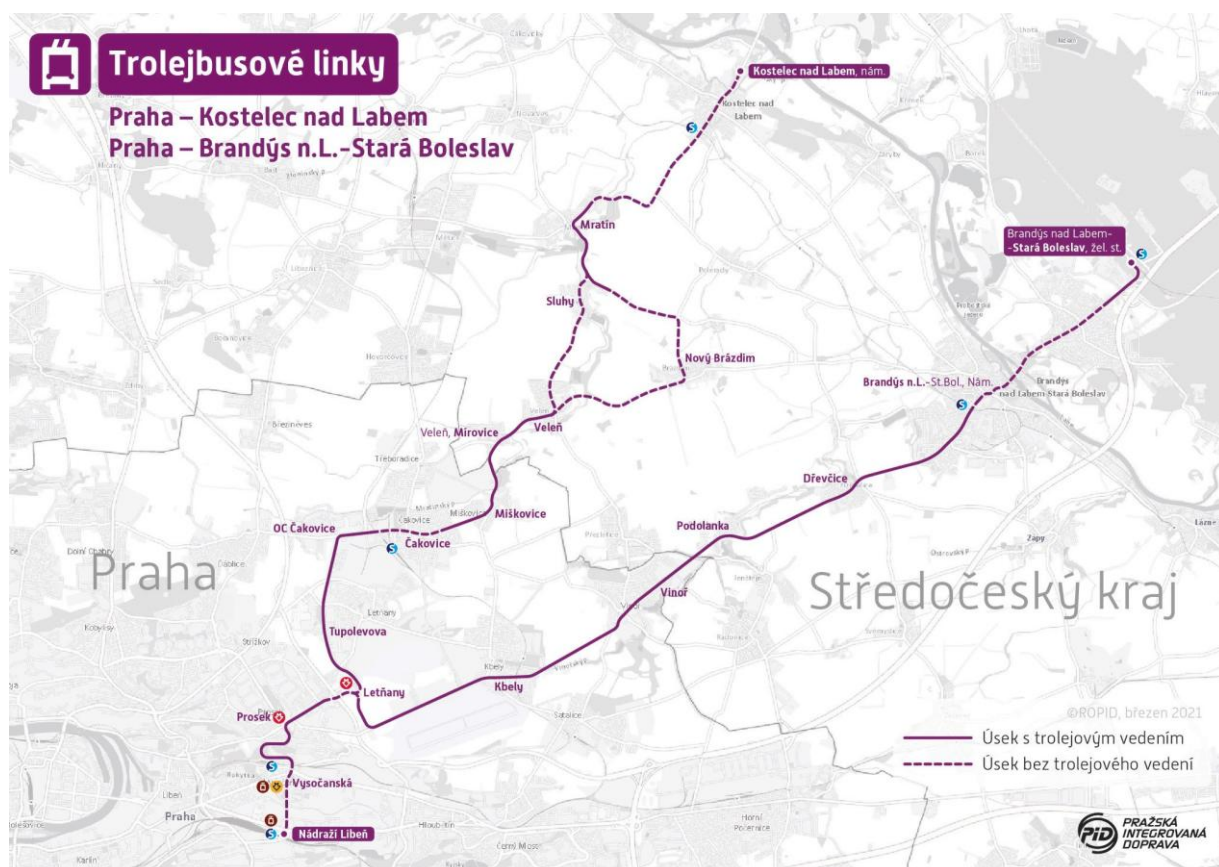
Sledovaná oblast je situována severovýchodně od hranice hlavního města Prahy. Jedná se o 2 linky spojující Prahu a Středočeský kraj. Lokalita je zvolena mimo jiné

proto, že je zde možnost částečně využít již v současnosti připravovanou infrastrukturu pro městskou trolejbusovou linku č. 58, která vznikne převodem současné autobusové linky č. 140 (blíže viz kapitola 2.2.).

Sledovány jsou následující 2 směry z hlavního města:

- směr Brandýs nad Labem – Stará Boleslav:
 - ✓ základ trasy tvoří současná autobusová linka č. 100375 (PID 375) z Prahy (metro Českomoravská) do Brandýsa nad Labem – Staré Boleslavi
- směr Kostelec nad Labem:
 - ✓ základ trasy tvoří současná autobusová linka č. 100377 (PID 377) z Prahy (metro Letňany) do Kostelce nad Labem po 3 alternativních trasách s odlišnými počty spojů na jednotlivých větvích

Obě linky 375 a 377 (viz obr. 1) jsou zapojeny do integrovaného dopravního systému s názvem Pražská integrovaná doprava (PID).



obr. 1

současné základní trasy linek PID č. 375 a 377 [11]

Základní trasy využívané největším množstvím spojů jsou zakresleny na obr. 1. V trasách existují dílčí drobné odchylky u některých spojů, stejně tak spoje mohou zároveň přejíždět na další linky, což je blíže uvedeno v kapitole 3 zaměřené na podrobný popis současného provozu (na obr. 1 je zobrazena 1 z uvažovaných technických variant realizace).

V rámci uvedeného záměru byla zpracována studie [1] pro případ využití parciálních trolejbusů na linkách 375 a 377 a provedeno ekonomické hodnocení [2] v souladu s resortními metodikami [3] a [4] v předmětné oblasti.

Součástí dokumentace studie [1] je i dokumentace projednání záměru s dotčenými obcemi a dalšími subjekty, vyjádření a stanoviska jednotlivých subjektů a zápisy z jednání. Vyjádření jsou z přelomu let 2019 a 2020 a nemusejí tak již mít potřebnou platnost. Dílčí závěry nejsou vždy kladné, případně vyzývají k dalšímu postupu ve smyslu získání stanoviska k projektu oficiální cestou, a bude třeba je aktualizovat a dořešit.

2.1. Širší vztahy

Lokality dvojměstí „Brandýs nad Labem – Stará Boleslav“ a Kostelce nad Labem jsou specifické tím, že na rozdíl od mnohých jiných měst v okolí Prahy zde není k dispozici přímé železniční spojení do hlavního města a veřejná doprava je zde koncipována tak, že páteřní spojení s Prahou je realizováno pomocí příměstských autobusových linek.

Zatímco město Brandýs nad Labem – Stará Boleslav je pomocí autobusů veřejné dopravy kromě linky 375 spojeno s hlavním městem i dalšími trasami na Černý Most, pro Kostelec nad Labem se v případě linky č. 377 jedná o jedinou páteřní linku pro spojení s hl. m. Prahou.

Zatímco linka 377 v Praze navazuje z páteřní dopravy pouze na metro C, tak linka 375 dnes přiváží cestující k metru B i C, v obou případech dokonce ke 2 různým stanicím těchto linek. To přináší rozmělnění obratu cestujících na straně hlavního města v případě linky 375. Dominantní obrat cestujících na lince 375 je podle [9] v Praze uskutečňován v zastávkách Vysočanská a Letňany, v Brandýse nad Labem je to Náměstí a ve Staré Boleslavi je jí Autobusové stanoviště. V případě linky č. 377 je dominantní obrat cestujících uskutečňován v terminálu Letňany u metra C.

Linka PID 375 v Praze začíná u stanice metra B Českomoravská a na stejné trase metra obsluhuje i stanici Vysočanská. Po prodloužení metra B v roce 1998 z Českomoravské na Černý Most vznikla autobusová linka 367, která převzala lince 375 část cestujících [9]. Obě linky 375 i 367 mají mnoho společného – obě jezdí od pražského metra B do Staré Boleslavi a drtivá většina jejich spojů končí na tamním autobusovém stanovišti, jen některé vybrané spoje pokračují, až na samý konec města, k nádraží na železniční trati „Kolín – Lysá nad Labem – Všetaty – Děčín“, kde navazují na vlaky. Linky se ve směru od Prahy setkávají u zastávky „Dřevčice, rozc. Jenštejn“ (linka 367 tam nemá zastávku, neboť přijíždí trasou od obce Jenštejn).

Z Prahy do Brandýsa nad Labem – Staré Boleslavi jezdí v přepravních špičkách pracovních dnů také posilové expresní autobusové linky č. 346 a 379, které využívají dálnici D10. Polookružní brandýská linka 346 sjíždí z D10 u Záp a objíždí celý Brandýs nad Labem; boleslavská linka č. 379 sjíždí až na exitu Stará Boleslav (do této podoby se dostala po dlouhodobé uzavírcce mostu mezi Brandýsem a Boleslaví a už v ní zůstala) a ze severu přijíždí na autobusové stanoviště [9].

2.2. Stav na městské lince č. 140

Pražská městská linka č. 140 obsluhuje trasu „Palmovka – Prosek – Letňany – Čakovice – Miškovice“. V současné době se jedná o autobusovou linku zajišťovanou pražským dopravním podnikem. V části trasy této linky (Palmovka – Prosek – Letňany) jsou provozovány parciální trolejbusy jako linka č. 58. Trolejbusová trať je zde ale realizována v úseku necelého kilometru v Prosecké ulici mimo trasu linek č. 375 a 377. Slavnostní zahájení zkušebního provozu tohoto úseku proběhlo 15. října 2017 přesně po 45 letech od ukončení provozu trolejbusů na území hlavního města Prahy. Cílem hl. m. Prahy pro aktuální období je připravit infrastrukturu pro dokončení realizace projektu celého úseku autobusové linky č. 140 pro provoz parciálních trolejbusů, kdy současná autobusová linka č. 140 bude převedena na prodlouženou trolejbusovou linku č. 58.

Následující obr. 2 a obr. 3 zachycují atmosféru při slavnostním zahájení, a také polohu prvního úseku trolejbusové tratě linky č. 58 v Prosecké ulici.



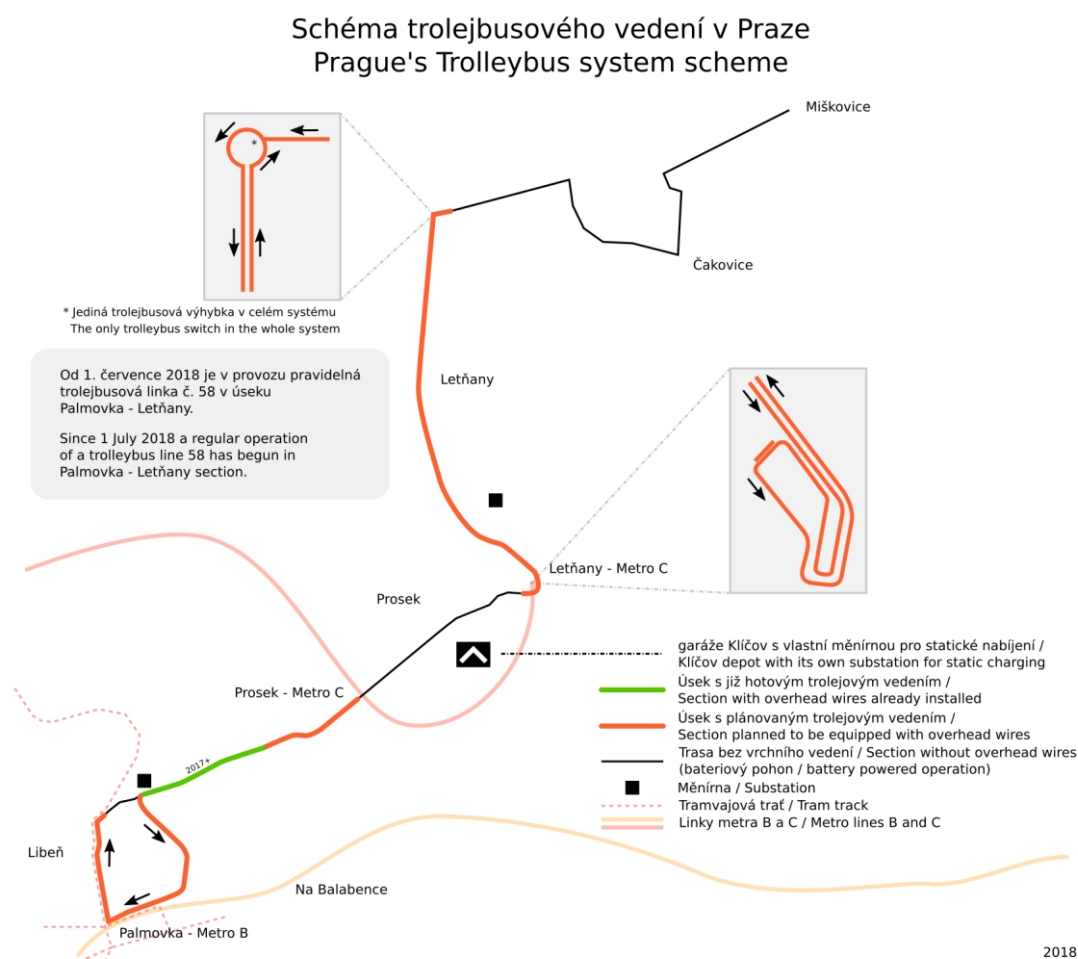
obr. 2

trolejbus SOR TNB 12 při slavnostním zahájení zkušebního provozu tratě v Prosecké ulici [12]

V případě, že pro převod linek č. 375 a 377 na lokálně bezemisní dopravu budou uvažovány trolejbusy resp. parciální trolejbusy, se vychází z dobudované infrastruktury pro celou linku č. 140, která již do tras linek č. 375 a 377 bude zasahovat. Jedná se o následující úsek o celkové délce 6,4 km jednostopě, dle aktuálního zdroje hlavního města [42]:

- Obchodní centrum Čakovice → Letňany (v Kostelecké a Tupolevově ulici) délky 3,2 km (souběžná linka 377)
- Letňany → Obchodní centrum Čakovice (v Tupolevově a Kostelecké ulici) délky 3,2 km (souběžná linka 377)

Hl. m. Praha resp. Dopravní podnik hl. m. Prahy (DPP) v současné době již realizuje výstavbu trolejbusové tratě pro linku č. 140 (58) – ve 2. polovině roku 2021 bude také zahájena stavební realizace výše uvedeného úseku. Zahájení provozu s cestujícími je podle [42] předpokládáno na konci roku 2022.



obr. 3

schéma pražského trolejbusového systému [12]

Studie [1] i posouzení [2] ale též počítají s následujícími 6 dalšími městskými úseky pro linku č. 140 (58) o celkové délce 4,2 km jednostopě:

- Letňanská → Prosek (v Prosecké ulici) délky 0,8 km (souběžná linka 375)
- Prosek → Letňanská (v Prosecké ulici) délky 0,6 km (souběžná linka 375)
- Za Avíí → Obchodní centrum Čakovice (v Kostelecké ulici) délky 0,4 km (souběžná linka 377)
- Obchodní centrum Čakovice → Za Avíí (v Kostelecké ulici) délky 0,4 km (souběžná linka 377)
- Miškovice → Čakovice (v Polabské ulici) délky 1,0 km (souběžná linka 377)
- Čakovice → Miškovice (v Polabské ulici) délky 1,0 km (souběžná linka 377)

Není doposud rozhodnuto, kdo bude investorem těchto úseků využitelných jak pro zájmy hl. m. Prahy ve smyslu vyšší dostupnosti elektrické energie pro linku 140,

tak pro zájmy Středočeského kraje. Praha se však aktuálně chystá k budování dalších trolejbusových tratí pro provoz parciálních trolejbusů, uvažuje se o levém břehu Vltavy v nesouvislých oblastech, konkrétně linky č. 131, 137, 176 a 191, kdy celkové náklady jsou odhadovány na 1,23 miliardy Kč [44]. Pro tyto tratě Praha objedná 45 bateriových trolejbusů standardní délky [38]. Uvedená trolejbusová ambice dává na vědomí, že to hl. m. Praha s parciální trolejbusovou dopravou myslí vážně a lze tak očekávat vstřícnost ke spolupráci se Středočeským krajem za účelem výše uvedeného rozšíření trolejbusové tratě pro linku č. 140 (58).

V každém případě je třeba z pozice Středočeského kraje **zahájit jednání s hl. m. Prahou** o možnosti realizace zbývajících výše uvedených úseků celkové délky 4,2 km jednosměrné trolejové stopy mezi Prosekem a Miškovicemi v trase linky 140 (58), se kterým počítá studie [1] pro linky č. 375 a 377. Totéž se týká ostatních úseků tratí pro linky č. 375 a 377, tedy ve Vysočanské, Beladově a Mladoboleslavské ulici využitelných hl. m. Prahou pro jiné městské linky. Všechny úseky trolejbusové tratě pro linky č. 375 a 377 jsou podrobně rozepsány v kapitole 3.3.

Kalkulace provedené v tomto dokumentu postupují jakousi „střední cestou“, tedy variantou realizace (rozšíření) úseků v trase linky 140 hl. m. Prahou a realizace úseků ve Vysočanské, Beladově a Mladoboleslavské ulici ze zdrojů projektu pro Středočeský kraj, neboť tyto úseky jsou nezbytně nutné pro funkčnost projektu linky 375. Příklad, kdy by se rozšiřování úseků v trase linky 140 realizovalo rovněž ze zdrojů projektu pro Středočeský kraj, lze snadno ze závěrů odvodit a nemá vliv na výsledné hodnocení.

3. ANALÝZA PROVOZU

Současným dopravcem na obou linkách č. 375 a 377 je podle [7] ČSAD Střední Čechy, a. s., U přístavu 811/8, 250 01 Brandýs nad Labem – Stará Boleslav, provozovna Brandýs nad Labem – Stará Boleslav, tel. +420 326 911 954, www.csad-sc.cz, csadsc@csad-me.cz.

Garáže jsou umístěné v Brandýse nad Labem – Staré Boleslavi na pravém břehu Labe v ulici U Přístavu na výše zmíněné adrese poblíž autobusové zastávky „Brandýs n. L. – St. Bol., Most“ na lince 375.

K určení provozních parametrů je využit aktuální jízdní řád [7]. Provoz obou linek je celotýdenní, v denní době ve směru do Prahy cca od 4 do 23 hodin, ve směru z Prahy

cca od 5 do 24 hodin. Zhruba hodinový ofset u obou směrů je výsledkem mimo jiné právě vypravováním vozidel z výše popsané lokality, a dále také převládajícímu úmyslu využití linky pro dojíždění do Prahy, nikoli do Středočeského kraje.

Jízdní řád rozlišuje pracovní den a víkendový den (sobota a neděle jsou bez rozdílů). Prázdninový provoz je prakticky shodný s obdobím školního vyučování, kromě několika detailů u linky 377.

Níže jsou uvažována následující provozní období, ve kterých se provoz běžně liší:

- **PDN:** pracovní den „normální“, kdy probíhá školní vyučování na ZŠ a SŠ
- **PDP:** pracovní den prázdninový, který se týká všech druhů školních prázdnin pro ZŠ a SŠ; konkrétní dny lze najít např. na odkazu [8]
- **SNS:** sobota, neděle nebo státem uznaný svátek

Tabulka 1 udává základní hodnoty intervalu mezi spoji na obou linkách. S výjimkou posledního řádku se hodnoty vztahují k PDN a PDP. Vzhledem k rozdílným variantám trasy linky 377 je na peážním úseku těchto variant interval nerovnoměrný a uvedena je pouze orientační průměrná hodnota. V případě ranní přepravní špičky je sice průměrný interval 10 minut, ale v některých případech se reálně jedná o 3 – 4 minuty, střídané intervalem 16 minut.

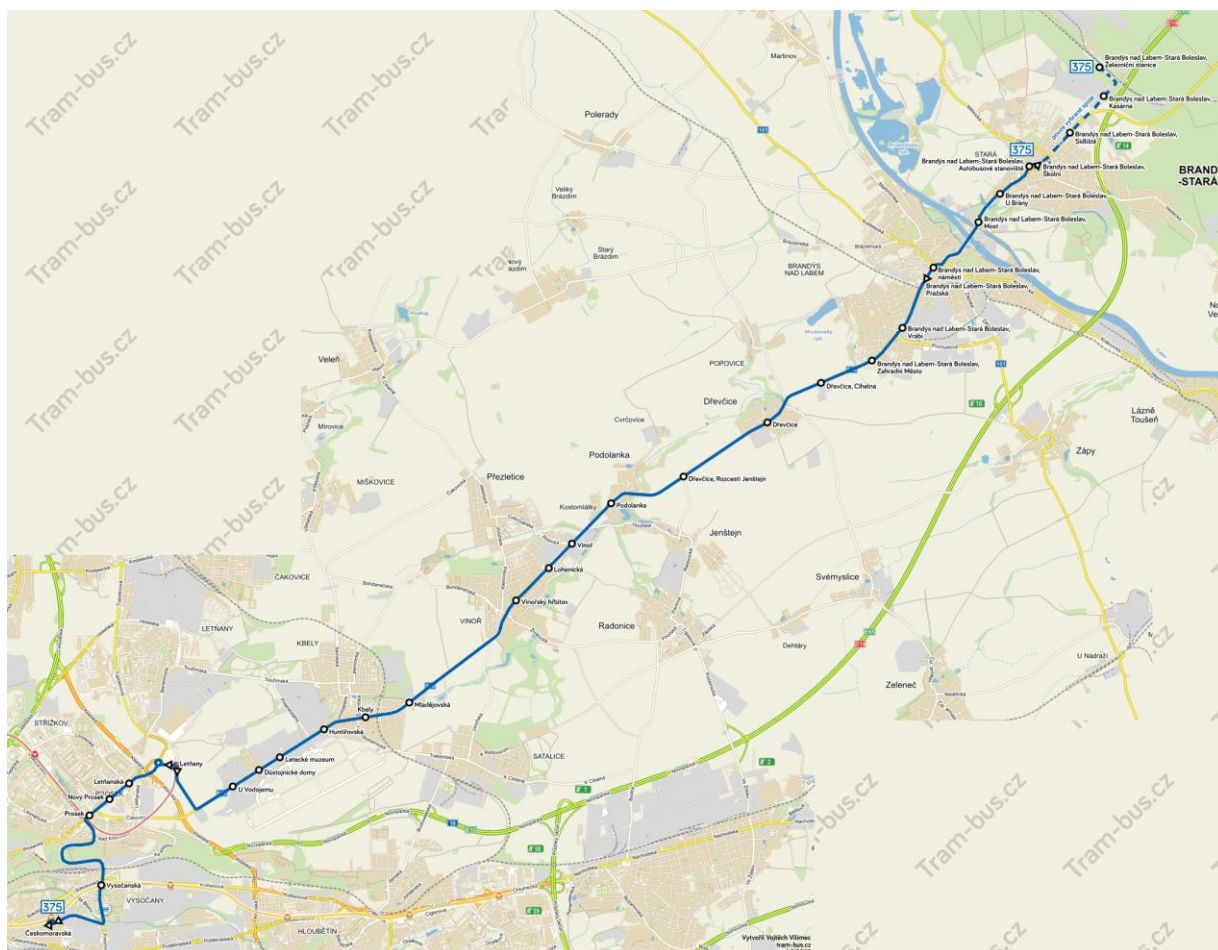
Tabulka 1 – Intervaly mezi spoji linek 375 a 377 pro jednotlivá období

Intervaly linek na hranici Prahy (v minutách)		
Provozní období	Linka 375	Linka 377
Ranní špička (cca 5 – 9 h)	12	12
Extrémní ráno (okolo 7:30 h)	10	10
Sedlo (cca 9 – 13 h)	30	30
Odpolední špička (cca 13 – 18 h)	15	12
Večer (cca 18 – 21 h)	20	20
Noc (21 – 24 h)	30	60
Víkend (5 – 24 h)	30	60

Veškeré spoje na obou linkách jsou garantované nízkopodlažní, resp. s bezbariérově přístupným vozidlem. Linky jsou realizovány různými druhy vozidel, bude upřesněno v následujících podkapitolách.

3.1. Aktuální provoz linky 375

Následující obr. 4 zachycuje modrou křivkou trasu linky 375. V jihozápadní části se nachází hl. m. Praha, v severovýchodní najdeme souměstí Brandýs nad Labem – Stará Boleslav. Přerušovaná křivka označuje provoz pouze části spojů.



obr. 4

současná trasa linky PID č. 375 [9]

Následující tabulky obsahují parametry linky č. 375. Nejprve je uvažován směr do Prahy tak, jak je linka vypravována, následně směr opačný. Směr k hlavnímu městu obsahuje tři varianty spojů označené písmeny A, B a C.

Většina spojů je vedena pouze v úseku Českomoravská – Brandýs n. L. - Stará Boleslav, aut. st. K železniční stanici ve Staré Boleslavi jsou vedeny pouze jednotlivé spoje s návazností na jízdní řád vlaků v této stanici.

Tabulka 2 – Linka 375 směr do Prahy – trasa a varianty spojů

Trasa a varianty spojů na lince 375 – směr do Prahy						
Název zastávky	Přestup na metro	Na znamení nebo požádání	Tarifní zóna PID	Varianta spoje a chronometráž [min]		
				A	B	C
Brandýs n. L. – St. Bol., Žel. st.	-	-	3	0	-	-
Brandýs n. L. – St. Bol., Kasárna	-	ano	3	1	-	-
Brandýs n. L. – St. Bol., Sídliště	-	-	3	3	0	-
Brandýs n. L. – St. Bol., Aut. st.	-	-	3	8	5	0
Brandýs n. L. – St. Bol., U Brány	-	ano	3	9	6	1
Brandýs n. L. – St. Bol., Most	-	ano	3	10	7	2
Brandýs n. L. – St. Bol., Nám.	-	-	2	14	11	6
Brandýs n. L. – St. Bol., Pražská	-	-	2	16	13	8
Brandýs n. L. – St. Bol., Vrábí	-	-	2	18	15	10
Brandýs n. L. – St. Bol., Zahradní Město	-	-	2	20	17	12
Dřevčice, Cihelna	-	ano	1	21	18	13
Dřevčice	-	-	1	23	20	15
Dřevčice, Rozc. Jenštejn	-	ano	1	24	21	16
Podolanka	-	-	1	26	23	18
Vinoř	-	ano	B	27	24	19
Lohenická	-	ano	B	28	25	20
Vinořský hřbitov	-	-	B	30	27	22
Vinořský zámek	-	ano	B	31	28	23
Mladějovská	-	ano	B	33	30	25
Kbely	-	-	B	34	31	26
Kbelský pivovar	-	ano	B	34	31	26
Huntířovská	-	ano	B	35	32	27
Letecké muzeum	-	ano	0	36	33	28
Důstojnické domy	-	ano	0	37	34	29
U Vodojemu	-	ano	0	38	35	30
Letňany	C	-	0	41	38	33
Letňanská	-	-	0	43	40	35
Nový Prosek	-	ano	0	44	41	36
Prosek (ul. Prosecká)	C	-	0	45	42	37
Vysočanská	B	-	0	49	46	41
Českomoravská	B	-	0	52	49	44

Tabulka 2 přehledně obsahuje seznam zastávek pro celý směr linky, dále přístupní možnost na metro v Praze, vlastnost zastávky, zda je na znamení nebo požádání, a také tarifní zónu. Jednotlivé spoje jsou charakterizovány minutovou chronometráží u uvedené zastávky, kde tyto spoje zastavují.

