

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**



**Josef Pernica**

**PROVĚŘENÍ MOŽNOSTI PROVOZU TRAMVAJÍ DELŠÍCH  
NEŽ 32 METRŮ V PRAZE**

**Bakalářská práce**

**2023**



**K612** ..... **Ústav dopravních systémů**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Josef Pernica**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – DOS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Prověření možnosti provozu tramvají delších než 32 metrů v Praze**

Název tématu (anglicky): Examination of Possibility of Operation of Trams Longer than 32 Metres in Prague

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Důvody k úvahám o tramvajích delších než 32 metrů
- Jiná opatření vedoucí ke zvýšení přepravní kapacity
- Technická infrastruktura tramvajových tratí
- Srovnání nákladů
- Technická problematika údržby a deponování vozidel
- Závěrečné zhodnocení



Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí bakalářské práce

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

Seznam odborné literatury: stanoví vedoucí bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Ondřej Nováček**  
**Ing. Tomáš Padělek, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce:

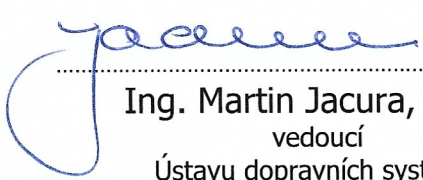
**30. června 2022**

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

Datum odevzdání bakalářské práce:

**7. srpna 2023**


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

  
.....  
Ing. Martin Jacura, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravních systémů



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
.....  
Josef Pernica  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 30. června 2022

## Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat své rodině, přátelům a spolužákům, kteří mi poskytovali cenné rady a velice důležitou oporu při psaní této práce. Dále také bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce, se kterým jsem byl v průběhu tvorby práce v kontaktu a který mi zároveň poskytoval důležitou zpětnou vazbu.

Rovněž bych zde rád poděkoval všem osobám z organizací, kteří mi ochotně poskytli materiály nebo kontakty na správná místa. Zvláštní poděkování bych chtěl vyjádřit Dopravnímu podniku hl. m. Prahy, od něhož jsem získal největší množství stěžejních podkladů, dat a informací pro mou bakalářskou práci.

## Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 2. srpna 2023



.....  
podpis

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta dopravní**

**PROVĚŘENÍ MOŽNOSTI PROVOZU TRAMVAJÍ DELŠÍCH  
NEŽ 32 METRŮ V PRAZE**

**Bakalářská práce**

**2023**

**Josef Pernica**

**Abstrakt**

Bakalářská práce prověřuje aktuální stav tramvajového provozu vzhledem k výhledům růstu hlavního města. Dále poté práce nabízí a hodnotí i jiné možnosti navýšení přepravní kapacity. V druhé části práce analyzuje samotné dopady dlouhých tramvají, snaží se nacházet rizika takového kroku a zároveň nastiňuje jejich možná řešení. Práce rovněž ukazuje nákladovou stránku takového opatření a srovnává ji s dosavadním provozem.

**Klíčová slova:** tramvaj, dlouhá tramvaj, délka nad 32 metrů, infrastruktura, provoz, údržba, investice

**CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE**

**Faculty of Transportation Sciences**

**EXAMINATION OF POSSIBILITY OF OPERATION OF TRAMS  
LONGER THAN 32 METRES IN PRAGUE**

**Bachelor thesis**

**2023**

**Josef Pernica**

**Abstract**

Bachelor's thesis examines current condition of tram service considering the growth possibilities of the capital city. Furthermore, the thesis also offers and evaluates other possibilities of increasing transport capacity. In the second part the thesis analyses effects of long trams, tries to find the risks of that step and shows their possible solutions. The thesis also shows the cost side of the measure and compares it with current service.

**Key words:** tram, long tram, length over 32 meters, infrastructure, service, maintenance, investment

# Obsah

1	Úvod .....	8
2	Praha .....	9
2.1	Výhled rozvoje .....	9
3	Analýza dat z přepravního průzkumu.....	11
3.1	Standardy obsaditelnosti tramvají PID.....	11
3.2	Způsob sběru dat.....	13
3.3	Obsazenost spojů.....	13
3.3.1	Způsob posuzování.....	13
3.3.2	Vyhodnocení obsazenosti spojů .....	14
3.4	Přesnost provozu.....	15
3.4.1	Přesnost provozu spojů zahrnutých do průzkumu.....	15
3.4.2	Dopady přesnosti provozu na kapacitní rezervu ve vozidlech .....	16
3.5	Vyhodnocení večerního kontrolního průzkumu .....	17
4	Dlouhé tramvaje ve světě a v ČR.....	19
4.1	Brno.....	19
4.2	Plzeň.....	20
4.3	Budapešť .....	20
4.4	Riga.....	20
4.5	Mnichov.....	21
5	Jiná opatření vedoucí ke zvýšení přepravní kapacity.....	22
5.1	Zkrácení intervalu na linkách .....	22
5.1.1	Použitelné intervaly .....	22
5.1.2	Vliv požadované přesnosti provozu při zkracování intervalu .....	23
5.1.3	Zatížení tratí .....	24
5.2	Zhodnocení jiných opatření ke zvýšení přepravní kapacity.....	25
6	Technická problematika infrastruktury dlouhých tramvají .....	27
6.1	Zastávky MHD.....	27
6.1.1	Délka zastávek.....	27
6.1.2	Problémová místa .....	31
6.2	Řízené křižovatky.....	33
6.2.1	Křižovatky bez kolejového rozvětvení.....	33
6.2.2	Křižovatky s kolejovým rozvětvením .....	35

6.3	Obratiště.....	36
6.4	Údržba a deponování vozidel.....	38
6.4.1	Vozovny.....	38
6.4.2	Oprava tramvají.....	40
7	Srovnání nákladů.....	43
7.1	Nákup vozidel.....	43
7.2	Provozní náklady.....	44
7.3	Údržbové náklady.....	45
7.4	Investice do infrastruktury.....	46
8	Závěrečné zhodnocení.....	49
9	Závěr.....	52



## Seznam použitých zkratek

ČR	Česká republika
VHD	veřejná hromadná doprava
MHD	městská hromadná doprava
DPMB	Dopravní podnik města Brna
IAD	individuální automobilová doprava
ČSÚ	Český statistický úřad
PID	Pražská integrovaná doprava
ROPID	Regionální organizátor pražské integrované dopravy
JŘ	jízdní řád
PMDP	Plzeňské městské dopravní podniky, a.s.
SSZ	světelné signalizační zařízení
TK	temeno kolejnice
DPP	Dopravní podnik hlavního města Prahy
ČSN	česká technická norma
TP	technické podmínky

# 1 Úvod

Bakalářská práce pojednává o problematice aktuálního provozu tramvají v Praze a o možnostech jejího dalšího vývoje. Hlavní náplní práce je prozkoumání možnosti využití jedné z velkých výhod kolejového módu dopravy, konkrétně prodloužení tramvajových vlaků i nad stávající pražskou horní hranici 32 metrů. Dále také ukázat, jaké překážky stojí v případném zavedení takto dlouhých tramvají v Praze a obecně nastínit možná řešení těchto problematik.

V první části je proveden rozbor výsledků z přepravního průzkumu ve dvou špičkových hodinách a jedné večerní hodině v zastávce Štěpánská. V této kapitole se v souvislosti s rozbohem objevuje i definice základních pojmů a souvislostí s problematikou rozebíranou v následujících kapitolách.

Ve druhé části je následně rozebrána možnost navýšení kapacity jiným způsobem než pomocí delších vozidel, včetně efektů a souvislostí, které bezpochyby s takovým řešením budou souviset.

Ve třetí části je rozsáhle popsána technická stránka zavedení dlouhých tramvají v Praze. Kapitola nastiňuje jednotlivé oblasti související s takovým provozem a předkládá jejich možná rizika včetně možných obecných postupů ke zmírnění, či úplnému odstranění těchto faktorů, které by zavedení dlouhých tramvají jistě přineslo.

Ve čtvrté části je poté představena nákladová stránka takového opatření jak z pohledu vstupních nákladů, tak i z pohledu nákladů vynaložených na provoz v této koncepci dopravy.

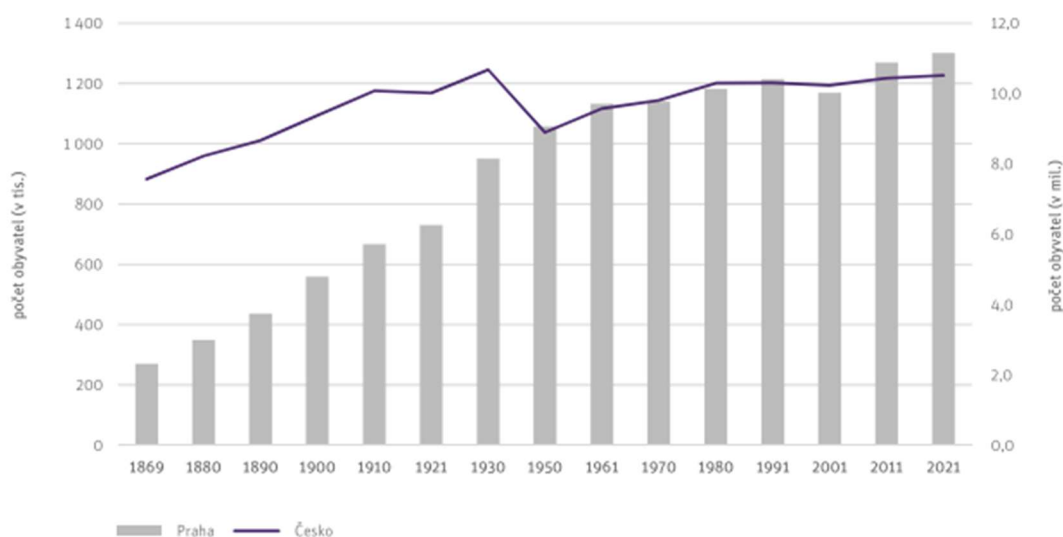
## 2 Praha

V Praze, hlavním městě ČR, po mírném poklesu v 90. letech počet obyvatel v posledních 20 letech stabilně roste a nyní se nachází na historických maximech. Na jejím území ovšem nežije pouze 1,3 milionu obyvatel, kteří zde mají trvalé bydliště, nýbrž zde trvale žije přibližně 1,6 milionu obyvatel. K těmto číslům, co se týče potřebného zajištění dostupné VHD, je nutné připočítat ještě dalších přibližně 200 tisíc lidí ze Středočeského kraje, kteří denně dojíždí do Prahy za prací. To nám v součtu dává asi 1,8 milionu lidí, kteří se nějakým způsobem musí po Praze přepravovat.<sup>[1][2]</sup>

Graf 1 – Vývoj počtu obyvatel v Praze a Česku<sup>[3]</sup>

### 2.1.1 Vývoj počtu obyvatel v Praze a Česku

IPR Praha 2022 / data: ČSÚ 2022



Z těchto souvislostí zákonitě vyplývá, že jsou v dnešní době na dopravu kladeny ty nejvyšší nároky, co se týče potřebné kapacity infrastruktury pro IAD či přepravní kapacity VHD. A je zcela nezbytné této přepravní poptávce ve VHD minimálně vyhovět, pokud je cílem si lidi v jedné z udržitelných forem dopravy aspoň udržet a neztratit je ve prospěch pohodlnější a nepřeplněné neudržitelné formy dopravy.

### 2.1 Výhled rozvoje

Dopravní infrastrukturu ovšem není možné plánovat, projektovat a budovat pouze pro uspokojení stavu stávajícího. Naopak je zde nutné zohlednit i budoucí vývoj počtu obyvatel, a s tím související budoucí dopravní potřeby obyvatelstva.

Tabulka 1 – Projekce počtu obyvatel v hl. m. Praze do roku 2070<sup>[4]</sup>

Rok	Počet obyvatel	v tom podle pohlaví		v tom podle věku			v tom podle věku (v %)		
		muži	ženy	0–14	15–64	65+	0–14	15–64	65+
2019*	1 308 632	638 009	670 623	206 668	854 866	247 098	15,8	65,3	18,9
2020	1 322 506	645 624	676 883	212 192	859 372	250 942	16,0	65,0	19,0
2030	1 421 551	697 383	724 168	222 039	932 214	267 298	15,6	65,6	18,8
2040	1 498 693	737 054	761 639	214 145	984 123	300 425	14,3	65,7	20,0
2050	1 586 293	780 652	805 641	238 814	966 986	380 493	15,1	61,0	24,0
2060	1 665 079	817 345	847 734	251 815	975 015	438 250	15,1	58,6	26,3
2070	1 715 733	840 162	875 571	245 179	1 029 443	441 111	14,3	60,0	25,7

pozn. \*reálné údaje

Z projekce ČSÚ jednoznačně vyplývá, že stávající počet 1,3 milionu obyvatel s trvalým bydlištěm v Praze dle reálných dat z roku 2019 není konečný, ale v následujících 20 letech vzroste přibližně o 200 tisíc na 1,5 milionu v roce 2040, což představuje asi 15% nárůst počtu obyvatel, kteří se budou potřebovat nějakým způsobem dopravovat po městě, stejně jako obyvatelé stávající.

Tabulka 2 – Modal split v Praze<sup>[5]</sup>

veřejná doprava	automobilová doprava	pěší doprava	cyklistická doprava	celkem
43 %	33 %	23 %	1 %	100 %

Stávající modal split v Praze říká, že asi 43 % lidí využívá VHD, což při počtu 1,8 milionu lidí, kteří se po Praze přepravují, je po zaokrouhlení na desítky tisíc asi 770 tisíc lidí využívající VHD. Při zohlednění nárůstu počtu obyvatel s trvalým bydlištěm v Praze nám počet lidí s potřebou se přepravovat po Praze stoupne asi na 2 miliony. Za předpokladu zachování stávající dělby přepravní práce a nezvýšení podílu udržitelné dopravy na úkor IAD se dá předpokládat, že VHD bude využívat asi 860 tisíc lidí. Z toho vyplývá, že v následujících 20 letech dojde k asi 11% nárůstu počtu přepravených cestujících ve VHD.

Při nerespektování tohoto základního principu a nezohlednění budoucí dopravní potřeby obyvatelstva se poté může velmi jednoduše stát, že navržený dopravní systém ještě v průběhu své životnosti nebude kapacitně dostačovat a bude nutné do něj zasahovat. Díky těmto zásahům vznikne nejen potřeba vynakládat další finanční prostředky z veřejných rozpočtů na úpravy, které by při správném zohlednění budoucího vývoje vůbec nemusely vzniknout, ale tyto úpravy rovněž nikdy nebudou moci nastat ze dne na den, nýbrž až v řádu let od uvědomění si tohoto problému.

### 3 Analýza dat z přepravního průzkumu

Pro účely bakalářské práce byl proveden profilový přepravní průzkum ve dvou hodinových sondách v zastávce Štěpánská (příloha 1 a příloha 2). Ranní část probíhala od 7:00 do 7:59 ve směru na Karlovo náměstí, odpolední část poté od 15:00 do 15:59 ve směru na I. P. Pavlovu. Cílem průzkumu bylo zjistit obsazenost jednotlivých spojů dle typu tramvaje v souladu se Standardy kvality PID, zároveň byl u tramvají zapisován i skutečný čas odjezdu, který posloužil ke zjištění zpoždění jednotlivých spojů.

Mimo základního sčítání sloužícího k rozboru situace v období přepravních špiček pracovních dnů, kdy lze všeobecně očekávat největší nároky na kapacitu VHD, byl následně proveden i kontrolní večerní průzkum (příloha 3) od 20:00 do 20:59 ve stejném profilu ve směru na I. P. Pavlovu.

#### 3.1 Standardy obsaditelnosti tramvají PID

Kapacita vozidel v PID nevychází z obsaditelnosti udávané výrobcem, která bývá standardě udávána někde v rozmezí 4-8 os/m<sup>2</sup>, nýbrž vychází ze standardů určených organizací ROPID. Tyto stanovené maximální obsaditelnosti dosahují nižších hodnot pro zvýšení komfortu cestujících a celkové kultury přepravy a pohybují se mnohdy i výrazně pod 4 os/m<sup>2</sup>.

Obsaditelnosti tramvají v PID jsou stanoveny pro jednotlivé typy vozidel a uvádí se jako hodnoty pro 90% špičku a 100% špičku, které vychází z nastaveného standardu ROPID (tzv. standard 100%).<sup>[6]</sup>

Tabulka 3 – Hodnoty obsaditelnosti tramvají T3, 14T a 15T pro 90% špičku<sup>[6]</sup>

##### 1) 90% špička (zaokrouhlená)

– stav při počtu cestujících odpovídající hodnotě 0,9\*(standard 100%)

TRAM	T3 RP	14T, 15T
počet cestujících	63	117

Tabulka 4 – Hodnoty obsaditelnosti tramvají T3, 14T a 15T pro 100% špičku s nesprávně uvedenými 140 cestujícími u vozidel 14T a 15T<sup>[6]</sup>

##### 2) 100% špička (zaokrouhlená)

– stav při počtu cestujících odpovídající hodnotě ROPID (standard 100%)

TRAM	T3 RP	14T, 15T
počet cestujících	70	140

Tyto dvě tabulky jsou převzaty z dokumentu k praktické zkoušce obsaditelnosti vozidel PID v roce 2016 a mají uvádět platné Standardy obsaditelnosti vozidel PID. Při podrobném prozkoumání těchto čísel je ale zcela zřejmé, že jedna

z uvedených hodnot pro vozidla 14T a 15T musí být nutně uvedena chybně. Má-li být 100% špička pro tato vozidla při 140 cestujících, pak hodnota pro 90% špičku nemůže odpovídat hodnotě uváděné, jelikož dle uvedeného výpočtu vychází, že hodnota pro 90% špičku by musela být 126 cestujících.<sup>[6]</sup>

Při dalším průzkumu vyhodnocení jednotlivých typů vozidel však vychází najevo, že chyba je u hodnoty pro 100% špičku, která by měla odpovídat pouze stavu se 130 cestujícími. Důkazem pro tento postoj je jednak výsledková část s kartami vozidel, ve které jsou hodnoty pro 100% špičku tramvají 14T a 15T uváděny se 130 cestujícími, ale také zmínka ve vyhodnocení, která uvádí, že všechny kloubové tramvaje mají obsaditelnost 130 cestujících. Tato zmínka je velmi důležitá ve vztahu k obsaditelnosti kloubové tramvaje typu KT8D5, která praktickou zkouškou neprošla.

