



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

TRAMVAJOVÁ DOPRAVA JAKO PÁTEŘ MĚSTSKÉ HROMADNÉ DOPRAVY

TRAM TRANSPORT – PUBLIC TRANSPORTATION BACKBONE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Kopecký

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Valehrach, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3656 Městské inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program
Studijní obor	3647R025 Městské inženýrství
Pracoviště	Ústav železničních konstrukcí a staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Vojtěch Kopecký
Název	Tramvajová doprava jako páteř městské hromadné dopravy
Vedoucí práce	Ing. Jan Valehrach, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Principy tvorby veřejných prostranství (KAM Brno)

Územní plán města Brna

Dopravní systémy a stavby (Kotas)

Volně dostupné mapové podklady

ČSN 73 6405 Projektování tramvajových tratí

ČSN 28 0312 Geometrické uspořádání koleje tramvajových tratí

ČSN 28 0318 Průjezdny průřezy tramvajových tratí a obrysy pro vozidla provozovaná na tramvajových dráhách

a další platné právní předpisy a normy

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci práce popište rozvoj městské hromadné dopravy se zaměřením na tramvajovou dopravu a zohledněním trolejbusové dopravy. Popište historický vývoj ve městě Brně. Stávající stav porovnejte s dalšími městy v České republice i zahraničí a uveďte výhody a nevýhody brněnské sítě MHD. Navrhněte další možné směry vývoje.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Jan Valehrach, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Práce *Tramvajová doprava jako páteř městské hromadné dopravy* se zabývá otázkou tramvajové dopravy jako hlavního dopravního módu ve městě Brně. Důraz je kladen na historii brněnského systému, včetně jeho spojení s dopravou trolejbusovou. Dále je detailně popsán současný stav brněnské pouliční dráhy a rychlé tramvaje a jejich doplnění trolejbusovou dopravou, včetně zpracování socioekonomických dat, která systém determinují. V porovnání s jinými městy v České republice, ale i v zahraničí, jsou pak identifikovány jeho pozitivní a negativní aspekty. Za základě těchto informací je pak zpracován potenciální budoucí rozvoj systému, zejména budování nových tratí a zkvalitnění stávajících drah.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tramvaj, trolejbus, tramvajový systém, městská hromadná doprava, historie brněnské tramvajové dopravy, přestupní uzel, poptávka po přepravě

ABSTRACT

The work *Tram transport as the backbone of public transport* deals with the issue of tram transport as the main mode of transport in the city of Brno. Emphasis is placed on the history of the Brno system, including its connection with trolleybus transport. Furthermore, the current state of the Brno street railway and fast trams and their supplementation by trolleybus transport are described in detail, including the processing of socio-economic data that determine the system. In comparison with other cities in the Czech Republic, but also abroad, its positive and negative aspects are identified. Based on this information, the potential future development of the system is processed, especially the construction of new lines and the improvement of existing tracks.

KEYWORDS

Tram, trolleybus, tram system, public transport, history of Brno tram transport, transfer node, demand for transport

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Vojtěch Kopecký *Tramvajová doprava jako páteř městské hromadné dopravy*.
Brno, 2022. 84 s., 19 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Ing. Jan
Valehrach, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Tramvajová doprava jako páteř městské hromadné dopravy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 25. 5. 2022

Vojtěch Kopecký
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Tramvajová doprava jako páteř městské hromadné dopravy* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2022

Vojtěch Kopecký
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Janu Valehrachovi, PhD. za cenné rady, ochotu, toleranci a vstřícnost při zpracování a konzultacích mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat mé přátelům a rodině, zejména sestře, která dopomáhala se sběrem cenných dat.

1	VEŘEJNÁ HROMADNÁ DOPRAVA	9
1.1	Požadavky na městskou hromadnou dopravu	9
1.2	Příčiny rozvoje městské hromadné dopravy	9
1.3	Vhodnost jednotlivých systémů MHD	11
2	VÝVOJ TRAMVAJOVÉ A TROLEJBUSOVÉ DOPRAVY V BRNĚ	12
2.1	Počátky tramvajové dopravy v Brně v 19. století.....	12
2.2	Počátky 20. století	13
2.3	Meziválečný rozvoj dráhy	14
2.4	Socialismus a nový přístup k budování měst.....	14
2.5	Porevoluční období	18
3	SOUČASNÝ SYSTÉM TRAMVAJOVÉ DOPRAVY V BRNĚ.....	19
3.1	Trendy v brněnské hromadné dopravě	19
3.1.1	Dopravní proudy	19
3.1.2	Špičky a sedla.....	21
3.1.3	Reakce na mimořádné akce	22
3.1.4	Výlukové změny v dopravě	23
3.2	Brněnský systém tramvajové dopravy.....	23
3.2.1	Vedení tramvajových tratí	24
3.2.2	Ukončení tramvajových úseků	29
3.2.3	Zastávky	32
3.2.4	Přepravní uzly	32
3.3	Organizace dopravy.....	33
3.3.1	Charakteristika současných linek	33
3.3.2	Vozový park	36
3.4	Trolejbusová síť jako doplněk tramvajů.....	38
3.4.1	Trolejbusová síť v Brně.....	38
4	BRNĚNSKÝ SYSTÉM V POROVNÁNÍ S JINÝMI SYSTÉMY	39
4.1	Srovnání s českými městy	39
4.1.1	Obecné ukazatele	39
4.1.2	Srovnání z pohledu vedení a ukončení tramvajových tratí.....	45

4.2	Srovnání se zahraničními systémy.....	45
4.2.1	System	46
4.2.2	Hustota zalidnění a systém uspořádání	46
4.2.3	Vedení, ukončování tratí	53
4.2.4	Zajímavá, nekonvenční řešení	54
4.3	Časové srovnání detailních úseků.....	54
4.3.1	Dojezdové časy z pohledu tramvajových souprav.....	55
4.3.2	Optimalizace jízdnicích dob zastávkami na znamení	57
4.3.3	Průjezdnicích časy jednotlivých subsegmentů	59
4.3.4	Mimořádná zdržení	67
5	BUDOUCNOST TRAMVAJOVÉ DOPRAVY V BRNĚ	68
5.1	Vývoj systému s ohledem na územně plánovací dokumentaci	68
5.1.1	Plochy rozvoje.....	68
5.1.2	Potenciální směry rozvoje neuvažované v ÚP	69
5.1.3	Reorganizace linek	71
5.1.4	Reorganizace tramvajové dopravy s přesunem hlavního nádraží	71
5.2	Severojižní kolejový diametr	73
5.3	Problémové faktory brněnského systému a možnosti jejich odstranění	73
5.3.1	Nízká přepravní rychlost	73
5.3.2	Hraniční kapacita	75
5.3.3	Investice do dopravy	75
5.4	Základní kameny budoucího rozvoje	75
6	ZÁVĚR.....	77
7	POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA.....	78
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	81
9	OBRÁZKY, PŘÍLOHY	82
9.1	Seznam obrázků	82
9.2	Seznam příloh.....	84

1 VEŘEJNÁ HROMADNÁ DOPRAVA

Městskou hromadnou dopravu lze zahrnout do obecnějšího pojmu veřejné hromadné dopravy. Veřejná hromadná doprava je systém dopravy, kdy jsou vypravovány kapacitní dopravní prostředky na předem určená místa ideálně v předem určených časech. [1]

Cílem veřejné hromadné dopravy je efektivně pokrýt poptávku obyvatelstva na rychlý a bezpečný přesun mezi územními zónami se smíšenou nebo vymezenou funkcí. Vznikají tak základní cíle přepravních vazeb, a sice bydliště, pracoviště, občanská vybavenost a rekreace. [2]

Kromě interních městských vazeb pak systém hromadné dopravy zajišťuje i přepravní vazby s vnějšími dopravními systémy, zejména s dálkovou autobusovou a železniční dopravou a dopravou leteckou. Místa těchto střetů pak často označujeme jako přestupní uzly. [2]

1.1 POŽADAVKY NA MĚSTKOU HROMADNOU DOPRAVU

Dle Kotase (2002) jsou hlavními požadavky na MHD tyto:

- Poskytování dopravních příležitosti všem osobám
- Celoplošná obsluha území
- Časová dostupnost území
- Intervalový provoz
- Pravidelnost
- Spolehlivost
- Komfort
- Bezpečnost
- Výhodnost použití