Tabulka 3 obsahuje souhrnné informace provozních parametrů k jednotlivým spojům linky 375 ve směru do Prahy. Uvedeny jsou dílčí údaje odlišné pro různé varianty spojů, ale také sumární hodnoty týkající se celé linky. Kódy provozních období jsou vysvětleny v úvodu kapitoly 3.

Tabulka 3 – Linka 375 směr do Prahy – provozní parametry

Provozní parametry linky 375 – směr do Prahy				
Parametr	Varianta spoje			Celkem
	A	B	C	
Cestovní doba spoje [min]	52	49	44	-
Délka spoje [km]	23	22	21	-
Orientační cestovní rychlost [km/h]	27	27	29	-
Počet zastávek	31	29	28	31
Počet zastávek na znamení nebo požádání	15	14	14	15
Počet spojů PDN / PDP za 24 hodin	4	3	52	59
Počet spojů SNS za 24 hodin	14	0	23	37
Ujetá vzdálenost v km PDN / PDP za 24 hodin	92	66	1 092	1 250
Ujetá vzdálenost v km SNS za 24 hodin	322	0	483	805

U linky 375 u omezeného množství spojů autobusy přejíždějí v zastávce „Brandýs n. L. – St. Bol., Aut. st.“ mezi linkou PID 375 a linkou č. 281666 (PID 666) v trase „Brandýs n. L. – St. Boleslav – Káraný“. Jedná se o jednotky spojů denně, úsek délky 7 km (15 minut). V opačném směru (z Prahy) je úsek dlouhý 6 km (12 minut). Konečnou zastávkou je vždy „Káraný, pošta“. Celý tento úsek je v 3. tarifním pásmu PID. Parametry těchto přejezdů ve směru do Prahy udává následující Tabulka 4.

Tabulka 5 zachycuje průběh linky 375 v opačném směru, tedy z Prahy. V tomto případě chybí spoje varianty B a jsou tak k dispozici pouze dvě varianty označené A a C tak, aby konečné zastávky souhlasily se shodně označenými variantami spojů v opačném směru. Tabulka 6 obsahuje souhrnné informace provozních parametrů k jednotlivým spojům linky 375 ve směru z Prahy.

Tabulka 4 – Linka 375 směr do Prahy – přejezdy vozidel

Přejezdy u linky 375 – směr do Prahy	
Parametr spojů návazných linek	Hodnota
Varianta spoje na lince 375	C
Přejezd z linky	666
Výchozí zastávka	Káraný, Pošta
Přírůstek cestovní doby spoje [min]	12
Přírůstek délky spoje [km]	6
Orientační cestovní rychlost [km/h]	30
Počet dalších zastávek	9
Počet dalších zastávek na znamení nebo požádání	1
Počet spojů PDN / PDP za 24 hodin	8
Počet spojů SNS za 24 hodin	2
Ujetá vzdálenost v km PDN / PDP za 24 hodin	48
Ujetá vzdálenost v km SNS za 24 hodin	12



obr. 5

autobus Solaris Urbino společnosti ČSAD Střední Čechy na lince 375, autor: ROPID [27]

Tabulka 5 – Linka 375 směr z Prahy – trasa a varianty spojů

Trasa a varianty spojů na lince 375 – směr z Prahy					
Název zastávky	Přestup na metro	Na znamení nebo požádání	Tarifní zóna	Varianta spoje a chronometráž [min]	
				A	C
Českomoravská	B	-	0	0	0
Vysočanská	B	-	0	3	3
Prosek (ul. Prosecká)	C	-	0	7	7
Nový Prosek	-	ano	0	8	8
Letňanská	-	-	0	9	9
Letňany	C	-	0	13	13
U Vodojemu	-	ano	0	15	15
Důstojnické domy	-	ano	0	16	16
Letecké muzeum	-	ano	0	17	17
Huntířovská	-	ano	B	18	18
Kbely	-	-	B	19	19
Mladějovská	-	ano	B	20	20
Vinořský zámek	-	ano	B	22	22
Vinořský hřbitov	-	-	B	23	23
Lohenická	-	ano	B	24	24
Vinoř	-	ano	B	25	25
Podolanka	-	-	1	27	27
Dřevčice, Rozc. Jenštejn	-	ano	1	29	29
Dřevčice	-	-	1	31	31
Dřevčice, Cihelna	-	ano	1	32	32
Brandýs n. L. – St. Bol., Zahradní Město	-	-	2	33	33
Brandýs n. L. – St. Bol., Vrábí	-	-	2	34	34
Brandýs n. L. – St. Bol., Nám.	-	-	2	38	38
Brandýs n. L. – St. Bol., Most	-	ano	3	40	40
Brandýs n. L. – St. Bol., U Brány	-	ano	3	41	41
Brandýs n. L. – St. Bol., Aut. st.	-	-	3	-	42
Brandýs n. L. – St. Bol., Školní	-	-	3	42	-
Brandýs n. L. – St. Bol., Sídliště	-	-	3	44	-
Brandýs n. L. – St. Bol., Kasárna	-	ano	3	46	-
Brandýs n. L. – St. Bol., Žel. st.	-	-	3	47	-

Tabulka 6 – Linka 375 směr z Prahy – provozní parametry

Provozní parametry linky 375 – směr z Prahy			
Parametr	Varianta spoje		Celkem
	A	C	
Cestovní doba spoje [min]	47	42	-
Délka spoje [km]	22	20	-
Orientační cestovní rychlost [km/h]	28	29	-
Počet zastávek	29	26	26
Počet zastávek na znamení nebo požádání	14	13	13
Počet spojů PDN / PDP za 24 hodin	8	51	59
Počet spojů SNS za 24 hodin	0	37	37
Ujetá vzdálenost v km PDN / PDP za 24 hodin	176	1 020	1 196
Ujetá vzdálenost v km SNS za 24 hodin	0	740	740

Tabulka 7 – Linka 375 směr z Prahy – přejezdy vozidel

Přejezdy u linky 375 – směr z Prahy	
Parametr spojů návazných linek	Hodnota
Varianta spoje na lince 375	C
Přejezd na linku	666
Konečná zastávka	Káraný, Pošta
Přírůstek cestovní doby spoje [min]	15
Přírůstek délky spoje [km]	7
Orientační cestovní rychlost [km/h]	28
Počet dalších zastávek	9
Počet dalších zastávek na znamení nebo požádání	1
Počet spojů PDN / PDP za 24 hodin	3
Počet spojů SNS za 24 hodin	4
Ujetá vzdálenost v km PDN / PDP za 24 hodin	21
Ujetá vzdálenost v km SNS za 24 hodin	28

I ve směru z Prahy jsou k dispozici přejezdy na linku PID 666, jejichž parametry udává Tabulka 7. Tabulka 8 obsahuje souhrnné provozní parametry za celou linku, vytvořeny jsou odhady z dostupných dat.

Tabulka 8 – Linka 375 celkem oba směry – provozní parametry

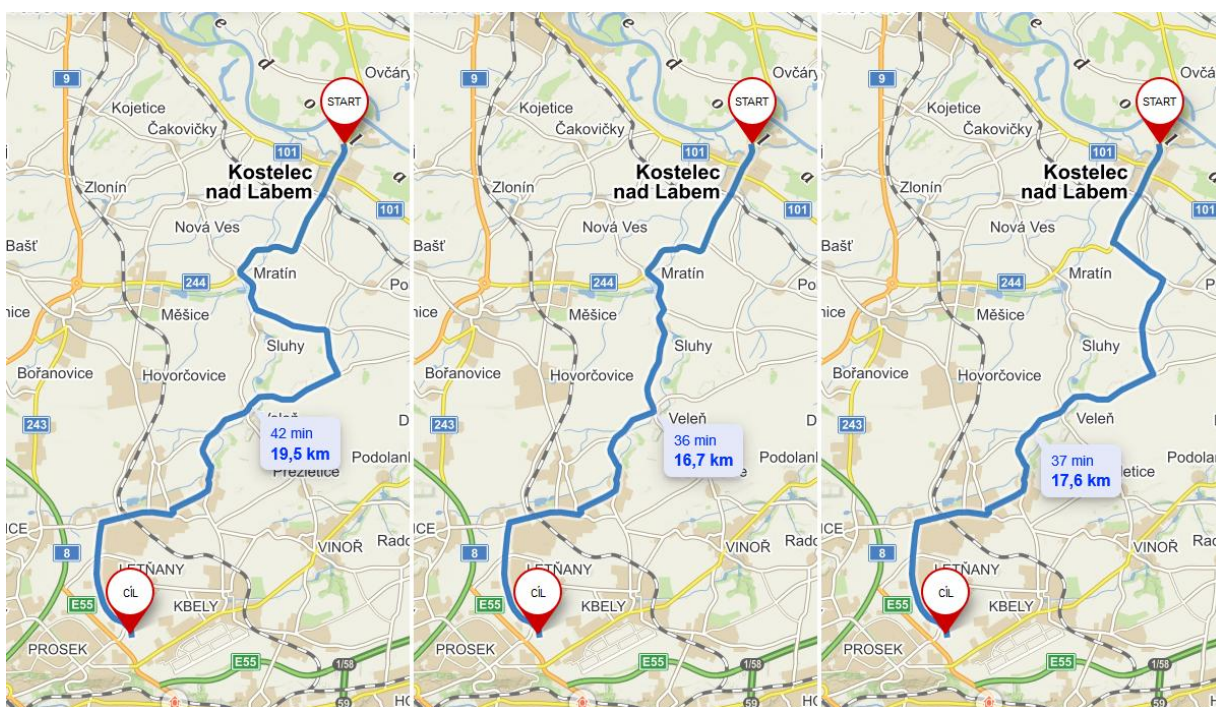
Provozní parametry linky 375 – oba směry			
Provozní období	Pracovní den (PDN / PDP)	Víkend a svátky (SNS)	Celkem
Orientační počet dní v roce (na základě roku 2021)	252	113	365
Orientační doba oběhu [min] – nejdelší varianta bez přejezdů vozidel mezi linkami	130	130	-
Orientační interval ve špičce [min]	12	30	-
Orientační délka vozidla [m]	18	18	-
Orientační počet vozidel na lince	11	5	-
Orientační počet vozidel na lince vč. přejezdů vozidel mezi linkami	12	6	-
Orientační počet řidičů na lince	18	10	-
Orientační počet řidičů na lince vč. přejezdů vozidel mezi linkami	19	11	-
Ujetá vzdálenost v km za 24 hodin	2 446	1 545	-
Ujetá vzdálenost v km za 24 hodin vč. přejezdů vozidel mezi linkami	2 515	1 585	-
Průměrná ujetá vzdálenost na vozidlo za 24 hodin v km	245	386	-
Průměrná ujetá vzdálenost na vozidlo za 24 hodin v km vč. přejezdů vozidel mezi linkami	229	317	-
Ujetá vzdálenost v km za rok	616 392	174 585	790 977
Ujetá vzdálenost v km za rok vč. přejezdů vozidel mezi linkami	633 780	179 105	812 885

Na linku 375 jsou nasazována kloubová vozidla. Mezi nejnovější lze řadit Solaris Urbino 18 IV. generace [28] nasazované od roku 2018 a splňující standardy kvality PID [6]. Mezi parametry vozidel patří např. 18 m, celková obsaditelnost 136 míst, počet míst k sezení 46, z toho 4 sklopná sedadla, provozní hmotnost 17 200 kg, maximální rychlost 86 km/h s omezovačem [28].

3.2. Aktuální provoz linky 377

Schéma linky č. 377 znázorněno na obr. 6 ve 3 základních variantách trasy (A, B, C). Trasy se liší v obsluze venkovské střední části v okolí obcí Veleň, Brázdim, Sluhy a Mratín. Shodné označení tras používá i dokument [2].

- **Varianta A:** trasa vede od terminálu v Letňanech přes obce Veleň, Brázdím, Sluhy a Mratín do Kostelce nad Labem na Komenského náměstí; využívá ji největší počet spojů
- **Varianta B:** trasa vede od terminálu v Letňanech přes obce Veleň, Sluhy a Mratín (vynechává obec Brázdím)
- **Varianta C:** trasa vede od terminálu v Letňanech přes obce Veleň, Brázdím a Polerady (vynechává Sluhy a Mratín) – jedná se o jednotlivé spoje ve špičkách pracovních dní



obr. 6

současné 3 základní varianty trasy (zleva: A, B, C) linky PID č. 377 [9]

Kromě 3 základních variant spojů existují ještě 2 další **varianty (D, E)** zkrácených spojů provozovaných v úseku Praha – Veleň. Koncovou zastávkou je buďto Veleň (varianta D), případně „Veleň, U Pomníku“ (varianta E).

Uvedené variace spojů na 1 lince nejsou zrovna přehledné pro cestující, nicméně jsou provozně efektivní – v koncových lokalitách se silnou poptávkou se soustředí do 1 trasy, zatímco ve venkovské mezilehlé oblasti s řidším osídlením a nižší poptávkou se trasy větví a obsluhují tak větší množství zastávek bez nutnosti závlaků. V období přepravní špičky nabízí koncovým městům rychlejší spojení pomocí variant B a C, zatímco varianta A je základní trasou, kterou je možné jako jedinou provozovat v období slabší poptávky.

Tabulka 9 – Linka 377 směr do Prahy – trasa a varianty spojů

Trasa a varianty spojů na lince 377 – směr do Prahy								
Název zastávky	Přestup na metro	Na znamení nebo požádání	Tarifní zóna	Varianta spoje a chronometráž [min]				
				A	B	C	D	E
Kostelec n. L., Nám.	-	-	2,3	0	0	0	-	-
Kostelec n. L., Na Růžku	-	-	2,3	2	2	2	-	-
Kostelec n. L., Žel. st.	-	ano	2,3	3	3	3	-	-
Polerady, Rozc.	-	ano	2	-	-	7	-	-
Mratín, Cukrovar	-	ano	1	7	7	-	-	-
Mratín	-	-	1	9	9	-	-	-
Sluhy, Rozc. Brázdim	-	-	1	11	11	-	-	-
Sluhy	-	-	1	-	13	-	-	-
Sluhy, Nad Hájem	-	ano	1	12	-	-	-	-
Brázdim, Rozc. Veliký Brázdim	-	ano	1	13	-	8	-	-
Brázdim, Nový Brázdim	-	-	1	15	-	10	-	-
Veleň, U Pomníku	-	ano	1	20	-	15	-	0
Veleň	-	-	1	22	16	17	0	2
Veleň, Mírovce	-	ano	1	24	18	19	2	4
Tuháňská	-	ano	B	26	20	21	4	6
Miškovice	-	-	B	27	21	22	5	7
Radonická	-	ano	B	28	22	23	6	8
Čakovice	-	-	B	29	23	24	7	9
Čakovický zámek	-	-	B	31	25	26	9	11
Za Avíí	-	ano	B	32	26	27	10	12
Obchodní centrum Čakovice	-	-	B	34	28	29	12	14
Trutnovská	-	ano	0	35	29	30	13	15
Fryčovická	-	-	0	36	30	31	14	16
Tupolevova	-	-	0	38	32	33	16	18
Dobratská	-	ano	0	39	33	34	17	19
Letňany	C	-	0	41	35	36	19	21

Tabulky provozních údajů u linky 377 jsou vytvořeny ve stejném duchu jako tabulky u předchozí linky 375. Nejprve je uvažován směr do Prahy, následně směr z hlavního města. Tabulka 9 uvádí přehled variant spojů linky 377, příslušné další provozní parametry přehledně ukazuje Tabulka 10.

Tabulka 10 – Linka 377 směr do Prahy – provozní parametry

Provozní parametry linky 377 – směr do Prahy						
Parametr	Varianta spoje					Celkem
	A	B	C	D	E	
Cestovní doba spoje [min]	41	35	36	19	21	-
Délka spoje [km]	20	17	18	9	9	-
Orientační cestovní rychlost [km/h]	29	29	30	28	26	-
Počet zastávek	24	21	21	14	15	26
Počet zastávek na znamení nebo požádání	11	8	10	6	6	12
Počet spojů PDN za 24 hodin	25	12	4	14	2	57
Počet spojů PDP za 24 hodin	25	12	4	14	1	56
Počet spojů SNS za 24 hodin	19	0	0	0	0	19
Ujetá vzdálenost v km PDN za 24 hodin	500	204	72	126	18	920
Ujetá vzdálenost v km PDP za 24 hodin	500	204	72	126	9	911
Ujetá vzdálenost v km SNS za 24 hodin	380	0	0	0	0	380

V případě linky 377 pak dochází hned k přejezdům vozidel hned na několik dalších linek. Ve směru do Prahy vozidla přejíždějí z linky č. 250476 (PID 476) s výchozí zastávkou „Nedomice, Křížek“, které pokračují jako spoje linky 377 varianty A nebo B. Další z linek, ze které vozidla přejíždějí na linku 377, je linka č. 100302 (PID 302). Spoje jsou připojeny v zastávce „Veleň, U Pomníku“ a pokračují do Prahy jako linka 377 varianty D. Zajímavostí zde je, že takové spoje mají shodnou výchozí a konečnou zastávku v letňanském terminálu, což je výhodné z provozního hlediska. Tabulka 11 obsahuje detailní údaje k výše popisovaným přejezdům.

Následující tabulky již obsahují údaje o lince 377 ve směru z Prahy. I zde dochází k variacím spojům do podoby A až E, následně jsou popsány provozní parametry a přejezdy vozidel na další linky. V tomto směru existuje navíc přejezd na linku č. 250471 (PID 471) s konečnou zastávkou „Mělník, Aut. st.“.

Na linku 377 jsou nasazovány standardní autobusy délky 12 metrů. Příklad z roku 2015 je uveden na obr. 7.

Tabulka 11 – Linka 377 směr do Prahy – přejezdy vozidel

Přejezdy u linky 377 – směr do Prahy			
Parametr spojů návazných linek	Dílčí hodnoty		Celkem
Varianta spoje na lince 377	A,B	D	vše
Přejezd z linky	476	302	vše
Výchozí zastávka	Nedomice, Křížek	Letňany (terminál)	vše
Přírůstek cestovní doby spoje [min]	9	20	-
Přírůstek délky spoje [km]	6	10	-
Orientační cestovní rychlost [km/h]	40	30	-
Počet dalších zastávek	4	14	-
Počet dalších zastávek na znamení nebo požádání	1	9	-
Počet spojů PDN / PDP za 24 hodin	2	14	16
Počet spojů SNS za 24 hodin	0	0	0
Ujetá vzdálenost v km PDN / PDP za 24 hodin	12	140	152
Ujetá vzdálenost v km SNS za 24 hodin	0	0	0



obr. 7

autobus Karosa C 954 před Čakovickým zámkem na lince č. 377 [17]

Tabulka 12 – Linka 377 směr z Prahy – trasa a varianty spojů

Trasa a varianty spojů na lince 377 – směr z Prahy								
Název zastávky	Přestup na metro	Na znamení nebo požádání	Tarifní zóna	Varianta spoje a chronometráž [min]				
				A	B	C	D	E
Letňany (terminál)	C	-	0	0	0	0	0	0
Letňany	C	-	0	1	1	1	1	1
Dobručická	-	ano	0	3	3	3	3	3
Tupolevova	-	-	0	4	4	4	4	4
Fryčovická	-	-	0	5	5	5	5	5
Trutnovská	-	ano	0	7	7	6	7	7
Obchodní centrum Čakovice	-	-	B	9	9	8	9	9
Za Avíí	-	ano	B	10	10	9	10	10
Čakovický zámek	-	-	B	12	12	11	12	12
Čakovice	-	-	B	13	13	12	13	13
Radonická	-	ano	B	14	14	13	14	14
Tuháňská	-	ano	B	15	15	14	15	15
Veleň, Mírovce	-	ano	1	17	17	16	17	17
Veleň	-	-	1	19	19	18	19	19
Veleň, U Pomníku	-	ano	1	20	-	19	-	20
Brázdim, Nový Brázdim	-	-	1	24	-	23	-	-
Brázdim, Rozc. Veliký Brázdim	-	ano	1	25	-	24	-	-
Sluhy	-	-	1	-	23	-	-	-
Sluhy, Nad Hájem	-	ano	1	26	-	-	-	-
Sluhy, Rozc. Brázdim	-	-	1	28	24	-	-	-
Mratín	-	-	1	30	26	-	-	-
Mratín, Cukrovar	-	ano	1	31	27	-	-	-
Polerady, Rozc.	-	ano	2	-	-	26	-	-
Kostelec n. L., Žel. st.	-	ano	2,3	35	31	30	-	-
Kostelec n. L., Na Růžku	-	-	2,3	36	32	31	-	-
Kostelec n. L., Nám.	-	-	2,3	37	33	32	-	-

Tabulka 13 – Linka 377 směr z Prahy – provozní parametry

Provozní parametry linky 377 – směr z Prahy						
Parametr	Varianta spoje					Celkem
	A	B	C	D	E	
Cestovní doba spoje [min]	37	33	32	19	21	-
Délka spoje [km]	20	17	18	9	9	-
Orientační cestovní rychlost [km/h]	32	31	34	28	26	-
Počet zastávek	24	21	21	14	15	26
Počet zastávek na znamení nebo požádání	11	8	10	6	7	12
Počet spojů PDN za 24 hodin	27	12	3	14	2	58
Počet spojů PDP za 24 hodin	27	12	3	14	1	57
Počet spojů SNS za 24 hodin	19	0	0	0	0	19
Ujetá vzdálenost v km PDN za 24 hodin	540	204	54	126	18	942
Ujetá vzdálenost v km PDP za 24 hodin	540	204	54	126	9	933
Ujetá vzdálenost v km SNS za 24 hodin	380	0	0	0	0	380

Tabulka 14 – Linka 377 směr z Prahy – přejezdy vozidel

Přejezdy u linky 377 – směr z Prahy				
Parametr spojů návazných linek	Díličí hodnoty			Celkem
Varianta spoje na lince 377	A	B	D	vše
Přejezd na linku	471	476	302	vše
Konečná zastávka	Mělník, Aut. st.	Nedomice, Křížek	Letňany	vše
Přírůstek cestovní doby spoje [min]	43	9	21	-
Přírůstek délky spoje [km]	26	7	11	-
Orientační cestovní rychlost [km/h]	36	47	31	-
Počet dalších zastávek	25	4	14	-
Počet dalších zastávek na znamení nebo požádání	11	1	9	-
Počet spojů PDN / PDP za 24 hodin	1	2	14	17
Počet spojů SNS za 24 hodin	0	0	0	0
Ujetá vzdálenost v km PDN / PDP za 24 hodin	26	14	154	194
Ujetá vzdálenost v km SNS za 24 hodin	0	0	0	0

Celkové provozní parametry linky 377 včetně odhadovaných hodnot jsou k dispozici v následující Tabulce 15.

Tabulka 15 – Linka 377 celkem oba směry – provozní parametry

Provozní parametry linky 377 – oba směry				
Provozní období	Pracovní den (PDN)	Prázdniny (PDP)	Víkend a svátky (SNS)	Celkem
Orientační počet dní v roce (na základě roku 2021)	195	57	113	365
Orientační doba oběhu [min] – nejdelší varianta bez přejezdů	110	110	110	-
Orientační interval ve špičce [min]	10	10	60	-
Orientační délka vozidla [m]	12	12	12	-
Orientační počet vozidel na lince	10	10	2	-
Orientační počet vozidel na lince vč. přejezdů	12	12	2	-
Orientační počet řidičů na lince	14	14	4	-
Orientační počet řidičů na lince vč. přejezdů	17	17	4	-
Ujetá vzdálenost v km za 24 hodin	1 862	1 844	760	-
Ujetá vzdálenost v km za 24 hodin vč. přejezdů	2 208	2 190	760	-
Průměrná ujetá vzdálenost na vozidlo za 24 hodin v km	207	205	380	-
Průměrná ujetá vzdálenost na vozidlo za 24 hodin v km vč. přejezdů	221	219	380	-
Ujetá vzdálenost v km za rok	363 090	105 108	85 880	554 078
Ujetá vzdálenost v km za rok vč. přejezdů	430 560	124 830	85 880	641 270

3.3. Výhledový uvažovaný provoz

Příprava a výstavba nové trakce (druhu lokálně bezemisního pohonu) na linkách č. 375 a 377 je uvažována do roku 2024. Prvním celým rokem provozu nového řešení by měl být rok 2025. Předpokladem je náhrada autobusové dopravy jinou trakcí při zachování současných provozních parametrů. Podle dokumentu [2] je rovněž jako výhledový uvažován stávající provoz beze změny, včetně jízdních dob, pokud není uvedeno jinak. Specifika zohledňující varianty trakce budou uvedena později pro jednotlivé varianty trakce, v této části dokumentu jsou představeny charakteristiky provozu linek 375 a 377 nutné pro přechod na libovolnou jinou trakci. S ohledem na přijatelnou frekvenci spojů a aktuální vztah nabídky a poptávky lze zachovat velikost / kapacitu používaných vozidel na obou linkách. Dílčí reakce na změnu poptávky lze následně řešit úpravou jízdního řádu. Na trase linky 375 byla kdysi zvažována možnost využití

velkokapacitních tříčlánkových vozidel [11], nicméně pro návrh i posouzení budou uvažována dnes běžná kloubová vozidla délky 18 metrů.

Lze očekávat postupný možný vývoj poptávky ovlivněný řadou příčin, který je navrženo průběžně ošetřovat přizpůsobením na úrovni jízdního řádu. Dopravní prognóza použitá v dokumentech [1] a [2] neuvažuje nárůst resp. pokles výkonů v průběhu období 30 let. S ohledem na rozvoj suburbanizace a aktuálně špatnou dostupnost bydlení v Praze lze očekávat spíše nárůst výkonů, a tedy vyšší efekt a přínosy, než které jsou kalkulovány.

Zázemí v současné vozovně ve Staré Boleslavi bude uvažováno i výhledově, neboť přináší výhodu především s ohledem na jízdní řád se směrovým ofsetem ovlivněný charakterem obou linek především s poptávkou po dojíždění do hlavního města, kdy je efektivnější vozidla vypravovat z vnější strany okolí Prahy, nikoli z hlavního města. Bude tedy výchozím předpokladem při oceňování jednotlivých variant.