Tabulka 5 – Hodnoty obsaditelnosti tramvají T3, 14T a 15T uvedené ve výsledkové části<sup>[6]</sup>

VOZIDLO		HODNOTY OBSADITELNOSTI							
typ	značka	počet m <sup>2</sup> k stání	počet sedadel	90% špička	100% špička	statistická obsaditel.	maximální obsaditel.	max. obsaditelnost dle výrobce	počet stojících na m <sup>2</sup> při max. obs.
TRAM	T3RP	15,4	22	63	70	110	110	160	5,71
	14T (standard)	24,2	67	117	130	220	205	279	5,70
	14T (facelift)	27,3	67	117	130	220	220	279	5,60
	15T	29,7	57	117	130	220	280 (totální)	283	7,51

Ze zprávy ovšem rovněž vyplývá, že u tramvají typu T3, 14T (standard) a 15T je doporučena změna maximální obsaditelnosti vozidla podle uskutečněné zkoušky. Tato změna by měla u tramvají T3 ubrat 5 cestujících, u tramvají 14T (standard) ubrat 10 cestujících, a naopak u tramvaje 15T 10 cestujících přidat.

Dle dat získaných z organizace ROPID tyto změny byly opravdu zohledněny a na základě provedené zkoušky byly upraveny Standardy obsaditelnosti. Tyto hodnoty jsou tedy nyní považovány za platné a je nutné data o obsazenosti analyzovat právě podle nich.

Tabulka 6 – Standardy obsaditelnosti vozidel PID pro tramvajovou trakci<sup>[2]</sup>

TRAKCE	TYP VOZIDLA délka (m)	OBSADITELNOST [počet osob]	NÁZEV
TRAM	T3 (2xT3)	65 (130)	T3
	T6 (2xT3)	65 (130)	T6
	KT8	130	KT8
	14T	120	14T
	14T facelift	130	14Tfl
	15T	140	15T

### 3.2 Způsob sběru dat

Spoje byly sledovány v již zmíněném období 7:00-7:59 a 15:00-15:59 dle pravidelných JŘ. Za tuto dobu bylo skrze sčítací profil naplánováno 43 spojů v dopoledním profilu a 44 spojů v profilu odpoledním, celkem tedy bylo nasčítáno 87 spojů. Sčítání bylo provedeno formou zápisu typu vozidla pohledem po rozpoznání čísla linky již při přibližování spoje, následně nasčítáním počtu cestujících v určeném profilu a poté i zapsáním skutečného času odjezdu z dané zastávky. V případě velkých zpoždění přibližujících se intervalu na dané lince, či dokonce překračujících linkový interval, bylo pro ověření, zda se jedná o spoj zpožděný, či spoj načas s výpadkem předchozího spoje, využito portálu [mapa.pid.cz](http://mapa.pid.cz), ve kterém lze tuto informaci jednoduše ověřit.

Tento postup byl rovněž uplatněn pro večerní spoje v období 20:00-20:59 dle pravidelných JŘ, během kterého bylo profilem naplánováno a nasčítáno 20 spojů.

### 3.3 Obsazenost spojů

#### 3.3.1 Způsob posuzování

Je zcela jasné, že sčítání lidmi v provozu nemůže být bezchybné s přesností na jednoho člověka ve spojích, které jsou výrazně přeplněné. U spojů se sedícími a pár stojícími lidmi je možné říct, že čísla jsou přesná, nicméně při sčítání plných spojů tuto přesnost na jednoho člověka deklarovat opravdu není možné.

Ve vozidle 15T se kupříkladu v případě 50% obsazenosti může stát, že asi 50 lidí bude sedět a 20 lidí stát, v takovém případě je vůz dobře průhledný a snadno sčítatelný. Pokud se obsazenost bude pohybovat kolem 75 %, pak se dá předpokládat, že bude všech 57 sedadel obsazených a k tomu bude v tramvaji stát přibližně 48 osob. Počty sedadel v daném typu vozidla jsou sčítačům známy a lze lehce pohledem poznat, zda jsou nějaká neobsazená, a k tomuto počtu cestujících stačí nasčítat počet stojících. V tomto stavu je vůz stále průhledný, ale již se může stát, že například nějaká skupinka zakryje další osobu, nebo se někteří schovají v prostoru neprůhledného kloubu, proto zde již nastává prostor pro malé

odchylky. Ve stavu 100% naplnění vozidla ovšem odchylky budou již výrazné, vůz je totiž špatně průhledný, lidé stojí ve více řadách a je velká pravděpodobnost skrytí nějakého stojícího cestujícího nebo skrytí neobsazeného sedadla. Rovněž pohled do prostoru kloubu je omezen a přesnost sčítání na jednoho cestujícího ani zde tudíž nemůže být deklarována.

Z výše popsaných důvodů není možné data vyhodnocovat s ostrou hranicí a říct, že v případě nasčítání 140 cestujících ve vozidle 15T je spoj v pořádku, ale v případě nasčítání již 141 cestujících spoj jednoznačně neplní standardy. Se zohledněním výše uvedených vstupujících nepřesností je proto u každého spoje spočítána jeho procentuální obsazenost z nasčítaných dat a za plný spoj je považována obsazenost vozidla mezi 95 % a 105 %. V případě obsazenosti vozidla 95 % a méně spoj jednoznačně splňuje standardy obsaditelnosti, a naopak v případě obsazenosti 105 % a více je spoj již jednoznačně přeplněn a standardy zcela jistě neplní.

### 3.3.2 Vyhodnocení obsazenosti spojů

Z provedeného přepravního průzkumu vyplývá, že zcela jistě přeplněný spoj jel pouze jeden, a to o přibližně 6,5 minuty zpožděná linka č. 22 v dopolední sondě. Předchozí spoj na této lince měl zpoždění pouze 2,5 minuty, takže rozstup mezi těmito dvěma spoji na jedné lince byl 8 minut při 4minutovém intervalu. Zároveň mezi těmito dvěma spoji nejel žádný spoj linky 23 ani linky 6, která by mohla zpožděné tramvaji ulehčit. Důvod přeplněnosti tohoto spoje je proto zcela zřejmý – nepřesnost provozu.

Tabulka 7 – Ukázka přeplněného spoje z průzkumu

Linka	Prav. odj.	Skut. odj.	Zpoždění	Vozidlo	Celkem	Obsazenost %
22	7:44	7:50:21	06:21	T3	146	112,3

Plných spojů, respektive spojů obsazených mezi 95 % a 105 %, které se dají považovat za spoje na hranici kapacity dle standardů, bylo nasčítáno 17, konkrétně 9 dopoledne a 8 odpoledne. Tento počet představuje asi 19,5 % spojů z obou sčítaných špičkových hodin, což je podíl poměrně alarmující.

Při pouhém pohledu na dnešní stav se sice opravdu ukazuje, že kapacita tramvají je aktuálně plánována správně a při dodržení přesnosti provozu (viz další rozbor v kapitole 3.4) tramvaje ve špičkové hodiny jezdí plné na hranici toho, co je požadováno.

Dopravu je ale nutné plánovat i s výhledem do budoucnosti, aby daný systém byl opravdu stále dostačující i za několik let. Až 200 nových tramvají pro Prahu má mít stále stejnou délku do 32 metrů. A tudíž se dá předpokládat, že k nárůstu obsaditelnosti nové tramvaje, oproti těm stávajícím, nenastane, bude-li ve standardech požadována stále stejná úroveň komfortu. Minimální plánovaná životnost těchto tramvají je ovšem 30 let, během kterých musí v rámci pražského provozu tyto tramvaje stále kapacitně vyhovovat.<sup>[8]</sup>



Zohlední-li se ovšem i předpokládaný růst počtu cestujících ve VHD o 11 % během následujících 20 let, je jasné, že veškeré spoje, které jsou dnes obsaditelnosti na hranici kapacity v rozmezí 95-105 % za 20 let standardy splňovat rozhodně nebudou. A bude nutné nějakým způsobem přistoupit ke zvýšení přepravních kapacit ať už zkrácením intervalu, nebo zvýšením obsaditelnosti spojů, což bez zhoršení kultury přepravy formou zmírnění standardů bude nutně vést k prodloužení tramvají a tím i zvětšení jejich obsaditelnosti.

### **3.4 Přesnost provozu**

Do problematiky plánování přepravní kapacity zcela nutně vstupuje i parametr týkající se přesnosti provozu, který zároveň roste na důležitosti spolu s klesajícím intervalem mezi jednotlivými spoji a který, pro dodržení nastavených Standardů obsaditelnosti, nutí spolu se zkracováním intervalu držet v jednotlivých spojích stále větší rezervu.

V podmínkách PID je přesnost provozu stanovena zcela jednoznačně, a to konkrétně tak, že provoz je považován za přesný, odjelo-li 80 % spojů ze zastávky nejdříve v čase pravidelného odjezdu a nejpozději o 179 s zpožděných oproti pravidelnému času odjezdu.<sup>[9]</sup> Dá se tedy pro zjednodušení říct, že přijatelné zpoždění spoje je do 3 minut, které musí mít 80 % spojů, a s tímto údajem je také nutné počítat.

#### **3.4.1 Přesnost provozu spojů zahrnutých do průzkumu**

V rámci sběru dat ve dvou hodinových sondách byl zaznamenáván i údaj o skutečném času odjezdu spoje ze zastávky Štěpánská, ze kterého následným porovnáním s pravidelným časem odjezdu můžeme získat informaci o zpoždění každého jednotlivého spoje zahrnutého do tohoto průzkumu.

Dle vyhodnocení dvou hodinových špičkových sond se v tomto zkoumaném profilu vyskytovalo přesných spojů pouze 58, což tvoří pouze asi 66,7 % spojů. Celkové výsledky PID vyhodnocení odjezdu spojů ze všech zastávek v rámci celého dne ukazují jiná čísla a počet přesných spojů se pohybuje kolem 90 %, takže daný standard je celkově bezproblémově splněn.<sup>[10]</sup>

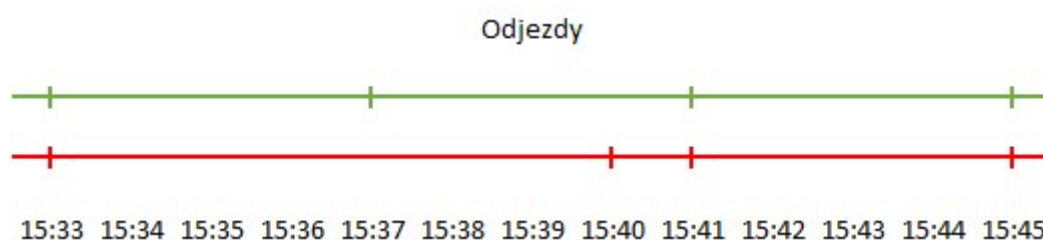
Splnění standardu se započtením sedel, večerů a nocí sice jednoznačně ukazuje na správně nastavenou přesnost provozu na maximální zpoždění 3 minuty. Ovšem z dat přepravního průzkumu můžeme vidět, že v době největší zátěže systému se nám přesnost provozu výrazně snižuje. Pro splnění standardu 80 % přesných spojů v nasčítaných špičkách by bylo zapotřebí počítat s přesností provozu od 0 do +234 s, což představuje již necelé 4 minuty akceptovatelného zpoždění. V provozu to tedy může znamenat, že by bylo akceptovatelné, aby jely dva spoje stejné linky nebo vytvořeného svazku linek přímo za sebou za stávajícího intervalu. Tato práce se ovšem bude striktně držet nastaveného standardu 3minutových odchylek, která je dle oficiálního vyhodnocení sledovaného parametru splněna.

### 3.4.2 Dopady přesnosti provozu na kapacitní rezervu ve vozidlech

Vzhledem k nastavené přesnosti provozu je nutné zohledňovat i kapacitní rezervu ve vozidlech, která obecně slouží právě k vykrývání plánovaných nerovnoměrností v provozu, a s tím maximální plánovanou obsaditelnost vozidla.

Jako ukázka poslouží příklad s pátešní linkou s celkovým špičkovým intervalem 4 minuty a vozidlem 15T s maximální obsaditelností 140 osob. Ze zastávky Štěpánská má linka 22 odjezdy v 15:33 a dále co 4 minuty.

Graf 2 – Grafická ukázka rozdílů odjezdů včas a spoje s odjezdem v rámci tolerance přesnosti provozu



V ukázce se předpokládá možný případ, kdy tři spoje po sobě pojedou v okrajových hodnotách přípustného intervalu, protože druhý spoj nabere zpoždění akceptovatelného rozsahu. Reálné odjezdy tedy budou 15:33, 15:40 (správně nejpozději 15:39:59, ale pro jednoduchost 15:40), 15:41 a 15:45. Již od pohledu je patrné, že ve spoji s odjezdem v 15:40 bude poptávka po přepravě největší, ale ani v něm nesmí být maximální obsaditelnost 140 osob překročena. Dosáhnout tohoto stavu se dá pouze vytvořením kapacitní rezervy ve všech spojích, jelikož tento extrémní rozestup 7 minut může nastat zcela neplánovaně mezi libovolnou dvojicí spojů.

Velikost této rezervy se poté dá stanovit následujícím způsobem. Při takto krátkém intervalu se dá předpokládat, že lidé na zastávku přichází rovnoměrně v čase s potřebou přepravit se danou linkou do svého cíle cesty. Pokud by všechny spoje jezdily přesně včas, pak žádnou kapacitní rezervu pro zpoždění nutné držet není. Každým spojením poté pojedou množství lidí, kteří na zastávky přišli během předchozích 4 minut, a obsazenost spojů bude vyrovnaná.

V případě přesnosti provozu stanovené pro Prahu je situace ovšem diametrálně odlišná. V případě zpožděného spoje s rozestupem 7 minut od předchozího je nutné zabezpečit, aby ani v takovém spoji nedošlo k přeplnění vozidla, jelikož spoj s tímto zpožděním je stále ve stanoveném rozsahu přesnosti, a tudíž taková situace může v provozu nastávat zcela běžně a opakovaně. Takovým spojením ale poté pojedou výrazně větší množství lidí než u rozestupu 4 minut, jelikož i během dalších 3 minut mezi pravidelným a skutečným odjezdem budou na zastávky přicházet další lidé, které by v případě jízdy bez zpoždění svezl až spoj následující.

V takto zpožděném spoji je proto nutné držet určitý počet míst ve vozidle na možné přijatelné zpoždění 3 minuty, tzn. že 3/7 (asi 43 %) kapacity každého spoje je nutné držet pouze jako kapacitní rezervu pro případ zpoždění, která v případě jízdy spoje včas nikdy nebude obsazena. Při nedodržení tohoto pravidla poté zcela jistě hrozí přeplnění zpožděného spoje nad tolerovatelnou míru. V praxi na vozidle 15T tak tolerované odchylky od JŘ vytváří výpočetní kapacitu vozidla pouhých 80 osob s nutností držet 60 míst navíc pro případ zvětšení intervalu mezi dvěma spoji až na možnou úroveň 7 minut.

### **3.5 Vyhodnocení večerního kontrolního průzkumu**

Večerní průzkum byl zpracován dodatečně s odstupem od samotných dvou špičkových průzkumů rozebraných výše. Cílem tohoto dodatečného průzkumu bylo zjistit obsazenost vozidel v mimošpičkových večerních časech, což je časové období kdy tramvaje již jezdí v útlumu s taktem 15 minut na běžných tramvajových linkách a 7,5 minuty na páteřních tramvajových linkách.

Specifikem takového večerního období je snižování časové konkurenceschopnosti VHD vůči IAD, jelikož nápor na silniční infrastrukturu dimenzovanou pro intenzity během špiček je mnohem menší, a tudíž průjezdnost města a dojezdové časy hrají výrazně ve prospěch IAD. Opačný efekt nastává u VHD, kde je sice možné o pár minut zkracovat jízdní doby, a tak linku časově zrychlovat. Pro cestujícího, kterému výchozí a cílový bod cesty neleží na trase jedné linky, se ovšem tento efekt vytrácí díky delším intervalům, a tudíž přirozeně horším a delším přestupním vazbám. Časová konkurenceschopnost VHD ve večerních časech tak přirozeně slábne.

V okamžiku, kdy již tramvajová doprava neposkytuje zásadní výhodu v právu jet po svém vyhrazeném tramvajovém tělese a předjíždět tak kolony stojících silničních vozidel v jízdních pruzích vedle ní a kdy z pohledu přepravních proudů již nejsou na tramvajovou dopravu kladeny maximální nároky na přepravní kapacitu, by bylo záhodno poskytovat ve VHD i jiné výhody pro cestující, jako například komfortní přepravu během cesty. Z dat získaných během večerního průzkumu ovšem taková aplikovaná logika nevyplývá.

Podle dat z večerního průzkumu sice všechny spoje splnily stanovené kritérium maximální obsazenosti, toto kritérium ovšem bylo nastaveno praktickou zkouškou obsaditelnosti a představuje stav, kdy je tramvaj plná. Akceptování takového počtu cestujících ve večerních hodinách v období s prodlouženými intervaly poté pouze dále snižuje konkurenceschopnost VHD, jelikož nedokáže nabídnout přijatelný komfort pro cestující.

Ve sledovaném večerním hodinovém okně se vyskytlo celkem 20 spojů, z nichž 14 spojů (70 % spojů) jelo naplněných z více než 70 %. To ve voze 15T představuje, že při obsazení všech dostupných sedadel je stále minimálně 42 % lidí v tramvaji nuceno stát a hustota stání je větší než 1,4 os/m<sup>2</sup>, v tramvaji T3 je pak dokonce minimálně polovina lidí nucena stát a hustota stání je větší než 1,5 os/m<sup>2</sup>.

Při sledování parametru naplněnosti vozidla 80 % se v sondě vyskytlo 6 spojů (30 % spojů), které tuto úroveň překročily, a pro dva nejzastoupenější typy vozidel ve večerním průzkumu to představuje více než polovinu nuceně stojících cestujících ve vozidle 15T s hustotou stání více než 1,85 os/m<sup>2</sup> a přes 58 % lidí bez možnosti se posadit v tramvaji T3 s hustotou stání přesahující 1,95 os/m<sup>2</sup>.

Z dat kontrolního večerního průzkumu je zcela zřejmé, že už dnes v době večerního sedla, kdy jezdí spoje ve skoro dvojnásobném intervalu oproti špičkám, nemůže být o nenaplněnosti tramvají vedena řeč. Ba naopak se ukazuje, že i v těchto časech jezdí spoje značně zatížené a ani ve večerním sedle nedosahují v komfortu konkurenceschopnosti s IAD, která VHD uniká i v hledisku časovém. Počet obyvatel by podle predikce měl i nadále růst, což ve vztahu k obsazenosti VHD nemůže, bez určitého zásahu, aktuální situaci zlepšit.