1.2 PŘÍČINY ROZVOJE MĚSTSKÉ HROMADNÉ DOPRAVY

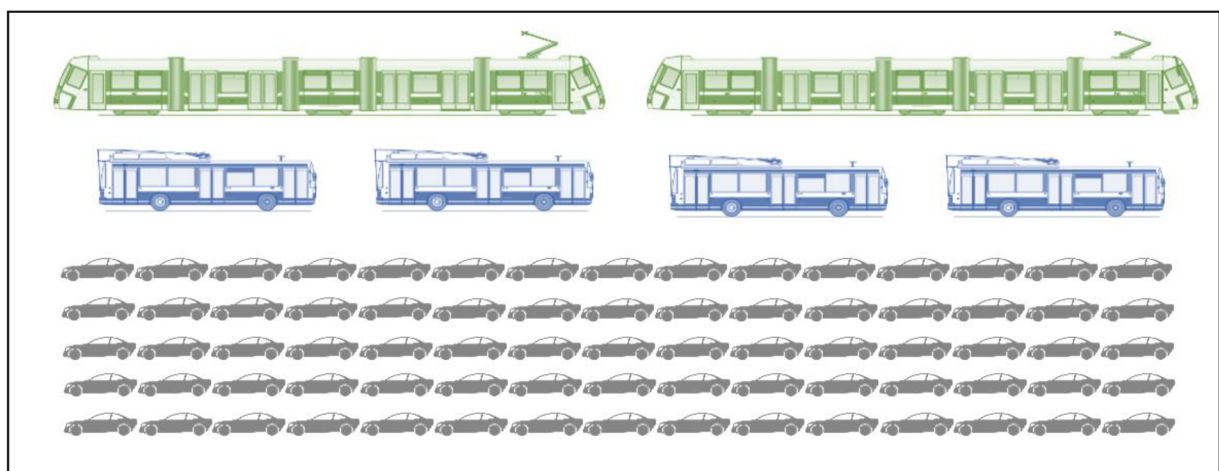
Příčin samotného zřízení, provozu a rozvoje systémů veřejné dopravy ve městech je hned několik a jsou mezi sebou provázány. Jako každý způsob dopravy, má i městská hromadná doprava své výhody a nevýhody. U velkých aglomeračních celků však ony výhody výrazně převyšují nevýhody, a tudíž v prakticky každém velkém městě byl nějaký systém městské hromadné dopravy etablován a místními správními orgány podporován.

Jednou z klíčových výhod systémů hromadné dopravy je její dostupnost. Díky sdílení nákladů na provoz mezi cestujícími, ale i samosprávnými orgány je MHD dostupná i nízkopříjmovým lidem, kteří si individuální automobil dovolit nemohou. Rovněž je ale MHD dostupná i těm, kteří z fyzických důvodů automobil řídit nemohou, například z důvodu nízkého věku nebo zdravotního postižení. [2]

Dalším klíčovým dopadem je nižší znečištění životního prostředí v místě provozu, což je u hustě obydlených oblastí významným faktorem. U systémů poháněných trakčním vedením dokonce v místě provozu vznikají emise téměř zanedbatelné.

Jedním z důvodů masivního rozvoje městské hromadné dopravy je ale paradoxně i rychlý rozvoj automobilové dopravy. Její prudký vývoj ve městech s sebou přinesl nutnost neustálého navyšování kapacity takovýchto komunikací. V husté zástavbě, zejména v centrech měst, však tato snaha již nadále nemůže být realizována, a to z velmi prostého důvodu, a sice nedostatku místa. Vytvoření kapacitních silničních komunikací v husté zástavbě je tak zcela vyloučeno, nebo jeho provedení vyžaduje významné investiční akce do tunelových a mostních konstrukcí, které jsou finančně nákladné a zároveň výrazně zasahují do charakteru městské zástavby. Z těchto důvodů musí ve velkých městech místní úřady přistupovat k alternativním způsobům organizace dopravy ve městě. [1]

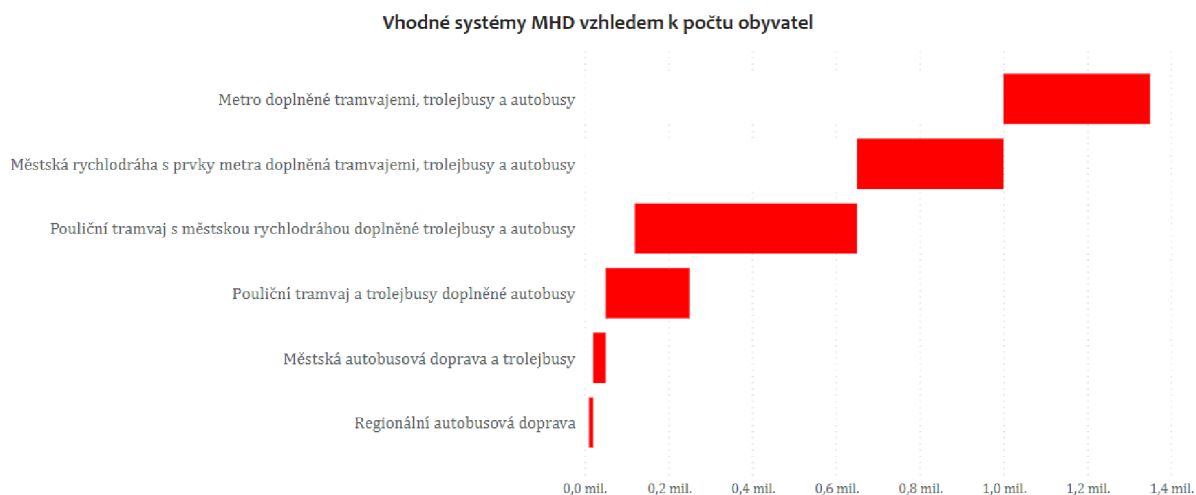
Kapacita vzhledem k záboru prostoru dopravním prostředkem pak hraje jednoznačně pro hromadnou dopravu. Při poptávce 300 lidí po přesunu z bodu A do bodu B bychom při využití plné kapacity dopravního prostředku potřebovali 2 tramvaje 13T, 4 trolejbusy 21Tr nebo 75 osobních automobilů.



Obrázek 1 - Srovnání počtu prostředků k pokrytí poptávky 300 osob

1.3 VHODNOST JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ MHD

Při tvorbě systému je ale nutné přihlédnout k počtu potencionálních cestujících ve městě a je nutné zvolit ideální dopravní systém který bude dostatečně kapacitní a rychlý, ale zároveň nebude investičně mimo možnosti města.



Obrázek 2 - Vhodné systémy MHD dle počtu obyvatel, Kotas (2002)

2 VÝVOJ TRAMVAJOVÉ A TROLEJBUSOVÉ DOPRAVY V BRNĚ

Městská doprava je neodmyslitelnou součástí každého většího města. S vývojem města se vyvíjí i systém hromadné dopravy. Nejinak je na tom i moravská metropole Brno.

2.1 POČÁTKY TRAMVAJOVÉ DOPRAVY V BRNĚ V 19. STOLETÍ

Počátky tramvajové dopravy ve městě Brně sahají až do 19. století, přesněji do roku 1869, kdy byl zahájen provoz koněspřežné dráhy. Brno se tak po Vídni, Pešti, Budínu a Temešváru stalo pátým městem v Rakousko-uherské monarchii, kde byla provozována koněspřežná pouliční dráha. [3]

Do provozu bylo tehdy uvedeno pět úseků uliční dráhy:

- Kiosk (dnešní Moravské náměstí) - Kartouzy
- Kiosk – Městský dvůr (dnešní Šilingrovo náměstí)
- Kiosk-Nádražní náměstí (dnešní Malinovského náměstí) - Pisárky
- Nádražní náměstí – Cejl – Zábrdovice
- Nádražní náměstí – Rosického nádraží (dnešní Dolní nádraží)

Provoz uliční dráhy byl ale z důvodu nízké rentability postupně omezován až do roku 1875, kdy byl zcela ukončen. [3]

V roce 1877 bylo rozhodnuto o znovuoobnovení koněspřežné pouliční dráhy. Provoz byl však obnoven pouze v úseku Pisárky-Kartouzy a výhradně v letních měsících. Z důvodů neudržitelné finanční náročnosti byl ale provoz, stejně jako u první koněspřežné tramvaje, o čtyři roky později ukončen. [3]

V roce 1984 bylo místními orgány rozhodnuto o třetím pokusu o obnovení pouliční dráhy v Brně. Přelomový byl ale přechod k jinému druhu pohonu. Sílu koňského spřežení totiž nahradila síla vodní páry. [3]

Provoz vozů tažených parními lokomotivami byl zahájen na již známém úseku Pisárky – Kartouzy. Do konce roku byl zároveň uveden do provozu úsek zcela nový, a sice úsek mezi zastávkami Ugartova (dnešní Václavská) a Ústřední hřbitov. Nový provozovatel pouliční dráhy rovněž reflektoval chyby svých předchůdců a pro zvýšení rentability byly vybudovány vlečky do průmyslových podniků. [3]

2.2 POČÁTKY 20. STOLETÍ

K dalšímu významnému přelomu došlo v roce 1900, kdy byla započata výstavba dráhy s elektrickým pohonem. Současně byla založena akciová společnost Gesellschaft der Brüner elektrischen Strassenbahnen, která je přímým předchůdcem dnešní akciové společnosti Dopravní podnik města Brna. [3]

V roce 1903 bylo v provozu celkem 5 pravidelných linek, a sice Pisárky - Kartouzy, Městský dvůr - Ústřední hřbitov, Jatky - Velké náměstí (dnešní náměstí Svobody) - Tivoli (dnešní náměstí Konečného), Zábřovice - Úřednická čtvrt (dnešní Všetičkova ulice) a Komárov - Sadová (ulice Drobného). Ve stejném roce tento byl tento systém schopen přepravit na tehdejší poměry úctyhodných 7 milionů osob. [3]