Provozní změny jsou uvažovány následující:

- Linka 375: v souvislosti s omezením kapacity terminálu Vysočanská je nově řešeno obratiště v Praze podle [2] v oblasti křižovatky Harfa, kde je uvažováno se zřízením blokové smyčky. Začátek linky ve směru z Prahy se tedy přesune ze zastávky Českomoravská na Harfu, ve stejném místě bude linka ukončena v opačném směru. Úprava nemá praktický vliv na najeté kilometry a potřebný počet vypravovaných vozidel. Úprava zajišťuje pro linku 375 přestupní možnost na vlaky v nádraží Libeň, zatímco zachovává přestup na linku metra B ve stanici Vysočanská.
- Linka 375: Na straně Staré Boleslavi se podle dokumentů [1] i [2] předpokládá prodloužení všech spojů linky 375 až k železniční stanici Stará Boleslav do autobusové zastávky „Brandýs nad Labem – Stará Boleslav, žel. st.“. Jedná se o prodloužení většiny spojů o úsek délky 2 km s dobou jízdy 6 minut. Autobusové linky PID 367, 477 a 478 obsluhující dnes železniční stanici budou naopak zkráceny a ukončeny v zastávce „Brandýs n. L. – Stará Boleslav, aut. st.“. Takové řešení přináší jednotnost spojů na linkách a znamená i lepší orientaci pro cestující. Výsledný počet spojů linky 375 v koncovém úseku ve Staré Boleslavi bude zhruba dvakrát vyšší než současný stav s linkami 367, 477 a 478, jak ukazují poslední dva řádky následující Tabulky 16, prakticky to znamená

navýšení počtu vypravovaných vozidel na lince 375 pravděpodobně o 2 ks v pracovních dnech a navýšení ujetých kilometrů dle posledního řádku následující Tabulky 16. Úspornější možnost by znamenala realizaci pouze náhrady spojů linek 367, 477 a 478, kdy ostatní spoje linky 375 by zůstaly ve variantách B resp. C. Taková změna by sice znamenala navýšení počtu vypravovaných vozidel na lince 375 v pracovních dnech pravděpodobně pouze o 1 ks, ale vyžadovala by ošetřit otáčení a odstávky vozidel na více konečných, což by pro většinu variant pohonů znamenalo další investice do obratiště nebo nabíjecí stanice, a také menší přehlednost pro cestující, a není proto preferována. Úspora na linkách 367, 477 a 478 jejich zkrácením bude pravděpodobně 1 ks vypravovaných vozidel a hodnota výkonu uvedená na předposledním řádku následující Tabulky 16.

- Linka 375: přejezdy vozidel na linku 666 by zajistily vozy z linek 367, 477 nebo 478, jedná se o výkony uvedené v předchozích tabulkách přejezdů. Prakticky to znamená snížení počtu vypravených vozidel pravděpodobně o 1 ks na lince 375 a navýšení o 1 ks na některé z linek 367, 477 nebo 478.
- Linka 377: přejezdy vozidel na linku 302 lze vyřešit oddělením spojů linek 302 a 377. Tento krok přináší dílčí nevýhodu pro cestující, lze ale relativně úspěšně řešit se shodným celkovým počtem vozidel z důvodu společné konečné zastávky na obratišti v Letňanech. Případně lze ošetřit i linku 302 převodem na nový typ trakce a spoje ponechat, tím se ovšem míjí zadání tohoto projektu zaměřené pouze na dvě linky 375 a 377.
- Linka 377: přejezdy vozidel na linky 471, 476 (malé množství případů) řešit tak, že je zajistí vozidla linek 471, 476 případně jiných linek dopravce (např. 472), eventuálně závlekem jiných blízkých spojů do oblasti.

Analýzu změny najetých vozokilometrů v koncovém úseku souměstí „Brandýs nad Labem – Stará Boleslav“ obsahuje Tabulka 16, vliv na počet vypravovaných vozidel Tabulka 17. Znaménko „+“ nebo „-“ zde označuje změnu (úbytek nebo přírůstek). Tabulka neobsahuje nutnou povozní rezervu (studená záloha, horká záloha, navýšení z důvodu nabíjení apod.) – bude ale zohledněna níže v posouzení jednotlivých variant pohonu.

Tabulka 16 – Řešení koncového úseku v Brandýse nad Labem – Staré Boleslavi

Brandýs nad Labem – Stará Boleslav: úsek „aut. st. – žel. st.“					
Veličina	Počet spojů v obou směrech za 24 hodin		Ujetá vzdálenost v km za rok		
Provozní období	Pracovní den (PDN / PDP)	Víkend a svátky (SNS)	Pracovní den (PDN / PDP)	Víkend a svátky (SNS)	Celkem
Linka 367 oba směry	20	30	10 080	6 780	16 860
Linka 477 oba směry	4	0	2 016	0	2 016
Linka 478 oba směry	26	20	13 104	4 520	17 624
Celkem náhrada za linky 367, 477 a 478	50	50	25 200	11 300	36 500
Prodloužení všech spojů linky 375	106	60	53 424	13 560	66 984

Tabulka 17 – Vliv výhledových provozních změn na počet vypravovaných vozidel

Počet vypravovaných vozidel ve výhledovém provozu			
Linka	375	377	Jiné linky
Zkrácení linek 367, 477 a 478	0	0	-1
Zajištění přejezdů linky 375 na linku 666	-1	0	+1
Zajištění přejezdů linky 377 na linky 471, 476 pomocí jiných vozů	0	0	0
Zajištění přejezdů linky 377 na linku 302 – PDN / PDP	0	-2	+2
Prodloužení spojů linky 375 pouze jako náhrada linek 367, 477 a 478 (úspornější záložní varianta)	+1	0	0
Prodloužení všech spojů linky 375 – PDN / PDP	+2	0	0
Prodloužení všech spojů linky 375 – SNS	+1	0	0
Minimální potřebný počet vozidel na lince – PDN / PDP	13	10	-
Minimální potřebný počet vozidel na lince – SNS	6	2	-

Ve výhledovém provozu dochází, stejně jako v tom současném, k průběžné obměně všech částí dopravního systému (vozidla i infrastruktura) z důvodu životnosti technických komponent.

Jako variantní možnost by se nabízelo zjednodušení linky 377 ve smyslu omezení větvení na varianty A, B a C ve venkovské oblasti a nalezení trasy s maximem cílů, případně obsluhou některých oblastí formou poptávkové dopravy. Tím by se mohl získat pravidelnější takt v peážních úsecích, na druhou stranu by ale mohla zaniknout některá přímá spojení, nebyla by záruka spojení i bez nutnosti objednat spoje a v některých případech by mohlo dojít i k prodloužení jízdní doby. Proto je prozatím

preferováno zachovat stávající stav tras linky 377 s tím, že řešení by se hledalo až při převodu dalších okolních linek do jiné trakce, kdy bude větší variabilita pro optimalizaci.

Pro všechna nová vozidla, bez ohledu na typ pohonu, musí platit dodržování standardů kvality PID [6], které platí pro všechny autobusové linky PID v Praze a Středočeském kraji. Stávající dopravce s tím má již své zkušenosti. Přístupnost vozidel pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace je již samozřejmostí. K povinným novinkám patří například celovozová klimatizace, pohodlnější sedadla, více prostoru pro kočárky a invalidní vozíky, LCD obrazovky s informacemi o trase včetně návazných spojů nebo zvýšený počet tlačítek znamená k řidiči [28]. Dodržování standardů kvality a související zvýšený komfort pro řidiče i cestující tedy znamená vyšší energetickou náročnost vozidel oproti dřívějšímu stavu.

V rámci zvyšování kvality služeb je žádoucí na těchto linkách také upravovat zastávky ve smyslu informačních systémů o spojích včetně dynamické informace, doplňovat vozidla systémy APC a cestujícím nabízet více alternativ pro elektronickou platbu jízdného, např. formou inteligentních zařízení ve vozidlech.

4. POSUZOVANÉ VARIANTY TRAKCE

Pro obě linky 375 i 377 je s ohledem na zadání této práce posuzováno několik variant pohonu pro dosažení cíle tohoto dokumentu – výběru optimální varianty rozvoje. Předpokladem je, že obě linky budou provozovány ve shodné trakci s obdobným systémem a s potenciálem jeho budování na dalších linkách, a tím využití synergie takového provozování, na rozdíl od budování rozličných způsobů pohonu na příbuzných linkách v jedné lokalitě. Tento přístup však neznamená omezit se globálně pouze na jednu technologii. Je doporučeno rozvíjet více technologií, ale tak, aby byly utvářeny lokálně optimální „technologické ostrovy“ druhů pohonu tak, aby v každé provozovně, odkud jsou spoje vypravovány do okolí na jednotlivé linky veřejné dopravy, byla pokud možno používána jedna z moderních lokálně bezemisních technologií pohonu, čímž je maximálně uplatnitelný synergický efekt takového provozování.

Hodnocení je prováděno jako multikriteriální, do kterého jsou zahrnuty komplexní faktory (kritéria) – nejen investiční a provozní náklady samotných linek veřejné

dopravy (infrastruktury a vozidel), ale také řešení zázemí vozidel, vliv externalit z provozu, nebo také rizikovost zavádění nových technologií a s tím spojené možné vyšší konečné náklady. Principem hodnocení je tedy stanovení a výpočet ukazatelů dílčích hodnoticích kritérií, a následná multikriteriální analýza umožňující získat celkové vzájemné porovnání jednotlivých variant.

4.1. Přehled a popis posuzovaných variant

Do hodnocení jsou zahrnuty následující varianty pohonu, které vycházejí ze zadání úkolu. Posuzované varianty pohonu jsou následující:

- **Zachování dieselových autobusů** – tedy varianta bez projektu, zachování a vývoj stávajícího dopravního systému MHD, bez investic do změny systému. Tato varianta není pro další provoz trvale udržitelná, jak bylo již zmíněno v úvodu v kapitole 1, figuruje zde pouze pro srovnání s ostatními variantami.
- **Parciální trolejbusy dle studie [1]** – varianta provozování parciálních trolejbusů, která vychází z dokumentů [1] a [2] a rozšiřuje hodnocení o některé nové skutečnosti, které tyto dokumenty nezohledňují a na které bylo upozorněno v kapitolách 2 a 3. Ve všech významných ohledech je řešení dle projektů [1] a [2] akceptováno.
- **Autobusy s vodíkovými palivovými články** – varianta provozování tohoto druhu pohonu vychází z existence memoranda [5] na úrovni Středočeského kraje, které deklaruje ochotu firem a dalších klíčových hráčů rozvíjet tento perspektivní způsob pohonu vozidel.
- **Klasické trolejbusy (s možností nezávislé trakce)** – tato varianta sice nepramení přímo ze zadání úkolu zaměřeného na moderní lokálně bezemisní varianty pohonu, nicméně klasické trolejbusy s možností krátkého dojezdu nezávislou trakcí jsou mezi varianty zařazeny i z důvodu, že je jedná o tradiční a běžně využívanou variantu lokálně bezemisního pohonu jak v prostředí ČR, tak v mnoha dalších zemích.
- **Bateriové eletrobuses** – vozidla vybavená akumulátory s možností pomalého nebo rychlého nabíjení jsou stále častěji využívanými vozidly pro veřejnou dopravu jak v prostředí ČR, tak ve světovém měřítku. Uvažováno bude klasické dvoupólové pomalé nabíjení umožňující využít infrastrukturu trakčního trolejového vedení pro tramvaje či trolejbusy, a také čtyřpólové rychlonabíjení

standardem SAE J3105. K dispozici tak budou **2 samostatně posuzované varianty** bateriových elektrobusů.

4.1.1. *Zachování autobusů*

Tato stávající varianta určená ke srovnání s lokálně bezemisními variantami pohonu vozidel veřejné dopravy na linkách 375 a 377 není sice trvale udržitelná, jak bylo uvedeno, ale díky dlouhodobému vývoji a optimalizaci nabízí optimální využití vozidel díky možnostem přejíždění spojů mezi různými linkami, neboť vozidla nejsou vázána na konkrétní linky tak, jak to chce zadání tohoto úkolu. Takové řešení bude ve srovnání s jakoukoli jinou variantou využívající shodné polohy i počty spojů vyžadovat nejmenší možný počet vypravených vozidel i řidičů. Provozním oddělením linek 375 a 377 od ostatních spojů vznikne vždy suboptimální řešení, které bude na základě zkušeností a postupné změny poptávky a vývoje v systému aktualizováno a posouváno směrem k výhodnějšímu řešení. S postupným převodem dalších linek do shodné trakce je tak možné ztracené vazby postupně obnovovat případně realizovat nové.

4.1.2. *Parciální trolejbusy dle studie [1]*

Parciální trolejbusy, nebo také elektrobusy s dynamickým nabíjením ze sítě trakčního vedení během jízdy, jsou vozidla na bázi trolejbusu, která jsou oproti konvenčnímu trolejbusu vybavena dostatečně kapacitními zásobníky energie a souvisejícím energetickým managementem. Jako posuzovaná varianta jsou uvažovány akumulátorové zásobníky energie – trakční baterie.

K nabíjení akumulátorů vozidel z trakčního trolejového vedení dochází:

- během jízdy
- při obratových pauzách v konečných stanicích
- v době odstavení v prostorách garáže (vozovny)

Parciální trolejbusy („částečné, dílčí“) trolejbusy jsou tedy vozidla kombinující výhody trolejbusu a elektrobusu. Představují segment vozidel s elektrickým pohonem s vysokým potenciálem uplatnění z několika důvodů. Díky instalované nabíjecí troleji ve vybraných úsecích trasy lze elektrifikovat v podstatě jakkoliv dlouhou autobusovou linku. Vozidlo se totiž nabíjí nejen během přestávek na konečné, případně v garáži při nočních nebo dopoledních odstavení, ale také v části trasy pod instalovanou trolejí za jízdy díky soustavě trolejbusových sběračů. Jedná se tedy o systém

tzv. dynamického nabíjení (neboli nabíjení za jízdy). Tímto způsobem je nabíjení rozloženo jak v místě (v prostoru), tak i v čase, což umožňuje mimo jiné využít synergie s rozsáhlou napájecí sítí tramvají Dopravního podniku. Navíc tím nedochází k potřebě vysokých jednorázových odběrů elektrické energie (jejichž důsledkem jsou vysoké rezervované příkony, a tedy i ceny energie), ale odběr je rovnoměrnější a plošší v průběhu celého provozního období [1].

Díky bateriové technologii není nutno realizovat trolejové vedení v celé trase linky, ale pouze ve vybraných úsecích (s výhodou např. ve stoupání, ... apod.). Není nutno budovat složité trolejové konstrukce, lze se vyhnout nízkým podjezdům, kde by instalace troleje zvýšila riziko přerušení provozu z důvodu stržení troleje nákladním vozidlem s nevhodnou výškou apod. Navíc není nutno trolejovat vozovny / garáže ani manipulační nájezdové / zátahové trasy, pokud do těchto provozoven nainstalujeme nabíjecí místa. Bateriová technologie zvyšuje operativnost vozidla, vozidlo může i v případě mimořádností překonat určitý úsek bez troleje (vyhnout se překážce, nehoda či plánovaná uzavírka) [1].

Kapacitu, velikost, hmotnost a cenu trakční baterie lze upravovat v závislosti na době jízdy pod trolejovým vedením. Technologický vývoj do budoucna přinese další zdokonalení baterií, které díky větší kapacitě umožní větší vzdálenost dojezdu bez trolejí, zkrácení potřeby nabíjecí doby a tím výraznému snížení stavebních nákladů potřebných na výstavbu příslušné infrastruktury.

Významným a přitom tradičním zdrojem elektrické energie pro parciální trolejbusy je trakční vedení pro trolejbusy, zpravidla 600 V DC (to je případ Prahy), případně 750 V DC v lokalitách s nově budovaným napájecím systémem (jako jsou např. České Budějovice nebo Chomutov).

Rozsah zatrolejování jednotlivých linek řeší ověřovací studie [1]. Vychází se z již realizované stavby trakčního trolejového vedení (TTV) pro městskou linku č. 140, stavbou bude ale rozšířena síť trolejového vedení pro tuto linku, konkrétní úseky již byly uvedeny v kapitole 2.2.

Detailní informace o zatrolejovaných i nezatrolejovaných úsecích linek 375 a 377 jsou uvedeny v následujících tabulkách, které vycházejí z informací obsažených v dokumentu [1]:

Tabulka 18 – Přehled úseků s trolejí a bez troleje – linka 375

Přehled úseků s trolejí a bez troleje – linka 375			
Směr	Úsek	Trolej	Délka v km
Do Prahy	Br. n. L. – St. Bol., Žel. st. → Br. n. L. – St. Bol., Sídliště	Ano	1,4
	Br. n. L. – St. Bol., Sídliště → Br. n. L. – St. Bol., Aut. st.	Ne	0,6
	Br. n. L. – St. Bol., Aut. st. → Br. n. L. – St. Bol., Pražská	Ne	2,4
	Br. n. L. – St. Bol., Pražská → Letňany	Ano	13,1
	Letňany → Letňanská	Ne	0,7
	Letňanská → Prosek	Ano	0,8
	Prosek → Nádraží Libeň	Ne	2,9
Z Prahy	Nádraží Libeň → Jandova	Ne	1,4
	Jandova → Letňanská	Ano	2,4
	Letňanská → Letňany	Ne	0,7
	Letňany → Br. n. L. – St. Bol., Pražská (železniční přejezd)	Ano	13,1
	Br. n. L. – St. Bol., Pražská (železniční přejezd) → Br. n. L. – St. Bol., Školní	Ne	2,4
	Br. n. L. – St. Bol., Školní → Br. n. L. – St. Bol., Sídliště	Ne	0,6
	Br. n. L. – St. Bol., Sídliště → Br. n. L. – St. Bol., Žel. st.	Ano	1,4
Celkem	Úseky s trolejí	Ano	32,2
	Úseky bez troleje	Ne	11,7
	Celá trasa	N/A	43,9

Tabulka 18 ukazuje, že pro linku 375 budou vybudovány 3 trolejové úseky v každém směru, s rozdílnou délkou v Praze (stoupání z Vysočan na Prosek bude pouze ve směru vzhůru, tedy z centra). Celková délka stopy je 32,2 km, z čehož žádná část nebude vybudována hl. m. Prahou v první etapě výstavby úseků pro linku 140 (58).

Tabulka 19 ukazuje, že pro linku 377 budou vybudovány 3 dílčí souvislé trolejové úseky v každém směru. Celková délka stopy je 20,2 km, z čehož část úseku v Letňanech o délce 6,4 km jednostopě bude vybudována hl. m. Prahou v první etapě výstavby úseků pro linku 140 (58).

Tabulka 19 – Přehled úseků s trolejí a bez troleje – linka 377

Přehled úseků s trolejí a bez troleje – linka 377			
Směr	Úsek	Trolej	Délka v km
Do Prahy	Kostelec n. L., Náměstí → Kostelec n. L., Žel. st.	Ne	1,1
	Kostelec n. L., Žel. st. → Mratín, Cukrovar	Ne	2,8
	Odb. z II/244 → Polerady, Rozc. → Brázdim, rozc. Veliký Brázdim	Ne	2,8
	Mratín, Cukrovar → Sluhy, Rozc. Brázdim	Ano	1,7
	Sluhy, Rozc. Brázdim → Sluhy, Nad Hájem	Ano	0,8
	Sluhy, Nad Hájem → Veleň, U Pomníku	Ne	4,6
	Veleň, U Pomníku → Veleň	Ano	0,2
	Sluhy, Rozc. Brázdim → Sluhy → Veleň	Ne	2,9
	Veleň → Čakovice	Ano	3,7
	Čakovice → Za Avíí	Ne	1
	Za Avíí → Letňany	Ano	3,6
Z Prahy	Letňany → Za Avíí	Ano	3,6
	Za Avíí → Čakovice	Ne	1
	Čakovice → Veleň (Hlavní x Kostelecká)	Ano	3,8
	Veleň (Hlavní x Kostelecká) → Sluhy → Sluhy, Rozc. Brázdim	Ne	2,6
	Veleň (Hlavní x Kostelecká) → Veleň, U Pomníku	Ano	0,1
	Veleň, U Pomníku → Sluhy, Nad Hájem	Ne	4,6
	Sluhy, Nad Hájem → Sluhy, Rozc. Brázdim	Ano	0,8
	Sluhy, Rozc. Brázdim → Mratín, Cukrovar	Ano	1,9
	Brázdim, rozc. Veliký Brázdim → Polerady, Rozc. → Odb. z II/244	Ne	2,8
	Mratín, Cukrovar → Kostelec n. L., Žel. st.	Ne	2,5
	Kostelec n. L., Žel. st. → Kostelec n. L., Náměstí	Ne	1,3
Celkem	Úseky s trolejí	Ano	20,2
	Úseky bez troleje	Ne	30
	Celá trasa	N/A	50,2

V případě linky 377 značná část varianty trasy C (přes Polerady) v návrhu nedisponuje trakčním vedením z důvodu vedení pouze několika jednotlivých spojů linky 377 po této trase. Tato skutečnost však prodlužuje obratovou a nabíjecí dobu v Kostelci nad Labem, což generuje nárůst počtu potřebných vozidel oproti stávajícímu stavu. Předpokládá se tedy s ohledem na potřebu nabíjecích časů nárůst potřeby vozového parku o 2 vozidla oproti stavu, kdy by varianta trasy C nebyla realizována. Pro variantu

trasy C je tedy využití infrastruktury možné pouze za podmínky delšího času nabíjení v Kostelci nad Labem [2].

S ohledem na potřebu mírně delších nabíjecích odstávek na konečných stanicích oproti autobusové variantě, a zároveň uvažování 1 záložního vozidla, bude v souladu s dokumenty [1] a [2] potřeba:

- 15 vozů na linku 375 (oproti 13 vozům z výchozího návrhu dle kapitoly 3.3)
- 13 vozů na linku 377 (oproti 10 vozům z výchozího návrhu dle kapitoly 3.3)

Projektový záměr parciálních trolejbusů tak, jak byl představen ověřovací studií [1] a ekonomickou analýzou [2], nevykazuje žádné zásadní nedostatky. Energetická rozvaha ze studie [1] je v souladu s v souladu s normou ČSN 37 6754.

Stavba obsahuje následující součásti:

- vybudování nového trakčního trolejového vedení
- nabíjecí stanice
- měnírny
- nové trakční kabelové vedení
- úpravu veřejného osvětlení včetně nových kabelových rozvodů
- úpravu rozvodů VN / NN
- přeložky slaboproudých vedení
- úpravy zastávek (nástupišť)
- úpravy pozemních komunikací

Ověřovací studie [1] i ekonomická analýza [2] však zahrnují pouze trolejbusovou trať, nikoli otázku zázemí vozidel, tedy nutné úpravy vozovny (garáže / provozovny), ačkoli zde budou muset vzniknout nabíjecí místa.

Obdobně, dokumenty [1] ani [2] neřeší problematiku přejezdů vozidel mezi linkami podrobně rozpracovanou v kapitole 3. Kromě zmínky o vazbě spojů linek 302 a 377 není v dokumentech s přejezdy spojů mezi linkami systematicky pracováno. Řešení nemůže zachovat přímou vazbu (bez přestupu) stávajících spojů linek PID č. 375 a 377 na další jimi paralelně obsluhované spoje jiných linek PID v souladu s jízdním řádem, neboť zadání zaměřené na výměnu vozidel výhradně u linek č. 375 a 377 takovou možnost z podstaty věci neumožňuje a je třeba na to v návrhu reagovat.

Studie [1] se dále vyhýbá technicky realizovatelné možnosti křížení trolejbusové tratě s budoucí elektrizovanou železnicí, kde zahraniční zkušenosti existují (blíže viz

kapitola 4.2.1.). Nicméně, z hlediska předběžného vyjádření Správy železnic k záměru je možné křížení trolejbusové a železniční dráhy uvažovat, přičemž v dalších stupních projektové dokumentace je nutná podrobnější koordinace se Správou železnic.

4.1.3. Vodíkové palivové články

Pod vozidlem poháněným vodíkem se ve smyslu tohoto posouzení rozumí tzv. vozidlo FCEV (fuel cell electric vehicle) – palivočlánkové elektrické vozidlo. Principiálně je využit elektromotor, kdy energie je čerpána z palivových článků. Jako palivo v tomto případě bude uvažován vodík. V palivovém článku, kde se při chemické reakci vstupních látek – paliva a okysličovadla – na elektrodách ponořených do elektrolytu přeměňuje chemická energie na elektrickou energii [16].

Nejzávažnějším problémem této technologie je v současné době výroba vodíku, který dnes vzniká převážně jako vedlejší produkt v plynárenském a petrochemickém průmyslu. Proto se hledají jiné, čistší technologie, především různé způsoby elektrolýzy, včetně synergií s obnovitelnými zdroji [16].

Vodík je palivem budoucnosti, jehož vývoj bude s očekáváním sledován. Aktuálně je však nutno dořešit základní technologické výzvy – jednak přepravu a skladování vodíku, ale především jeho výrobu. V současnosti je vodík vyráběn buďto z fosilních paliv (zejména ze zemního plynu), čímž ztrácí efekt „udržitelnosti“, anebo je jeho výroba energeticky velmi náročná (elektrolýza vody). Vodík je pak ve vozidlech v palivových člancích, obsahujících mj. drahý kov (platinu), přeměňován na elektrickou energii a v případě jejího přebytku je tato ukládána v akumulátorech. Celková energetická účinnost je tak zatím zcela neuspokojivá a jako perspektivní se toto palivo prozatím jeví pouze v zemích využívajících k výrobě elektřiny obnovitelné zdroje (zejména vodní elektrárny, dodávající mimo energetické špičky nadbytek energie) [1].

Dalším problémem je cena palivového článku, který používá jako katalyzátor na anodě stopovou platinu (existuje snaha ji nahradit lacinějšími materiály), i potřebné investiční náklady na vodíkovou infrastrukturu [16].

Za účelem podpory tohoto druhu pohonu bylo na úvod roku 2021 podepsáno Memorandum o partnerství a spolupráci při rozvoji vodíkové mobility ve Středočeském kraji [5]. Memorandum umožňuje snadnější spolupráci mezi klíčovými hráči v oblasti přípravy a realizace aktivit podporujících komplexní využití vodíku, který by je ve Středočeském kraji zpracováván a distribuován jako čistě

bezuhlíkové palivo určené pro širokou škálu aplikací energetického využití. Cílem uzavření memoranda je nastartování a docílení co nejefektivnějšího zavedení vodíkové mobility v rámci dopravní obslužnosti ve Středočeském kraji v co nejrychlejším čase s optimálními náklady. Memorandum je sice uzavíráno s konkrétními společnostmi, ale je otevřené a přístupné všem stranám, které jsou ochotné hledat postupy k naplnění cíle. Patronem aktivity je Středočeský kraj, který jako veřejná správa umožní dostupnost všech informací celé veřejnosti bez omezení. Dílčím záměrem memoranda je také postupné rozšíření použití vodíku v oblasti bezemisní dopravy v rámci celé ČR.