Mladý člověk bez zlomené nohy, zrovna neočekávající dítě a se základní dávkou slušnosti v uvolnění místa starším je tak již dnes ve sledovaném období v podstatě bez šance si sednout a je nucen být přepraven na stání. To ukazuje na onen poměrně diametrální rozdíl ve srovnání s IAD, kde při přepravě pohodlně sedí opravdu každý. Přitom mladá generace je ta, která je na cestování VHD zvyklá, neboť z počátku nemají šanci získat řidičské oprávnění a během studií poté můžou být finančně citlivější. Nechat přesehnout takové lidi z VHD do IAD je ovšem zásadní chybou, jelikož je mnohem jednodušší udržet si své stávající zákazníky než se s konkurencí prát o ty nové.

## 4 Dlouhé tramvaje ve světě a v ČR

Tato kapitola se zabývá ukázkami provozu tramvají delších než 32 metrů nejen ve vybraných evropských městech, ale také v jiných městech ČR. Cílem této kapitoly je poukázat na fakt, že takto dlouhé tramvaje nejsou žádným atypickým řešením, či zcela novou technologií, ba naopak že tento koncept je již dlouhodobě používaný a odzkoušený.

Toto možné prodlužování délky tramvají je velkou výhodou kolejové dopravy oproti prostředkům VHD pohybujícím se po silnici, u kterých je možné dosáhnout nanejvýš tříčlankového vozidla o délce cca 30 metrů, kterými jsou například Volvo Gran Artic 300 o délce přibližně 30 metrů<sup>[11]</sup> nebo pětinápravový autobus AutoTram® Extra Grand s délkou přesahující 30,7 metrů<sup>[12]</sup>. Oba případy vůbec nejdelších autobusů ukazují, že tento mód dopravy v dnešní době není schopen nic většího nabídnout a byl by tak v této délkové kategorii s touto přepravní kapacitou limitován. U tramvají toto omezení ovšem neplatí a nad délku 32 metrů se dá hravě, ať už pomocí jednoho vícečlankového vozu, či soupravy dvou a více vozů a člankových vozů, dostat.

### 4.1 Brno

V krajském městě Jihomoravského kraje nejsou dlouhé tramvaje žádnou novinkou, neboť v pravidelném provozu se první taková souprava, vymykající se doposud zažitému délkovému standardu 2xT3, objevila již v roce 2006 ve formě třívozové soupravy T3R.EV+VV60LF+T3R.EV.<sup>[13]</sup>

V průběhu let 2007 a 2008 se postupně podobné trojice rozrůstaly, pouze v mírně upravené formě soupravy VariOLF+VV60LF+T3R.EV<sup>[14]</sup>. Celý tento provoz mezi roky 2006 a 2009 byl vedený pouze na výjimku, jelikož délka takové soupravy překračovala tehdejší normy pro maximální délku soupravy tramvají. Roku 2009 se ale podařilo schválit novelu, která maximální délku soupravy prodloužila na 65 metrů. A tento limit v české legislativě najdeme dodnes. Po této úspěšné legislativní změně se do ulic Brna začaly vypravovat i soupravy dvoučlankových tramvají 2xVariOLF2, které svou délkou překračovaly 46 metrů.<sup>[15]</sup>

V dnešním provozu se s takovými soupravami už ovšem běžně neseťkáme. Po dokončení všech zkoušek s cestujícími, které probíhaly v druhé polovině roku 2013, se do ulic začaly dostávat soupravy ve složení VariOLF2+VariOLF, které postupně všechny původní složení souprav dlouhých tramvají z ulic vytlačily.<sup>[16][17]</sup> Od léta roku 2019 se poté v provozu objevují i soupravy tzv. „trojčat“ složených z tří vozů T6A5.<sup>[18]</sup>

Provoz těchto vysokokapacitních tramvají se běžně usídlil na lince č. 1, nicméně dlouhé tramvaje se, z počátku provozu souprav s vloženým vlekem VV60LF, vyskytovaly pravidelně i na lince č. 12. Stejně tomu bylo i při plánovaných výlukách, kdy DPMB potřeboval snížit počet spojů projíždějících určitým úsekem a zároveň zachovat stávající přepravní kapacitu.<sup>[19]</sup>

## 4.2 Plzeň

V západočeské Plzni tak daleko jako v Brně s pravidelným provozem dlouhých tramvají zatím nejsou, ovšem mohlo tomu už v roce 2024 býti jinak. PMDP vypsalý v březnu 2021 výběrové řízení na dodávku až 24 dlouhých tramvají v délkové kategorii od 39 do 42 metrů, které by se tak staly prvními takto dlouhými ucelenými vozy v ČR.<sup>[20]</sup>

Nové dlouhé tramvaje v Plzni takto rychle ovšem jezdit nebudou, jelikož po půl roce se v říjnu 2021 PMDP rozhodly výběrové řízení na tyto tramvaje zrušit<sup>[21]</sup> pro obdržení pouze jediné nabídky od polské Pesy, což zákon v takovém případě umožňuje, i když v jiných soutěžích se k účasti jednoho uchazeče PMDP stavěly jinak.<sup>[22]</sup> Jak se k otázce dlouhých tramvají Plzeň dále postaví a kdy případně takové nové výběrové řízení vypíše ovšem aktuálně není známo.

## 4.3 Budapešť

V Budapešti dlouhé tramvaje nejsou žádnou novinkou, ba naopak jsou zde mistři v pokořování, byť i svých vlastních, rekordů. V provozu můžeme najít soupravy starých vozů T5C5, což jsou jednosměrné, ale oboustranné tramvaje. Dále pak v roce 2006 začaly do města přicházet nové vozy Siemens Combino Supra NF12B, které se v té době staly se svou délkou 53,9 metrů nejdelšími tramvajemi pro osobní dopravu na světě.<sup>[23]</sup>

Tento rekord se ovšem Budapešti povedlo opět pokořit s dodávkou nových tramvají CAF Urbos 3. V devítičlankové verzi dosahují délky 55,9 metrů, a tak ještě o další dva metry překonaly starší Combina.<sup>[24]</sup> V maďarské metropoli se tak provoz tramvají bořících bariéry v doposud zažitých dogmatech stal již běžnou záležitostí.

## 4.4 Riga

Tramvaje 15T, všem jistě věrně známé z Prahy, je ovšem možné potkat i v Lotyšku v hlavním městě Rize. Do tohoto města bylo v roce 2012 dodáno šest kusů čtyřčlankové verze tramvaje ForCity Alfa 15T Riga 2A, které později doplnilo dalších 5 vozů. Ty se tak staly nejdelšími vyrobenými škodováckými tramvajemi.



Obrázek 1 – Čtyřčlanková 41 metrů dlouhá tramvaj ForCity Alfa 15T Riga 2A projíždějící městskou dlážděnou ulicí Miera iela ve směru do samotného centra města Riga

## 4.5 Mnichov

V ulicích Mnichova je možné potkat tramvaje čtyřčlankové ať už starší GT8N2 s délkou 36,5 metru nebo novější Siemens Avenio s délkou 37 metrů, které ovšem nahradily pouze tříčlankové vozy typu R2 s menší kapacitou.<sup>[25]</sup>

Mimo dlouhých člankových tramvají využili v Mnichově i jinou formu zvětšování kapacity spojů, a to vytvořením souprav tramvají z dvou menších člankových vozů. Konkrétně se jedná o soupravu tramvají Siemens Avenio ve složení dvoučlankový vůz a tříčlankový vůz, jež společně dosahují délky 48 metrů.<sup>[26]</sup>

## 5 Jiná opatření vedoucí ke zvýšení přepravní kapacity

Způsoby zvětšování přepravní kapacity existují dva, které vycházejí ze základního vzorce pro hodinovou kapacitu, což je prostý součin kapacity vozidla a četnosti spojů během hodiny. Pro zvýšení celkové přepravní kapacity je tedy nutné aspoň jeden z těchto dvou činitelů zvětšit. Zvětšení činitele kapacity vozidla je přímo tématem této bakalářské práce, proto v kapitole jiných opatření ke zvýšení kapacity je rozebrána možnost zvětšení druhého činitele, a to četnosti.

Tato veličina představuje počet spojů v daném úseku za hodinu a je vzájemně převoditelná s intervalem, není-li výskyt spojů na lince náhodný a o intervalu poté nemůže být řeč. Vztah mezi četností spojů a intervalem představuje nepřímou úměru, tudíž navyšování přepravní kapacity pomocí zvyšování četnosti spojů vlastně představuje zkracování intervalu na linkách.

### 5.1 Zkrácení intervalu na linkách

Z provedeného přepravního průzkumu je vidět, že kapacitní problémy můžou po dalším růstu cestujících nastat na páteřních linkách a svazcích páteřních linek. Ze všech nasčítaných dat se v době průzkumu spoje plné a spoje přeplněné nacházely pouze na linkách 10, 16 nebo 22. Linka 4 a 6 žádné kapacitní problémy neměla, ba naopak špičková posilová linka 4 byla za období provádění přepravního průzkumu průměrně obsazena pouze z 45,6 %. To ukazuje na špatné rozložení přepravních kapacit, které na páteřních spojeních nestíhají, a naopak se v síti vyskytují doplňkové linky, které ani v období maximálních přepravních nároků oblíbené nejsou, ale přesto zatěžují síť svými nároky na infrastrukturu.

Pražská síť tramvají je ovšem celá založena na jednotném intervalu 10 minut v sedle a 8 minut ve špičku a často tvoří svazky linek, ve kterých je poté souhrnný interval poloviční. Tento poloviční interval 5 respektive 4 minut využívají i páteřní linky 9, 17 a 22. Celá síť je tak v daném období tvořena jednou intervalovou rodinou a snahou o pravidelné proklady a návaznosti, která je částečně znehodnocována nepravidelností provozu. Tyto výkyvy je ovšem v případě zájmu možné ať už preferenčními opatřeními nebo nastavením adekvátnějších jízdních dob mírnit a není tak žádoucí celý systém prokladů znehodnotit.

V případě přistoupení ke zkrácení intervalu pak bude nutné zkracovat interval nejen na tolik potřebných páteřních linkách a svazcích linek, nicméně se obdobně budou zkracovat i intervaly na linkách doplňkových, jako je například i již zmíněná linka 4, u které jediný racionální důvod ke zkrácení intervalu a navyšování kapacity není.

#### 5.1.1 Použitelné intervaly

Pro zachování jisté periodicity a přehlednosti JŘ je nutné se držet určitého periodického intervalu, který se opakuje ideálně po 60 minutách, ve výjimečných případech pak po 120 minutách, jako je tomu v případě intervalu 8 minut na tramvajových linkách. Jiné kombinace bez periodicity jsou pro prezentaci



cestujícím vyloženě nevhodné, ovšem ani opakování po 120 minutách nezaručuje jednoznačnou přehlednost, jelikož v lichých a sudých hodinách jsou odjezdy ze zastávek rozdílné.

V pražských podmínkách velkého množství linek se rovněž jeví jako nutné udržet jednotný městský takt, který se u páteřních linek zahustí na poloviční interval. Nerespektováním tohoto pravidla by se mohly zcela rozpadnout pravidelné souhrnné intervaly na koncových paprscích se souběhem linek jako například kombinace linek 9, 10 a 16 v souhrnném taktu 2 minuty ze Sídliště Řepy, či souhrnný takt 2 minuty ze Sídliště Barrandov zajištěný linkami 4, 6, 12 a 20, ale i v kombinaci dvou linek jako na Divoké Šárce s intervalem 4 minuty pomocí linek 20 a 26 nebo stejný interval z Nádraží Podbaba tvořený dvojicí linek 8 a 18.

Tato praxe jednotného městského intervalu nemusí být využita pokaždé, ostatně jako tomu je například v Berlíně, který má na svých linkách MetroTram různorodý špičkový interval ať už 7/7/6 nebo 7/8, či také 5 minut.<sup>[27]</sup> Tomu ale také odpovídá linkové vedení, kdy v Berlíně došlo k jeho celkové reorganizaci, vytvoření páteřních linek, které jsou v mnohých úsecích vedeny samostatně bez prokladu s jinou linkou, a tak nejsou striktně vázány proklady v jednotlivých úsecích.

V Praze je linkové vedení tvořeno jiným způsobem, kdy na menším rozsahu sítě je provozováno více pravidelných linek než v Berlíně. Z tohoto důvodu jsou v takto tvořené síti proklady a návaznosti pomocí intervalů z jedné taktové rodiny důležitější a není záhodno tento systém jednotného tramvajového intervalu rozbít.

V případě požadavku na zkrácení intervalu s výše zmíněnými parametry a výchozí pozicí na 8 a 4 minutách jsou možnosti zkracování intervalu následující.

Tabulka 8 – Tabulka přijatelných kombinací intervalů

	Výchozí stav		1. možnost		2. možnost		3. možnost		4. možnost	
Četnost [počet]	7,5	15	8	16	9	18	10	20	12	24
Interval [min]	8	4	7,5	3,75	6,67	3,33	6	3	5	2,5

### 5.1.2 Vliv požadované přesnosti provozu při zkracování intervalu

Jak bylo již v kapitole 3.4.2 popsáno, v provozu, který má interval 4 minuty a přesnost provozu 3 minuty, je nutné držet 3/7 kapacity vozidla (asi 43 %) na kapacitní rezervu pro případ zpoždění. Pokud se přistoupí k dalšímu zkracování intervalu se stávajícími vozidly, pak se zkracujícím se intervalem je nutné zvětšovat podíl kapacitní rezervy ve vozidle podle stejné logiky.

Tabulka 9 – Potřebná kapacitní rezerva v závislosti na intervalu nutná pro zaručení splnění standardu obsaditelnosti vlivem jízdy opožděného spoje ve stále přijatelném rozmezí

Interval	4 min	3,75 min	3,33 min	3 min
Opakující se časové odstupy spojů	4	3/4/4/4	3/3/4	3
Kapacitní rezerva	43 %	43–50 %	43–50 %	50 %

Mimo této nevýhody zkracování intervalů na příliš nízké hodnoty není ani vhodné mít interval na úrovni přesnosti provozu, jelikož se tímto krokem výrazně snižuje informační hodnota JŘ a relevantnost dat v něm uvedených. Důvodem je, že se započtením přesnosti provozu může reálný časový rozestup mezi spoji dosahovat i hodnot pouze v řádu sekund nutných při jízdě přímo za sebou, a tudíž začne být sjíždění spojů přímo v toleranci dle požadovaných standardů.

Tabulka 10 – Tabulka možných časových rozestupů mezi spoji dle požadované přesnosti provozu

Interval	4 min	3,75 min	3,33 min	3 min
Opakující se časové odstupy spojů	4	3/4/4/4	3/3/4	3
Tolerovaný časový rozestup	1–7 min	0–7 min	0–7 min	0–6 min

### 5.1.3 Zatížení tratí

Aktuální jednosměrné zatížení tratě v Ječné ulici v maximální špičkové hodině se dá vypočítat prostým součtem četnosti spojů během jedné hodiny na jednotlivých linkách, pro linku 22 je to 15 spojů, pro linky 4, 6, 10 a 16 je to 7,5 spoje a pro linku 23 to jsou 2 spoje za hodinu. Celkové hodinové zatížení tratě během špičky je tak 47 tramvajů v jednom směru.

Zásadním problémem kapacity tramvajové tratě je SSZ na křížení tramvajové tratě se severojižní magistrálou. V této křižovatce není zavedeno dynamické řízení provozu, ačkoli je křižovatka vybavena detektory a tramvaje se tak do křižovatky s požadavkem na signál volno mohou hlásit, ale naopak je křižovatka řízena cykly pevnými.

V křižovatce byl zkoušen pevný cyklus s délkou 80 sekund, který měl navýšit počet fází se signálem volno pro tramvaje na 45 fází za hodinu. Tento stav se ovšem neujal a po více než půl roce řízení křižovatky s cyklem 80 sekund se vše vrátilo do původního stavu s cyklem o délce 100 sekund. Tento stav snižuje propustnost tramvajů v obou směrech, jelikož počet fází se signálem volno pro tramvaje klesne na 36 za hodinu. Kratší cykly tak vytvářely asi o čtvrtinu větší kapacitu pro tramvaje a rovněž docházelo k menšímu zpoždování spojů.<sup>[28]</sup>

Maximální propustnost této křižovatky řízené SSZ je 72 tramvajů v jednom směru za hodinu, jelikož fáze pro tramvaje jsou nastaveny takovým způsobem, aby během nich stihly křižovatkou projet 2 spoje. Toto číslo je ovšem možným maximem, protože 3. spoj není možné vložit do jednoho cyklu křižovatky vzhledem k délce fáze a nutnosti zastavit v zastávce, která je pouze pro 2 soupravy. V dnešním provozu je v křižovatce využito 65 % dostupných oken pro průjezd tramvajů a rezerva v křižovatce tak tvoří asi 35 % propustnosti křižovatky.

Rezervu není možné snížit na 0 nebo k ní začít blížit. Byla-li by nějaká tramvaj zpožděná nebo by nestihla dostatečně rychle opustit zastávku a tím by libovolná fáze nebyla využita, začaly by se před křižovatkou hromadit tramvaje, jelikož by ke křižovatce stále přijížděly další tramvaje, které by SSZ nestíhalo odbavovat.

Při využití navýšení kapacity formou zkrácení intervalu by se počty spojů zvyšovaly následovně.

Tabulka 11 – Tabulka zvyšujícího se zatížení křižovatky při zkracování intervalu

Interval u páteřní linky	4 min	3,75 min	3,33 min	3 min
Interval u ostatních linek (mimo 23)	8 min	7,5 min	6,67 min	6 min
Jednosměrné zatížení tratě	47 spojů	50 spojů	56 spojů	62 spojů
Zbýlá rezerva v propustnosti SSZ	35 %	31 %	22 %	14 %

Mimo tohoto pravidelného provozu se v síti stávají i mimořádnosti a díky tomu nastávají mimořádné odklony linek. Stane-li se něco na alternativní trati mezi Albertovem a Náměstím Bratří Synků, poté jediná rozumná odklonová trasa pro ovlivněné linky je právě přes trať v Ječné ulici, jelikož jiná nejbližší alternativa by musela vést okruhem přes Floru a Olšanské náměstí.

V takovém případě odklonů 4 linek jedoucích přes Albertov již dnes počet tramvají skokově naroste z 47 tramvají v jednom směru na 77 tramvají v jednom směru, což je o 5 spojů více než je samotná propustnost křižovatky. Krátkodobě lze předpokládat, že křižovatka takové národy zvládne, respektive že po odstranění mimořádnosti se po poklesu nároků na křižovatku díky rezervě v pravidelném provozu dokáže provoz tramvají poměrně rychle stabilizovat.