V roce 1906 byl vybudován nový úsek, který úzkými uličkami centrem města spojil Městský dvůr a Velké náměstí (tedy dnešní Šilingrovo náměstí a náměstí Svobody). Rozvoj pouliční dráhy ale pokračoval i během první světové války, konkrétně došlo k prodloužení severozápadní dráhy ze smyčky Tivoli až na ulici Tábor. Zároveň byly linky poprvé označeny čísly. Využívání numerických znaků se zachovalo až do současnosti. Linky 1, 2 a 3 dokonce dodnes jezdí v původních trasách. Linka 1 byla vedena mezi Pisárkami a Královým Polem, linka 2 mezi Zábřovicemi a Ústředním hřbitovem a linka 3 mezi Zábřovicemi a Táborem. [3]



Obrázek 3 - Tramvajová síť na konci roku 1906, [4] upraveno

2.3 MEZIVÁLEČNÝ ROZVOJ DRÁHY

Po ukončení válečného konfliktu bylo nutné obnovit kolejovou síť. Ta byla značně zchátralá z důvodu nedostatku personálních kapacit v průběhu první světové války. Během obnovy došlo ale i k zdvoukolejnění významných tras systému, a zároveň byly budovány i trasy nové, zejména do předměstí, která byla k Brnu připojena. Jednalo se o tratě: [3]

- Cejl – Husovice – Maloměřice – Obřany
- Královo Pole – Řečkovice
- Křenová – Juliánov (ulice Potácelova)
- Tábor – Žabovřesky (dnešní Rosického náměstí)
- Všetická – Úřednická čtvrť (dnešní náměstí Míru)
- Zábrdovice – Židenice, kasárny
- Ústřední hřbitov – Horní Heršpice (ulice Bohunická)

V roce 1938 již tramvajový systém přepravil více než 55 milionů osob. [3]

I během okupace Československé republiky nacistickými vojsky došlo k jistému rozvoji pouliční dráhy. Trať v Juliánově byla prodloužena až do současné smyčky, dráha v Žabovřeskách byla ukončena smyčkou v dnešní ulici Sochorově. Dalším významným úsekem bylo odbočení z tratě do Juliánova v blízkosti ulice Životského. Nová trať odsud vedla k černovickému nádraží, a dále okolo Stránské skály až do Líšně k dnešní ulici Holzově. [3]

V centru města také došlo k podstatným úpravám. Nově byl vybudován spojovací úsek dnešní ulicí Husovou přes Šilingrovo náměstí až k Novým Sadům. Na současném Moravském náměstí pak došlo k průrazu parkem do současné ulice Milady Horákové. [3]

2.4 SOCIALISMUS A NOVÝ PŘÍSTUP K BUDOVÁNÍ MĚST

Brno, jakožto sídlo několika německých zbrojařských firem, bylo cílem bombardování jak sovětské, tak zejména americké armády. Rozsáhlá obnova bombami zničených tratí s sebou ale přinesla i zdvoukolejnění většiny z nich. Nedlouho po dokončení oprav se započalo s dalším rozšiřováním kolejového systému. Již v roce 1947 byla prodloužena trať v Žabovřeskách, a to až k dnešní zastávce Branka v Komíně, o rok později byl úsek dotažen až do Bystrce na levý břeh řeky Svratky. Prodloužena byla i dráha v Židenicích, a to k ulici Karlově.

Kvalitní dopravní obslužnosti se dostalo také Štefánikově čtvrti, kam byla postavena trať z ulice Jugoslávské. [3]

Po nástupu komunistického režimu nadále docházelo k rozšiřování tramvajové dráhy. Došlo k prodloužení jižní tratě od ulice Bohunické k ulici Ořechovské. Nově byla také vybudována odbočka z trati do Řečkovic, a to ke královopolskému nádraží. V roce 1958 byla také prodloužena bystrcká trať, a to přemostěním řeky Svatky k dnešnímu významnému přestupnímu terminálu u zoologické zahrady. Další důležitou tratí byla nová dráha do Králova Pole do současné smyčky Červinkova. Aby mohla být trať vybudována, přistoupilo se k přeložení trolejbusové dráhy do souběžné ulice Botanické. Pro lepší manipulační podmínky pak byly také propojeny tratě v Židenicích a Maloměřicích. V roce 1966 byla realizována přeložka trati z Mendlova náměstí k výstavišti. Trať původně vedla uličním profilem ulic Hlinky, nově byla přeložena na vlastní těleso a mostní konstrukci. [3]

V roce 1949 byl zahájen provoz první trolejbusové linky, která vedla z hlavního nádraží ulic Křenovou a Olomouckou až do Slatiny na Přemyslovo náměstí. Do konce roku pak byly zprovozněny ještě další dvě trasy, a sice z Moravského náměstí do Králova Pole a z Komárova do Tuřan. V pozdějších letech byla prodloužena trať v Tuřanech, ale i trať ve Slatině. Ta byla prodloužena až do sousedního města Šlapanice. V roce 1961 původní trať do Králova pole ustoupila kapacitnější tramvajové dopravě a byla přeložena do ulic Zahradníkova, Botanická, Chodská, Charvatská a Srbská a končila smyčkou u městského stadionu. [3]

Od nástupu komunistického režimu se zcela změnil přístup k politice bydlení. Začala se budovat masivní panelová sídliště, která ve městě Brně z důvodu přírodních podmínek byla budována zejména na periferiích a kvalitní dopravní spojení s centrem města bylo nutností.

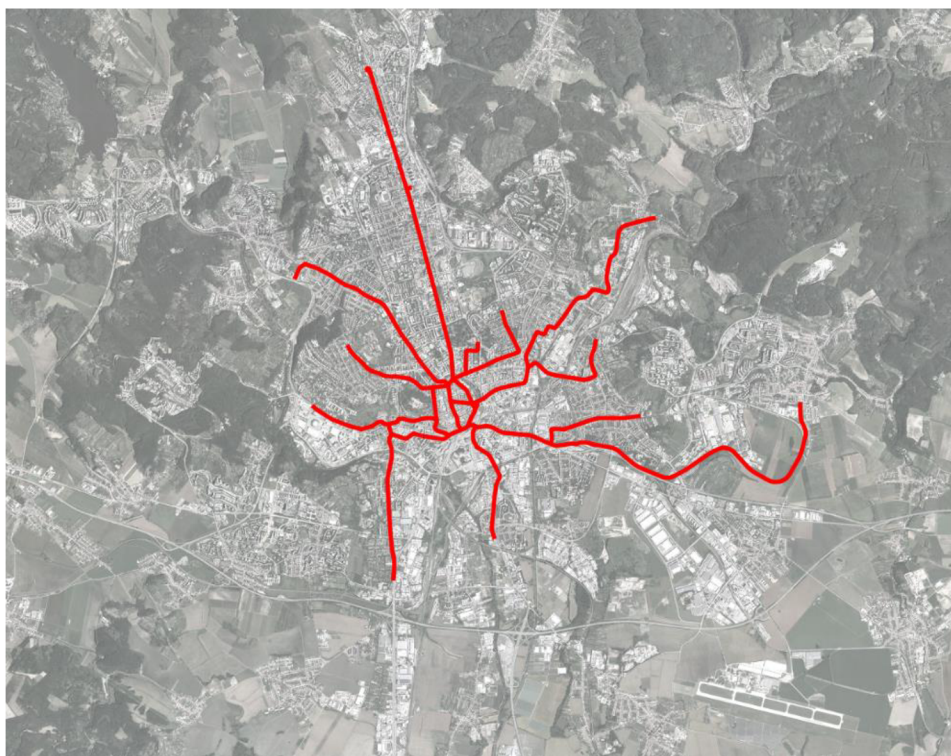
Tramvajová doprava byla vhodným způsobem, jak obrovská sídliště kapacitní hromadnou dopravou spojit se zbytkem města. Nově tak byla vybudována trať na Lesnou do Čertovy Rokle. Zároveň byla pro odlehčení Žabovřeské trati vybudována zcela nová dráha z Pisárek v údolí Svatky až do Komína, kde se napojovala na stávající dráhu. Jižní trať byla z ulice Ořechovské prodloužena až do sousedního města Modřice. Z této trati pak v roce 1980 trať odbočila do Bohunic

na Švermovu a o dva roky byla ještě prodloužena až do Starého Lískovce. V roce 1983 byla trať v Bystrci prodloužena do smyčky Rakovecká a o rok později až do smyčky Ečerova. V roce 1986 byla odbočkou z trati na Stránskou skálu vystavěna rychlodráha do smyčky Novolíšeňská v Líšni. Ta byla po třech letech ještě prodloužena do smyčky Kotlanova. Drtivá většina z těchto tratí byla vedena po vlastním tělese, tramvaje tak mohly využívat veškerý jejich technický potenciál. Nová masivní sídliště Bystrc, Starý Lískovec, Bohunice, Líšeň a Lesná tak byly s centrem města propojeny vysokokapacitní rychlodráhou. [3]