Klíčoví hráči v této oblasti, kteří podepsali memorandum [2], jsou:

- Středočeský kraj – zadavatel, zástupce veřejné správy
- Asociace dopravních, spedičních a servisních společností Středních Čech – zástupce dopravců
- Integrovaná doprava Středočeského kraje, p. o. – koordinátor dopravní obslužnosti Středočeského kraje
- UNIPETROL RPA, s.r.o. – výrobce vodíku a dodavatel vodíkových plnicích stanic (Litvínov)
- ŠKODA ELECTRIC a. s. – dodavatel autobusů (Plzeň)
- Unipetrol výzkumně vzdělávací centrum, a. s. – konzultant v oblasti výroby vodíku a vodíkové mobility (Ústí nad Labem)
- Linde Gas a. s. – dodavatel vodíku a vodíkových plnicích stanic (Praha 9)
- AIR PRODUCTS spol. s r. o. – výrobce vodíku a dodavatel vodíkových plnicích stanic (Děčín)
- ÚJV Řež, a. s. – konzultant v oblasti realizace projektů (Husinec – Řež)

Prvním projektovým záměrem v této souvislosti je projektový záměr Středočeského kraje ve věci pořízení 10 bezemisních vozidel s pohonem na vodík dopravcům Středočeského kraje. Projekt uvažuje s nákupem 10 bezemisních vozidel s pohonem na vodík dopravcům, kteří provozují dopravu na území Pražské metropolitní oblasti. Zahájení realizace je plánováno na leden 2022 a ukončení v prosinci 2024. Předpokládá se spolufinancování 70 % nákladů z fondů jako např. IROP (Integrovaný regionální operační program zastřešovaný Ministerstvem pro místní rozvoj ČR).

4.1.4. Klasické trolejbusy (s možností nezávislé trakce)

Jak již bylo uvedeno v úvodu kapitoly 4.1, tato varianta zahrnuje klasické trolejbusy s možností krátkého dojezdu nezávislou trakcí. Jedná se de facto také o parciální trolejbusy, ale myšlenkou je zde pouze krátký nezávislý dojezd a využití trolejového vedení prakticky v kompletní délce.

Dnešní klasické (běžné) trolejbusy se dodávají s akumulátorem elektrické energie pro krátkodobé využití. Tím může být trakční baterie nebo superkapacitor. Hovoří se pak o tzv. provozu bez troleje (CFO – catenary-free operation). Akumulátorová technologie totiž, stejně jako v případě parciálního trolejbusu, zvyšuje operativnost vozidla ve smyslu překonání určitého úseku bez troleje, ať už z plánovaných důvodů, nebo z důvodů mimořádných událostí.

Plná závislost na trakčním vedení by totiž znamenala významnou provozní komplikaci – sebemenší překážka na trase by provozovatele nutila použít náhradní autobusovou dopravu, s příslušným dopadem do celkových provozních nákladů dopravce. Proto možnost alespoň miminálního dojezdu v nezávislé trakci je vítaným doplňkem klasických trolejbusů a stále větší samozřejmostí. Mnoho měst v ČR pořizuje již jen takové trolejbusy.

V případě klasických trolejbusů se uvažuje realizace trolejové stopy v celé délce linky. Délka stop tak bude téměř dvojnásobná, viz hodnoty v Tabulkách 18 a 19. Výsledek udává Tabulka 20.

Tabulka 20 – Délka trolejbusových tratí

Délka trolejbusových tratí v km (měřeno jednostopě)			
Linka	375	377	Celkem
Délka tratě pro parciální trolejbusy	32,2	20,2	52,4
Délka tratě pro klasické trolejbusy (bez odbočky do vozovny)	43,9	50,2	94,1
Délka tratě pro parciální trolejbusy v souběhu s linkou č. 140	1,4	9,2	10,6
Délka tratě pro klasické trolejbusy v souběhu s linkou č. 140	2,8	10,0	12,8

Tabulka 20 také ukazuje, jaká část tratí pro parciální trolejbusy linek 375 a 377 je v souběhu s pražskou městskou linkou č. 140, pro kterou hl. m. Praha přednostně vybuduje trolejbusovou trať pro parciální trolejbusy. Zde jsou uvažovány kompletní úseky dle studie [1], nikoli pouze úseky realizované v první etapě hl. m. Prahou. Blíže

v kapitole 2.2, kde jsou uvedeny jednotlivé úseky, jak z první etapy realizace, tak následně dle studie [1]. V případě parciálních trolejbusů se jedná o podíl 20,2 % úseků linky 140 mezi všemi úseky linek 375 a 377.

Tabulka 20 zároveň ukazuje situaci pro případ klasických trolejbusových linek, kdy je realizována trolejbusová trať v plné délce linky. V tomto případě podíl úseků linky 140 mezi všemi úseky linek 375 a 377 bude pouze 13,6 %.

4.1.5. Elektrobusesy

Elektrobusesy (čistě bateriová vozidla, která se nabíjejí pouze při stání a celou trasu ujedou pouze v režimu „na baterii“) zaznamenávají v posledních letech velmi dynamický rozvoj. Jejich technologické parametry (dojezd, doba nabíjení, kapacita baterií apod.) se sice zlepšují, avšak dlouhou dobu stále nepostačovala pro provoz na standardních autobusových linkách v pražských podmínkách. Zvláště v Praze, která se vyznačuje značně kopcovitým terénem, dlouhými linkami s krátkými intervaly, silnou přepravní poptávkou a často nasazením kloubových vozidel. Vzhledem k dosavadním technickým limitům baterií prakticky nebylo možné elektrobusesy jednoduše na takové linky nasadit. S ohledem na dobu nabíjení, omezený dojezd, množství baterií apod. jsou elektrobusesy vhodnější spíše pro kratší doplňkové linky s kratším denním proběhem [1].

Jako trakční baterie se nejčastěji používají lithium-iontové akumulátory – konkrétní chemické složení má vliv na jejich provozní vlastnosti a nákladovost [16]. Životnost baterie pro nasazení v dopravě je dána její skutečnou kapacitou a pohybuje se řádově v tisících cyklů plného nabití a vybití. Obecně existuje možnost střídavého (AC) i stejnosměrného (DC) nabíjení na straně přípojky i vozidla. Ceny zařízení pro instalaci do vozidel se pohybují v relaci stovky tisíc až jednotky milionů Kč [16]. Použití konkrétního nabíjecího zařízení závisí především na požadavcích konkrétního provozu z hlediska rozsahu a místních podmínek, na vybavení provozovatele veřejné dopravy trakční infrastrukturou a na očekávání provozovatele ohledně pohodlí a bezpečnosti obsluhy.

Dojezd elektrobusesů na jedno nabití omezuje především hustota energie, tj. množství uchovávané energie vztažené na objem baterie, a do jisté míry i měrná energie, tj. množství energie vztažené na hmotnost. Vzhledem ke konstrukčním a provozním vlastnostem autobusu se při současném stavu technologie pohybuje maximální

dojezd standardního elektrobuse s cestujícími na jedno nabití v rozmezí cca 120 až 150 km. Snaha o další výrazné zvyšování dojezdu je na úkor obsaditelnosti autobusu a spotřeby energie na místokilometr, což je dáno objemem a hmotností trakčních baterií (podle informace Siemens z roku 2015 by baterie na celodenní dojezd představovaly cca 40 % veškeré hmotnosti elektrobuse) [16].

Technické možnosti se však v současné době mění a pomalu nastupuje čas, kdy již si lze s jistým rizikem troufnout na využití této technologie v podobě větších vozidel na úrovni klasických autobusů. Stav optimálního pro provoz elektrobuse lze docílit pouze na linkách s kratší trasou a dostatečně dlouhým obrátovým časem v konečných zastávkách. Technologie tedy rozhodně není univerzálně vhodná na všechny linky PID.

Pro elektrobuse je možné využít více druhů nabíjení. Uvažovány jsou 2 základní běžné kategorie:

- **Pomalé nabíjení** – běžně dvoupólový systém, umožňující využít jako zdroj energie stávající trolejovou infrastrukturu – tedy přímo trolejového vedení, DC 600 V (v případě Prahy) nebo DC 750 V, případně jiný běžně dostupný zdroj energie, např. nabíjení ze zásuvky AC 3× 400 V.
- **Rychlonabíjení** – běžně čtyřpólový systém (dva silové póly, zemnění, data), kde vzhledem k rozmanitosti nabíjecích technologií probíhá snaha o standardizaci, která se postupně ustálila u standardu SAE J3105 komerčně označovaného jako OppCharge. Standard je vytvořen od roku 2016 s cílem nabíjení těžkých elektrických vozidel včetně elektrobuse. Mezi účastníky pracovní skupiny byli výrobci autobusů, nabíjecích stanic a rozhraní a další zúčastněné strany z celého světa. J3105 umožňuje nabíjení stejnosměrným proudem s napájecím napětím od 250 V do 1000 V a vyžaduje speciální nabíjecí místo. Pracovní skupina zároveň v roce 2018 zveřejnila doporučený typ konektoru SAE J3068.

Rychlonabíjení je sice cestou, jak zkrátit nabíjecí cykly, to avšak na druhou stranu vyžaduje počítat s garancí vysokého rezervovaného příkonu (nejdražší složka plateb za energii), dostatečně robustní energetickou síť a také dopady na životnost baterií (vysoké nabíjecí proudy, ztrátové zahřívání baterií při nabíjení i vybíjení apod.) V optimálním případě by nasazení elektrobuse totiž nemělo znamenat delší prostoje vozidla na konečných stanicích kvůli nabíjení, a to především s ohledem na provozní ekonomiku (potřeba více vozidel na stejný kilometrický výkon) [1].

Aktuální informace z Ostravy ukazují, že rychlonabíjení může být vhodnou cestou [41]. Denní dojezd může být díky průběžnému nabíjení na smyčkách až 400 kilometrů. Rychlonabíjení bude trvat maximálně deset minut a takto nabitý elektrobuses pak bude moci ujet vzdálenost do dalšího nabití až 30 kilometrů. Nabít jej bude možné během 24 hodin až dvanáctkrát [41].

4.1.6. Další možnosti

Tato kapitola stručně uvádí další možnosti realizace pohonu, kterým ale nebude věnována pozornost při posuzování variant, a to z důvodu zadání, případně další důvody jsou uvedeny níže.

První takovou skupinu tvoří další (výše neuvedené) kombinace zdrojů energie = hybridní sestavy. Zde je třeba zároveň investovat do většího množství zdrojů, což v některých případech je výhoda, jindy nevýhoda. Přínosem může být potenciální úspora energií, nicméně obecně bez záruky celkové úspory provozních nákladů. U těchto sestav je vyšší riziko poruchovosti, a tedy špatného fungování kompletního pohonu – v bezvadném stavu je třeba udržovat více technologií.

Kombinovat lze zejména následující zdroje energie (čísla v záhlaví zdrojů budou použita níže pro jednoduchou orientaci, co s čím je kombinováno) – viz Tabulka 21.

Tabulka 21 – Zdroje energie jako složky hybridního pohonu

Složky hybridního pohonu	
Označení složky	Složka – zdroj energie
1	Trakční baterie (jako pohon pro elektromotor)
2	Superkapacitory (jako pohon pro elektromotor)
3	Vodíkové palivové články (jako pohon pro elektromotor)
4	Klasický dieselový pohon
5	Přídavný dieselový agregát „range extender“ na spalovací motor (jako pohon pro elektromotor)
6	Spalovací motor poháněný plynem (LNG nebo CNG)
7	Trolejové vedení (jako pohon elektromotor)

Díličí kombinace již byly výše zmíněny a je jim věnována pozornost, konkrétně:

- 1+7 ... parciální trolejbusy nebo trolejbusy s krátkým nezávislým dojezdem
- 1+3 ... trakční baterie obvykle bývá součástí autobusu s vodíkovými články

Libovolná kombinace obsahující závislou trakci (ad 7) přináší možné legislativní spory, neboť při aktivní složce ad 7 se jedná o drážní vozidlo, které ovšem je schopno nezávislého pohybu s typickými vlastnostmi silničního motorového vozidla.

Nevýhodou složek 4, 5 a 6 je, že nejsou lokálně bezemisní, tedy kombinace obsahující příslušnou složku nemůže být využita pro potřeby tohoto dokumentu.

Superkapacitorem (ad 2) je speciální elektrolytický kondenzátor s výrazně velkou kapacitou (až 1000 F), kterou umožňují elektrody s pórovitým povrchem, a tedy velkou plochou. Superkapacitor tedy funguje na elektrostatickém principu. Uchovává poměrně malé množství energie (řádově kilowatthodiny), lze jej však velmi rychle (řádově v sekundách) nabíjet i vybíjet velkými výkony (řádově stovky kW), a to až miliónkrát. Znamená to, že oproti trakčním bateriím je jeho životnost daná počtem cyklů plného nabití a vybití cca tisícinásobná. Jeho využití je výhodné právě v provozu městských autobusů, s jednorázovým velkým zatížením při častých rozjezdech [16].

Diesellový agregát (ad 5) umožňuje nezávislý provoz typicky elektrobusů a trolejbusů (tedy kombinace 1+5 nebo 5+7). Jedná se o pístový spalovací motor nebo spalovací turbínu [16]. Jedná se o tradiční způsob léta využívaný u trolejbusů např. v Hradci Králové na konečné Kluky. Jedná se víceméně o předchůdce současného parciálního trolejbusu. Zatímco trolejbus s plnohodnotným alternativním pohonem (duobus) znamená kombinaci 4+7, teoreticky 6+7 (s duobusem však v ČR nejsou zkušenosti).

Dalším příkladem je lokálně bezemisní kombinace 1+2+3, která byla testována v projektu TriHyBus v Neratovicích a nasazena v roce 2009. Vývoj probíhal od roku 2006 Ústavem jaderného výzkumu v Řeži. Zkušební provoz byl ukončen a přibrzděný další rozvoj je důkazem, že je zatím problematické nasazení tohoto složitějšího typu hybridu ve větším měřítku.

Tzv. plug-in hybrid je kombinací 1+4 resp. 2+4. Taková varianta, ačkoli není absolutně lokálně bezemisní, je vhodná pro příměstský provoz. Diesellový pohon lze využít mimo uzavřené městské centrum. Toto konstrukční řešení je určeno zejména pro smíšený provoz ve městech s bezemisními zónami, které autobus projíždí v plně elektrickém režimu. Oproti diesellovému pohonu uspoří cca 60 % energie a cca 75 až 80 % paliva a uhlíkových emisí. Je-li diesellový motor poháněn bionaftou a elektřina vyráběna z obnovitelných zdrojů, mohou úspory uhlíkových emisí oproti srovnatelnému dieselu dosáhnout 90 % (údaje společnosti Volvo z roku 2015) [16].

Plyno-hybrid je příkladem kombinace 1+6, cca před 6 lety ho dodávala polská značka Solbus [16].

Lokálně bezemisní kombinace 1+3+7 přináší parciální trolejbusy kombinované s vodíkovými palivovými články. Jedná se o investičně nákladné řešení, které vyžaduje zároveň investice do TTV i do vodíkové technologie.

Některé elektrobusy používají superkapacitory (ad 2) jako jediný zdroj energie. Příkladem je 12m Ultracap Bus firmy Sinautec provozovaný od roku 2006 v Šanghaji, jehož 5,9 kWh superkapacitory umožňují nezávislý dojezd cca 6 km s klimatizací nebo 10 km bez klimatizace [16]. Superkapacitory se nabíjejí po dobu 30 sekund v nácestných zastávkách a 5 minut na konečných stanicích pomocí střešního sběrače ze 600V / 200 A nabíjecích stanic. Nevýhodou této lokálně bezemisní technologie je nutnost vybavit nabíjecími stanicemi všechny zastávky, což je nereálné pro extravilán nebo trasy využívané malým počtem spojů.

Mezi další samostatně realizované technologie (bez nutnosti kombinace) lze zařadit:

- elektrobusy s bezkontaktním (indukčním) nabíjením – např. technologie IPT Charge (Torino, Itálie), Bombardier PRIMOVE (Braunschweig, Německo), nebo technologie OLEV (Jižní Korea)
- metanolové palivové články
- plynový spalovací motor, upravený pro používání vodíku – zcela jiná technologie oproti palivovým článkům, používaná u městských autobusů v Berlíně [16]
- elektromechanický setrvačnick [16] – rekuperovanou energii akumuluje do pohyblivé energie rotoru (při brzdění funguje setrvačnick jako elektromotor) a při rozjezdu ji dodává zpět do trakčního motoru (setrvačnick funguje jako generátor); testy s tímto zařízením probíhají zejména ve Velké Británii, kde jsou jím zkušebně vybavovány dieselové autobusy komerčních dopravců; předpokládaná úspora paliva činí více než 20 %

4.2. Porovnání s příbuznými projekty

Tato kapitola uvádí příklady obdobně řešených projektů posuzovaných metod lokálně bezemisní veřejné dopravy v ČR i v zahraničí.

4.2.1. Klasické a parciální trolejbusy

V případě klasických trolejbusů je obrovskou výhodou dlouhodobá zkušenost s tímto druhem pohonu jak v ČR, tak ve světě, počítaná v mnoha desítkách let. Moderní vozidla dnes standardně umožňují řešení dojezdu těchto vozidel nezávislým způsobem, a to v řádu stovek metrů až kilometrů. To umožňuje hladké řešení případů neprůjezdnosti konkrétních profilů tratě, ať už plánované či způsobené mimořádnými událostmi.

Další rozšiřování uvedeného nezávislého způsobu pohybu u trolejbusů umožnilo v posledním desetiletí realizovat řadu projektů parciálních trolejbusů v ČR i v zahraničí. S ohledem na narůstající vliv nezávislé trakce je dnes patrné rozlišování na klasické trolejbusy s krátkým nezávislým dojezdem a parciální trolejbusy s možností delšího nezávislého dojezdu.

Příklady parciálních trolejbusů není nutné hledat v zahraničí, neboť i v ČR existuje řada příkladů v podobě obsluhy nezatrolejovaných koncových úseků. Jedná se např. o města a linky uvedené v následující Tabulce 22.

V některých případech takové provozy vznikly náhradou trolejbusu z dieselaagregátem (jako např. Hradec Králové), v jiných případech došlo k rozvoji až s příchodem parciálních trolejbusů.

Tabulka 22 – Města ČR s provozem parciálních trolejbusů

Složky hybridního pohonu	
Město	Linky MHD s provozem parciálních trolejbusů
Zlín	3, 4, 5, 11 a 12
Plzeň	12 a 13
Hradec Králové	1 a 21, částečně 7 a 27
Ostrava	101 a 106 (částečně)
Opava	221

Ze zahraničních projektů je možné zmínit např. projekt Slide-in ve švédském městě Landskrona na lince č. 3 o délce 3 km, kde se nejedná o provoz typický v ČR, ale vozidla se zde nabíjejí na lince č. 3 a následně obsluhují „sousední“ autobusové linky č. 4 a 5. Proporce jízdy pod trolejí a nezávislé jízdy je 30 % vs. 70 %. Po nabití mají vozidla dojezd 20 km.



obr. 8

projekt Slide-in ve švédském městě Landskrona [15]

Zajímavost, která v souvislosti s konkrétní lokalitou projektu vyvstává, je otázka křížení trolejbusové tratě s budoucí elektrizovanou železnicí. To se týká jak klasického trolejbusu, tak i parciálního trolejbusu. Studie [1] se tomuto řešení vyhýbá, zřejmě kvůli chybějícím zkušenostem v ČR. V případě potřeby je možné využití např. zkušenosti z Rakouska (Salzburg), viz následující obr. 9 případu se stejnosměrným napětím trolejbusu a střídavým napětím na železnici. Přínosem řešení je odstranění potřeby řešit připojení sběračů k troleji za železničním přejezdem, které je běžné během stání vozidla a ve studii [1] je řešeno změnou polohy zastávky. Zde pak ale jsou přepravní důvody polohy zastávky přebíjeny dopravními důvody, což nemusí vést k optimálnímu řešení z hlediska přepravních potřeb cestujících resp. optimálního řešení dostupnosti zastávek veřejné dopravy.

Překonání elektrizovaných železničních tratí s trolejí je běžně požadováno pro klasické trolejbusy, nicméně, jak bylo uvedeno výše, i klasické trolejbusy moderního pojetí umožňují krátký dojezd nezávislou trakcí, proto lze i akceptovat řešení s přerušením troleje v lokalitě železničního přejezdu. To se týká zejména přejezdu P2654 na lince č. 375 v Praze – Kbelích při uvažované elektrizaci železniční tratě „Praha–Vysočany – Turnov“, kde z obou směrů pozemní komunikace navazuje trolejbusová trať. V případě Brandýsa nad Labem na lince č. 375 (přejezd P2726 na trati „Čelákovice – Neratovice“) nebo Prahy – Čakovic na lince č. 377 (přejezd P2658 na trati „Praha–Vysočany –

Turnov“) se jedná o místa, kde je navrženo trolejbusovou trať ukončit, nicméně vazba na nucené změny poloh zastávek je platná i zde a řešení by pomohlo zachovat stávající polohy zastávek.



obr. 9

řešení křížení elektrizované železnice s trolejbusovou tratí, Salzburg 2017 [20]

Problém s nutností posunu poloh zastávek může být eliminován postupnou přestavbou přejezdů na mimoúrovňová řešení – tato přestavba však není v blízké budoucnosti plánována. Problém by také vyřešilo automatizované natrolejování sběračů za jízdy, což může být zajímavým motivem vývoje inteligentních technologií.

4.2.2. Elektrobusesy

S rozvojem technologií se v posledních cca 3 letech stále častěji začínají využívat elektrobusesy ve veřejné dopravě i v případě České republiky. Dopravci se do té doby orientovali především na různé druhy hybridních trolejbusů. Problémem byly především nutné delší odstávky vozidel v obratištích (v případě pomalého nabíjení), případná absence napájecí soustavy (pokud město neprovozovalo tramvaje či trolejbusy) a do té doby až dvojnásobně vysoká cena vozidel ve srovnání s klasickými autobusy [29].

V současné době se čím dál častěji objevují tendry na pořízení elektrobusů v českých městech. Dokonce existují města, která postupně přecházejí kompletně na elektrobusy. Příkladem je jihočeské město Písek [36]. Případ Písku je blízky řešené lokalitě tím, že i tam je veřejná doprava provozována dopravcem kategorie ČSAD zajišťujících standardně meziměstskou linkovou dopravu.



obr. 10

elektrobusy SOR EBN v Písku na autobusovém nádraží [36]



obr. 11

elektrobusy Škoda 29 BB v Českých Budějovicích na nabíjecích stanovištích v trolejbusové vozovně [25]

V Českých Budějovicích existují lokality v centru města a některé přilehlé úseky výhradně obsluhované elektrobusy, příslušné linky zajišťují také napojení parkovišť P+R. V roce 2018 bylo pořízeno 11 elektrobusů, což ve své době byl velmi odvážný krok. Vozidla jsou délky 9 metrů s celkovou kapacitou 45 osob, z toho 21 sedících [25]. Uvedené příklady z jižních Čech ukazují, že v ČR existuje více výrobců schopných dodat tento typ vozidel a rozvíjí se tak vhodné konkurenční prostředí užitečné k urychlení dalšího rozvoje tohoto perspektivního druhu pohonu.

Relativně delší zkušenost s elektrobusy má Ostrava, která již od roku 2012 provozuje 10,5 m třídveřový městský nízkopodlažní elektrobus SOR EBN 10,5, později celkem 4 ks, a dále 3 vozidla Ekova Electron. K dispozici jsou údaje za období 2012 – 2015 [16]:

- spotřeba energie cca 0,89 kWh/km
- průměrný dojezd na jedno nabití 140 km
- průměrná rekuperace 32 %
- nabíjení z 30 % na 100 % (pomalé 3× 400 V AC/32 A 7 hodin, rychlé 3× 400 V AC/250 A 60 minut, později sníženo na 200 A), čas 1,5 hod – šetrnější k trakčním akumulátorům
- pořizovací náklady jednoho vozidla činily 8,5 mil. Kč + 2 mil. Kč předpokládaná výměna trakčních baterií v polovině životnosti
- snížení hluchnosti o 8 dB oproti dieselovému pohonu

Příkladem exportu českých vozidel do zahraničí je dodávka 18 elektrobusů SOR Libchavy do Bratislavy v roce 2018. V Bratislavě jsou nasazovány na různé linky, převážně na linky č. 27, 43, 53, 65, 80, 94, 144 a 151 a umožněno je pomalé i rychlé nabíjení [20] [26].

Zahraníčí prožívá obrovský boom elektrobusů. Z aktuálních příkladů lze nabídnout např. Nizozemsko, kde si dopravní společnost Keolis objednala u čínské společnosti BYD s továrnami ve Francii a Maďarsku celkem 259 elektrobusů o délce 8,7 m, 12 m (206 kusů) a 13 m, z nichž 246 už začalo jezdit v roce 2020 [35]. Autobusy jsou vybaveny evropským rychlonabíjecím standardem CCS a zároveň i nabíjecím pantografem.

Příkladem elektrobusu s pomalým nabíjením již z období okolo roku 2015 je elektrobus Siemens / Rampini provozovaný v rakouské Vídni [16] s dvoupólovým pantografovým sběračem. Vozidlo má délku 7,7 m, přepravní kapacitu 13 sedadel a 33 míst k stání (respektive invalida na vozíku a 26 míst ke stání). Nabíjeno je z dvoustopého vrchního trakčního vedení trolejbusového typu o napětí 600 V DC. Denní proběh cca 1 000 km [16].

Příklady čtyřpólového pantografového sběrače na vozidle (vertikálního, případně horizontálního typu) provozovaném před více jak 5 lety jsou podle [16] např.:

- technologie Schunk provozovaná v německém Hannoveru
- technologie ABB provozovaná ve švýcarské Ženevě nebo švédském Göteborgu
- technologie Siemens provozovaná v německém Hamburgu

Standard SAE J3105 byl dodáván např. již v roce 2018 do historického lázeňského města Harrogate na severu Anglie [19]. V Severní Americe byl také k dispozici v témže roce [24]. Praha se chystá testovat SAE J3105 na lince č. 134, blíže [33]. Za účelem rozvoje elektrobusové dopravy Praha v roce 2021 objednává 14 elektrobusů, hodnota zakázky včetně možných opcí dosahuje hodnoty až 207 mil. Kč [38].

4.2.3. Vodíkové palivové články

Vodíkové palivové články mají ve světě velkou podporu, a to především v USA, Kanadě a v Japonsku. V Evropě patří mezi vedoucí země Německo, Velká Británie a státy Beneluxu. Již v listopadu 2014 byla uzavřena dohoda formou „Letter of Understanding“ o komerčním vývoji hybridních palivočlánkových autobusů, podepsaná pěti velkými autobusovými výrobci – Evobus, MAN, Solaris, Van Hool a VDL.