Už jen v případě nejmenšího možného zkrácení intervalů na 7,5 minuty, respektive 3,75 minuty u páteřních linek by byla situace diametrálně odlišná. Z 50 pravidelných tramvají za hodinu by nároky na křižovatku skokově vzrostly na 82 tramvají za hodinu, což je o 10 spojů za hodinu více než propustnost křižovatky.

Takové intenzity by se velmi problematicky řešily, jelikož například i s možným odklonem doplňkové linky 23 na Albertov, Výtoň a Palackého náměstí nebo z Újezdu na Smíchovské nádraží, jakožto turistické atrakce se sólo tramvajemi neplní důležitou přepravní roli, by nárok na křižovatku byl stále o 8 spojů za hodinu vyšší než její propustnost.

## 5.2 Zhodnocení jiných opatření ke zvýšení přepravní kapacity

Z ukázky stavu v Ječné ulici je zřejmé, že byť i nepatrné zkrácení městského intervalu na linkách by mělo velký vliv na stabilitu a přesnost provozu tramvají v Praze. Ukázková situace z Ječné ulice by se zcela jistě mohla projevit i v jiných místech tramvajové sítě.

Prvním rizikovým místem je prostor dvou kolejových křižovatek ve Spálené ulici mezi zastávkami Myslíkova a Lazarská, kterou projíždí 10 linek, z toho 2 páteřní a jedna s intervalem 30 minut. Druhým místem je prostor kolejové splítky mezi zastávkami Malostranská a Malostranské náměstí, kde by se nároky na křižování rovněž znatelně zvýšili. Ačkoli zde jezdí pouze 5 linek, kdy jedna je páteřní a jedna opět v půlhodinovém intervalu, tak je nutné zmínit, že v případě splítky a potřeby

křižování se zkrácení intervalu projeví ve dvojnásobné míře, jelikož se zde oba směry ovlivňují navzájem. Problematickým místem může být také prostor samotného Karlova náměstí a místní řízené křižovatky, které přímo navazují na zmiňovanou Ječnou ulici.

Popsaná ukázka z Ječné ulice byla nastíněna pro vůbec nejmenší možné zkrácení intervalu v Praze. Tímto zkrácením intervalu bychom ovšem přepravní kapacitu navýšili pouze o necelých 7 %, což samo o sobě nekoresponduje s možným poměrně velkým růstem Prahy a okolí popsaným v úvodu. V případě požadavku na zlepšování služby cestujícím, či minimálně nezvyšování obsazenosti již dnes plných špičkových spojů, by tak bylo nutné přistoupit k razantnějším formám zkrácování intervalu, které by na zatížení sítě měly o to větší dopady.

Rovněž v případě využití páteřního intervalu 3,75 nebo 3,33 minut by v síti došlo k nerovnoměrným rozestupům mezi spoji, jelikož tramvajová doprava zná pouze minutové polohy spojů v JŘ. V obou zmíněných případech se poté s nějakou četností a pravidelností bude vyskytovat rozestup mezi spoji 4 minuty, který by tak zůstal shodný s dnešním stavem. Tramvaje, které by jely s tímto časovým rozestupem od předchozího spoje, by tak nutně při zachování stejné kapacity vozidla byly výrazně obsazenější, než je tomu v síti dnes.

## 6 Technická problematika infrastruktury dlouhých tramvají

Základním požadavkem na provoz tramvají delších než 32 metrů je průjezdnost a uzpůsobení sítě pro takové tramvaje. V případě reálné implementace těchto tramvají do provozu by bylo nutné provést určení linek nebo směrů, na kterých se takové vozy mají objevit, a upravit k tomu danou infrastrukturu.

Téma této práce ale bylo určeno o něco obecněji a zabývá se prověřením samotné možnosti takového provozu spolu s vytyčením základních problémů souvisejících s implementací takto dlouhých tramvají do pražských ulic. Základním smyslem této kapitoly tak bude identifikace rizik ohrožujících či dokonce znemožňujících okamžité zavedení dlouhých tramvají v Praze.

### 6.1 Zastávky MHD

Jeden z nejdůležitějších bodů provozu MHD jsou místa určená k nástupu a výstupu cestujících, tedy zastávky. Bez těchto staveb by celý systém nedával smysl, jelikož bychom nebyli schopni přepravovat vozidla cestujících. Základním požadavkem u zastávek jsou krátké docházkové vzdálenosti a ideální rozestupy mezi jednotlivými zastávkami, ale také požadavky na bezbariérovost, osvětlení, přístřešek, dostatečnou šířku vyčkávacího prostoru, osvětlení atp.

Délky zastávek, stejně jako jejich výšku a další prvky upravuje technická norma ČSN 73 6425-1. Tato norma se dá považovat za dokument nabízející obecné základní technické normy pro zastávky, které ovšem nejsou obecně závazné. Na tyto normy navazuje více specifický dokument Standard zastávek PID, který jednotlivé normy shlukuje, interpretuje, ale zároveň i doplňuje a upravuje s přihlédnutím ke specifickým požadavkům Prahy a Středočeského kraje. Další kapitoly jsou proto vykládány právě ve spojitosti s těmito standardy odladěnými na míru Praze a okolí, jejíž směry, kterými se ubírá, samy o sobě nejsou vždy v přesném souladu s ČSN, ale víceméně odpovídají klíčovému koncepčnímu dokumentu Standard zastávek PID.

#### 6.1.1 Délka zastávek

Pro případ konkrétních vozidel a jejich délek by ve zmíněných obecných požadavcích na zastávku rozdíly být neměly. Odlišností v případě delších tramvají by poté byl faktor požadované délky zastávky, jelikož minimální délka takové zastávky musí zcela jistě odpovídat délce nejdelší tramvajové soupravy zvětšené o 1 metr.<sup>[29][30]</sup>

Ve všech případech to znamená, že zastávky, které jsou dnes vyhotoveny v délce pouze pro jednu soupravu, bude nutné nějakým způsobem upravit na délku potřebnou pro zvolenou délkovou kategorii tramvají. Ideální možností je vyhotovit zastávku se zvýšenou nástupní hranou v celé délce ve výšce 200 mm nad TK. Takových zastávek, které jsou vyhotoveny v délce 1,5 nebo 2 soupravy, je v pražské síti poměrně velké množství, rozhodně tomu tak ale není vždy a všude.

Obzvláště u rekonstrukcí a novostaveb DPP přistupuje buď ke zkracování zastávek na délku 1 soupravy nebo výstavbě zastávek pro 1 soupravu, což je kupříkladu jeden z již zmíněných rozporů se související normou ČSN (Lihovar, Kotorská, Chotkovy sady).<sup>[30]</sup> To není žádnou významnou chybou, ba naopak v koncových úsecích zastávky pro dvě soupravy ani nejsou vhodné, jelikož není žádoucí, aby spoje linek v koncových paprscích jezdily společně. Navíc takové řešení prodlužuje docházkové vzdálenosti, není-li příchod na zastávku zřízen z obou stran. Příkladem může být trať do Modřan a zastávky jako Nádraží Braník ve směru do centra, kde východ z podchodu je zřízen na samotném konci nástupiště a cestující je nucen ujít další desítky metrů, aby se dostal do prostoru, kde tramvaj zastavuje. Stejný případ nastane i u zastávky Čechova čtvrť, kde je zřízen příchod na zastávku pouze z jedné strany.

Problémem zkracování zastávek či výstavby nových zastávek na délku jedné soupravy je poté stále složitější a nákladnější přestavba všech těchto míst, pokud by se délka tramvajů zvýšila. Všechny takto vybudované zastávky budou mít příliš krátké nástupiště a poslední dveře zůstanou zcela mimo prostor nástupiště. Navíc takové změny mohou vyžadovat investice a přestavby míst, které byly v nedávné době rekonstruovány a při správném plánování výhledu provozu by vůbec nastat nemusely. Finanční prostředky by se místo do rekonstrukcí pár let starých zastávek mohly investovat na rekonstrukce opravdu nevyhovujících zastávek, kterými jsou kupříkladu ty s nástupem přímo z úrovně vozovky, jako je zastávka Újezd, Čechův most nebo zastávka Zborovská, které nemají žádnou zvýšenou nástupní hranu.

Mimo zastávek, které jsou bezbariérové se zvýšenou hranou v celé své délce je možné budovat i zastávky pouze částečně splňující tento požadavek bezbariérovosti, jelikož vzhledem k husté historické zástavbě v centru města nemusí být výška nástupní hrany 200 mm nad TK vždy v celé délce jednoduše možná. Pro takové případy existuje řešení částečné nástupní hrany v požadované výšce s přerušením jednotnosti výškového řešení pro nájezdy do dvorků domů. Nástupní hranu se správnou výškou nad TK je nutné zhotovit v délce 17 m od označnicku<sup>[29]</sup>, kde po této vzdálenosti můžeme výšku obrubníku v potřebné délce částečně snížit, aby bylo možné ve zbývajícím prostoru zastávky zřídit chodníkový přejezd u vjezdu do dvora. Toto snížení ovšem nemusí být zcela na úroveň pozemní komunikace, ale obrubník může vyhotoven částečným snížením výšky nástupiště v místě chodníkového přejezdu spolu se zešíkmením nájezdové hrany pro vozidla, jako je tomu i u zastávek Bruselská nebo Kamenická.



Obrázek 2 – Řešení zastávky Bruselská s chodníkovým přejezdem v zadní části nástupiště

Takové řešení přináší vyšší úroveň komfortu pro cestující díky zmenšení výškového rozdílu mezi nástupištěm a podlahou v prostoru nástupních dveří, oproti řešení s úplným přerušением nástupní hrany.



02.063 ▲ Přerušená nástupní hrana v zadní části tramvajového mysu [zastávka Dresden Mitte, Dresden, Německo]. #delka-nastupnihrany #prerusenanaastupnihrana #tramvaj #nemecko #dresden

Obrázek 3 – Obrázek převzatý přímo z dokumentu Standard zastávek PID ukazující vzorové úplné přerušení nástupní hrany komunikací v zadní části sedmičláňkového vozu NGT8DD s délkou 41 metrů, její kratší pětičláňková sestra typu NGT6DD by se k nepřerušené nástupní hraně pohodlně vešla<sup>[29]</sup>

Tento požadavek poměrně zásadně otevírá cestu dlouhým tramvajím i v úzkých ulicích Prahy, jelikož zaručuje jednodušší poměry pro prodlužování zastávek nad

aktuální délku pro jednu soupravu, která činí 33 metrů.<sup>[29]</sup> V zásadě totiž každá zastávka splňující standardy PID pro jednu soupravu již onu potřebnou bezbariérovou hranu v délce 17 metrů obsahovat musí a další navyšování nad délku 33 metrů může zahrnovat i ono přerušení příslušné výšky hrany nad TK v prostoru chodníkového přejezdu. V případě, že je již dnes délka zastávky pro 1,5 nebo 2 soupravy, pak taková zastávka zcela jistě odbavit i dlouhou tramvaj zvládne.

#### **6.1.1.1 Umístění v oblouku**

Umístění zastávek je rovněž důležitou úlohou v plánování, jelikož při zvětšování délek nedostatečně dlouhých zastávek může dojít k tomu, že zastávka již nebude v přímé, ale bude nutné zastávku prodlužovat i do oblouku. I na takové případy myslí standard zastávek a praví, že zastávky mohou být umístěny i v oblouku, bude-li splněn rozhled, kontrola dveří a možnost vyklopení plošiny.<sup>[29]</sup>

Tato kritéria je možné splnit pod podmínkou, že se zastávka bude prodlužovat pouze v její koncové části a tím zůstanou přední dveře s plošinou a místy pro kočárek u přímého nástupiště. Kontroly nad dveřmi je poté možno dosáhnout vícero způsoby. Zrcátka na voze je možné doplnit či zcela nahradit kamerami a dosáhnout tak přenosu obrazu i ze zadní části vozu, či lze využít pevná zrcadla.

Problémem zastávek v obloucích je rozšíření průjezdního profilu vozidla, který při malých poloměrech okolo 25 metrů dosahuje přibližně hodnot 30 cm na vnitřní straně a 50 cm na straně vnější. Při takto navržené zastávce v oblouku s malým poloměrem by se poté razantně zvětšila mezera mezi nástupní hranou a vozidlem díky nutnému rozšíření průjezdního profilu vozidla, která může být pro některé osoby těžko překonatelná a nebezpečná<sup>[29]</sup>, pro riziko našlápnutí na příliš vzdálenou hranu a zranění. Navíc rozšíření průjezdního profilu není jediný ovlivňující parametr, dalším důležitým bodem ke zohlednění je i umístění dveří vzhledem k podvozkům vozidla, jelikož v různých částech skříň vozidlo vybočuje jinak, a proto v oblouku vzdálenost nástupiště od vozidla může být i větší než deklarovaný průjezdní průřez.





Obrázek 4 – Ukázka řešení zastávky v oblouku pro asi 52 metrů dlouhé tramvajové soupravy v německém Erfurtu formou zkráceného nástupiště

V odůvodněných případech stísněného prostoru a nemožnosti napřímit trať natolik, aby nebezpečná mezera vůbec nevznikla, je možné se inspirovat v německém městě Erfurt, kde ze zadní části kapacitních tramvají není možné vystupovat na zvýšenou nástupní hranu, jelikož ta je vyhotovena pouze pro vozy srovnatelné délky s těmi pražskými, tedy do 32 metrů. Pokud do zastávky přijede spoj obsluhovaný delší tramvají, tak se tato zastávka chová jako zastávka se zkrácenou nástupní hranou, kde výstup ze zadní části je možný pouze na úroveň nezvýšené chodníkové plochy. Bezbariérovost spoje pro kočárky a osoby s omezenou schopností pohybu je ovšem stále zajištěna v celé přední části tramvaje pomocí nástupní hrany, která by v pražských podmínkách musela mít minimálně 17 metrů.<sup>[29]</sup>

### 6.1.2 Problémová místa

Počet zastávek v síti, který není uzpůsobený pro provoz delších tramvají než 32 metrů, není malý a jejich absolutní počet se odvíjí od nově zvolené koncepce délky tramvají. Celkový počet tramvajových zastávek v pražské síti, ve smyslu jednotlivých zastávkových stanovišť vybavených označníkem, je 672.<sup>[31]</sup>

Pro stávající koncept tramvají v Praze s omezením na 32 metrech by nástupní hrany zastávek měly být o metr delší, a tak mít 33 metrů.<sup>[29]</sup> Tuto délku ovšem nesplňuje 86 z nich, respektive při zohlednění nejdelší tramvaje 15T s délkou 31,4 metrů by zastávky měly mít alespoň 32,4 metrů, což stále nesplňuje 66 z nich.<sup>[31]</sup> Většina z těchto zastávek ovšem nejsou nedostatečně dlouhé zastávky na trase, kde by kvanta lidí vystupovala zcela mimo zastávku do silnice,

cesty, či trávy, ale zastávky občasně, občasně pravidelně využívané noční dopravou, nebo zastávky ve starších smyčkách, či již pravidelně nevyužívaných nácestných smyčkách.

S příchodem delších tramvají by se počet takových zastávek značně zvýšil, nicméně následné rozdíly mezi uzpůsobením sítě pro různé varianty prodloužení tramvají již velké nejsou. Pokud by se, kupříkladu po vzoru vozového parku Mnichova, nejvyšší možná délka tramvají prodloužila pouze mírně pro čtyřčlankové vozy na 37 metrů, problematických zastávek by se i tak v síti objevilo celkem 240.<sup>[31]</sup> Naopak při povolení maximální délky tramvaje do 48 metrů, jako mají mnichovské soupravy Avenií, by se počet problematických zastávek pouze mírně zvýšil na 254.<sup>[31]</sup>

Dlouhé tramvaje by jistě nenahradily všechny vozy a nezačaly jezdit ihned v celé síti, i vzhledem k již dodaným 310 novým tramvajím 14T a 15T a nyní dalším až 200 novým tramvajím stále v délce do 32 metrů. Z tohoto důvodu by ani nebylo nutné skokově upravovat všech více jak 240 zastávek, ale naopak by byla vyčleněna linka, na kterou by se vozy jako první začaly dostávat, a pouze tento soubor zastávek by bylo nutné upravit. Za připomenutí stojí, že ze zmíněných 240 zastávek je i dnes 86 z nich kratších než 33 metrů a mnohé běžně nepoužívané by nebylo vůbec potřeba pro nové tramvaje upravovat.



*Obrázek 5 – V běžné situaci ve standardní trase linky 1 v Brně by taková situace nenastala, akce Streetparty Brno 2022, která uzavřela Lidickou ulici, si ovšem vyžádala odklon této páteřní linky na nácestnou smyčku v Králově Poli a zde ležící zastávka Semilasso není pro soupravy delší než 32 metrů uzpůsobena*

Skutečnost pouze nepatrného rozdílu v počtu nevyhovujících zastávek pro tramvaje do 37 nebo 48 metrů je nutné vzít v potaz při případném plánování nové

maximální délkové kategorie tramvají v Praze. Při nárůstu možné délky vozidla pouze o 5 metrů je nevyhovujících zastávek jenom o 16 méně než v případě nárůstu o 16 metrů, což by představovalo prodloužení vozidel o 50 % oproti stávající hranici. Další možné teoretické prodlužování také nemá žádné výrazné zábrany. Při zvětšení limitu rovnou o 20 metrů na délkovou kategorii do 52 metrů počet nevyhovujících zastávek naroste o pouhých 8 na celkový počet 262.<sup>[31]</sup>

## 6.2 Řízené křižovatky

Problematika křižovatek se dělí na dvě základní roviny, a to řízené křižovatky s kolejovým rozvětvením a řízené křižovatky bez kolejového rozvětvení. Obě skupiny možné prodloužení tramvají nějakým způsobem ovlivní, nicméně do každé skupiny budou vstupovat jiné proměnné díky přítomnosti, či nepřítomnosti, výměn a srdcovek, přes které není možné projíždět plnou traťovou rychlostí.

V obou případech ovšem bude pojednáváno o křižovatkách řízených SSZ, tudíž problematika bude úzce souviset s TP 81. Cílem této kapitoly nebude přímo navrhnout cyklus křižovatky s provozem dlouhých tramvají, ale ukázat na rozdílné požadavky na systém řízení křižovatky při provozu dlouhých tramvají oproti dnešnímu stavu s vozidly o maximální délce 32 metrů.

Aby bylo možné tyto rozdíly nějakým způsobem naznačit, bude aktuální stav srovnáván s určitou konkrétní délkovou kategorií tramvají již odzkoušených v ČR, a to možným prodloužením tramvají po vzoru města Brna a souprav 2xVarioLF2, které mají přes 46 metrů.<sup>[15]</sup> Srovnávány tak budou rozdíly vzhledem k možnému prodloužení nejvyšší délky vozidel o 15 metrů na maximální přípustnou délku 47 metrů.