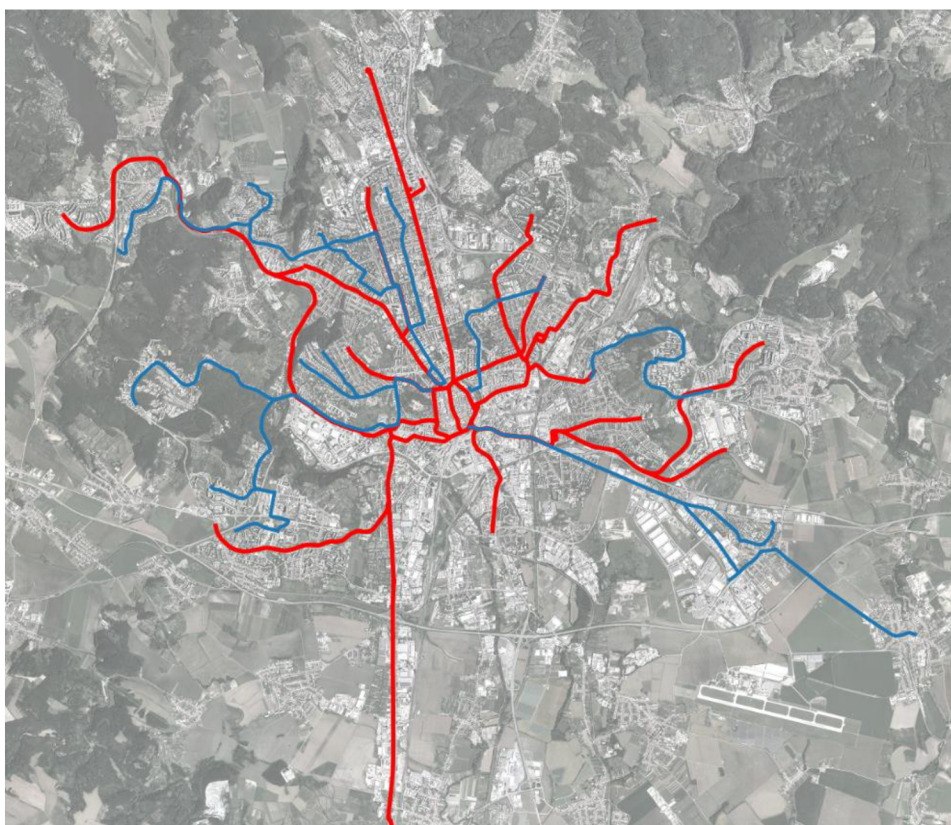
U některých nových sídlišť ale tramvajová doprava nebyla proveditelná, zejména z přírodně-technických podmínek. Došlo proto k výraznému rozvoji trolejbusové dopravy jako alternativy k té tramvajové.

První novou trolejbusovou linkou byla linka do sídliště Žabovřesky, která byla původně vedena po jeho okraji, po dostavbě potřebné infrastruktury a komunikací pak byla přeložena do jeho středu. Dalším sídlištěm, kam byla zavedena trolejbusová doprava, byly Kohoutovice. Trolejbus se ukázal jako nejvhodnější řešení i pro sídliště Komín, kam byla elektrická trakční síť dotažena v roce 1977. V roce 1980 byla trolejovým vedením se zbytkem města spojena i fakultní nemocnice v Bohunicích. Z Mendlova náměstí byl v roce 1980 rovněž zahájen provoz linky do Masarykovy čtvrti na ulici Barvičovu a pro úspěch o rok později i jižní větev do ulice Presslovy. Ve stejném roce byla zavedena i trať z Komína do Bystrce do smyčky Filipova. [3]

Aby bylo trolejbusy obsluhováno i sídliště Lesná, byla v roce 1987 zprovozněna trať od Janáčkova divadla do Štefánikovy čtvrti. Ta však byla minimálně využívána a v provozu byla jen čtyři roky. Naopak tratí s obrovským potenciálem se stala trať ze Staré Osady do sídliště Vinohrady, které z technicko-přírodních důvodů nemohlo být obsluženo tramvajemi. Tato hojně využívaná trasa byla po roce prodloužena až k přestupnímu uzlu Novolíšeňská. [3]



Obrázek 4 - Tramvajová síť v roce 1945, [4] upraveno



Obrázek 5 - Tramvajová (červená) a trolejbusová (modrá) síť v roce 1989, [4] upraveno

2.5 POREVOLUČNÍ OBDOBÍ

Po změně politického systému došlo k mírné stagnaci rozvoje tramvajové dopravy. Přejít na tržní hospodářství znamenal konec pro spoustu projektů. Prvním realizovaným byl až v roce 1994 úsek, který odbočoval na Nových Sadech a v oblasti ústředního hřbitova se napojoval na bohunickou rychlodráhu. O čtyři roky později pak došlo k prodloužení líšeňského traktu do unikátní podzemní zastávky Jírova. Další prodloužení nastalo až v roce 2006 do dnešní konečné úvratí Mifkova. Rozšiřování kampusu Vysokého učení technického v Králově Poli pak zapříčinil prodloužení tratě od technického muzea do nové konečné zastávky Technologický park. [3]

Sporným úsekem brněnského systému je tramvajová dráha přes náměstí Svobody. V roce 1999 bylo rozhodnuto o jejím zrušení. Nicméně v roce 2006 se na ni provoz znovu obnovil. [3]

Porevolučního rozvoje se dostalo i trolejbusům. V roce 1992 byla zavedena trať do Nového Lískovce na Kamenný Vrch. V roce 1995 pak byla vytvořena trať, jež se ze Staré osady přes Tomkovo, Konečného a Mendlovo náměstí napojovala na trasu do Bohunic a Nového Lískovce. Dalším novým úsekem pak bylo v roce 2000 vybudované propojení královopolského nádraží s tratí v Žabovřeskách a dále po obnovené trati do Bystrce. Ta byla totiž v roce 1991 zrušena z důvodu rozsáhlých investičních akcí do kanalizace a vodovodu v Komíně. Posledním prodloužením je pak nové ukončení líšeňské trasy až ve smyčce Jírova, které bylo zprovozněno v roce 2019. [3]

3 SOUČASNÝ SYSTÉM TRAMVAJOVÉ DOPRAVY V BRNĚ

Brněnská tramvajová síť je v České republice po té pražské tou druhou nejdelší. Pejorativní označení Brna jako „Šalingrad“ ale zas tak daleko od pravdy není. V roce 2019 se totiž Brno umístilo na desátém místě v celé Evropě, co se přepravených cestujících týče a v kumulu konkuruje městům jako Berlín, Kolín nad Rýnem nebo Záhřeb. [5]

3.1 TRENDY V BRNĚNSKÉ HROMADNÉ DOPRAVĚ

Každé město je jiné, a každá tramvajová síť tím pádem také. Pro organizaci a budoucí rozvoj městské dopravy je nutné pružně reagovat na trendy, které jsou s hromadnou dopravou spjaté. Určitě není možné organizovat tramvajovou dopravu na základě historických zkušeností, takováto organizace by pak dovedla hromadnou dopravu do slepé uličky.

3.1.1 Dopravní proudy

Klíčovým parametrem pro určení tras a linkového vedení tramvajové dopravy je poptávka po přepravě. Jak již bylo zmíněno, ústřední přepravní vazbou je vztah bydliště – práce, hlavní dopravní proudy pak tedy směřují z hustě obydlené zástavby zejména na periferiích města do centra aglomerace.

K lepšímu pochopení mobility obyvatelstva po Brně byla využita data o cestách obyvatel poskytnutá mobilními operátory o polohách a pohybu SIM karet. Ta byla zpracována s atributy času, upraveného počtu a místa. Na základě těchto dat pak byla vypracována mapa a tabulka přepravního potenciálu mezi jednotlivými katastrálními územími v Brně. Přepravní potenciál je pro účely práce definován jako suma všech cest (pohybů SIM karet) z výchozího katastrálního území do cílového katastrálního území, které byly započaty mezi šestou a devátou hodinou ráno a ukončeny ve stejném časovém intervalu. S ohledem na vyloučení vlivů externích přepravních vazeb souvisejících například s víkendovým cestováním a dopravou studentů byla jako směrodatný den v týdnu zvolena středa, v případě této matice dat poskytnuté statutárnímu městu Brnu společností T-Mobile se pak jedná o středy 9. a 16. října roku 2019. Pro sumy přepravního potenciálu bylo počítáno s průměrnou hodnotou obou dnů. [6]