Důkazem o rozvoji vodíkové mobility ve veřejné dopravě je zapojení měst zejména západní Evropy do evropského programu JIVE, jehož cílem je podpořit uvádění vodíkových autobusů do běžného provozu. Ze zmíněného programu jsou financovány projekty ve Velké Británii (Londýn, Birmingham, Aberdeen), v Dánsku (Herning), v Belgii (Charleroi), v Itálii (Bolzano) a v Německu (Rhein-Main).

Aberdeen je navíc městem mající prvenství ve využití vodíkových doubledeckerů. Město se totiž výzkumu na poli vodíkových technologií věnuje dlouhodobě již od roku 2015, kdy došlo k otevření první britské čerpací stanice na vodík spolu se stanicí na jeho výrobu. Aberdeen nasadil na počátku roku 2021 celkem 15 patrových autobusů na vodík. Doubledeckery s kapacitou 60 míst k sezení obsluhují linku č. 19. Samotný projekt si vyžádal investici 8,3 milionu liber (cca 250 mil. Kč), zhruba 500 tisíc liber (cca 15 mil. Kč) připadá na jedno vozidlo [40].



obr. 12

dvoupodlažní autobus (doubledecker) na vodík (zdroj: <https://www.fch.europa.eu/>) [40]

4.3. Hodnoticí kritéria

Cílem hodnocení je (dle zadání) porovnat jednotlivé posuzované varianty pohonu uvedené v kapitole 4.1. Výsledné multikriteriální hodnocení je uvažováno v současných finančních hodnotách, nicméně také zohledňuje předpokládaný vývoj v cenách pohonných hmot resp. energií. Jak již bylo uvedeno v úvodu kapitoly 4, do hodnocení jsou integrována komplexní kritéria, nebudou tedy hodnoceny pouze investice a provoz infrastruktury a vozidel, ale také řešení ve vozovně, vliv důležitých externalit, nebo také rizikovost zavádění nových technologií a s tím spojené možné vyšší konečné náklady. Uvažována jsou tedy kritéria investiční, provozní, ekologická, ekonomická i otázka rizikovosti volby konkrétní varianty.

Mezi použitá hodnoticí kritéria jsou začleněna následující:

- pořízení a obnova **vozidel** – obsahuje potřebný počet, cenu a životnost vozidel s ohledem na požadovanou kapacitu vozidla (standardní „sólo“ nebo kloubová vozidla)
- vybudování a obnova **infrastruktury na trasách** – položky závislé na charakteru linky – trolejové vedení, nabíjecí místa na konečných zastávkách apod.; opět zde hrají roli pořizovací náklady a životnost jednotlivých zařízení
- vybudování a obnova **infrastruktury v místě odstavování vozidel** (zázemí) – technická infrastruktura v provozovně (vozovna / garáž); jedná se např. o nabíjecí / plnicí stanice
- **synergický efekt** při rozvoji dalších linek – ne všechny technologie je nutné budovat znovu při rozšiřování provozu, a proto je žádoucí zohlednit potenciál na budoucí „slevy“ díky již instalované technologii; součástí tohoto typu posouzení je i zohlednění úspory, pokud náklady na realizaci úseků TTV souběžných s linkou 58 (140) budou částečně nebo úplně začleněny do jiného zdroje financování
- **provozní náklady infrastruktury** – cena za údržbu / servis, případně výměnu dílčích komponent, včetně nákladů na pracovníky údržby
- **provozní náklady vozidel** – zahrnuje cenu za pohonné hmoty / energie, spotřebu pohonných hmot / energií, energetickou účinnost motorů, též případné energetické ztráty (které vznikají např. při nabíjení); opět rozlišení na „sólo“ a kloubová vozidla, náklady na platy a školení řidičů

- šance na **budoucí změnu nákladů na pohon**, tedy vliv pravděpodobného vývoje v cenách pohonných hmot
- externality – především lokální externí náklady na **dopady hluku a emisí** na okolní obyvatelstvo, a také společenský dopad externalit
- **nejistota z neověřené technologie** – rizikovost ve smyslu předem ne zcela známých provozních omezení nové technologie, nedodržení slibovaných provozních a technických parametrů, ... apod.
- **možnost dotací** pro spolufinancování dílčích (zejména investičních) částí projektu

Následující faktory posuzovány **nebudou**:

- Externality v místě výroby a přenosu / dopravy pohonných hmot / energií. Sledován je lokální, nikoli globální vliv na životní prostředí.
- Energetická účinnost primárního zdroje energie a celého navazujícího řetězce přenosu energie do vozidla. Tato problematika nebude řešena, protože se jedná o velmi odlišné přístupy s obtížně odhadnutelným vývojem.
- Případné vedlejší výnosy z provozování výrobních prostředků; veškerá kapacita těchto prostředků je určena k provozování a dalšímu rozvoji veřejné dopravy, kdy se počítá se synergickým efektem.
- Nehodovost nebo jiné přírodní či živelné události a jejich potenciální vliv na zvýšené náklady. Následky takových událostí jsou obtížně predikovatelné v delším časovém horizontu a jejich zahrnutí do výsledků hodnocení by spíše přineslo šum.

4.4. Porovnání variant podle dílčích kritérií

Základní délka referenčního období je pro projekt (dílo), tedy období udržitelnosti projektu, je stanovena na 30 let, ve shodě s ekonomickou analýzou projektu [2]. Zahrnuje investiční i provozní fázi projektu.

Nejsou uvažovány přejezdy spojů na jiné linky PID (viz popis v kapitole 3) – hodnotí se pouze to, co spadá do linek č. 375 a 377. Linka 375 je uvažována se všemi spoji varianty A (tedy s náhradou linek 367, 477 a 478 v koncovém úseku Brandýsa nad Labem – Staré Boleslavi) dle kapitoly 3.1 pro objektivní srovnání variant pohonu. U všech variant budou rovněž uvažovány stavební úpravy pozemních komunikací a zastávek dle dokumentů [1] resp. [2].

Veškeré ceny jsou udávány bez DPH a v čistých současných hodnotách (NPV = Net Present Value). Není sice cílem tohoto dokumentu provádět plnohodnotnou CBA (nákladově výnosová analýza = Cost-Benefit Analysis) pro jednotlivé varianty, ale je použit odpovídající matematický aparát pro práci s ekonomickými ukazateli v budoucích letech, který umožňuje zachytit celospolečenský pohled na to, jak by se měly hodnotit budoucí ukazatele vzhledem k těm stávajícím.

CBA se běžně používá např. k hodnocení ekonomické efektivity investičních projektů dopravních staveb, kde se předpokládá mimo jiné hodnocení rozdílných výnosů jednotlivých variant. V případě tohoto dokumentu je však výsledný výnos orientován na shodnou nabídku spojení cestujícím, pouze odlišnými technologickými variantami, kde se v dlouhodobém pohledu nepřepokládá významnější závislost poptávky na konkrétních technologických variantách. Poptávka po přepravě veřejnou dopravou může být v budoucnu více ovlivněna řadou vnějších vlivů, které se mohou měnit (např. dopravní politika, ceny vozidel a pohonných hmot / energií pro individuální automobilovou dopravu – IAD, tarifní možnosti ve veřejné dopravě, vývoj osídlení a lokalit bydlení/práce, životní styl apod.) a nelze ji tedy ani objektivně stanovit. Z tohoto důvodu je po všechny varianty uvažována shodná poptávka, tedy i shodné výnosy z přepravy, a z hlediska srovnání variant jsou tedy výnosy ze samotné přepravy irelevantní.

Rovněž předmětem porovnání nebude hledání celkového ekonomického přínosu ve smyslu kladného rozdílu výnosů a nákladů z toho důvodu, že provozování běžné veřejné dopravy v rámci základní dopravní obslužnosti (jako jsou linky 375 a 377) nemůže ani pozitivního skóre dosáhnout, vždy se bude jednat o dotovanou činnost, kde výhodnější bude vždy varianta s nižšími náklady. Z tohoto důvodu zde není relevantní výpočet ekonomického vnitřního výnosového procenta, poměr přínosů a nákladů nebo doba návratnosti.

Porovnávat se tedy mezi jednotlivými variantami bude zejména nákladová složka, ale uvažovány být mohou, neboť z celkového pohledu snižují vliv nákladové složky. Podstatou pro ekonomické vyhodnocení je tedy rozbor jednotlivých nákladů a jejich kvantifikace, ve smyslu kritérií uvedených v předchozí kapitole.

4.4.1. Pořízení a obnova vozidel

Náklady na pořízení a obnovu vozidel jsou v první řadě odvislé od potřebného počtu vozidel na linkách. Původní počet vozidel jako v případě dieselových autobusů nebude možné dodržet, neboť změnou typu vozidel na linkách 375 a 377 dochází k rozvázání přejezdů, související úpravu grafikonu a s tím spojené jemné navýšení počtu vypravovaných vozidel. Zohledněna je také nutná povozní rezerva (studená a horká záloha).

Dílní navýšení u některých druhů pohonu je ovlivněno také mírně nebo výrazně delším prostojem v konečných zastávkách z důvodu nabíjení vozidel. Rychlonabíjení probíhá „příležitostně“ při čekání v konečné stanici, lze očekávat nárůst +1 počtu vypravených vozidel na lince 375 oproti běžnému stavu. Obdobné je to v případě nabíjení parciálních trolejbusů. U linky 377, kde je vzhledem ke zkráceným variantám spojů větší rezerva v obězích vozidel, nebude počet vypravovaných vozidel v této souvislosti navyšován.

Pro dvoupólové nabíjení elektrobuses je třeba uvažovat nejméně 30-40 minut na každé konečné, spíše více, což lze odvodit z provozních zkušeností např. z Českých Budějovic. Uvažován je orientační nárůst +8 vozidel na lince 375 a +7 vozidel na lince 377.

Následující tabulky (Tabulka 23 až Tabulka 26) rozlišují standardní „sólo“ vozidla (délky 12 m) týkající se linky 377 a kloubová vozidla (délky 18 m) týkající se linky 375.

Tabulka 23 – Požadavky na sólo vozidla

Pořízení a obnova sólo vozidel – požadavky				
Druh trakce (pohonu)	Životnost [let]	Počet cyklů za 30 let	Potřebný počet kusů	
			Linka 375	Linka 377
Autobus (diesel)	8	4	0	10
Parciální trolejbus	15	2	0	13
Autobus poháněný vodíkem	15	2	0	12
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	15	2	0	12
Elektrobuses (dvoupólové nabíjení)	15	2	0	17
Elektrobuses (čtyřpólové rychlonabíjení)	15	2	0	13

Tabulka 24 – Cenová kalkulace sólo vozidel

Cenová kalkulace sólo vozidel (hodnoty v mil. Kč)				
Kritérium (skupina)	Pořizovací cena za kus	Pořízení vozidel pro jeden cyklus		Cena celkem za všechny cykly
		Linka 375	Linka 377	
Autobus (diesel)	6,0	0	60	240
Parciální trolejbus	13,0	0	169	338
Autobus poháněný vodíkem	15,0	0	180	360
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	11,5	0	138	276
Elektrobuses (dvoupólové nabíjení)	14,0	0	238	476
Elektrobuses (čtyřpólové rychlonabíjení)	15,0	0	195	390

Tabulka 25 – Požadavky na kloubová vozidla

Pořízení a obnova kloubových vozidel – požadavky				
Druh trakce (pohonu)	Životnost [let]	Počet cyklů za 30 let	Potřebný počet kusů	
			Linka 375	Linka 377
Autobus (diesel)	8	4	13	0
Parciální trolejbus	15	2	15	0
Autobus poháněný vodíkem	15	2	15	0
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	15	2	15	0
Elektrobuses (dvoupólové nabíjení)	15	2	21	0
Elektrobuses (čtyřpólové rychlonabíjení)	15	2	15	0

Tabulka 26 – Cenová kalkulace kloubových vozidel

Cenová kalkulace kloubových vozidel, hodnoty v mil. Kč				
Kritérium (skupina)	Pořizovací cena za kus	Pořízení vozidel pro jeden cyklus		Cena celkem za všechny cykly
		Linka 375	Linka 377	
Autobus (diesel)	7,5	97,5	0	390
Parciální trolejbus	17,0	255,0	0	510
Autobus poháněný vodíkem	19,5	292,5	0	585
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	12,5	187,5	0	375
Elektrobuses (dvoupólové nabíjení)	18,0	378,0	0	756
Elektrobuses (čtyřpólové rychlonabíjení)	19,5	292,5	0	585

Životnost vozidel je stanovena s ohledem na [2] vycházející z resortní metodiky [3], kdy pro dieselová vozidla je uvažováno 8 let a pro vozidla s elektromotorem (to se týká i autobusů poháněných vodíkem) 15 let. Životnost pro vodíkové autobusy 15 let je potvrzena i dokumentem [31].

Pořizovací cena za kus u klasického nebo parciálního trolejbusu plyne z analýzy [2], a dále z dalších informací, např. [18], [22], [31] nebo [37]. Nejnižší náklady na pořízení jednoho kloubového trolejbusu Škoda 27Tr činí 11,95 mil. Kč [31]. Je proto uvažována o něco vyšší částka. U elektrobusů jde v případě ceny vozidla o odhad na základě uzavřených kontraktů, např. Ostrava [41].

V případě autobusů s pohonem na vodíkové palivové články je orientační cena i její výhled v USA uveden v článku [43], kde je uvažována hodnota 1,27 mil. USD s pětiletým výhledem snížení na 850 tis. USD. Nicméně vzhledem k memorandu [5] s českými dodavateli, kteří dlouhodobě dodávají karoserie a další komponenty vozidel i pro jiné druhy pohonů, lze uvažovat o dílčím snížení pořizovací ceny oproti stavu v USA na hodnoty uvedené v následujících tabulkách. To dokládá i dokument [31], který uvádí cenu autobusu 570 až 600 tis. EUR v roce 2020, ale cena se bude postupně snižovat. Obdobně, cena za vodíkový doubledecker v Aberdeenu dosahuje 15 mil. Kč, blíže v kapitole 4.2.3 resp. v informaci [40].

4.4.2. *Vybudování a obnova infrastruktury na trasách*

Následující požadavky (viz Tabulka 27 až Tabulka 33) vycházejí z dokumentu [2] a lze je realizovat bez ohledu na typ trakce (pohonu). Uvažována jednorázová realizace v období udržitelnosti. Následná údržba pozemních komunikací uvažována standardní v režii správců pozemních komunikací bez nutnosti započítat tento vliv do nákladů na provozování MHD.

Tabulka 27 – Požadavky na infrastrukturu bez ohledu na typ pohonu

Infrastruktura na trasách linek bez ohledu na typ pohonu – požadavky				
Prvek infrastruktury nebo související investice	Jednotka množství	Počet cyklů za 30 let	Potřebný počet kusů	
			Linka 375	Linka 377
Úpravy zastávek (nástupišť)	ks	1	7	13
Úpravy pozemních komunikací	m ²	1	1 200	500

Tabulka 28 – Cenová kalkulace infrastruktury bez ohledu na typ pohonu

Cenová kalkulace infrastruktury bez ohledu na typ pohonu, hodnoty v mil. Kč				
Prvek infrastruktury nebo související investice	Pořizovací cena za jednotku množství	Úprava infrastruktury		Cena celkem
		Linka 375	Linka 377	
Úpravy zastávek (nástupišť)	0,150	1,05	1,95	3,0
Úpravy pozemních komunikací	0,004	4,80	2,00	6,8
CELKEM	-	5,85	3,95	9,8

Pro parciální trolejbusy jsou potřebné počty jednotek množství a ceny odvozeny z [2]. Trolejové vedení je kalkulováno včetně pražských úseků trolejí v ul. Vysočanská a přes sídliště Prosek, a také od Letňan směrem do Čakovic a do Kbel. Obnova prvků trolejového vedení je uvažována v cyklu po 15 letech, tedy 1× za období udržitelnosti.

Tabulka 29 – Požadavky na infrastrukturu parciálních trolejbusů na trasách linek

Infrastruktura parciálních trolejbusů na trasách linek – požadavky				
Prvek infrastruktury nebo související investice	Jednotka množství	Počet cyklů za 30 let	Potřebný počet jednotek množství	
			Linka 375	Linka 377
Projektová dokumentace	komplet	1	1	1
Zábory a nákupy pozemků	komplet	1	1	1
Trolejové vedení (vybudování)	km	1	14,8	10,2
Trolejové vedení (obnova)	komplet	1	1	1
Kabelové vedení	km	1	8	6
Měnič (vybudování)	ks	1	7	5
Měnič (obnova)	ks	1	7	5
Nabíjecí stanice/stání (vybudování)	ks	1	1	1
Nabíjecí stanice/stání (obnova)	ks	1	1	1
Přípojka VN/NN	ks	1	8	5
Přeložky vzdušného vedení	komplet	1	1	1
Ostatní stavby a konstrukce – rezerva	%	1	20	20
Technická asistence, propagace	komplet	1	1	1
Technický dozor v průběhu výstavby	komplet	1	1	1

Obnova měničů a nabíjecích stanic je uvažována v cyklu 20 let, tedy opět 1× za období udržitelnosti. Položka „Ostatní stavby a konstrukce – rezerva“ zahrnuje 20 % ze všech nákladů na stavby a konstrukce včetně úprav zastávek a pozemních komunikací uvedených v tabulkách výše.

V případě klasických trolejbusů (s možností nezávislé trakce pro krátké úseky) je uvažováno navýšení úměrné prodloužení trolejové sítě oproti variantě s parciálními trolejbusy. Není cílem tohoto dokumentu suplovat studii proveditelnosti a vytvářet nový projekt, pro orientační vyčíslení nákladů na úrovni strategického rozhodování bude tento postup dostačující. Při větší délce sítě lze uvažovat lepší podmínky ve smyslu „množstevních slev“, včetně částečného využití již vybudovaných měníren, nebo také snazšího budování opačného směru v již jednostopých úsecích, nicméně je třeba uvažovat vybudování kompletních obratišť s předjízdnyými stopami, a dále mnoho prvků v trolejové síti (výhybky, křížení apod.), které v případě parciálních trolejbusů mohou být velmi omezeny, čímž budou výše uvedené „slevy“ kompenzovány a výsledná odhadovaná hodnota by měla být v pořádku.

V případě klasických trolejbusů není také uvažováno budování nabíjecích stanic.

Tabulka 30 – Cenová kalkulace infrastruktury parciálních trolejbusů na trasách linek

Cenová kalkulace infrastruktury parciálních trolejbusů, hodnoty v mil. Kč				
Prvek infrastruktury nebo související investice	Pořizovací cena za jednotku množství	Cena za 30 let		Cena celkem za 30 let
		Linka 375	Linka 377	
Projektová dokumentace	-	13,25	9,65	22,90
Zábory a nákupy pozemků	-	0,72	0,54	1,26
Trolejové vedení (vybudování)	13,50	199,80	137,70	337,50
Trolejové vedení (obnova)	0,20	0,20	0,20	0,40
Kabelové vedení	6,50	52,00	39,00	91,00
Měnič (vybudování)	25,00	175,00	125,00	325,00
Měnič (obnova)	10,00	70,00	50,00	120,00
Nabíjecí stanice/stání (vybudování)	10,00	10,00	10,00	20,00
Nabíjecí stanice/stání (obnova)	10,00	10,00	10,00	20,00
Přípojka VN/NN	0,60	4,80	3,00	7,80
Přeložky vzdušného vedení	-	5,00	10,00	15,00
Ostatní stavby a konstrukce – rezerva	-	109,53	75,77	185,30
Technická asistence, propagace	-	5,61	3,82	9,43
Technický dozor v průběhu výstavby	-	5,00	3,00	8,00
CELKEM (vybudování)	-	575,71	417,48	993,19
CELKEM (obnova)	-	80,20	60,20	140,40
CELKEM	-	655,91	477,68	1 133,59

Pro dieselové autobusy nebo vodíkový pohon není nutná infrastruktura podél tras linek.

Tabulka 31 – Cenová kalkulace infrastruktury klasických trolejbusů

Položka	Cena za 30 let		Cena celkem za 30 let
	Linka 375	Linka 377	
Náklady na vybudování a obnovu infrastruktury parciálních trolejbusů v mil. Kč (bez nabíjecích stanic)	645,91	467,68	1 093,59
Délka sítě parciálních trolejbusů v km (uvažován každý směr zvlášť)	32,2	20,2	52,4
Délka sítě klasických trolejbusů v km (uvažován každý směr zvlášť)	43,9	50,2	94,1
Odhad nákladů na vybudování a obnovu infrastruktury klasických trolejbusů v mil. Kč	864,24	1 132,44	1 996,68

U elektrobuseů je uvažována 1 nabíjecí stanice na každé konečné; v případě linky 377 je nutno obsáhnout i obec Veleň (spoje typu D a E si vystačí s jedním zařízením, konečné zastávky nejsou vzájemně vzdáleny). V případě dvoupólového nabíjení je předpokladem možnost nabíjení až 4 vozidel na jedné konečné s využitím 1 nabíjecí „stanice“ v podobě krátkého úseku trolejového vedení, v opačném případě (kdyby každý nabíjený vůz měl svoji stanici) by byly náklady pravděpodobně vyšší.

Tabulka 32 – Požadavky na infrastrukturu parciálních trolejbusů na trasách linek

Prvek infrastruktury nebo související investice	Životnost [let]	Počet cyklů za 30 let	Potřebný počet jednotek množství	
			Linka 375	Linka 377
Nabíjecí stanice / stání vč. přípojky (dvoupólové nabíjení)	20	2	2	3
Nabíjecí stanice vč. přípojky (čtyřpólové rychlonabíjení)	20	2	2	3

V případě dvoupólového nabíjení elektrobuseů je uvažován náklad 10 mil. Kč shodně jako u parciálního trolejbusu, v případě rychlonabíjení pak 20 mil. Kč. Vyšší náklady zde mohou být spojeny mj. s přípravou na krátkodobě vysoký odběr v místech, která k tomu nemusejí být uzpůsobena, např. s pomocí superkapacitorů.

Tabulka 33 – Cenová kalkulace infrastruktury elektrobusů na trasách linek

Cenová kalkulace infrastruktury elektrobusů na trasách linek, údaje v mil. Kč			
Položka	Cena za 30 let		Cena celkem za 30 let
	Linka 375	Linka 377	
Nabíjecí stanice/stání vč. přípojky (dvoupólové nabíjení)	20	30	50
Nabíjecí stanice vč. přípojky (čtyřpólové rychlonabíjení)	40	60	100

4.4.3. Vybudování a obnova infrastruktury ve vozovně

Pro klasické dieselové autobusy není třeba budovat speciální infrastrukturu ve vozovně (garážích).

V případě parciálních trolejbusů je nutné vybudovat nabíjecí stanici pro každé vozidlo tak, aby všechna vozidla mohla ráno vyjet na trasu plně nabitá. Toto lze realizovat i jako společně napájený úsek trolejbusové tratě umožňující nabíjení všech vozidel. Totéž platí pro případ elektrobusů s pomalým dvoupólovým nabíjením. Předpokladem je možnost nabíjení všech 38 vozidel na jednom nabíjecím místě s využitím těchto nabíjecích stanic (např. využití úseků trolejového vedení).

V případě autobusů poháněných vodíkem postačí vybudovat jednu plnicí stanici na linku, během období odstávek vozidel dojde k prostřídání plnění pro všechna vozidla. To je možné díky kratší plnicí době, ve srovnání s nabíjením parciálního trolejbusu. Uvažováno je pořízení a udržování dvou plnicích stanic s ohledem na nutnost redundance pro zajištění spolehlivého plnění, tj. v přepočtu 1 plnicí stanice na linku.

Totéž platí pro nabíjecí místa elektrobusů v případě čtyřpólového rychlonabíjení, ve vozovně jsou potřeba alespoň 2 nabíjecí stanice z důvodu nutné redundance. Vozidla mohou být u jedné stanice nabíjena v různých časových intervalech. Doporučený počet je alespoň 2 nabíjecí místa na linku, aby bylo možné dobít paralelně vždy 2 vozidla směřující do různých konečných stanic. Vozidla se zároveň mohou nabít i ve výchozí stanici před zahájením jízdy na prvním spoji.

V případě klasických trolejbusů dojde k vybudování trolejbusové tratě v areálu vozovny a připojení vozovny tratí v uličním profilu. Nevýhodou klasických trolejbusů je nutnost jízdy pod trolejovým vedením, tedy v případě lokace vozovny ve Staré

Boleslavi dostupnost trasy linky č. 377 až při dojezdu do Prahy – Letňan, nikoli přímou trasou do Kostelce nad Labem, což není žádoucí z hlediska potřeby nasazovat první ranní spoje v Kostelci nad Labem směrem do Prahy, stejně tak provádět zátahy posledních spojů z Kostelce nad Labem po příjezdu z Prahy. Životní cyklus trolejového vedení je uvažován jeden za dobu udržitelnosti, formálně 30 let, s tím, že do nákladů za toto období bude zahrnuta 1× obměna dílčích prvků v troleji (výhybky, křížení apod.) po 15 letech životnosti těchto komponent.

Tabulka 34 – Požadavky na infrastrukturu ve vozovně

Vybudování a obnova infrastruktury ve vozovně – požadavky				
Prvek infrastruktury podle druhu trakce (pohonu)	Životnost [let]	Počet cyklů za 30 let	Potřebný počet kusů	
			Linka 375	Linka 377
Nabíjecí stanice / stání pro parciální trolejbusy vč. přípojky	20	2	15	13
Plnicí stanice pro autobusy poháněné vodíkem	20	2	1	1
Trolejové vedení ve vozovně pro klasické trolejbusy včetně napojení vozovny	30	1	1 komplet	
Nabíjecí stanice / stání pro elektrobuses vč. přípojky (dvoupólové nabíjení)	20	2	21	17
Nabíjecí stanice pro elektrobuses vč. přípojky (čtyřpólové rychlonabíjení)	20	2	2	2

Cenové náklady na nabíjecí stanici pro parciální trolejbusy plynou z [2]. Pořizovací cena jednotkového místa je nižší oproti konečné zastávce z důvodu sdílení společné přípojky, snazší realizace přípojky a realizace většího množství stanic na jednom místě (synergie). Shodný princip je realizován pro potřeby pomalého (dvoupólového) nabíjení elektrobusesů.