### 6.2.1 Křižovatky bez kolejového rozvětvení

V křižovatkách bez kolejového rozvětvení je situace značně jednodušší, protože zde nedochází k žádnému dodatečnému zdržení kvůli blokování výměn a pomalému průjezdu přes kolejové konstrukce. Stále ale je v takových křižovatkách nutné posoudit prodloužení tramvají a jejich vliv na cyklus řízené křižovatky.

Délka cyklu se skládá z jednotlivých délek fází signálů volno a příslušných mezičasů k těmto fázím.<sup>[32]</sup> Cyklus a řízení křižovatky pomocí SSZ tak můžou delší tramvaje ovlivnit ve dvou aspektech, a to v délce fáze pro tramvaje a mezičasu potřebného pro vyklizení křižovatky.

Ovlivnění délky signálu volno nárůstem délky tramvají se v návrhu cyklu křižovatky projeví až v případě jízdy dvou a více tramvají během jedné fáze. Signál volno totiž umožňuje vjezd libovolného vozidla do křižovatky. To v případě jedné tramvaje se s její libovolnou délkou nebude lišit, jelikož čelo vozidla, kde se nachází i řidič schopný postřehnout daný signál a podle něj jednat, se bude

stále nacházet na stejném místě. Ony metry navíc se nachází až za zády řidiče a ty mohou projíždět kolem návěstidla i v době, kdy se již signál změnil na stůj.

U průjezdu dvou a více vozidel již k ovlivnění délky fáze nutně dojde. Pokud se před křižovatkou na stopčáře bude nacházet ona 47 metrů dlouhá tramvaj a za ní další libovolná tramvaj, rozdíl v potřebné délce fáze bude právě v době, za kterou druhé vozidlo urazí oněch přidaných 15 metrů.

Po přepnutí signálu na volno dojde k následujícím krokům. Nejdříve uběhne reakční doba řidiče prvního vozidla, které se následně dá do pohybu. Tuto informaci postřehne řidič druhého vozidla a po dalším reakčním času uvede tramvaj do pohybu i on. Tyto kroky budou stejné pro libovolnou délku první tramvaje stojící před křižovatkou. Následně musí signál volno zůstat v křižovatce do té doby, než i druhá tramvaj vjede do křižovatky. Toto trvání rozjezdu bude ovlivňovat potřebnou dobu prodloužení fáze proti stávajícímu stavu.

Tramvaj se bude rozjíždět dle rovnice pro rovnoměrně zrychlený pohyb

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1)$$

kde  $s$  [m] je dráha ke stopčáře,  $v_0$  [m/s] je počáteční rychlost tramvaje,  $t$  [s] je doba jízdy a  $a$  [m/s<sup>2</sup>] je zrychlení tramvaje. Pohyb se koná z nulové rychlosti do okamžiku projetí čela vozidla skrz stopčáru, nebo se při dosažení maximální povolené traťové rychlosti 50 km/h změnil na rovnoměrný pohyb touto rychlostí.

Protože hodnoty zrychlení tramvajů nejsou jednoduše k dispozici, byla hodnota za účelem výpočtu rozdílu délky fáze stanovena na 0,8 m/s<sup>2</sup>. Tato hodnota vychází z v diplomové práci stanovené hranice zrychlení pro komfortní pocit stojícího cestujícího v tramvaji na úrovni 1,05 m/s<sup>2</sup>.<sup>[33]</sup> Jelikož není vhodné narušovat komfort cestujících, výpočetní hodnota byla vhodně zvolena pod touto stanovenou horní hranicí.

Pro představu velikosti zvolené hodnoty zrychlení 0,8 m/s<sup>2</sup> je záhodno uvést, že rozjezd na rychlost 50 km/h by trval 17,4 sekund a rychlosti by bylo dosaženo za 121 metrů. Takové hodnoty se jeví jako pohodlně dosažitelné a v provozu i překonatelné, tudíž není důvod se domnívat, že by rozjezd tramvaje měl být počítán s menší hodnotou zrychlení.

Potřebné prodloužení délky fáze pro tramvaje se určí jako rozdíl dob, které druhá tramvaj bude potřebovat k projetí stopčáry, v závislosti na délce předchozího vozidla. Pro modelový příklad křižovatky řízené SSZ bez výměn a křížení bude nutné délku fáze prodloužit o čas

$$t = t_{47} - t_{32} = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{47}}{a}} - \sqrt{\frac{2 \cdot s_{32}}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 48}{0,8}} - \sqrt{\frac{2 \cdot 33}{0,8}} = 1,9 \text{ s} \quad (2)$$

kde je počítáno s variantou, že první tramvaj zastaví na stopčáře a druhá poté zastaví dle zvyklosti s metrovým rozestupem od předchozí, podobně jako je s tímto rozestupem počítáno i u zastávek.

Toto prodloužení délky fáze díky nárůstu délky tramvajů o 15 metrů je nevyšší možné, protože s rostoucím rozestupem mezi vozidly se potřebné prodloužení délky fáze zmenšuje. Stejně tomu je v případě nenulové počáteční rychlosti, kdy v případě plynulého průjezdu dvou vozidel křižovatkou maximální rychlostí 50 km/h se stejným rozestupem mezi nimi potřebné prodloužení délky fáze klesne až k hodnotě 1,1 sekundy. To představuje minimální potřebnou hodnotu prodloužení délky fáze volno pro dlouhé tramvaje pohybující se v ulicích, jelikož 1,1 sekundy je doba potřebná pro ujetí vzdálenosti 15 metrů rychlostí 50 km/h, což přesně představuje nárůst délky tramvaje.

Druhým aspektem vstupujícím do dobrého cyklu křižovatky jsou mezičasy, tedy časy potřebné pro vyklizení křižovatky předchozí fází. Mezičasy se pro křižovátku vypočítají se znalostí trajektorie vyklizujícího a najíždějícího směru a místa jejich kolizní plochy.<sup>[32]</sup>

V případě prodloužení maximální délky tramvajů zůstane trajektorie vozidla stále stejná a díky tomu i příslušné najížděcí a vyklizovací dráhy, jejich rychlosti a bezpečnostní doby budou neměnné. Poslední proměnnou, která do výpočtu mezičasů vstupuje, je délka vyklizujícího vozidla.<sup>[32]</sup> Ta se při prolomení hranice 32 metrů jistě zvýší a z logiky věci by tak měla narůst i hodnota mezičasu pro vyklizující tramvaj.

Technické podmínky ovšem jasně specifikují práci s délkou vyklizující tramvaje a přikládají jí jednotnou výpočtovou délku 15 metrů bez ohledu na její reálnou délku, neboť deklarují její nepřehlédnutelnost pro ostatní účastníky provozu díky své velikosti.<sup>[32]</sup> Z tohoto důvodu je jasné, že prodlužování tramvajů až k zákonnému limitu délky 65 metrů nebude mít žádný vliv na mezičasy v křižovatce.

Prodloužení vozidla až o 15 metrů může v křižovatkách bez kolejových konstrukcí ovlivnit pouze délku fáze a tu tak prodloužit o 2 sekundy, byla-li by délka fáze v křižovatce naplánována striktně na průjezd dvou souprav. Pokud ale řízená křižovatka dostatečnými rezervami v délce fáze pro tramvaje disponuje, nebude nutné, vzhledem k malému rozdílu oproti současnému stavu, k úpravě cyklu ani přistupovat.

### **6.2.2 Křižovatky s kolejovým rozvětvením**

Do problematiky těchto křižovatek vstupují i parametry jízdy na kolejových konstrukcích a samotná problematika výměn. Většina výměn v pražské síti je přestavována rádiově pomocí přijímačů zabudovaných v zemi ve vzdálenosti asi 25–35 metrů před výměnou.<sup>[34]</sup> Postup v případě jízdy dvou tramvajů po sobě přes výměnu je následující.

První tramvaj si rádiově přestaví výměnu a tím vjede do jejího obvodu, kdy pro jízdu přes výměnu proti hrotu je maximální povolená rychlost 15 km/h.<sup>[35]</sup> Touto rychlostí proto projíždí skrz výměnu a druhá tramvaj mezitím vyčkává před rádiovým přijímačem do doby, než první tramvaj opustí obvod výměny, která se tím odblokuje. Druhá tramvaj může poté bezpečně do obvodu téže výměny vjet a případně si výměnu i rádiově přestavit.

V obou případech délkových kategorií bude druhá tramvaj, pokud přijede k rádiovému přijímači s minimálním rozestupem od té předchozí, nucena před tímto místem vyčkat do okamžiku uvolnění blokované výměny. A zde přichází na řadu opět onen rozdíl při prodloužení tramvají nad hranici 32 metrů. V okamžiku, kdy by vozidlo o délce 32 metrů opustilo obvod výměny a uvolnilo tak výměnu pro další tramvaj, tak u názorné tramvaje dlouhé 47 metrů bude stále 15 metrů vozidla v obvodu výměny. Doba, za kterou tato dlouhá tramvaj oněch přidaných 15 metrů přes výměnu urazí, je přesně tou dobou, o kterou se druhé vozidlo dostane ke stopčáře křižovatky později, jelikož po odblokování výměny, již nezávisle na délce předchozího vozidla, dojde k akceleraci druhé tramvaje a jejím vjezdu do řízené křižovatky, která již bude vypadat v obou případech shodně.

Vzhledem ke skutečnosti, že tramvaj může výměnu proti hrotu projíždět maximálně rychlostí 15 km/h, bude doba potřebná k ujetí dodatečné vzdálenosti přes výměny rovna

$$t = \frac{s}{v} = \frac{15}{4,17} = 3,6 \text{ s} \quad (3)$$

kde  $t$  [s] je doba jízdy,  $s$  [m] je délka prodloužení tramvaje nad 32 metrů a  $v$  [m/s] je rychlost jízdy přes výměnu.

Jelikož se délka fáze navrhuje na celé sekundy, u křižovatek s kolejovými konstrukcemi bude potřeba délku fáze pro průjezd dvou tramvají skrz křižovatku prodloužit o 4 sekundy, nebude-li v aktuální délce fáze dostatečná rezerva, která by se na vykrytí tohoto prodloužení použila. V případě jiné délkové varianty než 47 metrů pro nové tramvaje poté potřebné prodloužení fáze roste s přibývajícím délkou tramvají, a naopak podle uvedeného vztahu. Podobný rozdíl, avšak menší, bude i v případě rychlostních výměn, které umožňují jiné rychlosti než 15 km/h, jako například u zastávky Průběžná,<sup>[36]</sup> kdy s rostoucí rychlostí průjezdu výměnou razantně klesá potřeba prodloužení délky fáze.

### 6.3 Obratiště

Síť tramvají v Praze nyní disponuje 50 obratišti a u 2 nových obratišť Dědinská a Slivenec již probíhá jejich výstavba.<sup>[37]</sup> Ne všechny z nich jsou ovšem pravidelně používány denními linkami a některá obratiště tak slouží výhradně pro linky noční, jiná pro linky historické a nostalgické a některá nejsou využívána žádnými linkami a slouží pouze pro účely mimořádností a výluk.

Základním požadavkem na tramvajová obratiště je, že počet kolejí má odpovídat počtu linek.<sup>[29]</sup> Nutnost takového opatření je zcela pochopitelná, vzhledem ke krátkým intervalům, které jsou používány v Praze, a poměrně výrazné nepravidelnosti provozu v období přepravních špiček, neboť za sledované špičkové období 80 % spojů jelo se zpožděním do 234 s.

Zpoždění vytváří potřebu mít k dispozici obratiště s předjízdnyými kolejemi, protože linky mohou na konečnou přijet i v opačném pořadí, než v jakém mají z konečné odjet. Navíc, vzhledem ke zpoždění některých spojů, je zde nutné mít i dostatečný čas na jeho vyrovnání, které v jednom případě dosáhlo až necelých 8 minut. Proto je nutné počítat s místem pro jedno vozidlo na konečné ve všech případech, mimo linky 9, která na konečné přijíždí v plném páteřním taktu a pauza tak bude nutně vyžadovat odstavení více jak jednoho vozidla.

Ačkoli se nedá předpokládat, že tramvaje, dojde-li k rozhodnutí je prodloužit, budou ihned prodlouženy na délku nejdelších tramvajů v Budapešti, jelikož by nárůst přepravní kapacity byl doslova extrémní, je nutné i zde myslet s výhledem do budoucnosti. Životnost obratišť a náročnost jejich případných úprav je násobně vyšší než v případě zastávek, proto je nutné mít rezervu na další růst, třeba i k budapeštské hranici 56 metrů.

V případě uspořádání obratiště se zastávkami mimo samotný prostor jednotlivých odstavných kolejí je požadavek jednoduchý. Délky jednotlivých kolejí musí umožňovat odstav dlouhé tramvaje mezi námezníky, aby ji bylo možné objet jiným vozidlem. V tomto řešení nejsou problematické ani mírně delší přestávky, než je linkový interval (pauza 9–10 minut u intervalu 8 minut), jelikož několik desítek sekund zabere samotný průjezd obratištěm a odjíždějící tramvaj si může do nástupní zastávky najet i necelou minutu před odjezdem, aby umožnila lidem pohodlně nastoupit, chvíli vyčkala a vyjela přesně v čase pravidelného odjezdu na svou trasu.

Toto může být problém kupříkladu u smyček jako Harfa a Radošovická, kde by bylo nutné prodloužit délku odstavných kolejí pro tramvaje nad 32 metrů,<sup>[37]</sup> nebo by tyto manipulační smyčky byly pro dlouhé tramvaje pouze jednokolejné, vzhledem k jejich nevyužití v pravidelném provozu. Stejnou obtíž má i Vozovna Žižkov s odstavnými kolejemi na 40 metrů,<sup>[37]</sup> která je ovšem jednou linkou využívána pravidelně. U smyčky Kotlářka by bylo nutné využívat pouze dvě koleje a jako nástupní zastávku používat tu na trati. Dále je specifická i smyčka Spojovací, kde při prodloužení tramvajů nad 49 metrů, což jsou délky vnitřní a střední koleje,<sup>[37]</sup> by bylo možné předjíždění dlouhých tramvajů stojících pouze na vnější koleji. Anebo Vypich, který má sice dostatečně dlouhé odstavné koleje, ovšem přesně uprostřed jsou přerušeny autobusovým přejezdem. Ten by tak bylo nutné přesunout do míst, kde by před námezníkem u sjezdové výhybky zbyl dostatečný prostor pro tramvaje.

Další variantou uspořádání je obratiště se zastávkami na jednotlivých odstavných kolejích. Tento případ ovšem vyžaduje prostor pro dvě soupravy mezi námezníky, jelikož v případě shodné pauzy jako výše první tramvaj nemůže kolej před pravidelným odjezdem uvolnit a musí za ní na odstavné koleji zůstat prostor pro další vozidlo, neboť jinak by druhá tramvaj nemohla do výstupní zastávky vůbec vjet.

Zde vzniká problém například na Bílé Hoře, která má i nedostatečnou délku výstupních zastávek a dlouhé tramvaje by tak zůstaly částečně v křižovatce. Jako řešení se může jevit přesunutí zastávek před samotné obratiště a ponechání kolejí ve smyčce pouze pro účely odstavů. Pravidelnými běžnými denními linkami nepoužívané smyčky Královka a Dlabačov, není z toho důvodu nutné upravovat, navíc žádná kolej nemá celkovou délku menší než 68 metrů,<sup>[37]</sup> tudíž by se smyčky stále daly používat i pro předjíždění dlouhých tramvají při mimořádnostech a výlukách. Problematické je ale také obratiště Vysočanská, které by tak svým uspořádáním mohlo s obtížemi sloužit nanejvýš pro jednu tramvaj díky křížení s komunikací, či Olšanské hřbitovy, kde jsou sice dvě koleje, ovšem pokaždé se na nich nachází výstupní zastávka a kapacita tak bude rovněž pouze pro jednu tramvaj.

Zajímavou ukázkou smyčky, která by potřebám tramvají delších než 32 metrů zcela nevyhovovala, je Nádraží Podbaba, kde jsou zřízeny dvě a dvě koleje, pokaždé na délku 33–34 metrů.<sup>[37]</sup> Vzhledem k vybudování smyčky v roce 2011 po jejím vyprojektování o rok dříve,<sup>[38]</sup> a tudíž jejímu stáří pouhých 12 let, by v případě zavedení tramvají délky nad 32 metrů tento úsek od Vítězného náměstí, do doby prodloužení trati do Suchdola, pravděpodobně nemohl být ničím jiným než standardními vozy délkové kategorie do 32 metrů obsluhován. Ochota přebudovávat nedávno vystavěnou smyčku a vynakládat tak další finanční prostředky do moderní infrastruktury by byla, ze zcela pochopitelných důvodů, velmi malá.

## 6.4 Údržba a deponování vozidel

K údržbě tramvají dochází v pravidelných intervalech podle kilometrických proběhů jednotlivých stupňů údržby jak v domovských vozovnách, tak i v případě vyšších stupňů údržby v ústředních dílnách v areálu Opravny tramvají.

### 6.4.1 Vozovny

Nižší stupně údržby jsou vykonávány právě v jednotlivých vozovnách, kde je prováděno základní denní ošetření po každé směně, nepovinné rozšířené denní ošetření v polovině proběhu do kontrolní prohlídky, která je již povinná a koná se po ujetí 20 000 km. Posledním stupněm pravidelné údržby ve vozovnách je velká kontrolní prohlídka, která se koná po najetí 100 000 km, což představuje přibližně dobu 2 let.<sup>[39]</sup>

Provozní koncept údržby by ani nové tramvaje nenarušily, jelikož na nich bude nutné provádět stejné druhy údržby, jako na jiných vozidlech, kterými DPP



doposud disponuje. Tou nejzákladnější potřebou v každé vozovně, do které by byly tyto dlouhé tramvaje přiděleny je mít zajištěnou jejich denní údržbu, která nemůže být vykonána nikde jinde než v místě jejich odstavení přes noční hodiny.

Tyto úkony mohou vyžadovat dostatečně dlouhou pracovní jámu a kontrolní lávku, ze kterých může být zběžná kontrola vozidla po příjezdu ze směny provedena. Nedostatečná délka těchto dvou prvků pro nové delší tramvaje by si vyžádala jisté úpravy stavebního, či provozního rázu. Stavební úpravy by zahrnovaly prodloužení těchto dvou prvků minimálně na délku nově provozovaných vozidel, které by se neobešly bez přestavby části kolejí spojených s jejich výlukou. Opačnou možností, která by se rovněž dala pro tyto dlouhé tramvaje aplikovat, je změna provozní organizace provádění denního ošetření, kdy by vznikla povinnost vozidlo v průběhu prací popotáhnout. Je ovšem zcela jasné, že s příchodem takových tramvajů se ani v otázce základní denní údržby není možné vyhnout změnám a úpravám, které by takový provozní koncept vyžadoval.