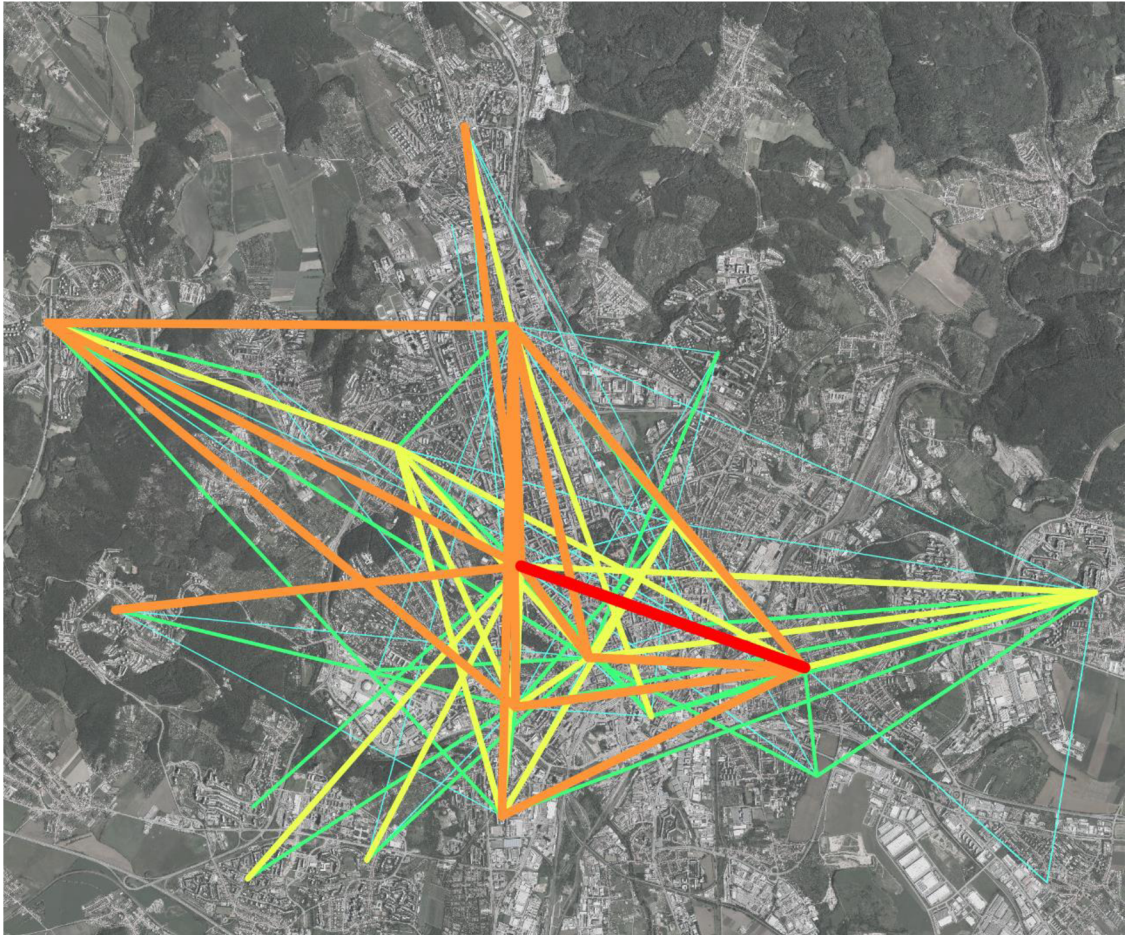
Tabulka 1 - Směry s největším přepravním potenciálem

Přepravní potenciál	Výchozí KÚ	Cílové KÚ
994 osob	Židenice (vč. Juliánov a Vinohrady)	Veveří
740 osob	Židenice (vč. Juliánov a Vinohrady)	Staré Brno
710 osob	Židenice (vč. Juliánov a Vinohrady)	Královo Pole
603 osob	Bystrc	Veveří
588 osob	Židenice (vč. Juliánov a Vinohrady)	Štýřice
571 osob	Královo Pole	Staré Brno
545 osob	Bystrc	Královo Pole
508 osob	Bystrc	Město Brno
505 osob	Bystrc	Staré Brno
503 osob	Židenice	Město Brno
500 osob	Líšeň	Město Brno

Nutno podotknout, že data byla zpracována pouze v rámci území města Brna a nezahrnují dojíždějící z okolí metropole. Zároveň z důvodu nutné anonymizace dat není možná bližší specifikace výchozích a cílových lokalit, stejně jako přesné určení dopravního módu cestujících. Data jsou rovněž vymezena pouze na výchozí a cílové území, bez zohlednění přestupů a linkového vedení. [7]

Data byla zároveň kalibrována poskytovatelem tak, aby co nejvíce odpovídala skutečnému stavu, a to zejména z důvodů podílu klientů operátora na trhu, rozložení vysílačů a intenzity komunikace SIM karet s nimi. [7]

K lepšímu vizuálnímu vzhledu do problematiky pak byla na základě těchto dat vypracována mapa přepravních potenciálů mezi jednotlivými katastrálními územími. Modrá barva odpovídá rozmezí 200 až 250 osob, zelená 250 až 330 osob, žlutá 330 až 500 osob, oranžová 500 až 800 osob a červená potenciálu většímu než 800 osob.

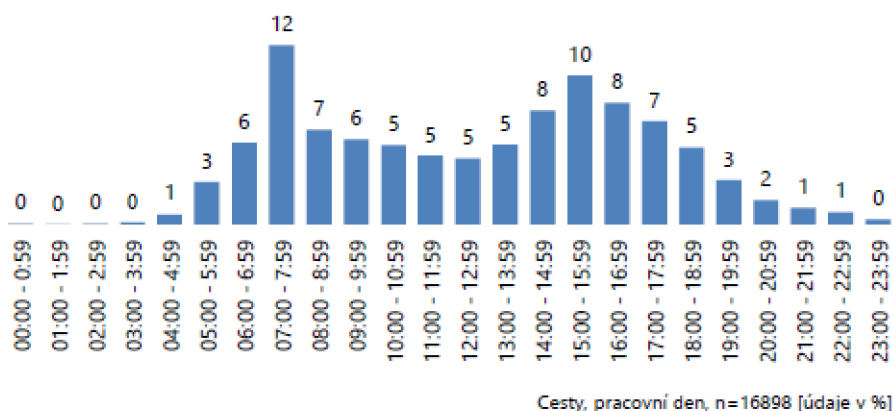


Obrázek 6 - Mapa přepravního potenciálu v Brně. [4] upraveno

3.1.2 Špičky a sedla

Stejně jako ostatní města se musí organizační složky dopravy v Brně vypořádat s časovou nerovnoměrností poptávky po přepravě. Nerovnoměrnost poptávky během dne je způsobena zejména základními přepravními vztahy bydliště – práce a bydliště – škola. Z těchto přepravních amplitud pak vyvstávají dva fenomény nerovnoměrnosti v dopravě, a sice přepravní špička a přepravní sedlo.

Špičky během pracovního dne identifikujeme dvě. Tou první je špička ranní, která pokrývá časový horizont zhruba mezi 6:30 a 8:30. Odpolední špičku způsobenou návratem do míst bydliště pak identifikujeme v čase mezi 14:00 a 18:00. Ranní špička je tak intenzivnější než špička odpolední z důvodu rozložení do menšího časového úseku. [1]



Obrázek 7 - Graf rozložení cest během dne, [8]

Mimo pracovní dny je pak poptávka po přepravě rozložena rovnoměrněji během dne, avšak i v těchto dnech lze identifikovat ranní špičku, a to mezi 8:30 a 11:00. Odpolední rozložení cest je pak poměrně rovnoměrné a nelze určit špičkový časový úsek. [8]

3.1.3 Reakce na mimořádné akce

Kromě špiček vzniklých základními přepravními vztahy mohou v průběhu roku vznikat lokální zvýšené požadavky na přepravu, například z důvodu velkokapacitních kulturních nebo sportovních akcí. Ve smlouvě o závazku veřejné služby a kompenzací z veřejné přepravy cestujících (2021) uzavřené mezi statutárním městem Brnem a akciovou společností Dopravní podnik města Brna jsou definovány oblasti, ve kterých může k významnému lokálnímu zvýšení poptávky po přepravě dojít. Ve smlouvě je rovněž stanoveno vypravování posilových linek k obsluze těchto oblastí. [9]

Jedná se posilové linky obsluhující oblasti:

Brněnská přehrada (akce Ignis Brunensis, plavební sezóna atd.)

- Areál BVV (veletrhy, výstavy, koncerty, festivaly atd.)
- Městský stadion Srbská (fotbalová utkání)
- Hala Rondo (hokejová utkání, koncerty atd.)
- Automotodrom Brno

3.1.4 Výlukové změny v dopravě

Významným zásahem do organizace dopravy jsou i výluky, a to nejen v rámci městské dopravy, ale i ty v dopravě regionální. Dle rozsahu takovýchto výluk je pak v rámci udržitelné dopravy nutné přejít k opatřením v její organizaci, jako jsou přesuny zastávek, reorganizace linek, navýšení jejich kapacity nebo vypravování linek posilových.

Příkladem reorganizace tramvajových linek je například v letech 2021 a 2022 probíhající výluka tramvajové trati v ulici Žabovřeské, kdy došlo k reorganizaci linek 1,10 a 11, a zároveň k navýšení kapacity linky 3. [10]

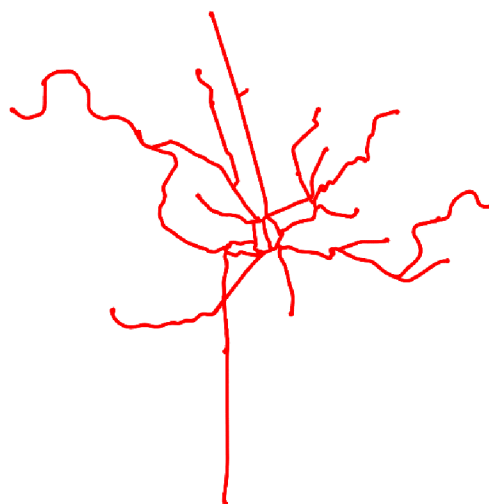
Jako ukázkový příklad vypravování posilových linek může sloužit proběhnuvší výluka hlavního nádraží a přesun dálkových linek na nádraží v Židenicích a Králově Poli. Po celou dobu výluky byla k zajištění dostatečné obsluhy vypravována posilová linka v úseku Hlavní nádraží – Královo Pole, nádraží.