Cenové náklady na plnicí stanici pro vodíkový pohon jsou odvozeny mimo jiné z článku [24], kde je udávána cena vodíkové plnicí stanice mezi 1 a 2 miliony USD, v Japonsku i vyšší. Dokument [43] udává cenu průměrné plnicí stanice s kapacitou 1 240 kg vodíku za den v hodnotě 1,9 mil. USD, tedy 40 mil. Kč. Podle studie [31] je typická spotřeba vodíkového autobusu 9 kg / 100 km, čili lze předpokládat denní potřebu plnění cca 36 kg vodíku na vozidlo pro vozidla s celodenním provozem. Pro potřeby linek 375 a 377 s ohledem na množství a výkony vozidel bude třeba uvažovat takovou kapacitu, aby se dalo pro všechna vozidla plnit palivo přes noc nebo v dopravním sedle – k tomu jsou potřeba tři plnicí stanice s uvedenou kapacitou a cenou dle [43]; s ohledem

na dostatečný počet 2 ks stanic na vozovnu a o něco nižší celkovou požadovanou kapacitu bude uvažována mírně navýšená kapacita i cena jedné stanice tak, že celková ekvivalentní cena dvou výkonnějších plnicích stanic bude uvažována 100 mil. Kč, tedy jedna stanice v hodnotě 50 mil. Kč.

Pro kalkulaci trolejbusové tratě ve vozovně včetně napojení na trasy linky je uvažována varianta vozovny vzdálené 0,25 km od trasy linky (tj. 0,5 km jednostopě), délka stop ve vozovně 1,2 km. Tato situace s dílčí rezervou odpovídá vozovně ve Staré Boleslavi (dílčí rezerva je uvažována proto, že konečná varianta vozovny není prozatím potvrzena). Celkové náklady na 1 km tratě na základě linek č. 375 a 377 vycházejí cca 21 mil. Kč. S přihlédnutím k potenciálnímu množství výhybek a křížení, případně vedení troleje v krytých objektech, budou uvažovány celkové náklady 40 mil. Kč, které budou zahrnovat i případnou obměnu výhybek a křížení nebo dalších trolejových prvků po životním cyklu 15 – 20 let. Výhodou v případě trolejového vedení je možnost využití měřírny pro přilehlou trolejbusovou trať a není tak třeba v této položce zahrnout obměnu příslušných komponent (je již zahrnuta u infrastruktury na trasách).

Tabulka 35 – Cenová kalkulace infrastruktury ve vozovně

Cenová kalkulace infrastruktury ve vozovně, hodnoty v mil. Kč				
Prvek infrastruktury podle druhu trakce (pohonu)	Pořizovací cena za kus	Cena za všechny kusy za jeden cyklus		Cena celkem za všechny cykly
		Linka 375	Linka 377	
Nabíjecí stanice / stání pro parciální trolejbusy vč. přípojky	1,5	22,5	19,5	84
Plnicí stanice pro autobusy poháněné vodíkem	50,0	50,0	50,0	200
Trolejové vedení ve vozovně pro klasické trolejbusy včetně napojení vozovny	40,0	40,0 společné		40
Nabíjecí stanice / stání pro elektrobuses vč. přípojky (dvoupólové nabíjení)	1,5	31,5	25,5	114
Nabíjecí stanice pro elektrobuses vč. přípojky (čtyřpólové rychlonabíjení)	15,0	30,0	30,0	120

4.4.4. Synergický efekt při realizaci dalších linek

Podstatou synergického efektu je snížení nákladů při realizaci většího množství, v tomto případě většího množství linek a spojů veřejné dopravy. To obsahuje jak

využití vybudovaných částí sítě a technologií pro další linky, tak využití již vybudovaných částí sítě nebo technologií ostatních linek pro novou linku.

Synergický efekt se typicky vztahuje na případ trolejového vedení. Teoreticky jakékoli provozování většího množství vozidel a linek přináší vždy jistou synergii, nicméně taková synergie se pak promítá do systému bez ohledu na zvolenou variantu pohonu, proto taková synergie nebude uvažována.

Synergie v síti trakčního trolejového vedení je uvažována na území hl. m. Prahy, kde trolejové vedení může být využito pro trolejbusy resp. parciální trolejbusy v rámci MHD. V případě parciálních trolejbusů jen menší část sítě se kryje s pražskými městskými linkami veřejné dopravy.

Uvažována je úspora nákladů následujících položek týkajících se přímo trolejové sítě na území Prahy:

- projektová dokumentace
- zábory a nákupy pozemků
- trolejové vedení (vybudování/obnova)
- kabelové vedení
- měnírny (vybudování/obnova)
- přípojka VN/NN
- ostatní stavby a konstrukce – rezerva
- technická asistence, propagace
- technický dozor v průběhu výstavby

V rámci synergie nejsou uvažovány přeložky vzdušného vedení, které jsou realizovány hlavně mimo území hl. m. Prahy.

Následující Tabulka 36 obsahuje výpočet úspory nákladů, uvažována je úspora nákladů 20 % s ohledem na proporcionální část trolejové sítě využitelné pro další trolejbusové linky a množství dalších spojů provozovaných po této síti. Hodnota 20 % je společným odhadem pro obě linky 375 i 377. V případě linky 375 se jedná o využití troleje v úseku mezi Vysočanskou ulicí a terminálem v Letňanech, a dále v úseku do Kbel. V případě linky 377 se jedná o úsek mezi terminálem v Letňanech a Miškovcemi, mimo jiné jde o spoje současné linky č. 140.

Pokud budeme uvažovat, že trolejové úseky linky č. 140 budou hrazeny z jiných zdrojů, pak akorát hodnota 20 % odpovídá okamžité úspoře nákladů (vychází z podílu úseků

troleje v souběhu s linkou 140) a v souvislosti s dalšími městskými linkami (jinými než linka 140) bude synergický efekt ještě asi dalších 15 %. Tedy, započítání realizace úseků linky 140 do jiného projektu zvýší synergický efekt ze základní úrovně 20 % o dalších 15 %.

V případě klasických trolejbusů, tedy s dobudovanými tratěmi v celé délce, bude uvažován synergický efekt opět na úrovni 20 %, neboť sice dojde k prodloužení trolejové sítě spíše v úsecích mimo Prahu, ale do výsledné hodnoty budou v tomto případě též započítány náklady na trolejovou síť ve vozovně a připojení vozovny, kde je synergie naopak vyšší. Pokud bychom v tomto případě uvažovali linku 140 také pro klasické trolejbusy, okamžitá úspora nákladů bude 14 % a v souvislosti s dalšími městskými linkami bude synergický efekt výrazně vyšší díky souvislejšímu pokrytí a vybudované síti ve vozovně. Tedy, započítáním realizace úseků linky 140 do jiného projektu se lze i v tomto případě započítat zvýšení synergického efektu ze základní úrovně 20 % o dalších 15 %.

Tabulka 36 – Cenová kalkulace úspor při synergii s dalšími linkami

Cenová kalkulace synergického efektu, hodnoty v mil. Kč		
Položka	Cena celkem za obě linky 375 i 377 za 30 let	
	v případě parciálních trolejbusů	v případě klasických trolejbusů
Prvek infrastruktury nebo související investice dle odrážek výše	1 078,59	2 005,02
Úspora 20 % vlivem synergie u více městských linek	-215,72	-401,00
Další úspora 15 %, pokud náklady na realizaci úseků TTV souběžných s linkou 140 budou začleněny do jiného projektu	-161,79	-300,75

Nabíjecí i plnicí stanice by v případě většího množství linek resp. vozidel bylo nutné úměrně navýšit, zde se synergie prakticky neprojeví.

Součástí synergie je také využití všech servisních vozidel k údržbě tramvajového trakčního trolejového vedení (TTV) k údržbě trolejbusového TTV. Není tedy uvažován nákup nových vozidel, uvedená vozidla pražského Dopravního podniku mají provozní rezervu umožňující pokrýt údržbu TTV v trasách linek 375 a 377.

4.4.5. Provozní náklady infrastruktury

Náklady jsou vztaženy k provozu infrastruktury, to znamená zajištění dodávek paliva do čerpacích nebo plnicích stanic, údržbu těchto stanic, také údržbu trakčního trolejového vedení a měníren apod.

V případě nové sítě TTV jsou specifickým snížené náklady na provoz. To se týká klasických nebo parciálních trolejbusů. V souladu s dokumentem [2] je proto uvažováno pouze 60 % nominálních nákladů za prvních 15 let provozu trolejové sítě, následně 80 % nákladů v dalších 15 letech, a teprve poté 100 % hodnoty nákladů. Pro období udržitelnosti 30 let je tedy v první polovině období uvažováno 60 %, a ve druhé polovině 80 %, čili v průměru 70 % za každý rok v období udržitelnosti. Tato redukce je v kalkulaci formálně uvažována pro parciální trolejbusy jako počet cyklů 21 namísto 30. V případě čerpacích nebo plnicích stanic není obdobná redukce možná, neboť roční náklady na dodávky paliva nejsou ovlivněny technickým stavem čerpacích nebo plnicích stanic.

Jak již uvedeno v kapitole 4.4.4, nová vozidla pro údržbu a obnovu trolejového vedení nejsou uvažována – počítá se s využitím vozidel DPP pro údržbu tramvajového trolejového vedení.

Náklady pro dieselové autobusy a parciální trolejbusy jsou založeny na kalkulaci z dokumentu [2], vycházejí z hodnot odvozených z dopravního výkonu. Jako výpočetní základ tedy budou uvažovány roční vozokilometry najeté na jednotlivých linkách. Jak bylo uvedeno, linka 375 je uvažována i v případě dieselových autobusů se všemi spoji typu A (s náhradou linek 367, 477 a 478 v koncovém úseku), aby srovnání bylo objektivní. To znamená dle kapitoly 3.3 nárůst ročních vozokilometrů na této lince o hodnotu 66 984, což je v následující tabulce zohledněno.

Není uvažována změna výkonu během období udržitelnosti, neboť vývoj nabídky a poptávky po přepravě není znám a může být ovlivněn řadou faktorů, jak bylo uvedeno v kapitole 3.3.

Další Tabulka 38 obsahuje kalkulaci měrných i celkových nákladů. Měrné hodnoty pro dieselové autobusy a parciální trolejbusy jsou převzaty z [2] a vycházejí z hodnot odvozených z dopravního výkonu v Pražské integrované dopravě.

Tabulka 37 – Podklady pro výpočet nákladů na provoz infrastruktury

Provoz infrastruktury – podklady pro výpočet			
Druh trakce (pohonu)	Počet cyklů za 30 let	Roční dopravní výkon (vozokilometry / cyklus)	
		Linka 375	Linka 377
Autobus (diesel)	30	857 961	554 078
Parciální trolejbus	21		
Autobus poháněný vodíkem	30		
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	21		
Elektrobuses (dvoupólové nabíjení)	30		
Elektrobuses (čtyřpólové rychlonabíjení)	30		

Pro klasické trolejbusy je proveden odhad měrné hodnoty. Oproti parciálnímu trolejbusu jsou nutné vyšší variabilní náklady na údržbu trolejové sítě, jejíž délka je téměř dvojnásobná. Naopak není třeba zohledňovat údržbu nabíjecích stanic. Podíl navýšených variabilních nákladů zohledňujících délku sítě a větší množství prvků v troleji (výhybky atd.) na celkových nákladech je odhadován 1,5 krát vyšší oproti parciálnímu trolejbusu.

Pro vodíkový pohon je proveden odhad měrné hodnoty, kdy náklady sice neobsahují nutnou údržbu infrastruktury podél tras linek, ale vyžadují přísnější a pečlivější ošetření otázek přepravy a plnění výbušného paliva, proto jsou náklady vyšší oproti dieselovým autobusům.

Tabulka 38 – Cenová kalkulace provozu infrastruktury

Cenová kalkulace provozu infrastruktury				
Druh trakce (pohonu)	Měrná cena v Kč za 1 vozkm	Náklady na provoz infrastruktury za cyklus v mil. Kč		Cena celkem za všechny cykly v mil. Kč
		Linka 375	Linka 377	
Autobus (diesel)	1,21	1,04	0,67	51,26
Parciální trolejbus	1,38	1,18	0,76	40,92
Autobus poháněný vodíkem	1,32	1,13	0,73	55,92
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	2,07	1,78	1,15	61,38
Elektrobuses (dvoupólové nabíjení)	0,95	0,82	0,53	40,24
Elektrobuses (čtyřpólové rychlonabíjení)	1,00	0,86	0,55	42,36

V případě elektrobusů se údržba infrastruktury týká pouze údržby nabíjecích stanic a náklady jsou tak nejnižší ze všech posuzovaných variant.

Samotná cena paliva není součástí tohoto parametru, ale promítne se do provozních nákladů vozidel (viz kapitola 4.4.6). Do posledního sloupce se promítá cena za počet cyklů uvedený v předchozí Tabulce 37.

4.4.6. Provozní náklady vozidel

Náklady na provoz sólo i kloubových vozidel obsahují následující položky:

- pohonné hmoty (resp. energie)
- mazadla
- opotřebení pneumatik
- ostatní přímý materiál
- opravy a údržbu vozidel
- mzdy posádek vozidel (tedy zejména řidičů)
- režijní náklady

Výpočet nákladů je odvozen z kalkulace dle [2], která je provedena pro dieselové autobusy a parciální trolejbusy na základě dopravního výkonu. Dopravní výkon je uvažován ve shodně s předchozím (viz kapitola 4.4.5, Tabulka 37) s tím, že všechna vozidla vyžadují provozní náklady v každém roce období udržitelnosti, tedy ve všech případech je uvažován počet cyklů 30. Zároveň je uvažován poměr cen paliv z roku 2019, tedy posledního roku neovlivněného korona krizí. Cenu na 100 km pro typickou spotřebu paliva resp. energie podle dokumentu [31] pro dieselový autobus, parciální trolejbus a autobus poháněný vodíkem udává Tabulka 40.

Tabulka 39 – Podklady pro výpočet nákladů na provoz vozidel

Provoz vozidel – podklady pro výpočet			
Druh trakce (pohonu)	Počet cyklů za 30 let	Roční dopravní výkon (vozokilometry za cyklus)	
		Linka 375	Linka 377
Autobus (diesel)	30	857 961	554 078
Parciální trolejbus			
Autobus poháněný vodíkem			
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)			
Elektrobus (dvoupólové nabíjení)			
Elektrobus (čtyřpólové rychlonabíjení)			

Pro případ klasického trolejbusu pomohly k sestavení relevantních hodnot zkušenosti z Pardubic popsané v práci [12]. Hodnoty spotřeby trakční energie pro klasické trolejbusy Škoda 14Tr, 21Tr a 24Tr se pohybují v rozmezí 0,8 až 1,25 kWh/km s tím, že pro novější vozidla jsou nižší hodnoty. Pro potřeby tohoto dokumentu bude uvažována hodnota 100 kWh / 100 km zohledňující i nabíjení akumulátoru pro krátké přesuny nezávislou trakcí. Naopak, pro případ elektrobuse budou náklady vyšší, neboť veškerá energie se transformuje do akumulátoru, čili zde budou větší ztráty. Např. s ohledem na článek [34], ale i další známá fakta, lze uvažovat přibližnou hodnotu 200 kWh / 100 km a v případě rychlonabíjení lze očekávat vyšší účinnost o jednotky až desítky procent, proto bude kalkulována hodnota 180 kWh / 100 km.

Tabulka 40 – Cena pohonných hmot a spotřeba paliva pro sólo vozidla

Cena pohonných hmot a spotřeba paliva sólo vozidel – podklady pro výpočet			
Druh trakce (pohonu)	Cena paliva	Typická spotřeba paliva na 100 km	Cena paliva na 100 km v Kč
Autobus (diesel)	24,45 Kč / liter	37,6 litru	918
Parciální trolejbus (elektřina)	5,1 Kč / kWh	142 kWh	730
Autobus poháněný vodíkem	257,4 Kč / kg	9 kg	2 316
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	5,1 Kč / kWh	100 kWh	510
Elektrobus (dvoupólové nabíjení)	5,1 Kč / kWh	200 kWh	1 020
Elektrobus (čtyřpólové rychlonabíjení)	5,1 Kč / kWh	180 kWh	995

Tabulka 40 ukazuje, že cena za pohon v případě vodíku je oproti elektřině až cca 4× vyšší, což i dokládá i čerstvá zkušenost Dopravního podniku Ostrava publikovaná v červnu 2021 [45]. Hodnoty uvedené v tabulce zohledňují energetickou účinnost motorů i efektivitu nabíjení akumulátorů případně palivových článků.

Pro dieselové autobusy a parciální trolejbusy bylo na základě dat z [2] zjištěno, že po odečtení ceny paliva zůstává prakticky stabilní část zbývajících provozních nákladů vozidel (viz odrážky výše kromě první odrážky) s ohledem na typ vozidla (sólo nebo kloubové), což i zhruba může odpovídat relativní nezávislosti těchto činností na typu pohonu. Cena těchto činností ale závisí na množství vozidel, resp. řidičů. Proto je tato hodnota navýšena v těch případech pohonu, kdy je nutná vyšší vypravenost.

Výsledné uvažované hodnoty udává Tabulka 40. Měrná cena pro dieselové autobusy a parciální trolejbusy vychází z dokumentu [2], u ostatních pohonů byla zpětně

dopočtena na základě předchozího odstavce, tedy s využitím odlišné ceny pohonných hmot resp. energií a odvození ostatních nákladů.

Níže uvedené výpočty (viz Tabulka 41 a Tabulka 42) obsahují konstantní cenu paliva pro celé období udržitelnosti. Aby byla data korigována ve smyslu šance na budoucí změnu nákladů na pohon, budou tyto očekávané změny zohledněny tak, jak udává další Tabulka 43. V případě nafty lze očekávat nárůst ceny s ohledem na útlum těžby i budoucí menší poptávku z důvodu preference udržitelnějších forem pohonu. V případě elektrické energie nebo vodíku lze očekávat stále vyšší zapojení udržitelných forem výroby energie resp. paliva, a také masovější rozvoj technologií (včetně těch pro uchování / skladování elektrické energie), z čehož budou pramenit budoucí nižší ceny.

Tabulka 41 – Cenová kalkulace provozu vozidel

Cenová kalkulace provozu vozidel				
Položka cenové kalkulace	Měrná cena v Kč za 1 vozkm	Náklady na provoz vozidel za cyklus (rok) v mil. Kč		Cena celkem za všechny cykly v mil. Kč
		Linka 375	Linka 377	
Autobus (diesel) – sólo				
Cena PHM	9,18	0	5,09	152,59
Zbývající náklady	31,31	0	17,35	520,45
Celkem	40,49	0	22,43	673,04
Autobus (diesel) – kloubové vozidlo				
Cena PHM	10,98	9,42	0	282,62
Zbývající náklady	37,45	32,13	0	963,91
Celkem	48,43	41,55	0	1 246,53
Parciální trolejbus – sólo				
Cena PHM	7,30	0	4,04	121,34
Zbývající náklady	32,27	0	17,88	536,40
Celkem	39,57	0	21,92	657,75
Parciální trolejbus – kloubové vozidlo				
Cena PHM	8,75	7,51	0	225,17
Zbývající náklady	38,67	33,18	0	995,37
Celkem	47,42	40,68	0	1 220,54

Tabulka 42 – Cenová kalkulace provozu vozidel

Cenová kalkulace provozu vozidel				
Položka cenové kalkulace	Měrná cena v Kč za 1 vozkm	Náklady na provoz vozidel za cyklus (rok) v mil. Kč		Cena celkem za všechny cykly v mil. Kč
Autobus poháněný vodíkem – sólo				
Cena PHM	23,16	0	12,83	384,97
Zbývající náklady	34,97	0	19,38	581,27
Celkem	58,13	0	32,21	966,24
Autobus poháněný vodíkem – kloubové vozidlo				
Cena PHM	27,70	23,77	0	713,01
Zbývající náklady	40,99	35,17	0	1 055,00
Celkem	68,69	58,93	0	1 768,01
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce) – sólo				
Cena PHM	5,10	0	2,83	84,77
Zbývající náklady	36,98	0	20,49	614,72
Celkem	42,08	0	23,32	699,49
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce) – kloubové vozidlo				
Cena PHM	6,11	5,24	0	157,31
Zbývající náklady	42,89	36,80	0	1 104,04
Celkem	49,01	42,05	0	1 261,35
Elektrobuses (dvoupólové nabíjení) – sólo				
Cena PHM	10,20	0	5,65	169,55
Zbývající náklady	45,39	0	25,15	754,43
Celkem	55,59	0	30,80	923,97
Elektrobuses (dvoupólové nabíjení) – kloubové vozidlo				
Cena PHM	12,22	10,49	0	314,62
Zbývající náklady	52,09	44,69	0	1 340,62
Celkem	64,31	55,17	0	1 655,24
Elektrobuses (čtyřpólové rychlonabíjení) – sólo				
Cena PHM	9,18	0	5,09	152,59
Zbývající náklady	38,66	0	21,42	642,66
Celkem	47,84	0	26,51	795,25
Elektrobuses (čtyřpólové rychlonabíjení) – kloubové vozidlo				
Cena PHM	11,00	9,44	0	283,16
Zbývající náklady	42,89	36,80	0	1 104,04
Celkem	53,90	46,24	0	1 387,20

Tabulka 43 udává procentní vliv na celkovou cenu za nákup pohonných hmot resp. energií v období udržitelnosti 30 let. Uvedený výsledný finanční efekt je celková hodnota pro sólo i kloubová vozidla a je vázána na hodnoty z řádků „Cena PHM“ předchozí tabulky.

Tabulka 43 – Kalkulace šance na budoucí změnu nákladů na pohon

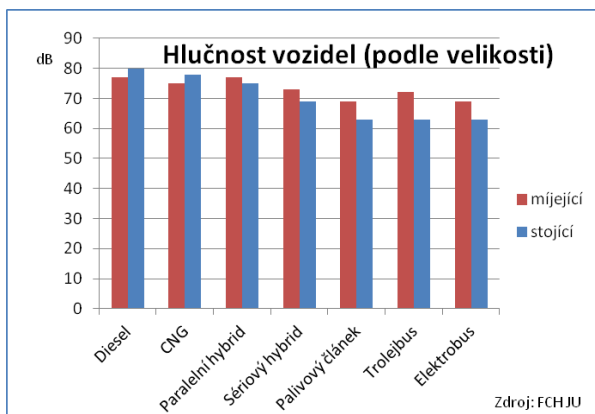
Šance na budoucí změnu nákladů na pohon		
Druh trakce (pohonu)	Šance na změnu ceny v %	Výsledný finanční efekt za všechny cykly v mil. Kč
Autobus (diesel)	+15	+65,28
Parciální trolejbus (elektřina)	-10	-34,65
Autobus poháněný vodíkem	-15	-164,70
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	-10	-24,21
Elektrobus (dvoupólové nabíjení)	-10	-48,42
Elektrobus (čtyřpólové rychlonabíjení)	-10	-43,57

4.4.7. Externality

Jak již bylo zmíněno, externality jsou posuzovány pouze lokálně v místě vozidla. Cílem projektu je lokálně bezemisní doprava.

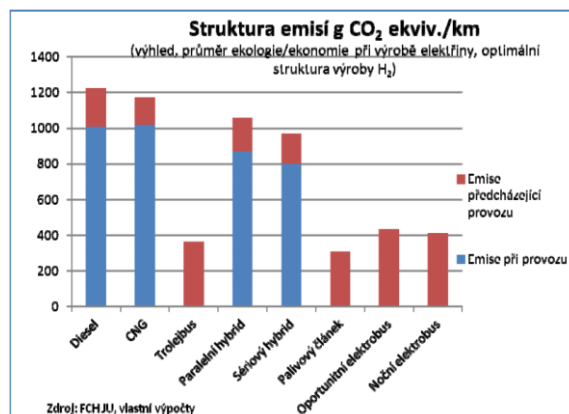
Mezi sledované lokální externality je zařazen hluk a lokální emise. Ocenění těchto externalit pro dieselové autobusy a parciální trolejbusy jsou řešeny v dokumentu [2] a jsou uvažovány i pro potřeby tohoto hodnocení variant pohonu. Pro další druhy pohonu se vychází z uvedených hodnot. Vodíkovým pohonem se rozumí generování elektrické energie z palivových článků pro pohon elektromotoru, proto i pro tento typ vozidla lze uvažovat srovnatelné parametry, jako pro ostatní vozidla s elektromotory.

Tabulka 44 udává přepočít externalit hluku na finanční ekvivalent, a to pro jednotlivé linky, ale i celkově pro celé období udržitelnosti. Základní data pro dieselové autobusy a parciální trolejbusy jsou čerpána z dokumentu [2], ostatní data jsou odvozena ze vzájemného vztahu v následujícím grafu na obr. 13, který zobrazuje hodnotu akustického tlaku v bezprostřední blízkosti vozidel. Graf původně pocházející od sdružení The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) je publikován zdrojem [14]. Ve sledovaných lokalitách, kde se obyvatelé pohybují, bude samozřejmě nižší, nicméně pro vzájemné srovnání hladin u různých druhů pohonu tento graf výborně poslouží.



obr. 13

porovnání hodnot akustického tlaku pro různé druhy pohonu [12]



obr. 14

struktura emisí CO₂ [12]

Tabulka 44 – Cenová kalkulace externality hluk z dopravy

Cenová kalkulace externality hluk z dopravy				
Druh trakce (pohonu)	Třída LAeq dB(A)	Hodnota externality v mil. Kč		Hodnota externality celkem za 30 let v mil. Kč
		Linka 375	Linka 377	
Autobus (diesel)	55 až 59	54,43	28,61	2 491,07
Parciální trolejbus	50 až 54	36,18	19,14	1 659,62
Autobus poháněný vodíkem				
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)				
Elektrobus (dvoupólové nabíjení)				
Elektrobus (čtyřpólové rychlonabíjení)				

Hodnota externalit plyne z třídy hladiny akustického tlaku (LAeq). Hodnota je odvozena z počtu obyvatel zasažených hlukem a ze společenských nákladů hluku [2]. Počet osob zasažených hlukem je uvažován 22,3 tisíce v případě linky 375, a dále 11,8 tisíc v případě linky 377.

Výpočet emisí je vztažen k dopravnímu výkonu. Dopravní výkon je uvažován ve shodně s předchozím (viz kapitola 4.4.6, Tabulka 39). Všechna vozidla vyžadují externality v každém roce období udržitelnosti, tedy ve všech případech je uvažován počet cyklů 30. Ve všech případech pohonu je využit shodný dopravní výkon odpovídající návrhovému výhledovému stavu podle kapitoly 3.3.