Jinak tomu ovšem nebylo ani historicky s příchodem zcela nové koncepce tramvajů typu T1 při zvyklosti a uzpůsobenosti zázemí na dvounápravové tramvaje. Ve vozovně Pankrác bylo kupříkladu první vypravení tramvaje T1 dne 1. prosince 1955 spojeno s nutností provést velké úpravy ve vozovně, včetně potřeby výstavby zcela nové dílny mezi 4. a 5. lodí.<sup>[40]</sup>

S tím souvisí i problematika mytí vozidel, která může být uskutečňována dvěma způsoby. Prvním z nich je mycí rám, který vozidlo umyje svým vlastním pohybem během stání vozidla. Tento koncept je žádaný a vhodný, jelikož dokáže umýt i čelo a zád vozidla, ovšem dlouhé tramvaje by vyžádaly prodloužení těchto postavených mycích linek, jakou má třeba vozovna Pankrác. Druhým konceptem, který by dlouhé tramvaje mohly používat v podstatě ihned a bez úprav, jsou pevné mycí rámy, kterými vozidlo pomalou rychlostí projede. Od tohoto konceptu se ovšem spolu s výstavbami nových hal pro denní ošetření ustupuje.

Mimo denního ošetření je potřeba ve vozovnách provádět i náročnější prohlídky vozidel po určitých kilometrických probězích v místních dílnách. Tyto prohlídky mohou být spojeny s potřebou vyzdvižení tramvaje, či vyvázání podvozku. Nové tramvaje by i v tomto ohledu jisté překážky vytvořily, jelikož současné počty zvedáků by ve spojitosti s vyzdvižením kloubových vozů délky nad 32 metrů nestačily a bylo by nutné jednak zvýšit jejich počet a zároveň i prodloužit jejich délkový dosah v případě koncepce pojízdných zvedáků v kolejničkách.

Stávající zvedáky by ovšem mohly sloužit i novým vozidlům, jelikož celková hmotnost tramvaje zcela s jistotou naroste, stejně tak ale naroste i jejich délka, a proto rozložení hmotnosti v souvislosti s nápravovými tlaky se dá předpokládat podobné, jako v případě dnes provozovaných moderních vozidel 14T a 15T. Stejně by proto neměly vzniknout ani problémy s únosnostmi kolejí nejen v prostoru údržby tramvajů, ale i v prostoru určeném k jejich odstavení.

Prohlídky tramvají se ovšem vytváří s určitým plánem podle předpokladu počtu najetých kilometrů u jednotlivých vozů. To dává velký prostor k možnosti úpravy pouze vybrané vozovny, nebo k vyprojektování nové, vzhledem k plánovému rozvoji tramvajové dopravy a stavby nových tratí tolik potřebné, vozovny na Baníku<sup>[41]</sup> s možností údržby vozidel delších než 32 metrů.

Dlouhé tramvaje by tak mohly být alokovány v nové a pro ně uzpůsobené vozovně, která by disponovala veškerým zázemím schopným jednoduše opravovat tyto tramvaje. Společně s umístěním dlouhých tramvají pouze do jedné takto upravené vozovny by koncept mohl provozně fungovat spolu s vytvořením dvoudenních oběhů vozidel tak, aby se tyto dlouhé tramvaje pravidelně ob den dostávaly do své domovské vozovny k možným občasným opravám, ale zároveň byly k dispozici i v jiné části sítě a jiné vozovně k minimalizaci počtu nájezdových a zátahových kilometrů z konečných do jednotlivých vozoven.

Z tohoto důvodu by bylo nutné zajistit deponování vozidel ve vícero vozovnách než ve své vlastní. Nicméně otázka deponování vozidel je spíše záležitostí organizační. Koleje v halách nejsou stavěny pouze na tramvaje do 32 metrů, ale na každou kolej se vejde několik vozů za sebou. Otázka seskládání vozidel je tak poté více organizační záležitostí než neřešitelným problémem, jelikož i dnes se ve vozovnách setkávají s různými délkovými kategoriemi ve formě samostatných vozů T3 z linek 2 a 13 a proti tomu dvojnásobně dlouhých kloubových tramvají.

U nových tramvají se ani nedá předpokládat, že by překročily únosnost kolejí nad kanály ve vozovnách, pokud je již dnes možné na nich odstavovat vozy 15T, které jsou ve srovnání s dvojicí 2xT3 o necelých 10 kg těžší.

#### **6.4.2 Opravna tramvají**

Vyšší stupně údržby a oprav se provádějí v již zmíněném areálu Opravny tramvají, který začal sloužit svému účelu v roce 1968. Původně se pro opravy krátkých vozů Tatra typu T1 až T3 používal a dodnes stále používá linkový způsob oprav. S příchodem zcela nových tříčlánkových tramvají KT8D5 v roce 1986 ovšem přestal tento koncept oprav vyhovovat. Celé zázemí Opravny tramvají bylo uzpůsobeno pouze k údržbě vozů o délce 15 metrů, tudíž příchodu zcela nové koncepce z tehdejšího pohledu vysokokapacitních tramvají dlouhých asi 31 metrů musela být jednotlivá opravárenská stanoviště řádně přizpůsobena.<sup>[42]</sup>

Rekonstrukce koncepčně nevyhovující Opravny tramvají pro opravy nových nízkopodlažních vozidel, jež se začínaly ve světě ve velkém uplatňovat, byla rozdělena do pěti etap, které předcházela ještě etapa nultá. Práce na rekonstrukci probíhaly mezi roky 1996 a 2003, ovšem nikdy nebyly dokončeny v celém naplánovaném rozsahu. Vzhledem k finančním důvodům bylo v roce 2000 rozhodnuto o omezení rozsahu rekonstrukce, kdy plánovaná 4. etapa byla provedena pouze z malé části a 5. etapa se neuskutečnila vůbec.<sup>[42]</sup>

Toto omezení rozsahu prací způsobilo, že nebyl zcela dokončen přechod na boxový způsob oprav a v celé 1. lodi dílen se stále používá linkový způsob oprav se všemi svými negativními dopady, jež je vhodný pouze pro vozy Tatra, tedy dnes pouze pro tramvaje typu T3. Při karosářských a lakýrnických pracích na článkových vozech tato zastaralá technologie dokonce vyžaduje i rozpojování článkových vozů s délkou do 32 metrů na jednotlivé menší sekce.<sup>[42]</sup>



Obrázek 6 – Pohled na čelní článek z rozpojeného vozidla KT8D5 při probíhající opravě, rozpojování článkových tramvají na jednotlivé sekce za účelem údržby je běžnou a proveditelnou záležitostí<sup>[43]</sup>

Zařazení nových dlouhých tramvají do současných podmínek údržbového zázemí dílen by patrně nepředstavovalo rozsáhlejší problémy z hlediska organizace práce a logistických činností. Možné problémy vycházející z dodnes nevyhovujícího vybavení dílen se příliš neliší od problémů, se kterými je nutné se vypořádat již dnes, jako například rozpojování článkových vozů na jednotlivé sekce. Tyto postupy jsou shodně realizovatelné i u tramvají delších než 32 metrů.

Požadavek na rozpojitelnost tramvají na jednotlivé sekce do délky 32 metrů je možné i legitimně zanést do výběrového řízení na dlouhé tramvaje, podobně jako tomu bylo i v případě dodávek dlouhých tramvají pro německý Erfurt. Ten tak ve svém výběrovém řízení požadoval rychlého rozdělení vozidla na dvě části, se kterými bude možné manévrovat, kdy časová náročnost rozdělení a složení vozidla nesmí přesáhnout 2 hodiny.<sup>[44]</sup>

Ostatní pracoviště v Opravně tramvají, kterými jsou kupříkladu dílna podvozků, dílna údržby motorů, převodovek a brzdíčů, dílna elektrovýzbroje, dílna elektroniky, pracoviště oprav dveří a další, umožňují absorpci oprav komponentů, jimiž by byly nové dlouhé tramvaje vybaveny, bez jakýchkoli překážek.

Obnova vozového parku tramvají navíc povede v nadcházejících letech k odstavení většiny vozů T3, čímž bude linková část údržby v celé 1. lodi Opravny tramvají nadále neudržitelná. Pro ni by proto byla rovněž vhodná úprava na boxový systém určený pro údržbu moderních vozů.<sup>[42]</sup> Další investice do údržbového zázemí budou tedy v krátkodobém horizontu zřejmě nevyhnutelné a při dokončení odložené rekonstrukce Opravny tramvají je tak jednoduše možné zohlednit specifické potřeby údržby dlouhých tramvají a rekonstrukci dokončit s vybavením pro nejmodernější potřeby města.

## 7 Srovnání nákladů

Neméně důležitá otázka vedle technických problematik dlouhých tramvají je i jejich ekonomická složka. Celkové roční náklady na provoz VHD stihly od roku 2000 vzrůst dvojnásobně, přičemž prakticky veškerý nárůst leží na bedrech rozpočtu hlavního města Prahy, jelikož cena dlouhodobé roční jízdenky stihla v tomto období dokonce klesnout o 150 Kč a krátkodobé jízdné tuto krvavou jízvu zalepit rozhodně nedokáže.<sup>[45]</sup>

Součástí strategie nových dlouhých tramvají by tak měla být i jejich ekonomická výhodnost s možnou vidinou ušetření na enormních provozních nákladech oproti současnému stavu. Základními porovnatelnými údaji jsou vstupní náklady na pořízení vozidel, dále provozní a údržbové náklady a náklady na investice do infrastruktury.

Cílem tohoto srovnání nákladů je nastínit výhodnost provozu delších tramvají než 32 metrů v Praze a poukázat na efektivitu v případě uskutečnění takového opatření. Mimo ekonomické složky prodloužení tramvají se spolu se zvětšením přepravní kapacity pojí i menší potřeba řidičů, jelikož stejné počty cestujících je možné, díky větší kapacitě jednotlivých vozidel, odvézt v méně spojích. Tím by mohlo docházet k narovnání nedostatků řidičů, který v loňském roce tvořil 7,6 % osob.<sup>[46]</sup>

Mimo aktuálního nedostatku řidičů je zde i dlouhodobý problém s vysokým průměrným věkem řidičů, který se nyní nachází mezi 47 a 50 lety. Tento problém se rovněž začne s postupujícím časem čím dál více projevovat spolu s postupným odchodem starších osob do starobního důchodu, či spolu s jejich zdravotní nezpůsobilostí.<sup>[47]</sup> Tlak na růst mezd řidičů v souvislosti s jejich očekávatelným nedostatkem, či případná nutnost omezovat dopravní obsluhu a tím snižovat přepravní kapacity, může být v této souvislosti stále častějším jevem. Ostatně tak tomu bylo i na počátku letošního roku, kdy k omezení četnosti spojů a k s tím svázanému omezení nabízené přepravní kapacity, způsobené nedostatkem řidičů, opravdu došlo.<sup>[48]</sup>

### 7.1 Nákup vozidel

V otázce nákupu vozidel je vhodné ukázat srovnání dvou podobných vozidel a jejich cenového rozdílu vztaženého na osobu při obsaditelnosti udávané výrobcem. Srovnávat obsaditelnost dle standardů není možné, jelikož pro žádná vozidla nad 32 metrů Standard obsaditelnosti vytvořen nebyl. Jako nejvíce vhodné se však stále jeví srovnání podobných vozidel, se kterými má zkušenosti i Praha.

V případě tramvají 15T dodávaných do lotyšské Rigy byla součástí zakázky dodávka jak tříčlankových tramvají za 2,7 milionu Eur s obsaditelností 318 osob, tak i čtyřčlankových tramvají s cenovkou na 3,5 milionech Eur s obsaditelností 432 osob.<sup>[49][50]</sup> Prodloužení tramvaje o 10 metrů tak vyhnalo cenovku vozu

o 800 tisíc Eur výše (tedy nárůst asi o 30 %), ovšem počet míst v takové tramvaji se navýšil rovnou o 36 %. Z toho vyplývá, že v případě nákupu tramvají 15T v Rize je v přepočtu na jednoho přepravitelného cestujícího celková cena delší tramvaje výhodnější. Tento údaj lze vyjádřit i přímo po přepočtení, který činí 8,5 tisíc Eur na osobu obsaditelnosti u kratší verze a 8,1 tisíce Eur u verze delší. Pořízení delší tramvaje je tak na každou přepravitelnou osobu přibližně o 5 % levnější.

Zajímavým srovnáním odhadované cenové hladiny vozidel do 32 metrů a vozidel do 42 metrů jsou výběrová řízení v Praze a Plzni. Odhadovaná cena v případě plzeňských tramvají byla 1,92 miliardy Kč za 24 tramvají, což dělá cenu 80 milionů korun za vůz.<sup>[22]</sup> V případě pražského výběrového řízení na až 200 tramvají je předpokládaná cena 15 miliard Kč, tedy asi 75 milionů korun za vůz.<sup>[8]</sup> Rozdíl v cenách mezi různě dlouhými vozidly je v případě předpokládaných cen přímo minimální.

## 7.2 Provozní náklady

Celková analýza nákladů na provoz, a následně i s ním spojená pravidelná údržba vyplývající z kilometrických proběhů, bude pro účely tohoto srovnání značně zjednodušená, ovšem i přesto se tyto výpočty budou opírat o dostupné podklady a porovnání z jiných měst. Základními položkami provozních nákladů je spotřeba elektrické energie a personální náklady na řidiče tramvají, které budou v následujících odstavcích podrobněji popsány.

Při porovnání dvou stejných typů vozidel v různých délkových kategoriích bude spotřeba elektrické energie převážně záviset na hmotnosti vozidla.<sup>[51]</sup> Myšlenka závislosti spotřeby energie na hmotnosti vozidla ve formě přímé úměry není vůbec vzdálena realitě. To dokazuje i příklad srovnání tramvají v Polsku, konkrétně srovnání vozidel 128N a 134N z Varšavy, kde kratší tramvaj při hmotnosti 30,4 t má spotřebu 3,97 kWh/km.<sup>[52]</sup> Delší vozidlo by tak při hmotnosti 41,5 t mělo mít takto odhadnutou spotřebu energie 5,42 kWh/km, což zcela koresponduje s reálnou hodnotou 5,45 kWh/km.<sup>[52]</sup> Tuto přímou úměru tak lze zcela jistě aplikovat i na prováděnou analýzu.

Porovnávání vozidel pomocí délky tramvají, která je v průběhu práce neustále používána, je výrazně vhodnější pro její představitelnost než pomocí jejich hmotností. Z tohoto důvodu je nutné nastínit i souvislost hmotnosti tramvají s jejich délkou na stejných vozidlech 128N a 134N. Kratší tramvaj s délkou 19,3 m má hmotnost 30,4 t (s cestujícími 39,5 t), v případě platnosti přímé úměry by tak delší tramvaj se svojí délkou 29,7 m měla mít přibližně 46,8 t (s cestujícími 60,8 t), ovšem reálné hmotnosti delší tramvaje jsou pouze 39,5 t (s cestujícími 56,2 t), což ukazuje, že hmotnost tramvaje roste o něco pomaleji než její délka.<sup>[52]</sup> Stejně výsledky by vyšly i kupříkladu při srovnání tramvají VarioLF2 (délka 22,6 m, hmotnost 31,5 t) a VarioLF3 (délka 30,1 m, hmotnost 38 t).<sup>[53]</sup> To se dá jednoduše vysvětlit určitým počtem prvků, které není v rámci prodlužování tramvaje nutné spolu s přibývajícím délkou násobit, jako je například sběrač (jež se u vozů délky

okolo 55 metrů ovšem vyskytuje již ve dvou vyhotoveních), řídicí systémy vozidla, kabina, či čelní a zadní maska vozidla. S mírným zjednodušením k nevýhodě dlouhých tramvají je i přesto možné konstatovat, že spotřeba elektrické energie tramvaje roste v přímé úměře k její délce.

Díky tomu je možné vycházet z dostupných údajů o spotřebě klimatizovaného vozidla 15T, která činí 4,45 kWh/km<sup>[51]</sup> a převést ji na již jednou použitou modelovou tramvaj 15T o délce 41 metrů. Pro tu by dle nastavené logiky byla spotřeba elektrické energie na hodnotách přibližně 5,8 kWh/km. Na jednoho cestujícího z obsaditelnosti takového vozu tak v přepočtu vychází energetická náročnost na 13,43 Wh/km oproti kratšímu vozu, kde je tento ukazatel na hodnotě 13,99 Wh/km. I přes odvozený nárůst spotřeby s délkou vozidla je tento rozdíl způsoben rozdílnou obsaditelností tramvaje ve vztahu k její délce, neboť s každým prodlužováním tramvaje se zvětšuje prostor pro cestující, ale nevyužitelné prostory, jako je kabina řidiče, svou velikost nemění. Delší tramvaje jsou tak z pohledu spotřeby na přepravitelnou osobu asi o 4 % levnější.

Neopomenutelnou složkou provozních nákladů jsou personální náklady na mzdy jednotlivých řidičů tramvají, které spolu s aktuální inflační situací v ČR razantně stoupají. Pro rok 2022 byla základní mzda řidiče tramvaje 204,1 Kč/h, která se tak oproti roku 2021 zvýšila o 4,8 %.<sup>[54]</sup> Pro rok 2023 ovšem proběhla dvě další navýšení mzdových tarifů v souhrnné výši na úrovni necelých 10 %, což nyní vyhnalo základní mzdu řidiče tramvají na hodnotu 224,1 Kč/h.

Hrubá mzda řidiče ovšem neodpovídá nákladům zaměstnavatele na jeho hodinové ohodnocení. Zaměstnavatel z této hrubé mzdy ještě odvádí dalších 9 % na zdravotní pojištění a 25 % na sociální pojištění, což vytváří nárůst nákladů na o dalších 34 %.<sup>[55]</sup> Náklady na jednoho řidiče tramvaje jsou proto výrazně vyšší a pohybují se okolo 300 Kč/h. Ani tato částka není ještě zcela finální a reálný náklad na pracovní hodinu zaměstnance bude, vzhledem mnoha dalším poskytovaným benefitům ve formě příplatků a odměn, ještě mírně vyšší.