3.2 BRNĚNSKÝ SYSTÉM TRAMVAJOVÉ DOPRAVY

Podle Kotase (2002) je struktura každého dopravního systému složena ze tří základních pilířů:

- Dopravní síť (linie, uzly)
- Organizace
- Dopravní prostředky

Statutární město Brno je typickým příkladem monocentrického města. Tomuto uspořádání sídla odpovídá i systém pouliční dráhy, která je již od svých počátků charakterizována jako radiální. Historicky právě z centra města vybíhaly radiály do předměstí a později i satelitních sídlišť. [11]



Obrázek 8 - Schéma tramvajového systému v Brně

Radiální systém v centru města přechází v systém několika malých okruhů takovým způsobem, aby byla zajištěna schopnost systému absorbovat velké množství souprav. Pro zajištění maximální provozní spolehlivosti jsou rovněž blízké radiály propojeny.

Jako samotné jádro centra pak označujeme zejména dopravní uzly Hlavní nádraží a Česká – Komenského náměstí – Moravské náměstí. Z důvodu již zmiňovaného charakteru pak není překvapením, že veškeré současné řádné tramvajové linky alespoň jeden z těchto uzlů obsluhují.

3.2.1 Vedení tramvajových tratí

Způsobů vedení tramvajové dráhy je několik. Při jejich volbě je nutné zohlednit výhody a nevýhody jednotlivých druhů vedení, avšak klíčovým prvkem jsou i vnější faktory, zejména prostorové, přírodní a urbanistické podmínky.

3.2.1.1 Tramvajová trať sdílející jízdní pruh s IAD

Tramvajová trať v jízdním pruhu je typickým vedením zejména ve stísněných prostorech. Často se tak vyskytuje v centrech měst, kde se vystavila zástavba dávno předtím, než se objevily první tramvaje. Výraznou nevýhodou tohoto způsobu umístění pouliční dráhy je ale sdílení společného dopravního pruhu tramvajovými soupravami a prostředky individuální automobilové dopravy.

Krom jízdního pruhu tak tramvaje musí s automobily sdílet i veškeré problémy, které v rámci automobilové dopravě vznikají a naopak. [2]

Zdržení tramvajů pak mohou vznikat díky dopravním zácpám, parkování automobilů nebo nevhodně odstaveným vozidlům, neboť tramvaj, jakožto kolejové vozidlo, nemůže svou dráhu žádným způsobem změnit.

Negativní účinky vznikají ale i v opačném pořadí. Obsluha zastávek hromadné dopravy způsobuje zašpuntování jízdního pruhu bez možnosti bezpečného objetí drážního vozidla.

Typickými příklady tohoto způsobu vedení tramvajové dráhy v Brně jsou například ulice Minská a Horova, ulice Tábořská nebo tramvajová trať v Husovicích a Maloměřicích.



Obrázek 9 - Ulice Horova, sdílený pruh tramvajové a automobilové dopravy, [12]

3.2.1.2 Tramvajová trať s vyhrazenými pruhy v ose komunikace

Tramvajová trať s vyhrazenými pruhy v ose komunikace je nejčastějším způsobem vedení pouliční dráhy v uličním profilu. Vyhrazené pruhy tramvajové dopravy pak často bývají vizuálně odlišeny od zbytku pozemní komunikace, avšak umožňují

přejezd individuální automobilové dopravy. Zastávky jsou pak řešeny formou ostrůvků. [2]

Tramvajová doprava je tedy částečně segregovaná od IAD, ale i v tomto způsobu vedení může docházet k ovlivnění tramvajů automobily, a to zejména z důvodu přejezdu automobilů do kolejového pruhu často z důvodu odbočování vlevo.

Výstižnými příklady v brněnském systému jsou ulice Kounicova, Veveří, Lidická, Štefánikova a Palackého třída.



Obrázek 10 - Zastávka Rybkova na ulici Veveří

Specifickým typem je pak tramvajová trať na zvláštním tělese v ose komunikace. Ta je velmi podobná předchozí variantě, ale speciálními konstrukcemi a úpravami neumožňuje přejezd individuální automobilové dopravě. Typickým příkladem v Brně je Renneská třída nebo trať do Modřic. [2]

3.2.1.3 Tramvajová trať na samostatném tělese

Rozlišujeme dva typy této dráhy, a sice s vazbou na silnici, a dráhy bez takovéto vazby.

Tramvajová trať na samostatném tělese při městské komunikaci se nachází na jedné ze stran pozemní komunikace a kopíruje její směrové vedení. Spolu s komunikací tak utvářejí dojem městské třídy, ale provoz na obou cestách funguje

samostatně. Příklady ve městě Brně jsou tramvajová trať z Komína do Bystrce nebo trať do Lesné při třídě Generála Píky. [2]

Řešení tramvajové trati vedením na samostatném tělese bez vazby na pozemní komunikace je typické zejména pro periferní oblasti měst a předměstí a ve volné krajině. Typickými příklady v Brně jsou tratě do Líšně nebo Bohunic a Starého Lískovce. [2]



Obrázek 11 - Tramvajová trať na ST mezi Bystrcí a Komínem

3.2.1.4 Tramvajová trať v pěší zóně

Tramvajová dráha vedena pěší zónou je velmi sporné, ale zároveň elegantní řešení. Vždy by měla být zachována priorita pohybu pěších. Takováto trať by dle Kotase (2002) měla být vizuálním způsobem, například rozlišnou dlažbou, oddělena od zbytku pěší zóny. [2]

3.2.1.5 Městotvorný pohled na vedení tratí

Doprava je jednou z těch nejvýznamnějších součástí města a bylo by chybou, kdybychom při řešení dopravní infrastruktury zcela rezignovali na její městotvorný potenciál. Je tedy zcela klíčové najít vhodnou rovnováhu mezi dopravně-technickým řešením a citlivým řešením městského prostoru. [12]

Základním předpokladem návrhu veřejných prostranství, včetně těch dopravních, je respektování chodců. Lidská bytost je velmi intuitivní stvoření a drtivá většina z nás bude preferovat cestu nejmenšího odporu. [12]

Městské komunikace včetně tramvajových drah je také nutné navrhovat s ohledem na charakter místa. V dnešní době je k dispozici široká škála technických řešení, materiálů, mobiliáře i zeleně, a je naprosto vhodné zvolit taková řešení, která budou respektovat kontext území. [12]

Dobrym příkladem vhodného využití materiálů, mobiliáře i zeleně je dopravní uzel Česká. Kombinace žulových kostek a organizované městské zeleně ve vztahu k historické zástavbě a významnosti staveb působí velmi příjemným dojmem. Naopak příkladem velmi necitlivého materiálového využití je zastávka Malinovského náměstí. Kombinace několika druhů krytí tramvajové trati zcela narušuje vizuální kontext místa.

3.2.1.6 Segregace dopravního prostoru

Segregace tramvajových tratí na samostatná tělesa je z provozního hlediska velmi výhodným řešením. Z urbanistického pohledu však toto řešení není tím nejvhodnějším. Každá takto segregovaná dráha totiž vytváří významnou územní bariéru, která narušuje vazby mezi jednotlivými částmi sousedství. Jako vhodný příklad udržení vazeb ve městě je například zastávka Jírova v Líšni, která nejenže nepřerušuje městské vazby, ale naopak je ještě podporuje. Zbytek trati v líšeňském sídlišti je ale příkladem vytvoření silné bariéry v území, která zcela zamezuje vytvoření kompaktní zástavby. Velmi nevhodným je rovněž i úsek mezi zastávkami Vozovna Komín a Rosického náměstí. Tramvajová dráha zde vytvořila dokonce zcela nepropustnou bariéru bez možnosti přechodu. Obdobným necitlivým příkladem je Renneská třída, kde tramvajová trať a s ní související

vybavení rozdělilo ulici na dva samostatné celky, s jedinou možností přechodu z jedné strany ulice na druhou na délce 500 metrů. [12]



Obrázek 12 - Bariéra v území, trať mezi Rosického náměstím a Vozovnou Komín

3.2.2 Ukončení tramvajových úseků

Každá radiální tramvajová trať musí někde končit. Ve městě Brně jsou tramvajové tratě ukončovány zejména okružními smyčkami, vyskytují se zde ale i dráhy, které jsou ukončeny úvratovým způsobem.

3.2.2.1 Úvratě

Úvratě je v drážní dopravě obecně charakterizována jako místo, kde drážní vozidlo pro pokračování v jízdě musí změnit směr jízdy. Úvratové ukončení tramvajových tratí se využívá zejména při výlukách, kdy je potřeba zajistit obsluhu úseku, kde se nenachází žádná manipulační smyčka. Své místo v brněnském systému pouliční dráhy mají ale i úvratě stálé.

Úvratová obratiště s sebou ale přinášejí řadu komplikací. Tou zřejmě nejvýraznější je nutnost disponovat vozy s možností obousměrného provozu. Tramvaje s možností obousměrného provozu jsou investičně náročnější záležitostí než tramvaje s provozem jednosměrným. Jsou rovněž náročnější na údržbu. Zároveň je nutno počítat i s delším časem obratu soupravy, který souvisí s úkony, které je nutné provést ke změně směru jízdy.