Tabulka 45 – Podklady pro výpočet nákladů na externalitu lokálních emisí

Externalita lokálních emisí – podklady pro výpočet			
Druh trakce (pohonu)	Počet cyklů za 30 let	Roční dopravní výkon (vozokilometry za cyklus)	
		Linka 375	Linka 377
Autobus (diesel)	30	857 961	554 078
Parciální trolejbus			
Autobus poháněný vodíkem			
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)			
Elektrobus (dvoupólové nabíjení)			
Elektrobus (čtyřpólové rychlonabíjení)			

Tabulka 46 – Cenová kalkulace externality lokální emise

Cenová kalkulace externality lokální emise						
Emisní látka	Emise v gramech na vozkm	Měrná cena v Kč za 1 tunu emise	Měrná cena v Kč za 1 vozkm	Hodnota externality za cyklus (rok) v mil. Kč		Hodnota externality celkem za všechny cykly v mil. Kč
				Linka 375	Linka 377	
Autobus (diesel)						
CO ₂	556,0000	3 865	2,1489	1,84	1,19	91,03
NO _x	5,0200	678 083	3,4040	2,92	1,89	144,20
SO ₂	0,0540	606 101	0,0327	0,03	0,02	1,39
PM2,5	0,1030	9 262 744	0,9541	0,82	0,53	40,42
PM10	0,9900	3 708 112	3,6710	3,15	2,03	155,51
Celkem				8,76	5,66	432,54
Elektrický pohon (klasický nebo parciální trolejbus, elektrobus, autobus poháněný vodíkem)						
CO ₂	77,7900	3 865	0,3007	0,26	0,17	12,74
NO _x	0,0304	678 083	0,0206	0,02	0,01	0,87
SO ₂	0,0002	606 101	0,0001	0,00	0,00	0,01
PM2,5	0,0504	9 262 744	0,4668	0,40	0,26	19,78
PM10	0,2974	3 708 112	1,1028	0,95	0,61	46,72
Celkem				1,62	1,05	80,11

Tabulka 46 udává přepočtení externalit emisí na finanční ekvivalent, opět rozlišením na jednotlivé linky, a s uvedením hodnot pro celé období udržitelnosti. Základní data pro dieselové autobusy a parciální trolejbusy opět vycházejí z dokumentu [2], ostatní data jsou odvozena. Hodnoty jsou průměrné pro sólo i kloubová vozidla. Uvedeny jsou hodnoty pro oxid uhličitý (CO₂), skupinu oxidů dusíku (NO_x), oxid siřičitý (SO₂), a dále

prachové částice jemné (PM_{2,5}) a hrubé (PM₁₀). I v případě elektrického lokálně bezemisního pohonu existuje vyjádření emisí, jedná se však o emise předcházející provozu, rozpočítané do provozního období. Tyto emise jsou zřetelné v grafu výše na obr. 14 a jsou srovnatelné pro všechny druhy lokálně bezemisního pohonu. Proto v tabulce níže jsou uváděny společně emise pro všechny druhy elektrického pohonu, ať už je energie přijímána z elektrické sítě, akumulátorů nebo vodíkových palivových článků.

4.4.8. Nejistota z neprověřené technologie

Odhad ekonomických nákladů jakožto hodnotící veličiny je silně ovlivněn zkušenostmi s provozovanou technologií. S ohledem na to, že pro různé druhy pohonu jsou v současné době rozdílné zkušenosti, je třeba do hodnocení zahrnout případná rizika s prodražením provozu včetně zkrácení životnosti takové technologie, a to z různých příčin. Mezi takové příčiny lze řadit např. neznámá provozní omezení nové technologie, nedodržení slibovaných provozních a technických parametrů atd. Jistá dílčí rizika také přináší přenos zkušeností ze zahraničí do prostředí ČR. V případě elektrobusů lze jako dílčí riziko vnímat jejich využití v podobě kapacitnějších vozidel; dosavadní většinové zkušenosti z ČR jsou především z jejich nasazování v podobě minibusů případně sólo vozidel, jak i bylo uvedeno v kapitole 4.2.

Tabulka 47 – Kalkulace nejistoty plynoucí z neprověřené technologie

Nejistota plynoucí z neprověřené technologie		
Druh trakce (pohonu)	Pravděpodobný nárůst nákladů na provoz v %	Výsledný finanční efekt za 30 let v mil. Kč
Autobus (diesel)	0	0,00
Parciální trolejbus (elektřina)	10	191,92
Autobus poháněný vodíkem	25	697,54
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)	0	0,00
Elektrobus (dvoupólové nabíjení)	20	523,89
Elektrobus (čtyřpólové rychlonabíjení)	25	556,20

Uvedená rizika udává Tabulka 47. Čím vyšší jsou zkušenosti s provozem dané technologie v prostředí ČR a zejména Prahy a Středočeského kraje, tím menší je riziko, že reálné náklady stoupnou nad predikovanou úroveň. Riziko je vyčísleno formou pravděpodobného nárůstu nákladů na provoz infrastruktury a vozidel oproti

udávaným hodnotám. V posledním sloupci je pak uveden finanční ekvivalent odpovídající celému období udržitelnosti.

V případě parciálních trolejbusů hodnota obsahuje riziko zkrácení životnosti akumulátorů. V případě vodíkového pohonu se riziko zkrácení životnosti a vyšší konečné ceny týká veškerých technologií, i proto je udána vyšší hodnota. Pro elektrobusy plynou rizika zejména s dojezdem kapacitních vozidel, resp. délkou nabíjení na konečných zastávkách a s tím souvisejícím počtem vypravených vozidel na linku, zejména u kloubových autobusů na lince 375.

4.4.9. Možnost dotací

Dotační tituly z evropských případně národních či regionálních dotačních programů se zaměřují na podporu veřejné dopravy, v posledních letech zároveň na udržitelné formy veřejné dopravy. Je proto zřejmé, že větší šanci na dotační krytí má vždy takový projekt, který vede k nižší uhlíkové stopě, resp. je šetrnější k životnímu prostředí např. tím, že je energeticky úspornější nebo využívá obnovitelné zdroje energie. Šance na parciální krytí z dotačních titulů jsou pak obvykle až 85 % investičních prostředků pro daný projekt. Příklad krytí investic na úrovni 85 % je z Českých Budějovic [23].

Uvedenou možnost dotačního krytí udává následující Tabulka 48. Pro lokálně „zelené“ technologie je uvažována možnost krytí 70 % investičních nákladů na vozidla a infrastrukturu, včetně možných průběžných investic do obnovy vozového parku. V posledním sloupci je pak uveden finanční ekvivalent odpovídající celému období udržitelnosti. Znaménko „minus“ označuje snížení nákladů z pohledu investora o konkrétní odhadovanou částku.

Tabulka 48 – Kalkulace možnosti využití spolufinancování z dotačních titulů

Možnost využití spolufinancování z dotačních titulů		
Druh trakce (pohonu)	Pravděpodobná úspora investic v %	Výsledný finanční efekt za 30 let v mil. Kč
Autobus (diesel)	0	0,00
Parciální trolejbus (elektřina)	70	-750,68
Autobus poháněný vodíkem		-801,50
Klasický trolejbus (s možností nezávislé trakce)		-610,02
Elektrobus (dvoupólové nabíjení)		-977,20
Elektrobus (čtyřpólové rychlonabíjení)		-836,50

Tabulka reflektuje relativně optimistickou vizi, která je ale v současné době i v budoucích letech reálná, neboť je společensky žádoucí podporovat veřejnou dopravu i udržitelné formy jejího provozování.

4.5. Celkové výsledné porovnání variant

Tato kapitola uvádí přehledný souhrn všech kritérií, jejich finanční ocenění a výsledné srovnání. Kapitola vychází ze všech výsledků dílčích kritérií podrobně představených v předchozí kapitole 4.4, resp. v jednotlivých jejích podkapitolách.

Tabulka 49 je stěžejním výstupem celého tohoto dokumentu a obsahuje přehledné výsledné hodnocení jednotlivých variant, a to pro období 30 let udržitelnosti projektu. Po zohlednění všech uvažovaných kritérií jako **nejvýhodnější (optimální) vychází varianta parciálních trolejbusů**, následovaná elektrobusey s čtyřpólovým rychlonabíjením. Promítneme-li do těchto výsledků i úsporu v podobě využití trolejbusové tratě pro linku 58 (140) financovanou hl. m. Prahou, varianta parciálních trolejbusů ještě zvýrazňuje svou výhodnost.

Tabulka 49 uvádí v posledních dvou řádcích pro parciální trolejbusy příklad, kdy zbývající úseky 4,2 km jednostopě na lince č. 140, které nevybuduje Praha v první etapě (blíže viz kapitola 2.2), budou realizovány hlavním městem z titulu rozšíření již vybudovaného díla. Pokud by bylo tyto úseky nutné hradit z projektu Středočeského kraje, úspora na předposledním řádku tabulky by se úměrně snížila orientačně o 40 %, neboť namísto 10,6 km trolejové stopy vybudované hl. m. Prahou by se vycházelo pouze z 6,4 km stopy vybudované v první etapě.

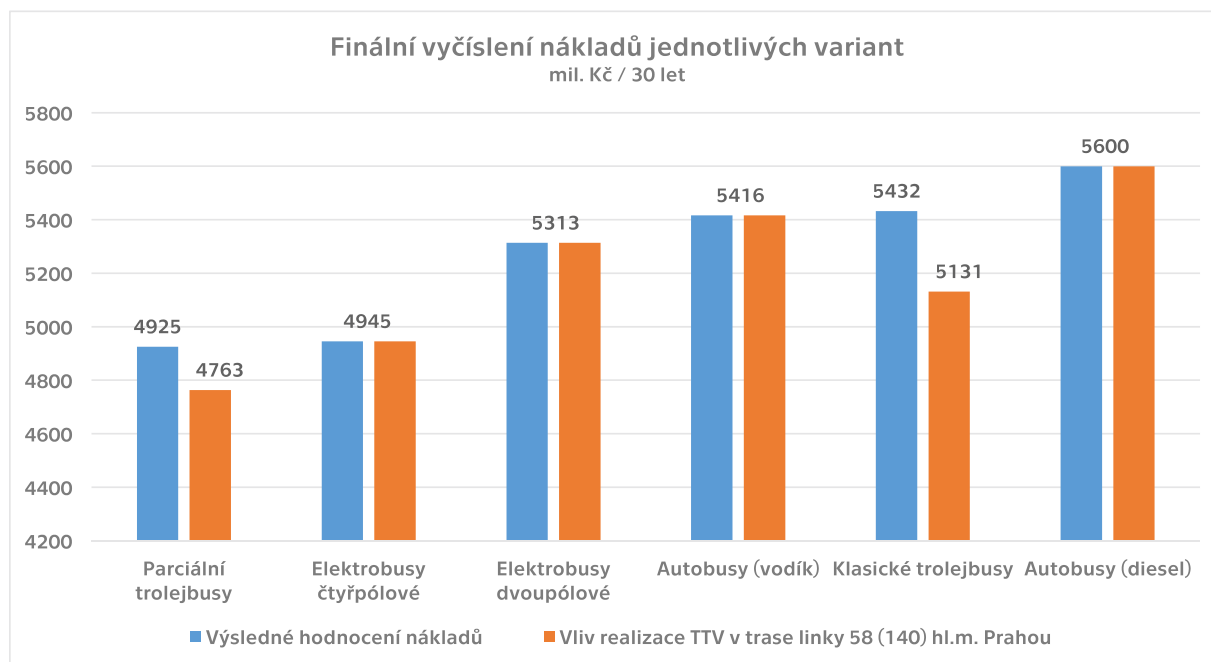
Varianta parciálních trolejbusů má zároveň nižší provozní náklady, tak se její výhodnost bude ještě více uplatňovat, pokud zvolíme delší než třicetiletý časový horizont.

Z dalších variant lokálně bezemisní veřejné dopravy vycházejí srovnatelně jak klasické trolejbusy, tak elektrobusey s dvoupólovým nabíjením, tak autobusy s pohonem na bázi vodíkových palivových článků. Varianta klasických dieselových autobusů vychází nejhůře, a to především kvůli započtení nákladů externalit hluk a emise v celém třicetiletém horizontu.

Tabulka 49 – Výsledné multikriteriální porovnání variant pro období 30 let

Multikriteriální porovnání variant, hodnoty v mil. Kč za 30 let						
Kritérium (skupina kritérií)	Autobusy	Parciální trolejbusy	Vodík	Klasické trolejbusy	Elektrobusy dvoupólové	Elektrobusy čtyřpólové
Pořízení a obnova sólo vozidel	240	338	360	276	476	390
Pořízení a obnova kloubových vozidel	390	510	585	375	756	585
Vybudování infrastruktury na trasách	10	1 003	10	1 794	60	110
Obnova infrastruktury na trasách	0	140	0	220	50	100
Vybudování a obnova infrastruktury ve vozovně	0	84	200	40	114	120
Synergický efekt při realizaci dalších linek	0	-216	0	-401	0	0
Provozní náklady infrastruktury	51	41	56	61	40	42
Provozní náklady sólo vozidel	673	658	966	699	924	795
Provozní náklady kloubových vozidel	1 247	1 221	1 768	1 261	1 655	1 387
Šance na budoucí změnu nákladů na pohon	65	-35	-165	-24	-48	-44
Externality – hluk	2 491	1 660	1 660	1 660	1 660	1 660
Externality – lokální emise	433	80	80	80	80	80
Nejistota z neprověřené technologie	0	192	698	0	524	556
Možnost dotací	0	-751	-802	-610	-977	-837
CELKEM	5 600	4 925	5 416	5 432	5 313	4 945
Další úspora, pokud náklady na realizaci úseků TTV souběžných s linkou 58 (140) budou začleněny do jiného zdroje	0	-162	0	-301	0	0
CELKEM s úsporou TTV linky 58 (140)	5 600	4 763	5 416	5 131	5 313	4 945

Uvedené výsledky jsou graficky srovnány na následujícím obr. 15. Patrný je vliv investic hl. m. Prahy do trakčního trolejového vedení (TTV), ať už v režimu parciálních trolejbusů s úseky dle studie [1], tak v režimu klasických trolejbusů s tratí v celé délce linky.



obr. 15

srovnání nákladů jednotlivých variant pohonu na linkách PID 375 a 377

Aktivity kolem energetického využití vodíku ve smyslu memoranda [2] je tak doporučeno rozvíjet u jiných linek veřejné dopravy na území Středočeského kraje, kde lze využít synergii s dalšími aktivitami klíčových hráčů, např. stávající plynové stanice v Neratovicích nebo výzkumné středisko v Řeži u Prahy. Jedná se preferovaně o linky zajišťované z míst těchto aktivit, např. linky ukončené v Neratovicích, jako je linka PID č. 473 nebo č. 476, případně vybrané spoje linky č. 371 vypravované z Řeže u Prahy.

Obecně je pak doporučeno ve veřejné dopravě vytvářet „technologické ostrovy“ druhů pohonu tak, aby v každé provozovně, odkud jsou spoje vypravovány na jednotlivé linky veřejné dopravy, byla pokud možno používána jedna z moderních lokálně bezemisních technologií pohonu. Tedy např. kolem provozovny Brandýs nad Labem – Stará Boleslav je doporučeno postupně budovat parciální trolejbusy, zatímco kolem jiných provozoven pak může být zvolena např. technologie vodíkových palivových článků. Tím se zajistí optimální synergie všech vynaložených prostředků. Uvedené doporučení může být ale v rozporu s požadavkem na otevřenost soutěže mezi dopravci o provozování základní dopravní obslužnosti ve Středočeském kraji. Za tímto účelem je doporučeno se záměrem na rozvoj lokálně bezemisních pohonů koordinovat organizaci soutěže o dopravní obslužnost v předemných lokalitách.

5. OPATŘENÍ PRO PREFERENCI VHD

Cílem preference veřejné hromadné dopravy (VHD) je zvýšit kvalitu VHD a zamezit nežádoucím vlivům na její rychlost a spolehlivost, zejména zpoždění v provozu. Preference veřejné hromadné dopravy je ze strany infrastruktury základní podmínkou pro fungující, kvalitní, komfortní a především spolehlivý systém veřejné hromadné dopravy. V městské aglomeraci, jako je ta pražská, je upřednostňování pohybu vozidel veřejné hromadné dopravy navíc jedním z nástrojů udržitelné mobility.

Pražská integrovaná doprava (PID) má zpracován a v roce 2017 schválen „Projekt preference MHD v Praze – Celoměstský projekt preference městské hromadné dopravy v Praze v letech 2016 – 2020“ [46], který má přirozeně přesah na veškeré území provozu PID včetně lokalit ve Středočeském kraji. Hlavními součástmi tohoto projektu jsou koncepční dokument a katalog preferenčních opatření pro veřejnou hromadnou dopravu. Na tvorbě dokumentu spolupracovala organizace ROPID, Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy a Dopravní podnik hl. m. Prahy.

5.1. Pilíře preference autobusů a souvisejících vozidel

Preference VHD koncipovaná pro pražskou aglomeraci, ale i jakýkoli obecný systém veřejné dopravy, sestává z následujících tří pilířů pro autobusovou a související dopravu [46]:

- 1 – systémová přednost v jízdě vozidel VHD
- 2 – plynulý provoz nebo vyhrazená jízdní dráha
- 3 – preference na SSZ i na příjezdu ke křižovatce

První pilíř představuje návrh uspořádání pozemní komunikace tak, aby autobusům toto uspořádání přirozeně poskytovalo přednost v jízdě. Jedná se například o následující opatření:

- 1a – vyznačení hlavní pozemní komunikace ve směru jízdy veřejné dopravy
- 1b – zajištění plynulého výjezdu BUS z vyhrazeného jízdního pruhu či zastávky příslušným uspořádáním komunikace či stavebním řešením
- 1c – realizace zastávkových mysů, zátkových zastávek či zastávek v jízdním pruhu oproti zastávkám v zálivu (bezproblémový výjezd)
- 1d – realizace absolutní či vysoké míry preference na SSZ v kombinaci s vyhrazenou jízdní drahou v řadicích pruzích

Druhý pilíř představuje zajištění podmínek pro plynulý a relativně rychlý provoz VHD. Jedná se například o následující opatření:

- 2a – zřízení vyhrazené jízdní dráhy pro veřejnou dopravu (vyhrazený jízdní pruh pro autobusy apod.)
- 2b – udržování plynulého provozu a řízené ponechávání kolony vozidel (kongesce) tam, kde jí nemůže být provoz veřejné dopravy ovlivněn

Třetí pilíř představuje omezení vlivu SSZ na zdržení spojů veřejné dopravy. Spoj by měl vždy křižovatkou projet „na první zelenou“, tedy maximálně se zdržením jednoho cyklu. Jedná se například o následující opatření:

- 3a – „prostá“ preference VHD na SSZ, kdy vozidlo veřejné dopravy přijíždí ke stopčáře v méně zatíženém proudu ostatních vozidel
- 3b – příjezd vozidel VHD vyhrazenou jízdní drahou ke stopčáře v kombinaci s vysokou mírou preference na SSZ či absolutní preferencí

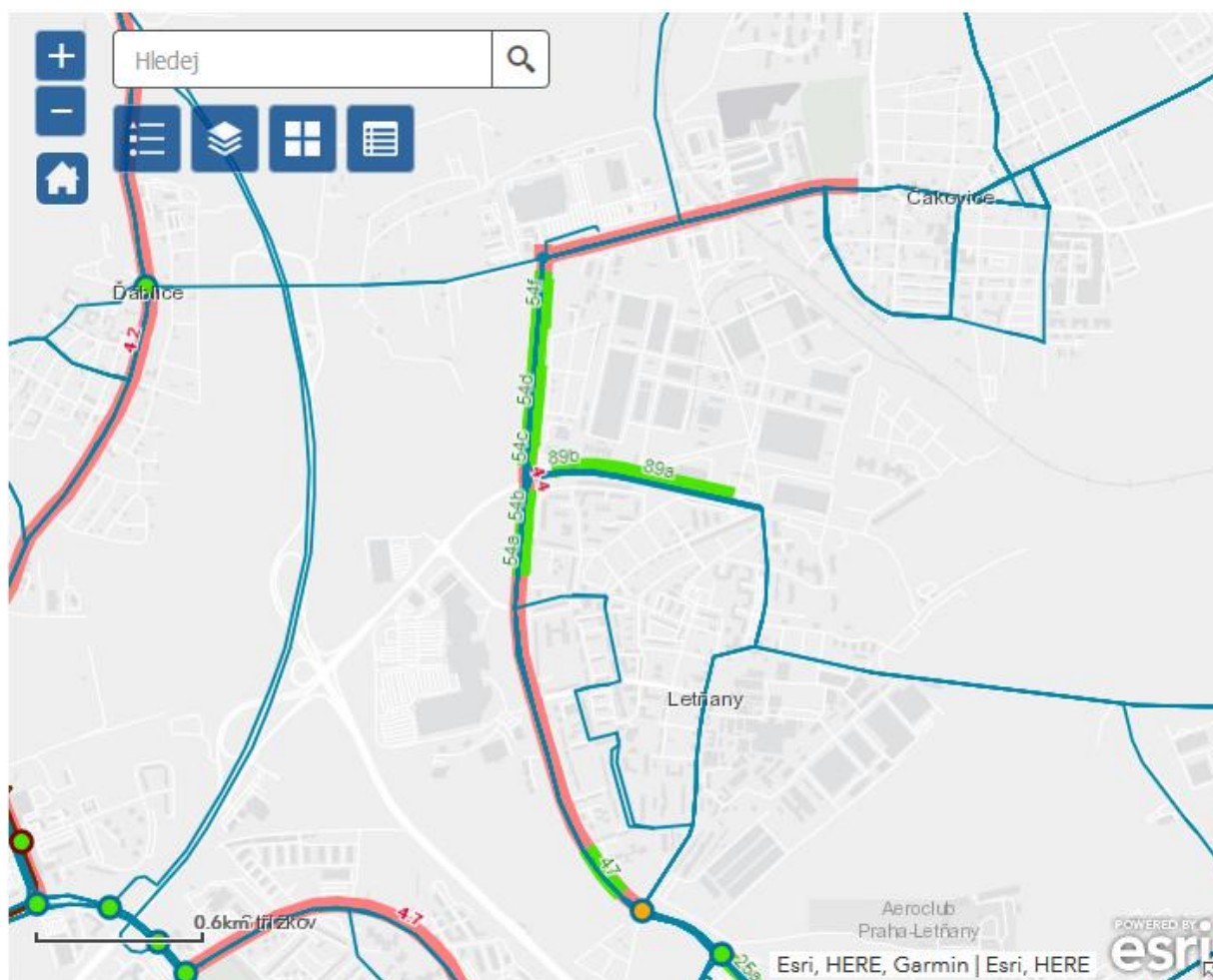
5.2. Lokality s dopravními kongescemi

V případě linek č. 375 a 377 jsou hledány lokality, ve kterých bude smysluplné realizovat opatření preference.

Jedním ze základních výstupů projektu preference je interaktivní mapa problémových míst k řešení definovaných v projektu dostupná na hlavní stránce projektu [47]. Mapa (viz obr. 16 a obr. 17) zobrazuje lokality s identifikovanými problémy s pravidelností a spolehlivostí provozu veřejné dopravy dle „Projektů preference“. Takové úseky s problémy pro autobusy jsou v mapě vyznačeny růžovou barvou. Mapa zároveň umožňuje zobrazit již realizovaná preferenční opatření (zelenou barvou).

V lokalitách linek 375 a 377 byly vyhledány následující problémové úseky. Na obr. 16 se nachází lokalita okolí Letňan. Je zde patrný problém s kongescemi v Tupolevově a Kostelecké ulici, přičemž ve větší části Tupolevovy ulice je již problém vyřešen vyhrazenými jízdními pruhy pro VHD. Problém tak zůstává v následujících lokalitách:

- Kostelecká v okolí zastávky „Obchodní centrum Čakovice“ (linka 377)
- Tupolevova v okolí stejnojmenné zastávky (linka 377)



obr. 16

problémové úseky VHD v okolí Letňan [46]

Na obr. 17 se nachází lokalita Prahy v okolí Proseka. Je zde patrný problém v téměř celém úseku linky 375 v uvažované variantě mezi Harfou a Letňanami, a dále úsek stejné linky v ulici Beladova. Problém je vyřešen v části Vysočanské a Freyovy ulice ve formě vyhrazeného pruhu. Problém tak zůstává v následujících lokalitách:

- Freyova / Vysočanská ulice v okolí zastávky „Vysočanská“ (linka 375)
- v části Vysočanské ulice přiléhající ke křižovatce s Proseckou ulicí (linka 375)
- Prosecká ulice mezi křižovatkami s Vysočanskou a Leňanskou ulicí (linka 375)
- Beladova ulice v celé délce (linka 375)



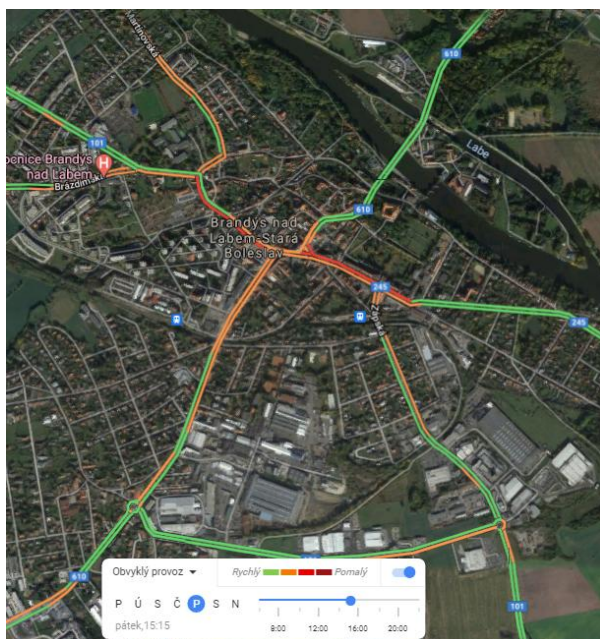
obr. 17

problémové úseky VHD v okolí Proseka [46]

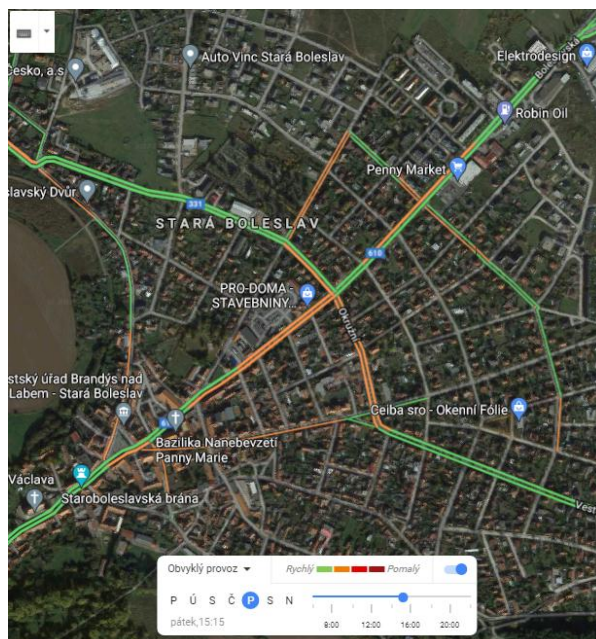
Jelikož interaktivní mapa nezasahuje na území Středočeského kraje, byl pro hledání dopravních kongescí využit nástroj „Doprava“ v mapách Google [47], které obsahují hodnoty typického provozu. Při hledání extrémů (např. páteční odpoledne) byly nalezeny následující kritické lokality:

- Brandýs nad Labem v okolí centra města dle obr. 18 – Pražská ulice přibližně v úseku Průmyslová – Podkostelní
- Stará Boleslav – Boleslavská ulice v okolí SSZ v křižovatkách s ulicemi Okružní a 17. listopadu

Na dílčí zvýšenou hustotu provozu bylo možné narazit v případě Kostelce nad Labem, nicméně zejména v úsecích vedlejších komunikací nepojížděných linkou 377 v místech připojení na hlavní komunikaci (bez SSZ), proto v této lokalitě není třeba žádné speciální opatření preference.



obr. 18



obr. 19

problémové úseky v oblasti Brandýsa n. Labem [47]

problémové úseky v oblasti Staré Boleslavi [47]

Ve všech výše uvedených případech z Prahy i Brandýsa nad Labem – Staré Boleslavi zobrazených v mapách v této kapitole se jedná o problém se zvýšenou hustotou provozu, a tedy dopravních kongescí se souvisejícím prodloužením jízdních dob. Příčinou je ve všech případech pravděpodobně omezená kapacita stávajících světelně řízených křižovatek.