Vzhledem k potřebě pouze jednoho řidiče na každou tramvaj a s tím spojeného fixního nákladu na jeho mzdu je proto každé zvýšení kapacity tramvaje šetřením na nákladové stránce za personál. Ze srovnávaného pohledu na osobu obsaditelnosti je hodinový náklad na řidiče u dlouhé tramvaje 0,694 Kč oproti krátkému vozu, kde je 0,943 Kč. Tramvaj s kapacitou o 36 % vyšší je na jednu přepravitelnou osobu asi o 26 % levnější.

### **7.3 Údržbové náklady**

Co se týče údržbových nákladů moderní dlouhé tramvaje se svou stavbou a svými prvky nijak neliší od moderních tramvají standardní délky do 32 metrů, jelikož jednotlivé délkové varianty zcela běžně vychází ze stejného typového základu pouze s jiným počtem seskládaných mezilehlých článků dohromady, jež vytvoří celkovou kapacitu a délku tramvaje.

V rámci údržby těchto dlouhých tramvají je zcela jasné, že rozsah prvků na repase a opravy, jako například počty podvozků, dveří, přechodových měchů, rámců, jednotlivých článků, množství kabeláže, či rozsah ploch určených klakování, bude s narůstající délkou větší oproti standardním vozům. Tento fakt je ovšem na druhé straně kompenzován výrazně vyšší obsaditelností každé takové dlouhé tramvaje a z toho vyplývající menší celkovou potřebou tramvají k nabídnutí srovnatelné přepravní kapacity.

Vedle prvků, které se s prodlužující délkou tramvaje násobí, se na dlouhých tramvajích nachází i prvky, jejichž počet se s narůstající délkou nezvyšuje. Mimo již dříve jmenovaných položek se na takové tramvaji rovněž nachází pouze jedna kabina, respektive dvě kabiny u obousměrných vozů, jejichž prohlídky a opravy rovněž něco stojí. Tato položka je proto rovněž nezanedbatelným nákladem, který spolu s nárůstem délky tramvají zůstává neměnný.

Rozdíl údržbových nákladů mezi moderními tramvajemi délky do 32 metrů a dlouhými článkovými tramvajemi proto po opětovném přepočtu na osobu obsaditelnosti, tedy na každou přepravitelnou osobu, bude nejméně nulový. Při přihlédnutí k faktu, že dlouhé tramvaje obsahují množství komponent ve shodném počtu s tramvajemi v dnešním délkovém provedení, je velmi pravděpodobné, že rozdíl údržbových nákladů může být i záporný, a tedy hrající ve prospěch trendu zvětšování délek tramvají.

Jízda tramvají po jejich dopravní cestě tuto infrastrukturu rovněž opotřebovává a nedá se říct, že by v případě stejné koncepce tramvají s otočnými podvozky mohla být degradace kolejnic s narůstající délkou tramvají konstantní. Vzhledem k jejich větší celkové hmotnosti a vyššímu počtu podvozků bude se zvětšením délky vozidel i opotřebení infrastruktury vyšší. Prodloužení tramvaje ovšem nápravové tlaky na jednotlivých dvojkolích, vzhledem ke stejné koncepci, logicky nezvýší a onen vyšší počet podvozků na každém vozidle bude rovněž kompenzován větší kapacitou vozidla.

## **7.4 Investice do infrastruktury**

Jak již bylo v kapitole 6.4.2 řečeno, rekonstrukce Opravny tramvají nebyla nikdy dokončena v plánovaném rozsahu a celá část 1. lodi této opravny stále používá linkový způsob oprav nevyhovující pro moderní nízkopodlažní tramvaje. V případě nákupu nových tramvají a náhradě původních vysokopodlažních vozidel T3 za nové moderní tramvaje bude rekonstrukce této lodi nezbytná, neboť jinak bude provádění oprav tramvají velmi náročné. V takovém případě ovšem potřebu investice nevyvolá příchod dlouhých tramvají do Prahy, ale samotná náhrada starších vozidel těmi moderními v libovolném délkovém módu.

Plány Prahy na výstavbu zbrusu nových tramvajových tratí, kterými jsou například již stavebně probíhající projekty tratě na Slivenec, Dědinu, výstavba Dvoreckého mostu, ale i tratí plánovaných, jako je třeba trať na Strahov, prodloužení z Pankráce nebo mimoměstská trať do Suchdola, jsou velkolepé.<sup>[56]</sup> Tato



prodloužení jednotlivých tramvajových tratí si ovšem zcela nutně vyžádají i prodloužení tramvajových linek, které doposud končily v obratištích jako Sídliště Barrandov, Divoká Šárka, Nádraží Podbaba nebo Pankrác, a tím i zvýšení počtu pořadí na jednotlivých linkách.

Prodloužení tramvajových tratí tak nutně povede ke zvyšování vypravenosti, a tudíž i většímu počtu tramvají v ulicích. Nebude-li mít Praha za cíl navýšit počet pořadí na úkor provozní zálohy, která je pro spolehlivý provoz nezbytná, bude nutné dokončit projekt vozovny na Braníku. Tento projekt by mohl vzniknout pouze s úpravou zaručující správné rozvržení stavěného dílenského zázemí umožňující opravy a prohlídky dlouhých tramvají.

V souvislosti s tímto krokem by bylo nutné vybudovat i prostory na denní údržbu dlouhých tramvají v jiné části města pro nevhodnost plánování výjezdů a zátahů diametrálně přes Prahu. Takovou investici by bylo pochopitelně možné naplánovat ve vozovně, která má dnes ne zcela vyhovující prostory včetně zastaralé venkovní myčky. Takovou názornou vozovnou může být vozovna Kobylisy, která by tvořila ideální polohu kupříkladu pro páteřní linku číslo 17.

Cena takové investice se může vyšplhat i k částkám okolo 400 milionů korun, jako v případě brněnské haly ve vozovně v Pisárkách.<sup>[57]</sup> Celou výši takové investice ovšem není možné dávat za vinu dlouhým tramvajím, jelikož například o změně způsobu mytí tramvají ve vozovně Kobylisy se uvažuje již od roku 1972.<sup>[58]</sup> Výstavba nového prostoru pro denní ošetření by tak nutně znamenala významné zlepšení podmínek i pro tramvaje stávající a dlouhé tramvaje by tak byly pouze impulsem pro vznik tohoto již 50 let zvažovaného, ale nikdy nerealizovaného, plánu.

Úprava samotných obratišť se nezdá být ve velkém rozsahu potřebná, jelikož na každou kolej není výrazný problém jednu dlouhou tramvaj umístit. V některých obratištích může být nutná úprava umístění zastávek, jako tomu je třeba na Bílé Hoře, pro zajištění dostatečné délky odstavných kolejí pro jednotlivé tramvaje. Tím by se ovšem vyřešil i neutěšený stav zastávky na vnější straně oblouku o malém poloměru.

Problematika obratišť je proto víceméně organizační záležitostí, která vyžaduje správné nastavení střídání přestávek. Ty jsou ovšem žádoucí i z pohledu, že vozidla v řádu desítek milionů korun nestojí nevyužity na konečných, ale jsou mnohem více používány v provozu.

Tato malá revoluce v provozu by si ovšem vyžádala úpravu nejedné zastávky, které pro provoz takových tramvají nevyhovují svou délkou. Při zavedení dlouhých tramvají z počátku na určitou první linku by nebylo potřeba ihned přebudovat celou síť, jelikož do mnohých částí se pravidelně tyto spoje ani nepodívají. V celé síti se nachází asi 262 zastávek (39 %), které svou délkou neumožňují provoz tramvají do délky až 52 metrů.

Při zobecnění poté lze odhadnout, že při výběru určité linky z celé sítě tramvají v Praze bude na každé takto náhodně vybrané lince v průměru přibližně 40 % zastávkových stanovišť nevyhovujících. Což při průměrné délce páteřní linky 82 zastávek na obě strany znamená asi 33 zastávek, které by při reálném zavedení dlouhých tramvají na první určité lince musely být skokově upraveny.

Cena rekonstrukce jedné zastávky o délce až 52 metrů se dá odhadnout na 10 milionů, pokud je cena za 18 metrů vzorově upravené zastávky s kasselským obrubníkem 3 miliony.<sup>[59]</sup> Tato cena se proto dá považovat za dostatečnou pro provedení stavby. Při úpravě by nemělo opatření oprav zastávek vyjít celkem na více než 330 milionů korun.

## 8 Závěrečné zhodnocení

Vzhledem k výhledu růstu Prahy v kombinaci s výsledky přepravních průzkumů je zcela jasné, že stávající nastavení přepravních kapacit je dlouhodobě neudržitelné a nepřistoupí-li se k nějaké formě změny v konceptu dopravní obsluhy, pak bude nutně docházet k překračování nastavených standardů. Prostor, kam je možné Standardy obsaditelnosti rozvolnit, zde jistě je, jelikož obsaditelnosti vozů dle standardů nedosahují hodnot udávaných výrobcí při 4 os/m<sup>2</sup>. Zhoršení kvality takové služby je poté ale zcela nevyhnutelné, jelikož taková hustota není u žádné tramvaje podle stávajících pravidel uplatňována.

Mimo výsledků přepravních průzkumů a ukázky již dnes velmi vytížených spojů, je také důležitá situace s dlouholetým stavem nedostatku řidičů, který u tramvají v Praze sice není kritický, nicméně o utěšeném stavu bez potřeby se tímto problémem zabývat také nemůže být řeč. V takovém případě jedinou formou navýšení přepravní kapacity buď bez nárůstu potřeby řidičů nebo dokonce s možným poklesem potřeby řidičů je zvětšení kapacity každého jednotlivého spoje.

Vedle možnosti prodlužování tramvají lze přepravní kapacitu zvýšit i zvětšením četnosti spojů. Takový postup by ovšem přinesl velké množství negativních jevů a zároveň by citelně zmenšil rezervy v maximálních propustnostech na jednotlivých tratích. Takové opatření by v případě mimořádností navíc mělo zcela zásadní dopad na odklonové možnosti například pro tramvajovou trať vedoucí pod Nuselským mostem, jelikož by kapacitu Ječné ulice a jejího křížení s magistrálou zcela přesáhla a tramvajová doprava by tak musela být odkláněna i mimo tuto ulici a tím i zcela mimo oblast Nuslí pro linky, které touto oblastí projíždí nebo v ní končí.

Nepřesnosti v provozu, které pražská tramvajová doprava minimálně v období přepravních špiček prokazatelně má, by rovněž v kombinaci se zkracováním intervalů výrazně zhoršovaly již tak špatnou adekvátnost JŘ. Rovněž je obecně velmi nevhodné se intervalem na lince přibližovat požadované přesnosti provozu, jelikož takové opatření, i v případě dodržování stanovené přesnosti provozu, vytváří situace, kdy při příchodu cestujících na odjezd podle JŘ jim může spoj zdánlivě odjet předčasně, i když to byl pouze v normě zpožděný spoj předešlý. To poté výrazně snižuje důvěru cestujících v jeho spolehlivost. I z těchto důvodů se poté přímo nabízí řešit problematiku opačným přístupem, a to navyšováním kapacity jednotlivých spojů.

Zjištění pouze malého rozdílu počtu nevyhovujících zastávek u tramvají do 37 metrů a do 52 metrů je zásadním faktorem pro plánování nových maximálních délek tramvají, jelikož pouhé nepatrné prodloužení vozidel vyvolá velké organizační a stavební úpravy. I v případě malých změn dojde k problémům u všech rekonstruovaných, či nově postavených zastávek pouze pro 1 soupravu.

Z tohoto důvodu je nutné velmi dobře zvážit, na jakou maximální délku tramvají se bude infrastruktura upravovat. Zastávky v Praze jsou standardně sdíleny více linkami zároveň a rekonstrukce infrastruktury má výrazně delší životnost, než je doba pro dodávky nových vozidel. Změní-li se názor v Praze na tramvaje delší než 32 metrů a dojde-li k úpravě zastávek, pak v případě unáhleného a nekoncepčního řešení bez výhledu do dlouhodobé budoucnosti může za několik, byť i desítek, let Praha stát před totožným problémem, v jakém se nachází dnes.

Infrastruktura bude úspěšně rekonstruovaná přesně na vozidla kupříkladu o délce 37 metrů, ale i tento systém přestane s růstem Prahy a Středočeského kraje po několika desítkách let postačovat. V takovém případě se bude Praha opět nacházet v situaci, kdy má více jak 240 zastávek uzpůsobených na 38 metrů a v případě, byť i malého, prodloužení tramvají bude nutné všechny tyto zastávky opět rekonstruovat. Navíc bude nutné rekonstruovat i zastávky delší než 38 metrů, které by novému délkovému konceptu nevyhovovaly. A mnohé z těchto více než 240 zastávek za sebou nemusí mít ani čtvrtinu své životnosti.

Pokud by ale byla infrastruktura rekonstruovaná s koncepcí do budoucnosti a i přes dodávku vozidel o délce 37 metrů by se všech více než 240 zastávek rekonstruovalo, například pro mnichovské soupravy tramvají s délkou 48 metrů, s rezervou na výhledový růst Prahy a Středočeského kraje, zůstane tak v rámci životnosti stavby prostor na možné rozhodnutí o dalším potřebném prodloužení nově nakupovaných tramvají o dalších 11 metrů a nebude přitom nutné těchto zmíněných více jak 240 zastávek opět rekonstruovat. Místo toho bude nutné přistoupit pouze k rekonstrukci několika málo delších zastávek než 38 metrů, které by novému konceptu nevyhovovaly, a rozhodnutí o navýšení přepravní kapacity tak bude v případě potřeby velmi jednoduché.

Stejnou nutnost koncepce vyžadují i novostavby a rekonstrukce obratišť na koncích tratí. Ačkoli většina obratišť při aplikaci střídaných přestávek a pouze vyrovnávacích obrátových časů na konečných bude provozně vyhovovat, najdou se i případy, které bude nutné fyzicky upravit, třeba i pouhým přemístěním zastávek. Při nekoncepčnosti řešení bez výhledu do budoucna bude možné vidět, stejně jako u zastávek, podobnou situaci jako u Nádraží Podbaba, která je pro delší tramvaje zcela nevyhovující.

V oblasti infrastruktury zázemí nezbytného pro udržitelný provoz tramvají ve městě není jednoduše možné bez investic dosáhnout zcela bezproblémové údržby takových vozidel. Zablokování délkové kategorie na 32 metrech ovšem odchod zastaralé koncepce tramvají T3 nezastaví, a i pro nové nízkopodlažní vozidla budou tyto investice potřebné a nevyhnutelné. V okamžiku, kdy se k těmto zcela zásadním modernizacím údržbového zázemí přistoupí, by bylo nastavení délkového stropu na 32 metrech pouze neefektivním využitím finančních prostředků. Tyto vynaložené prostředky by, s postupným růstem Prahy a následným prodloužením tramvají, byť i za 30 let, nad hranici 32 metrů po

vzoru jiných měst východně a západně od ní, vytvořily stejné problémy v údržbě tramvají, jakým je linkový způsob oprav vozů KT8D5 již více než 35 let.

Problematika křižovatek poté nastiňuje nutné úpravy délky cyklů, jsou-li délky fází v křižovatce nastaveny bez větších rezerv, které by mohly delší tramvaje využívat. Tyto prodloužení jsou 2 sekundy pro křižovatky bez kolejových konstrukcí a 4 sekundy v křižovatkách s kolejovými konstrukcemi při prodloužení vozidel o 15 metrů. Tato hodnota ovšem může být nižší, bude-li prodloužení menšího rozsahu, či jsou-li zde instalovány rychlostní rozjezdové výměny s rychlostí pojíždění vyšší než 15 km/h.

V otázce nákladové stránky problematiky dlouhých tramvají vychází ne zcela zanedbatelné vstupní náklady na úpravy infrastruktury, do níž rovnou bez těchto úprav opravdu zavést dlouhé tramvaje není možné. Částečně z těchto nákladů ovšem mohou profitovat i tramvaje do 32 metrů a jejich cestující, kteří by rekonstruované prvky infrastruktury rovněž využívali.

Vedle nákladů určených pro společnou infrastrukturu ovšem dlouhé tramvaje snižují jednotlivé náklady potřebné k přepravení jednoho cestujícího v síti, jelikož jejich poměr k obsaditelnosti vozidla není konstantní. Obsaditelnost tramvaje roste rychleji ve vztahu k její ceně, dále taky hmotnost tramvaje se navyšuje pomaleji, než roste její délka, proto i nárůst spotřeby energie není tak dramatický. Nejpodstatnější částí provozních nákladů je ovšem náklad na řidiče, který je v každém spoji vždy sám, a to ať se jedná o samostatnou tramvaj T3 dlouhou 15 metrů, respektive 16 v případě její nízkopodlažní varianty, ale i v případě tramvají dlouhých 45 či 50 metrů. Náklad na řidiče tak s nárůstem kapacity zůstává zcela neměnný.

V konečném výsledku je z dlouhodobého pohledu provoz tramvají ve větších délkových variantách méně nákladný na jednotlivé kilometry, právě vzhledem k výrazně lepšímu rozprostření nákladů na vyšší počty přepravených cestujících naráz. Jedinou potřebnou podmínkou je jednorázový vstup finančních prostředků do staveb a úprav, které je nutno vynaložit ještě před samotným zahájením provozu.

## 9 Závěr

Tématem bakalářské práce bylo prověření možnosti provozu tramvají delších než 32 metrů s cílem analyzovat důvody k úvahám o takto dlouhých tramvajích a také v obecné rovině analyzovat dopady takového opatření včetně možností jejich překonání.

Součástí práce byla analýza stávající situace, která ukázala, že nejen ve špičkových obdobích, ale i během večerních časů s delšími intervaly je úroveň obsazení vozidel na některých linkách vysoká a nedává výrazný prostor pro možný růst počtu obyvatel a s tím souvisejícími narůstajícími nároky na VHD.

Zároveň byly v práci nastíněny další možné kroky ke zvýšení přepravní kapacity, které se netýkají prodlužování vozidel a zachovávají stávající maximální hranici pro délku soupravy 32 metrů. Tyto cesty se ovšem ukazují jako velmi obtížné, jelikož již dnes jsou na páteřních linkách a svazcích linek zavedeny velmi krátké intervaly a jednotlivé úseky sdílí i více linek zároveň.

Dopady prodloužení tramvají nejsou zanedbatelné a vyžádají si úpravy fungování stávajícího systému včetně úprav stavebních. Tyto potřebné kroky se ovšem jeví jako realizovatelné a mnohé z nich jsou zároveň nevyhnutelné i při obnovování vozového parku moderními tramvajemi ve stávající délkové koncepci. Pro zavedení dlouhých tramvají v Praze ovšem bude nutné vynaložit určité vstupní finanční prostředky právě na provedení potřebných úprav.