V Brně se v současnosti nachází jedno úvratové obratiště, a to zastávka Mifkova v Líšni. Zároveň by v roce 2022 měla být dokončena tramvajová odbočka k fakulní nemocnici v Bohunicích, která bude také z prostorových důvodů ukončena úvratí. Na tomto novém úseku bude rovněž vybudována unikátní podzemní zastávka Západní Brána. Její unikátnost nespočívá v jejím podzemním umístění, takovéto zastávky městské rychlodráhy se již v Brně nacházejí. Zcela novým prvkem bude nástupní plocha uprostřed, tedy vlevo ve směru jízdy, na rozdíl od všech ostatních zastávek, které jsou obsluhovány pravou stranou ve směru jízdy. Obousměrné tramvaje tak budou muset být využívány i z tohoto důvodu.

V brněnském systému se nachází i manipulační úvratové obratiště, a to u zastávky Kotlanova jako pozůstatek původní smyčky a dále na Komenského náměstí v centru města.

3.2.2.2 Smyčky

Smyčka je drážní obratiště, díky kterému drážní vozidlo změni směr jízdy pouhým průjezdem. Smyčky bývají nejčastěji umístěny mimo komunikaci na vyhrazeném pozemku.

Smyčky mohou být jak jednokolejné, tak i vícekolejné. Výhodou vícekolejných smyček je možnost seřazování vozů dle potřeby organizace a jsou tak umístovány především na tratě s hustším provozem nebo s více zakončenými linkami.

Smyčky jsou tedy umístovány na koncích tratí, ale část původních konečných smyček byla zachována dodnes. To umožňuje efektivní řízení tramvajových souprav při výlukách, ale i v běžném provozu k zajištění efektivity spojů ve špičkách a sedlech.

Na zábor plochy výrazně výhodnější jsou smyčky blokové. Ty obkružují celé městské bloky budov a nevytvářejí tak nevyužitá prostranství ve veřejném prostoru. Jsou ale často vedeny v pojízdném uličním prostoru a neumožňují tak odstavení souprav. V Brně se nachází tři blokové smyčky, a sice Geislerova v Židenicích, Mostecká v Husovicích a Malinovského náměstí okolo paláce Morava.

3.2.2.3 Městotvorný pohled na obratiště

Z pohledu urbanismu je u obratišť klíčový především zábor místa. V Česku tradiční smyčky ze své technické povahy nutně zabírají výraznou část plochy, která se z bezpečnostních a provozních důvodů stává zbytnou plochou s prakticky nevyužitelnou zelení, popřípadě s drobnými trafikami nebo kiosky s občerstvením. Na samotných okrajích města je tento způsob jistě vhodný, v zástavbě však působí velmi nepatřičným dojmem.

Urbanisticky citlivější je pak smyčka u královopolského nádraží, kde se pro smyčku využila jinak nevyužitelná plocha pod mostem.

Kvalitním městotvorným způsobem je řešena i smyčka Nové Sady, v jejímž centru se nachází menší park s pobytovou funkcí. Tato konfigurace je ale možná jen z důvodu minimální vytíženosti obratiště.

Z pohledu záboru ploch se pak jak městotvornější prvky jeví obratiště úvratová a blokové smyčky, ty jsou však technicky i provozně náročnější než běžné smyčky.



Obrázek 13 - Smyčka u královopolského nádraží

3.2.3 Zastávky

Zastávky a jejich umístění je pro většinu cestujících klíčovým faktorem městské hromadné dopravy. Zejména jejich dostupnost s sebou přináší několik pozitivních i negativních externalit. Dostupné zastávky MHD mohou být pro mnoho lidí rozhodující veličinou při řešení otázky bydlení. S příliš malou vzdáleností zastávky pak ale obyvatele obtěžuje hluk se zastávkou spojený, a to zejména způsobený cestujícími, ale i samotným provozem. A byť pro mnohé může být zvuk tyristorového regulátoru tramvajů akustickým požitekem, tak drtivě většině je tento doprovodný efekt velice nepříjemný.

Zastávky, jakožto místa zvýšeného pohybu chodců, by tak měly být navrhovány především s ohledem na bezpečnost cestujících. [13]

Dle normy 73 6425-1 by měly být zastávky městské hromadné dopravy od sebe vzdálené ideálně v rozmezí 300 až 700 metrů, v případě specifických místních poměrů pak dle místní potřeby. [13]

3.2.4 Přepavní uzly

Dopravní uzel je v městské dopravě charakterizován jako místo, kde se soustředí několik linek. Obecně jsou uzly zřizovány u významných regionálních a nadregionálních dopravních terminálů, ale i v rámci významných křižovatek nebo významných multifunkčních budov a center.

V Brně, jako monocentrickém městě, je nasnadě, že klíčové přestupní uzly se budou nacházet v centru města. Tento fakt ještě výrazně umocňuje poloha současného hlavního vlakového nádraží, která z centra města vytváří velký dopravní uzel, avšak na hraně až za hranou kapacity.

V blízkosti centra města se tedy nachází přepravní uzel Hlavní nádraží, který je tvořen samotným hlavním vlakovým nádražím, ale i odloučeným autobusovým nádražím u hotelu Grand. Před nádražní budovou se pak nachází pro Brno nejvýznamnější uzel městské hromadné dopravy. Ten je tvořen smyčkou trolejbusových linek směřujících ve směru Slatina a Šlapanice. Nejpodstatnějším prvkem uzlu je ale šestero nástupišť určených jak pro tramvajovou, tak i pro autobusovou dopravu. Uzel hlavní nádraží je rovněž i klíčovým místem organizace

noční dopravy v Brně. Právě zde se soustředí veškeré autobusy unikátního systému nočních rozjezdů.

Z urbanistického pohledu je však uzel Hlavní nádraží výrazně za hranou kapacity prostoru. Přednádražní prostor je pro pěší velice nepřehledný, přeplněný tramvajemi, autobusy a automobily, ale i davy pěších. Tato netaktní kombinace různých druhů dopravy rozmístěných do několika pruhů a komunikací spolu s nástupišti za hranou kapacity pak může vést k problémům co se bezpečnosti a plynulosti provozu týče. Současně zcela zaniká i dominantna prostoru, tedy samotná nádraží budova. [12]

Citlivěji vzhledem ke kapacitě prostoru a kontextu místa je řešen uzel Komenského náměstí – Česká – Moravské náměstí v severní části centra města. Část uzlu Komenského náměstí je výchozí zastávkou pro trolejbusové linky do Masarykovy čtvrti. Centrální část Česká se pak skládá z trolejbusového smyčky pro linky směřující na sever a severozápad města. Rovněž se zde nachází šest nástupišť určených vozidlům pouliční dráhy. Moravské náměstí je pak vybaveno čtyřmi nástupišti tramvajové dopravy.

3.3 ORGANIZACE DOPRAVY

Základem každého funkčního systému je také organizace městské dopravy, a to jak ta dlouhodobá, tak i aktuální.

3.3.1 Charakteristika současných linek

Tabulka 2 - Vybrané charakteristiky linek, [9]

Linka	1	2	3	4	5	6
Přepravní výkon (v milionech mkm)	596,99	181,04	185,98	163,00	140,52	263,75
Délka v km	19,21	10,42	11,52	9,18	7,61	10,94
Linka	8	9	10	11	12	
Přepravní výkon (v milionech mkm)	336,85	99,60	28,56	69,76	280,91	
Délka v km	14,04	8,76	9,38	13,76	8,21	

Linka 1

Linka číslo 1 navazuje na historicky první trať koněspřežné dráhy. V letech 2021 a 2022 zde proběhla rozsáhlá přeložka do tunelového tělesa a linka byla provozována jen na části její původní trasy. Před začátkem výluky byla ale linka číslo 1 s délkou 19,21 km tou nejdelší v Brně a zároveň i linka s největším přepravním výkonem. [14]

Linka je vedena ze smyčky v Řečkovících v severní části Brna a hlavní třídou protíná Řečkovice, Medlánky, Královo Pole a Ponavu. V centru města křížuje Moravské náměstí, z východního směru objíždí historické jádro Brna přes Malinovského náměstí až hlavnímu nádraží. Dále pokračuje přes Nové Sady do Starého Brna, kudy se ulicemi Hybešovou a Václavskou dostane na Mendlovo náměstí. Odtud již po vlastním tělese ze severní strany lemují brněnské výstaviště. Okolo pisárecké vozovny pak údolím Svatky zamíří k jižnímu okraji Žabovřesk. Dále směřuje po jižním okraji Komína až do Bystrce, kde obslouží dopravní uzel Zoologická zahrada. V těsné blízkosti brněnské přehrady pak pokračuje až do samotného bystrckého sídliště, kde je trať ukončena smyčkou Ečerova.

Linka 2

Linka 2 rovněž navazuje na historickou tradici. Po četných prodlouženích má však jeden unikát. Linka je totiž vedena 10,42 km po území města Brna a 1,23 km na území sousedních Modřic. Z tohoto důvodu je místní komunitou často nazývána jako „Meziměstský expres“. [14]

Linka začíná smyčkou v přestupním uzlu Stará Osada v Židenicích. Dále pokračuje okolo Vojenské nemocnice do ulice Cejl, která ústí na Malinovského náměstí. Odtud kopíruje trasu linky 1 až k ulici Václavská, kde se přes Poříčí napojuje na ulici Vídeňskou. Tou okolo ústředního hřbitova pokračuje okolo industriální zástavby až do smyčky v Modřicích.