Ve všech případech je navrženo postupovat následovně s využitím **aktivní preference SSZ** případně změny organizace provozu v křižovatkách za účelem zvýšení kapacity:

- Ověřit, zda signální program SSZ je dopravně závislý a optimální s ohledem na podmínky a provoz, který je k dispozici. Případná optimalizace signálního programu. Zároveň ověření funkčnosti všech dopravních detektorů, případně doplnění chybějících nebo nefunkčních.
- Ověřit, zda je řadič SSZ vybaven systémem aktivní preference a vozidlo VHD zapojeno do tohoto systému aktivní preference a je schopno komunikovat s řadičem. Případné doplnění infrastruktury nebo vozidla o potřebné komponenty.
- Ověřit, zda změna organizace pohybů v křižovatce umožňuje zvýšení propustnosti křižovatky. Je doporučeno např. doplnit další společný jízdní pruh (typicky původní jízdní pruhy bývají zbytečně široké), zakázat vybrané křižovatkové pohyby resp. odklonit příslušný směr vozidel do jiné trasy.

- Zřídit vyhrazený jízdní a řadicí pruh dostatečné délky tak, aby se počítalo s prodloužením kolony v paralelním pruhu, kterou bude třeba předjet. Takový vyhrazený jízdní pruh lze sloučit např. s dopravním proudem IAD odbočujícím vpravo.

Uvedená doporučení směřují na opatření 1d, 2a, 2b, 3a a 3b dle kapitoly 5.1.

Speciálním případem dopravních kongescí jsou kongesce způsobené **uzavřenými železničními přejezdy**, např. přejezd v Čakovicích nebo Kbelích na zatížených pozemních komunikacích. V těchto případech je řešením postupné směřování k mimoúrovňové variantě křížení s železniční tratí. To přináší i další benefity uvedené v kapitole 4.2.1. Doporučení směřují na opatření prvního pilíře dle kapitoly 5.1.

5.3. Další lokality s možností úprav

V kapitole 5.2 byly popsány lokality, kde preference VHD pomůže překonat problém v podobě kongescí resp. nedostatečné kapacity. Mezi další opatření lze zařadit ta, která směřují na první pilíř dle kapitoly 5.1 a umožňují zkrátit cestovní doby zrychlením VHD. Může se jednat o následující:

- Změna organizace dopravy zajišťující **plynulou jízdu přes křižovatky** – tedy změnu přednosti v jízdě resp. změnu organizace dopravy ve smyslu plynulé jízdy veřejné dopravy. Např. v lokalitě výjezdu od vlakového nádraží ve Staré Boleslavi směrem k centru Staré Boleslavi by se připojení na hlavní komunikaci II/610 dalo vyřešit průběžně vedeným vyhrazeným pruhem bez nutnosti zaústit pruh do hlavní komunikace a dávat přednost IAD. Realizace prostřednictvím zúžení jízdních pruhů umístěním tří namísto dvou a souběžným pokračováním vyhrazeného pruhu s pruhem pro IAD ve směru k centru Staré Boleslavi.
- Změna organizace dopravy zajišťující **plynulý výjezd ze zastávek** – budování „zátkových zastávek“ zejména v lokalitách na příjezdu do hlavního města u linky 377 v okolí hranice města. Zde je obvykle vyšší hustota dopravy, zejména v ranní špičce. Anebo v lokalitách častějšího přecházení dětí (školy) pro zvýšení bezpečnosti. Opatření přináší dopravně zklidňující účinek. Lze kombinovat s vytvořením přechodu pro chodce s ostrůvkem.
- Změna organizace dopravy zajišťující **plynulý výjezd z vyhrazeného jízdního pruhu** – např. vyústění vyhrazených pruhů v Tupolevově ulici (linka 377) v obou

směrech před okružními křižovatkami, kde v současnosti BUS pruh není průběžný a VHD tak nemá přednost před IAD ze souběžného pruhu.

Veřejnou dopravu lze také preferovat nepřímo, tedy např. finančním zvýhodněním využití VHD oproti využití IAD. Chování lidí lze ovlivnit účinnou dopravní politikou podporující VHD na úrovni výhodnějšího tarifu (např. celodenní jízdenky v ceně 1,5 klasické jízdenky), pohodlnějšího odbavení nebo větší nabídky spojů, nebo také naopak zajištěním méně výhodných podmínek pro IAD zvýšením nebo zavedením poplatků za parkování, ... atd.

Vždy je u preference VHD preferováno vytvářet **cíleně opatření ve více lokalitách najednou**, aby byl efekt ztelnější a nikoli přehlédnutelný.

6. SHRUTÍ A DOPORUČENÍ

Výsledky provedených analýz šesti různých variant pohonu ukazují, že **lokálně bezemisní doprava je celospolečensky výhodnou variantou** pro budoucnost veřejné hromadné dopravy, včetně té ve Středočeském kraji. Ambice hl. m. Prahy postupně vyloučit provoz dieselových autobusů na svém území v budoucím období dává jasný signál, jak by měl Středočeský kraj postupovat, aby nebyly zhoršeny cestovní doby a komfort pro cestující v případě nutnosti přestupu do lokálně bezemisních vozidel městských linek na hranici hlavního města.

V horizontu udržitelnosti 30 let je v případě linek PID č. 375 a 377 **nejvýhodnější (optimální) variantou provozování parciálních trolejbusů**. Tato varianta sama o sobě přináší nejvyšší celospolečenskou úsporu nákladů, a zároveň v případě předchozí realizace trolejbusové tratě pro městskou linku č. 58 (140) v podobě parciálních trolejbusů budou vynaložené náklady ještě nižší. Výsledky hodnocení jsou přehledně uvedeny v kapitole 4.5, analytické postupy v kapitole 4 a v souvisejících podkapitolách. Hl. m. Praha realizuje výstavbu trolejbusové tratě pro linku č. 58 (140) a již v roce 2021 bude zahájena stavební realizace. Tj. Středočeský kraj by měl **využít infrastruktury existujícího provozu**, a proto by se měl snažit realizovat stavbu navazující bezprostředně na existující provoz a **využít tak všech synergických efektů**.

Jako druhá v pořadí hodnocení skončila v těsném závěsu varianta bateriových elektrobusů se čtyřpólovým nabíjením. Tato varianta však nemůže profitovat ze synergického efektu právě s dalšími linkami MHD na území hl. m. Prahy tak, jako

právě varianta parciálních trolejbusů, a zahrnuje riziko nepříliš velkých zkušeností s provozováním vozidel o větší kapacitě, zejména kloubových vozidel pro linku 375. Všechny ostatní uvažované varianty bezemisní dopravy vykazují vzájemně srovnatelné vyšší náklady. Např. pro vodík bylo potvrzeno, že jen cena za ujetý kilometr vozidla je oproti elektrické energii až zhruba čtyřikrát vyšší, což i dokládá i čerstvá zkušenost Dopravního podniku Ostrava publikovaná v červnu 2021 [34].

Do hodnocení byly **zahrnuty komplexní faktory** – nejen investiční a provozní náklady samotných linek veřejné dopravy (infrastruktury a vozidel), ale také řešení zázemí vozidel, vliv externalit z provozu, nebo také rizikovost zavádění nových technologií a s tím spojené možné vyšší konečné náklady. Výsledné hodnocení je uvažováno v současných finančních hodnotách, nicméně zohledňuje předpokládaný vývoj v cenách pohonných hmot resp. energií.

Projektový záměr parciálních trolejbusů tak, jak byl představen ověřovací studií [1], **nevykazuje žádné zásadní nedostatky**. Ověřovací studie [1] i ekonomická analýza [2] však zahrnují pouze trolejbusovou trať, nikoli otázku **zázemí vozidel**, a dále není podchyceno přerušení přímé vazby (bez přestupu) stávajících spojů linek PID č. 375 a 377 na další jimi **paralelně obsluhované spoje jiných linek PID**, neboť zadání zaměřené na výměnu vozidel výhradně u linek č. 375 a 377 takové řešení z podstaty věci vynucuje.

Přetržení takové plynulé vazby, např. mezi linkami 302 a 377 v obci Veleň, nebo mezi linkami 375 a 666 v Brandýse nad Labem, nebo mezi linkami 377 a 476 v Kostelci nad Labem, může způsobit dílčí potíže pro cestující v podobě ztráty přímého spojení. Nutné dílčí provozní úpravy plynoucí ze změny trakce byly popsány v kapitole 3.3. V nich je preferováno maximálně zachovat stávající stav provozu s výše uvedenými nedostatky s tím, že dílčí optimalizace linkových vazeb by mohly být provedeny při převodu dalších okolních linek do shodné trakce.

Výchozím předpokladem je vybudování **zázemí v současné vozovně** ve Staré Boleslavi, což přináší výhodu především s ohledem na jízdní řád se směrovým ofsetem ovlivněný charakterem obou linek především s poptávkou po dojíždění do hlavního města, kdy je efektivnější vozidla vypravovat z vnější strany okolí Prahy, nikoli z hlavního města.

Důležitým aspektem studie [1] je otázka **křížení trolejbusové a železniční trati**. Z hlediska předběžného vyjádření Správy železnic k záměru je takové křížení uvažováno a v dalších stupních projektové dokumentace je nutná podrobnější koordinace se Správou železnic. Studie [1] však uvažuje o budoucí elektrizaci železničních tratí a uvažuje řešení nutnosti nasazování sběračů za přejezdem a související nucenou změnu poloh zastávek v okolí přejezdů z důvodu zkrácení jízdní doby (nasazování sběračů realizované v době pobytu v zastávce). Zde jsou přepravní důvody poloh zastávek přebíjeny dopravními důvody, a tedy z pohledu cestujícího se výsledek může odklánět od optimálního řešení. Problém může být řešen realizací křížení trolejbusové dráhy se současnou neelektrizovanou železnicí. Příležitostí je promítnutí zahraniční zkušenosti s křížením trolejbusové dráhy s elektrizovanou železnicí (uvedené v kapitole 4.2.1) do prostředí ČR v případě, že k elektrizaci železnice dojde – je tedy zatím dostatek času na přípravu. Eliminace problému lze rovněž dosáhnout postupnou přestavbou železničních přejezdů na mimoúrovňová řešení – tato přestavba však není v blízké budoucnosti plánována.

Veškerá předběžná **vyjádření obcí a dalších dotčených subjektů** k záměru studie jsou z přelomu let 2019 a 2020 a nemusejí tak již mít potřebnou platnost. Dílčí závěry bude třeba aktualizovat a dořešit.

Jak bylo uvedeno v závěru kapitoly 2.2, v každém případě je třeba z pozice Středočeského kraje **zahájit jednání s hl. m. Prahou o možnosti realizace a spolufinancování zbývajících úseků trolejbusových tratí na území hl. m. Prahy**, tedy jednak rozšíření již vybudovaných trolejových stop mezi Prosekem a Miškovcemi v trase linky 140 (58) o délku 4,2 km trolejové stopy uvedenou v kap. 2.2, se kterou počítá studie [1] pro linky č. 375 a 377, ale se kterou nepočítá současná realizace hl. m. Prahou, a dále ve věci realizace ostatních úseků trolejbusových tratí pro linky č. 375 a 377 na území Prahy, tedy zejména ve Vysočanské, Beladově a Mladoboleslavské ulici využitelných hl. m. Prahou pro další městské linky.

Aktivita kolem **energetického využití vodíku** ve smyslu memoranda [2] je doporučeno odstartovat u jiných linek veřejné dopravy na území Středočeského kraje, resp. v lokalitách, kde lze využít synergii s dalšími současnými aktivitami klíčových hráčů, blíže v kapitole 4.5. Vždy je doporučeno se záměrem na rozvoj lokálně bezemisních pohonů koordinovat organizaci soutěže o zajišťování dopravní obslužnosti v předemných lokalitách.

V posouzení jsou uvažovány **stávající počty spojů, časové rozložení spojů, délky a kapacity vozidel**, které vyhovují z hlediska poptávky po přepravě a jsou technicky realizovatelné. Pouze v případě elektrobuseů jsou dosavadní většinové zkušenosti z ČR i zahraničí především z jejich nasazování v podobě midibusů, nicméně příslušná rizika menších zkušeností s kapacitnějšími vozy jsou do posouzení zahrnuta a nejedná se ve výsledku o preferovanou variantu.

V kapitole 5 byla hledána opatření pro **preferenci veřejné dopravy** na linkách č. 375 a 377. Bylo shledáno, že naprostá většina dopravních problémů v trasách linek je způsobena nízkou kapacitou světelně řízených křižovatek anebo neaktivním či nefunkčním systémem preference VHD na SSZ pro příměstskou VHD. Jsou navržena opatření, jak stav prověřit a zlepšit. Variantně jsou navržena další opatření pro zrychlení provozu VHD, a to ve snaze usnadnění výjezdu ze zastávek, vyhrazených pruhů nebo bočních komunikací. K využití VHD lze motivovat též vhodným nastavením tarifů jak v oblasti jízdného, tak v oblasti parkování.

7. SEZNAM ZDROJŮ

- [1] Rozvoj parciálních autobusů ve Středočeském kraji. Ověřovací studie. Pragoprojekt, a. s., únor 2020.
- [2] Rozvoj parciálních trolejbusů ve Středočeském kraji – Hodnocení ekonomické efektivity. Pragoprojekt, a. s., srpen 2020.
- [3] Rezortní metodika pro hodnocení ekonomické efektivity projektů dopravních staveb. SUDOP Praha, 10/2017.
- [4] Metodika hodnocení ekonomické efektivity pro projekty v oblasti infrastruktury městské drážní dopravy. SUDOP Praha, 10/2017.
- [5] Memorandum o partnerství a spolupráci při rozvoji vodíkové mobility ve Středočeském kraji. Středočeský kraj, leden 2021.
- [6] Standardy kvality PID – Autobusy PID. Pražská integrovaná doprava, platnost od 5. 6. 2018. Dostupné na https://pid.cz/wp-content/uploads/2018/04/Standardy_kvality_autobusy_2019.pdf. Citace platná k 30. 6. 2021.

- [7] Jízdní řád linek PID č. 302, 375, 377, 471 a 666. Platnost od 10. 5. 2021 do 11. 12. 2021. K dispozici v Celostátním informačním systému o jízdních řádech spravovaném společností CHAPS spol. s r. o. Publikace prostřednictvím webu IDOS.cz. Dostupné na <https://idos.idnes.cz/vlakyautobusymhdvse/spojeni/> Citace platná k 30. 6. 2021.
- [8] Prázdniny ve školním roce 2020 / 2021 – 2027 / 2028. Dostupné na <https://www.zakladniskoly.com/aktuality-4/prazdniny-ve-skolnim-roce-2020-2021-2027-2028>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [9] Mapy.cz. Mapový portál Seznam.cz. Dostupné na <https://mapy.cz/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [10] Linka PID 375. Dostupné na <https://www.tram-bus.cz/strednicechy/autobusy/denni/linky-350-399/linka-pid-375/> Citace platná k 30. 6. 2021.
- [11] Facebook: Profil Pražská integrovaná doprava. Trolejbusem z Prahy až k Labi! Dostupné na <https://www.facebook.com/prazskaintegrovanadoprava/posts/5356349221104659>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [12] Trolejbusová doprava v Praze. Wikipedie. Dostupné na https://cs.wikipedia.org/wiki/Trolejbusová_doprava_v_Praze. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [13] Šmirausová, Š.: Perspektivy trolejbusové dopravy v Pardubicích. Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2008. Dostupné na https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/30382/SmirausovaS_Perspektivy_trolejbusove_RS_2008.pdf. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [14] Slavík, J.: Elektrobuses v MHD - trendy a příklady. Praha, Pro elektrotechniky, 7. 6. 2013. Dostupné na http://www.top-expo.cz/domain/top-expo/files/ted-2013/prednasky-ted-2013/slavik_jakub.pdf. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [15] Bartłomiejczyk, M: Projekt Slide In – trolejbus s prodlouženým dojezdem. VŠB-TU Ostrava 24. 11. 2014, Dostupné na http://www.proelektrotechniky.cz/pdf/KonferenceEbusyIII/Bartlomiejczyk_SlideIn.pdf. Citace platná k 30. 6. 2021.

- [16] E-mobilita v MHD. Situace a vývojové trendy v elektrických autobusech pro městskou dopravu. Studie. Ing. Jakub Slavík, MBA – Consulting Services, Pro elektrotechniky, březen 2015. Dostupné na <http://www.proelektrotechniky.cz/pdf/Studie2015.pdf>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [17] Fotografie linky 377 před Čakovickým zámekem. Tram-bus.cz, 5. 9. 2015. Dostupné na <https://www.tram-bus.cz/stredni-cechy/autobusy/denni/3846-linka-377-cakovicky-zamek-csad-sc-karosa-c-954-8031/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [18] Brázdová, T.: Kolik stojí trolejbus? Český rozhlas, 1. 5. 2017. Dostupné na <https://pardubice.rozhlas.cz/kolik-stoji-trolejbus-6029148>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [19] Infrastruktura OppCharge pro příležitostné nabíjení umožní celodenní nepřetržitý provoz elektrických autobusů Volvo. Volty.cz, 28. 6. 2017. Dostupné na <https://www.volty.cz/2017/06/28/rychlonabijeci-technologie-pro-elektricke-autobusy-poprve-miri-do-velke-britanie/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [20] Kußmagk, B.: Fotografie přejezdu v Salcburku, Flickr.com, 10. 8. 2017. Dostupné na <https://www.flickr.com/photos/124502316@N08/36485364115>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [21] SOR Libchavy uspěl v tendru. Dodá elektrobuses do Bratislavy. E15.cz, 16. 10. 2017. Dostupné na <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/sor-libchavy-uspel-v-tendru-doda-elektrobuses-do-bratislavy-1338607>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [22] Sůra, J: Trolejbusy pro Pardubice za pět měsíců podražily o 42 milionů korun. Z dopravy, 9. 11. 2017. Dostupné na <https://zdopravy.cz/trolejbusy-pro-pardubice-za-pet-mesicu-podrazily-o-42-milionu-korun-4073/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [23] České Budějovice nakoupí za půl miliardy nové trolejbusy a autobusy. Většinu ceny pokryjí dotace. ČTK, 5. 4. 2018. Dostupné na <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/ceske-budejovice-nakoupi-za-pul->

- miliardy-nove-trolejbusy-a-a/r~36a2717638b311e894960cc47ab5f122/. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [24] Kane, M.: New Flyer Joins OppCharge: Overhead Bus Charging. Inside EVs, 28. 8. 2018. Dostupné na <https://insideevs.com/news/339166/new-flyer-joins-oppcharge-overhead-bus-charging/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [25] Elektrobusy nové generace v Českých Budějovicích. Dopravní podnik města České Budějovice, 4. 10. 2018. Dostupné na <https://www.dpmcb.cz/o-nas/novinky/elektrobusy-nove-generace-v-ceskych-budejovicich-285.html>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [26] Dodávka 18 elektrobusů v Bratislavě je kompletní. Bus portál, 22. 11. 2018. Dostupné na <https://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=14901>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [27] ČSAD Střední Čechy má první autobusy podle nových pravidel ROPIDu. Z dopravy, 1. 12. 2018. Dostupné na <https://zdopravy.cz/obrazem-csad-stredni-cechy-ma-prvni-autobusy-podle-novych-pravidel-ropidu-19964/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [28] Jánský, V.: Šest nových kloubových autobusů pro příměstskou dopravu. Tram-bus, 1. 12. 2018. Dostupné na [www: https://www.tram-bus.cz/sest-novych-kloubovych-autobusu-pro-primestskou-dopravu/](https://www.tram-bus.cz/sest-novych-kloubovych-autobusu-pro-primestskou-dopravu/). Citace platná k 30. 6. 2021.
- [29] Špaček, J.: Elektrobusů jezdí v tuzemské MHD zatím pouze desítky. fDrive, 25. 3. 2019. Dostupné na <https://fdrive.cz/clanky/elektrobusu-jezdi-v-tuzemske-mhd-zatim-pouze-desitky-3543>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [30] Schreffler, R.: Costs Check Growth of Fuel-Cell Infrastructure. WardsAuto, 22. 8. 2019. Dostupné na <https://www.wardsauto.com/technology/costs-check-growth-fuel-cell-infrastructure>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [31] Koleva, M., Melaina, M.: Hydrogen Fueling Stations Cost. Department of Energy, USA, 11. 2. 2020. Dostupné na <https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/21002-hydrogen-fueling-station-cost.pdf>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [32] Technicko-ekonomické posouzení implementace vodíkového pohonu v Ústeckém kraji. ÚJV Řež, a. s., Husinec, 4/2020. Dostupné na [ČVUT v Praze Fakulta dopravní
Ústav dopravních systémů
Horská 3, 128 03 PRAHA 2](https://www.kr-</p></div><div data-bbox=)

- ustecky.cz/assets/File.ashx?id__org=450018&id__dokumenty=1748691. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [33] Praha vyzkouší inovativní čtyřpólové nabíjení elektrobusů. Operátor ICT, 14. 9. 2020. Dostupné na <https://operatorict.cz/praha-vyzkousi-inovativni-cytrpolove-nabijeni-elektrobusu/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [34] Mercedes-Benz eCitaro G je zřejmě první elektrobus se solid-state baterií. Elektrické vozy, 25. 9. 2020. Dostupné na <https://elektrickevozy.cz/clanky/mercedes-benz-ecitaro-g-je-zrejme-prvni-elektrobus-se-solid-state-baterii>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [35] Hořčík, J.: Čínská invaze do Evropy začíná: 246 elektrobusů v Nizozemsku. Hybrid.cz, 22. 12. 2020. Dostupné na <http://www.hybrid.cz/cinska-invaze-do-evropy-zacina-246-elektrobusu-v-nizozemsku>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [36] Písek přechází kompletně na elektrobusy, má pět elektrobusů a sedm nabíječek. Hybrid.cz, 28. 1. 2021. Dostupné na <http://www.hybrid.cz/pisek-prechazi-kompletne-na-elektrobusy-ma-pet-elektrobusu-sedm-nabijecek>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [37] Škoda Electric dodá do Brna až 40 kloubových trolejbusů s karoserií od Solarisu. Z dopravy, 30. 1. 2021. Dostupné na <https://zdopravy.cz/skoda-electric-doda-do-brna-az-40-kloubovych-trolejbusu-s-karoserii-od-solarisu-72350/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [38] Do Prahy zamíří 14 nových českých elektrobusů ze Škody Transportation. Hybrid.cz, 1. 2. 2021. Dostupné na <http://www.hybrid.cz/do-prahy-zamiri-14-novych-ceskych-elektrobusu-ze-skody-transportation> Citace platná k 30. 6. 2021.
- [39] Vacovský, M.: Brněnský dopravní podnik uzavřel smlouvu na nákup 40 trolejbusů. fDrive, 1. 2. 2021. Dostupné na [www: https://fdrive.cz/clanky/brnensky-dopravni-podnik-uzavrel-smlouvu-na-nakup-40-trolejbusu-6487](https://fdrive.cz/clanky/brnensky-dopravni-podnik-uzavrel-smlouvu-na-nakup-40-trolejbusu-6487). Citace platná k 30. 6. 2021.
- [40] Štraub, D.: Skotský Aberdeen má první vodíkové doubledeckery na světě. Z dopravy, 28. 2. 2021. Dostupné na <https://zdopravy.cz/skotsky-aberdeen-ma-prvni-vodikove-doubledeckery-na-svete-74949/>. Citace platná k 30. 6. 2021.

- [41] Největší zakázka na elektrobusey: V ostravské MHD bude jezdit 24 vozidel od Solarisu. Z dopravy, 2. 3. 2021. Dostupné na <https://zdopravy.cz/nejvetsi-zakazka-na-elektrobusey-v-ostravske-mhd-bude-jezdit-24-vozidel-od-solarisu-75245/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [42] První pražská pravidelná trolejbusová linka Palmovka – Miškovice má zelenou. Hl. m. Praha, 4. 3. 2021. Dostupné na https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/mhd/prvni_prazska_pravidelna_trolejbusova.html Citace platná k 30. 6. 2021.
- [43] Hydrogen bus deployment in the US. ReGlobal, 24. 5. 2021. Dostupné na <https://reglobal.co/hydrogen-bus-deployment-in-the-us/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [44] Nové trolejbusové linky v metropoli vyjdou na miliardu korun. Pražský deník, 10. 6. 2021. Dostupné na https://prazsky.denik.cz/zpravy_region/trolejbus-autobus-eia-povoleni-trolej-elektrina-emise.html. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [45] Kubala, O.: Šéf DPO Morys: Kilometr vodíkového autobusu je teď čtyřikrát dražší než u autobusu na CNG nebo elektrobuse. Z dopravy, 16. 6. 2021. Dostupné na <https://zdopravy.cz/sef-dpo-morys-kilometr-vodikoveho-autobusu-je-ted-4x-drazsi-nez-u-autobusu-na-cng-nebo-elektrobuse-84050/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [46] Preference. Pražská integrovaná doprava – PID. Dostupné na <https://pid.cz/o-systemu/preference/>. Citace platná k 30. 6. 2021.
- [47] Mapy Google. Dostupné na <https://www.google.com/maps/> Citace platná k 30. 6. 2021.