Samotný provoz dlouhých tramvají se z ekonomického pohledu ovšem již jeví jako výhodný, a navíc snižuje potřebu řidičů pro nabídnutí srovnatelné přepravní kapacity. Otázka nedostatku řidičů je významným problémem ve veřejné dopravě napříč republikou a nevyhýbá se ani pražskému dopravnímu podniku.

Bakalářská práce, která zkoumala možnost provozu tramvají s délkou převyšující 32 metrů, ukazuje, že není možné tuto koncepci zavést ze dne na den, jelikož vyžaduje několik dílčích úprav a oprav. Po provedeném rozboru problematik se ovšem myšlenka dlouhých tramvají jeví jako reálná a uskutečnitelná.

Autor této práce pevně věří, že analýzy, poznatky a výstupy z této práce mohou posloužit k otevření diskuze o provozu dlouhých tramvají a následnému prolomení nastavené bariéry na 32 metrech včetně zahrnutí této koncepce provozu do plánovaných projektů v Praze.

## Seznam zdrojů

- [1] Počet obyvatel Prahy dlouhodobě narůstá. Hlavní město láká mladé i cizince. In: IPR Praha [online]. 9. srpna 2022 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://iprpraha.cz/stranka/4132/pocet-obyvatel-prahy-dlouhodobě-narusta-hlavni-mesto-laka-mlade-i-cizince>
- [2] ZDĚRADIČKA, Marek, Martin ČÁLEK, Lukáš TITTL a Matěj PETR. Strategie rozvoje tramvajových tratí v Praze do roku 2030. Praha: IPR Praha, 2017.
- [3] BRABEC, Tomáš. Populační vývoj a sociální struktura obyvatel Prahy v kontextu evropských měst. Praha: IPR Praha, 2022.
- [4] Projekce obyvatelstva v hl. m. Praze do roku 2070. In: Český statistický úřad [online]. 5. prosince 2019 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xa/projekce-obyvatelstva-v-hl-m-praze-do-roku-2070>
- [5] Statistické údaje: Počty a kilometry jednotlivých opatření cykloinfrastruktury. Počty cyklistů. Průběžně aktualizováno. In: Praha.eu portál hlavního města Prahy [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: [https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/cyklisticka/cyklisticka\\_\\_old\\_\\_zalo-ha/informace\\_\\_rady\\_\\_navody/statisticke\\_\\_udaje.html](https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/cyklisticka/cyklisticka__old__zalo-ha/informace__rady__navody/statisticke__udaje.html)
- [6] PRAKTICKÁ ZKOUŠKA OBSADITELNOSTI VOZIDEL PID 2016: SBORNÍK obsaditelnosti vybraných typů tramvají a autobusů PID používaných v Praze a Středočeském kraji v roce 2016. Praha, 2016.
- [7] REGIONÁLNÍ ORGANIZÁTOR PRAŽSKÉ INTEGROVANÉ DOPRAVY. Standardy obsaditelnosti vozidel Pražské integrované dopravy: Příloha k usnesení č. 1.
- [8] SŮRA, Jan. Až dvě stě nových tramvají pro Prahu. DPP vypsala zakázku za 15 miliard korun. In: Zdopravy.cz [online]. 21. listopadu 2022 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/az-dve-ste-novych-tramvaji-pro-prahu-dpp-vypsal-zakazku-za-15-miliard-korun-133102/>
- [9] STANDARDY KVALITY PID: Standardy kvality pro tramvajové linky PID. 2022.
- [10] STANDARDY KVALITY PID - TRAMVAJE: souhrnné výsledky. In: Pražská integrovaná doprava [online]. leden 2019 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: [https://pid.cz/wp-content/uploads/system/standardy\\_kvality/sk\\_tram\\_rocni.pdf](https://pid.cz/wp-content/uploads/system/standardy_kvality/sk_tram_rocni.pdf)
- [11] Volvo launches the world's largest bus. In: Volvo Buses Global [online]. 24. listopadu 2016 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.volvobuses.com/en/news/2016/nov/volvo-launches-the-world-largest-bus.html>
- [12] FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR VERKEHRS- UND INFRASTRUKTURSYSTEME IVI. AutoTram® Extra Grand: TECHNISCHE DATEN. Dostupné také z:

[https://www.ivf.fraunhofer.de/content/dam/ivf/de/dokumente/datenblatt/DB\\_Autotram\\_deu.pdf](https://www.ivf.fraunhofer.de/content/dam/ivf/de/dokumente/datenblatt/DB_Autotram_deu.pdf)

- [13] Pravidelný provoz "trojčete." In: Brněnská MHD [online]. 23. května 2006 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?170>
- [14] VarioLF 1523 v trojčeti. In: Brněnská MHD [online]. 14. prosince 2007 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?469>
- [15] Vysokokapacitní soupravy v pravidelném provozu. In: Brněnská MHD [online]. 21. září 2009 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?727>
- [16] Souprava VarioLF2 + VarioLF v provozu s cestujícími. In: Brněnská MHD [online]. 30. září 2013 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?1150>
- [17] Novinky v rodině tramvají Vario. In: Brněnská MHD [online]. 22. listopadu 2013 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?1163>
- [18] HINČICA, Libor. V Brně vyrazí do provozu „trojče“ vozů T6A5. In: Československý Dopravák [online]. 27. června 2019 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.cs-dopravak.cz/2019-6-27-v-brn-vyraz-do-provozu-troje-voz-t6a5/>
- [19] Všech šest trojic tramvají T6A5 v provozu. In: Brněnská MHD [online]. 29. prosince 2020 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?1658>
- [20] Dodávka 40m obousměrných a jednosměrných tramvají v letech 2024 - 2030. In: E-ZAK. Plzeňské městské dopravní podniky, 2021. Dostupné také z: [https://zakazky.pmdp.cz/contract\\_display\\_270.html](https://zakazky.pmdp.cz/contract_display_270.html)
- [21] Dodávka 40m obousměrných a jednosměrných tramvají v letech 2024 - 2030: Rozhodnutí o zrušení. In: E-ZAK. Plzeňské městské dopravní podniky, 2021. Dostupné také z: [https://zakazky.pmdp.cz/document\\_download\\_3061.html](https://zakazky.pmdp.cz/document_download_3061.html)
- [22] SŮRA, Jan. Dvougiliardová zakázka na tramvaje pro Plzeň přilákala jen polskou Pesu. Škoda se „doma“ nepřihlásila. In: Zdopravy.cz [online]. 8. prosince 2021 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/dvougiliardova-zakazka-na-tramvaje-pro-plzen-pri-lakala-jen-polskou-pesu-skoda-se-doma-neprihlasila-98632/>
- [23] Budapešť 2012 tramvaje Combino Supra NF12B. In: Pražské tramvaje [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cisloclanku=2014030503>



- [24] HINČICA, Libor. Do Budapešti zamíří dalších 20 tramvají CAF Urbos 3. In: Československý Dopravák [online]. 7. prosince 2022 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.cs-dopravak.cz/do-budapesti-zamiri-dalsich-20-tramvaji-caf-urbos-3/>
- [25] SŮRA, Jan. V Mnichově budou jezdit další tramvaje od Siemensu. In: Zdopravy.cz [online]. 20. července 2019 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/v-mnichove-budou-jezdit-dalsi-tramvaje-od-siemensu-31501/>
- [26] HINČICA, Libor. První tramvaj Siemens Avenio v dvoučlánkové verzi v Mnichově. In: Československý Dopravák [online]. 29. března 2018 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.cs-dopravak.cz/2018-3-29-prvn-tramvaj-siemens-avenio-v-dvoulnkov-verzi-v-mnichov/>
- [27] Tram Route Map. In: BVG [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.bvg.de/en/connections/network-maps-and-routes/tram>
- [28] Krátké zprávy jsou vždy Na znamení 1.7.-31.12.2022: Preference. In: Pražské tramvaje [online]. 18. prosince 2022 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cisloclanku=2023010202#20221218131027>
- [29] NOVOTNÝ, Vojtěch, Čeněk MALÉŘ, Karel HÁJEK, Tomáš JAVOŘÍK a Filip DRÁPAL. STANDARD ZASTÁVEK PID: Standard přestupních bodů a zastávek společného integrovaného dopravního systému Prahy a Středočeského kraje. 2017.
- [30] ČSN 73 6425-1: Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště – Část 1: Navrhování zastávek. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. Praha, 2007.
- [31] DOPRAVNÍ PODNIK HL. M. PRAHY. Tabulka zastávek. Seznam zastávek.
- [32] TP 81: NAVRHOVÁNÍ SVĚTELNÝCH SIGNALIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ PRO ŘÍZENÍ PROVOZU NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH. Třetí. 2015.
- [33] HLAVOVÁ, Vendula. Měření jízdních manévrů vozidel hromadné přepravy osob, pro stanovení komfortní a bezpečné jízdy. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Stanislav Tokař.
- [34] Radiově ovládané výhybky. In: Pražské tramvaje [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cisloclanku=&cisloclanku=2006041278>
- [35] DOPRAVNÍ PODNIK HL. M. PRAHY. D 1/2: Dopravní a návěstní předpis pro tramvaje. 2012.

- [36] Radiově ovládané výhybky evidenční čísla. In: Pražské tramvaje [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cislocclanku=2006041262>
- [37] MANDA, Robert. DOPRAVNÍ PODNIK HL. M. PRAHY. Mapy obratišť tramvajové sítě. 2023.
- [38] Prodloužení tramvajové tratě v Podbabě. In: Pražské tramvaje [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cislocclanku=2010120501>
- [39] JULÍNEK, Lukáš. Údržba a prohlídky tramvajových vozů v Praze. In: Mobilní tabla [online]. 24. května 2023 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: [https://mobilnitabla.cz/udrzba\\_\\_tramvaji](https://mobilnitabla.cz/udrzba__tramvaji)
- [40] FOJTÍK, Pavel. Devadesát let vozovny Pankrác 1927–2017. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, 2017.
- [41] ČTK. V pražském Braníku by u nádraží mohla vyrůst nová tramvajová vozovna. In: Zdopravy.cz [online]. 5. září 2022 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/v-prazskem-braniku-by-u-nadrazi-mohla-vyrust-nova-tramvajova-vozovna-125014/>
- [42] FOJTÍK, Pavel. 50 let opravny tramvají v Hostivaři. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, 2018.
- [43] SOLAR, Martin. DPP zprovoznil kolejiště v ústředních dílnách v Hostivaři. In: Náš REGION [online]. 24. dubna 2019 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://nasregion.cz/dpp-zprovoznil-kolejiste-v-ustrednich-dilnach-v-hostivari-102493/>
- [44] ERFURTER VERKEHRSBETRIEBE AG. Herstellung und Lieferung von 14+10 Multigelenkstraßenbahnen: Unterlagen zum Teilnahmewettbewerb. 2018.
- [45] ŠUBRT, Martin. Náklady na pražskou MHD stouply za dvacet let na více než na dvojnásobek. Proč by mělo cestování teď zdražit?. In: Zdopravy.cz [online]. 30. července 2020 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nazor-naklady-za-20-let-stouply-o-61-proc-by-mela-zdrazit-v-praze-mhd-56152/>
- [46] STODOLOVÁ, Eliška. V Praze chybí stovky řidičů městské dopravy. Nalákat je má speciální akce. In: Pražský deník [online]. 9. srpna 2022 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: [https://prazsky.denik.cz/zpravy\\_\\_region/mhd-praha-doprava-dpp-informacni-den-ridici.html](https://prazsky.denik.cz/zpravy__region/mhd-praha-doprava-dpp-informacni-den-ridici.html)
- [47] Dopravní podniky mají nedostatek řidičů, po celé republice jich chybí pět set. In: Sdružení dopravních podniků ČR [online]. 9. června 2022 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.sdp-cr.cz/systext/41/6/458/dopravni-podniky-maji-nedostatek-ridicu-po-cele-republice-jich-chybi-pet-set/>

- [48] DUBNOVÁ, Kateřina. Méně autobusů MHD? Chybí řidiči i na zajištění výluk!. In: NOVINYKRAJE [online]. 13. února 2023 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.novinykraje.cz/praha/2023/02/13/mene-autobusu-mhd-chybi-ridici-i-na-zajisteni-vyluk/>
- [49] Riga Orders Škoda 15T Trams. In: Railway-News [online]. 29. dubna 2016 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://railway-news.com/riga-orders-skoda-15t-trams/>
- [50] Škoda Transportation dodá do Rigy tramvaje za 1,7 miliardy. In: Novinky.cz [online]. 28. dubna 2016 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/ekonomika-skoda-transportation-doda-do-rigy-tramvaje-za-17-miliardy-349729>
- [51] EGÚ BRNO. Možnosti energetických úspor v městské hromadné dopravě v ČR. 2020. Dostupné také z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/0203\\_15-moznosti-energetickych-uspor-v-mhd-v-cr-tisk.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/0203_15-moznosti-energetickych-uspor-v-mhd-v-cr-tisk.pdf)
- [52] KULESZ, Barbara a Andrzej SIKORA. MATEC WEB OF CONFERENCES. Comparison of different tram cars in Poland basing on drive type, rated power and energy consumption. 2018. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818002006>
- [53] Produkty. In: Pragoimex [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <http://www.pragoimex.cz/category/produkty-2>
- [54] ODBORY DP PRAHA. DOHODA o nárůstu mzdových tarifů v roce 2022 ve smyslu ustanovení bodu 2.8 Přílohy Kolektivní smlouvy Dopravního podniku hl. m. Prahy, akciová společnost uzavřené na období od 1. 1. 2022 do 31. 12. 2026. Dostupné také z: [https://www.odpp.cz/wp-content/uploads/2022/02/dohoda\\_o\\_narustu\\_mzd.\\_tarifu\\_v\\_2022.pdf](https://www.odpp.cz/wp-content/uploads/2022/02/dohoda_o_narustu_mzd._tarifu_v_2022.pdf)
- [55] GOLA, Petr. V jaké zemi platí zaměstnavatel nejvyšší pojistné za zaměstnance?. In: Finance.cz [online]. 27. června 2022 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.finance.cz/542507-odvod-pojisteni-ve-svete/>
- [56] Rozvoj linek PID v Praze 2022-2032. In: Pražská integrovaná doprava [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://pid.cz/o-systemu/rozvoj-linek-2022-2032/>
- [57] Moderní hala v Pisárkách začala sloužit k očištění a ošetření tramvají. In: Dopravní podnik města Brna [online]. Brno, 19. května 2020 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://www.dpmb.cz/moderni-hala-v-pisarkach-zacala-slouzit-k-ociste-osetreni-tramvaji>
- [58] FOJTÍK, Pavel. 80 let vozovny Kobylisy 1939–2019. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, 2019.

- [59] PRÁŠEK, Josef. Oprava zastávky ve Chválkovicích za téměř tři miliony korun je dokončena. In: Hanácká DRBNA [online]. 6. září 2020 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://hanacka.drzna.cz/zpravy/spolecnost/19916-oprava-zastavky-ve-chvalkovicich-za-temer-tri-miliony-korun-je-dokoncena.html>

## Použité aplikace

Pro vypracování bakalářské práce byly použity aplikace Google Chrome, Microsoft Word, Microsoft Excel a Adobe Acrobat.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Čtyřčlanková 41 metrů dlouhá tramvaj ForCity Alfa 15T Riga 2A projíždějící městskou dlážděnou ulicí Miera iela ve směru do samotného centra města Riga.....	21
Obrázek 2 – Řešení zastávky Bruselská s chodníkovým přejezdem v zadní části nástupiště.....	29
Obrázek 3 – Obrázek převzatý přímo z dokumentu Standard zastávek PID ukazující vzorové úplné přerušení nástupní hrany komunikací v zadní části sedmičlankového vozu NGT8DD s délkou 41 metrů, její kratší pětičlanková sestra typu NGT6DD by se k nepřerušené nástupní hraně pohodlně vešla <sup>[29]</sup> .....	29
Obrázek 4 – Ukázka řešení zastávky v oblouku pro asi 52 metrů dlouhé tramvajové soupravy v německém Erfurtu formou zkráceného nástupiště.....	31
Obrázek 5 – V běžné situaci ve standardní trase linky 1 v Brně by taková situace nenastala, akce Streetparty Brno 2022, která uzavřela Lidickou ulici, si ovšem vyžádala odklon této páteřní linky na nácestnou smyčku v Králově Poli a zde ležící zastávka Semilasso není pro soupravy delší než 32 metrů uzpůsobena.....	32
Obrázek 6 – Pohled na čelní článek z rozpojeného vozidla KT8D5 při probíhající opravě, rozpojování článkových tramvajů na jednotlivé sekce za účelem údržby je běžnou a proveditelnou záležitostí <sup>[43]</sup> .....	41

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Projekce počtu obyvatel v hl. m. Praze do roku 2070 <sup>[4]</sup> .....	10
Tabulka 2 – Modal split v Praze <sup>[5]</sup> .....	10
Tabulka 3 – Hodnoty obsaditelnosti tramvajů T3, 14T a 15T pro 90% špičku <sup>[6]</sup> .....	11
Tabulka 4 – Hodnoty obsaditelnosti tramvajů T3, 14T a 15T pro 100% špičku s nesprávně uvedenými 140 cestujícími u vozidel 14T a 15T <sup>[6]</sup> .....	11
Tabulka 5 – Hodnoty obsaditelnosti tramvajů T3, 14T a 15T uvedené ve výsledkové části <sup>[6]</sup> .....	12
Tabulka 6 – Standardy obsaditelnosti vozidel PID pro tramvajovou trakci <sup>[7]</sup> .....	13
Tabulka 7 – Ukázka přeplněného spoje z průzkumu.....	14
Tabulka 8 – Tabulka přijatelných kombinací intervalů.....	23

Tabulka 9 – Potřebná kapacitní rezerva v závislosti na intervalu nutná pro zaručení splnění standardu obsaditelnosti vlivem jízdy opožděného spoje ve stále přijatelném rozmezí.....	23
Tabulka 10 – Tabulka možných časových rozestupů mezi spoji dle požadované přesnosti provozu .....	24
Tabulka 11 – Tabulka zvyšujícího se zatížení křižovatky při zkracování intervalu .....	25

## Seznam grafů

Graf 1 – Vývoj počtu obyvatel v Praze a Česku <sup>[3]</sup> .....	9
Graf 2 – Grafická ukázka rozdílů odjezdů včas a spoje s odjezdem v rámci tolerance přesnosti provozu.....	16

## Seznam příloh

Příloha 1 – Sčítání cestujících v zastávce Štěpánská ve směru Karlovo náměstí	
Příloha 2 – Sčítání cestujících v zastávce Štěpánská ve směru I. P. Pavlova	
Příloha 3 – Večerní sčítání cestujících v zastávce Štěpánská ve směru I. P. Pavlova	