Linka 3

Jednou z nejdelších je se svými 11,52 km linka číslo 3. Ta rovněž začíná svou cestu na Staré Osadě, na rozdíl od linky 2 se ale za Vojenskou nemocnicí napojuje na ulice Merhautovu a Milady Horákové, kterými se dostane na Moravské náměstí a uzel Česká. Odtud dále pokračuje severním směrem ulicí Veverčí do Žabovřesk.

Na Rosického náměstí přechází na vlastní těleso a před komínskou vozovnou se napojuje na trasu linky 1. Avšak na rozdíl od linky 1 je ukončena smyčkou Rakovecká, kterážto se nachází u brněnské přehrady. [14]

Linka 4

Nejklikatější linkou je po právu označována linka číslo 4. Ta svou cestu začíná ve smyčce Náměstí Míru a pokračuje Masarykovou čtvrtí okolo Obilního trhu až do uzlu Česká, odtud jako jedna ze dvou linek křížuje Náměstí Svobody a pokračuje dále na hlavní nádraží a Malinovského náměstí. Dále se ulicí Cejl dostává až do Husovic, Maloměřic a Obřan, kde ve smyčce Babická ukončuje svou jízdu.

Linka 5

Nejkratší stálou linkou je s délkou 7,61 kilometru linka číslo 5. Linka 5 vyjíždí ze smyčky ve Štefánikově čtvrti a dále se ulicemi Merhautovou a Milady Horákové dostává do přestupních uzlů Moravské náměstí a Česká. Odtud se ulicí Husovou vydává vstříc Šilingrovu náměstí, kde odbočuje směrem k Mendlovu náměstí a Poříčí. Zde částečně kopíruje trasu linky 2, ale nezajíždí až do Modřic, nýbrž je ukončena ve smyčce Ústřední hřbitov. [14]

Linka 6

Linka 6 patří mezi linky s největším přepravním výkonem a zároveň se svou délkou 10,94 km i mezi ty nejdelší. Je vedena ze smyčky u královopolského nádraží a dále se napojuje na hlavní třídu v Králově Poli. Až po Moravské náměstí kopíruje trasu linky 1, ale zde se odpojuje do uzlu Česká, odkud trasuje linku číslo 5. Na ulici Vídeňské se pak odpojuje a pokračuje do sídlišť Bohunice a Starý Lískovec, kde je smyčkou ukončena. [14]

Linka 8

Pomyslnou dvojkou je za linkou číslo jedna linka číslo 8. Ta je druhá v přepravním výkonu i v celkové délce trasy. Specifikem této linky je její úvratové ukončení v konečné zastávce Mifkova v Líšni. Na této lince tak nutně musí být nasazovány vozy s možností obousměrného provozu. [14]

Linka, jak už bylo zmíněno, začíná úvratí Mifkova v Líšni. Dále projíždí středem líšeňského sídliště a okolo Bílé Hory dojíždí až do Juliánova a Židenic. Poté pokračuje tepnou Křenová na Hlavní nádraží. Odtud dále Novými Sady až k hale Rondo a dále ulicí Renneskou. Po mostní konstrukci pak překonává ulici Vídeňskou a napojuje se na trasu linky 6 se stejným ukončením ve smyčce Starý Lískovec. Po dokončení stavebních prací tramvajové trati do bohunického kampusu to bude právě linka 8, která bude úvratové ukončení v Bohunicích obsluhovat.

Linka 9

Výchozí smyčkou linky číslo 9 je Čertova Rokle na Lesné, dále trasa pokračuje ulicí Zemědělskou a Milady Horákové na Moravské náměstí. Odtud směřuje skrze Náměstí Svobody na hlavní nádraží. Poté ulicí Křenovou přes Židenice až do smyčky v Juliánově.

Linka 10

Linka s nejmenší přepravní kapacitou je linka číslo 10. Ta začíná ve smyčce Stránská skála a od Židenic kopíruje trasu linky 8 až do Bohunic, kde je ukončena smyčkou Švermova. [14]

Linka 11

Čistě posilovou linkou je linka číslo 11. Ta vykrývá špičky ze sídlišť Lesná a Bystrc. Její trasa vede ze smyčky Rakovecká přes uzly Česká a Malinovského náměstí a je ukončena smyčkou Čertova Rokle na Lesné.

Linka 12

Poslední, ale jen dle čísla linky, je linka 12. Ta patří mezi ty s největší přepravní kapacitou. Vychází ze smyčky Technologický park odkud se vydává jižním směrem do centra města, kde obsluhuje uzly Česká, Šilingrovo náměstí a hlavní nádraží. Odtud se vydává po nejčerstvěji dokončeném úseku okolo autobusového nádraží Zvonařka až do Komárova. [14]

3.3.2 Vozový park

Posledním z pilířů každého dopravního systému je vozový park. Samotný dopravní prostředek na rozdíl od sítě a organizace přichází do přímého styku s cestujícími a musí tak splňovat veškeré požadavky a standardy pohodlné a bezpečné jízdy.

Vozový park DPMB je oproti jiným městům velmi různorodý i přesto, že všechny používané soupravy a vozy jsou českého původu. Základ vozového parku, stejně jako ve většině zemí bývalého sovětského bloku, tvoří legendární tramvaje typu T3 a od nich odvozené K2. S požadavky na nízkopodlažnost a modernější vzhled jsou tyto tramvaje postupně vyřazovány a nahrazovány novými vozy.

S plánovanými investičními akcemi pak roste i poptávka po obousměrných nízkopodlažních tramvajích. Tuto kategorii v současnosti pokrývají tramvaje typu KT8D5, DPMB však připravuje pro roky 2022 až 2026 veřejnou zakázku na dodání čtyřiceti kusů nových obousměrných, plně nízkopodlažních tramvajů. [15]

Tabulka 3 - Přehled vozového parku DPMB [16]

Tramvaj	Typ	Dodávky	OP	NP	Kapacita	Počet
EVO 2	Pragoimex Evo 2 (Drak)	2020-2022	Ne	Ano	171	19
Anitra	Škoda 03T	2003-2006	Ne	Ano	155	17
T3	Tatra T3P	1968-1987	Ne	Ne	110	13
	Tatra T3G	1985-1989	Ne	Ne	112	18
	Tatra T3R	1996-1997	Ne	Ne	108	8
	Tatra T3R.EV	2002-2003	Ne	Ne	110	4
	Tatra T3R.PV	2003-2006	Ne	Ne	110	10
Vario	VarioLFR.E	2006-2018	Ne	Ano	116	32
	VarioLF2R.E	2008-2018	Ne	Ano	150	32
T6A5	Tatra T6A5	1996-2020	Ne	Ne	115	48
K2	Tatra K2R.O3-P	1973-1974	Ne	Ne	157	2
	Tatra K2P	1973-1983	Ne	Ne	158	13
	Tatra K2T	1973-1974	Ne	Ne	158	3
K3	Tatra K3R-N	2004-2006	Ne	Ano	196	4
KT8D5	Tatra KT8D5R.N2	1986-2003	Ano	Ano	227	28
	Tatra KT8D5N	1998-1999	Ano	Ano	226	7
13T	Škoda 13T	2007-2016	Ne	Ano	193	49

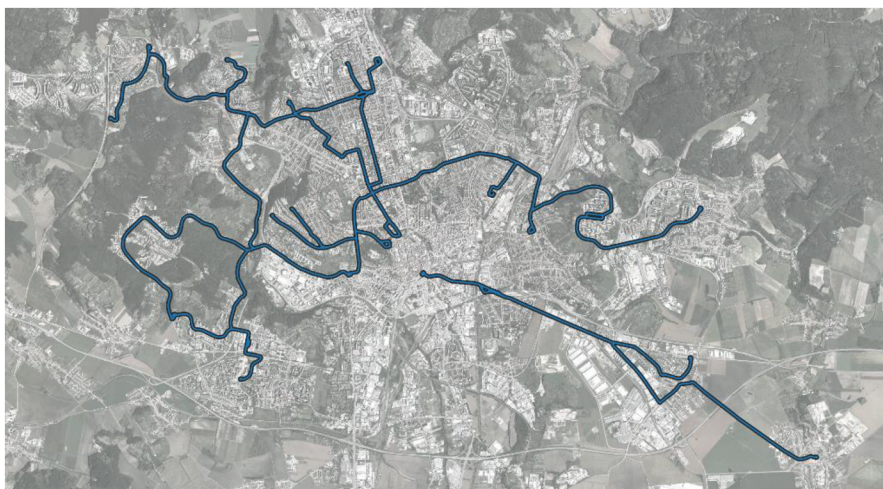
3.4 TROLEJBUSOVÁ SÍŤ JAKO DOPLNĚK TRAMVAJÍ

Ač se tedy tramvaje jeví jako velmi vhodný způsob provozu kapacitní MHD, do některých lokalit tramvajovou dráhu dostat nedokážeme. A chceme-li těmto oblastem zajistit bezemisní kapacitní dopravu, máme veskrze tři možnosti. Buď se vydáme cestou plně elektrických autobusů s bateriemi, nebo se vydáme cestou nekonvenčních druhů dopravy, anebo se spolehneme na systém, který je Brně v provozu již od roku 1949. Tímto systémem je trolejbusová síť.

3.4.1 Trolejbusová síť v Brně

Trolejbusy v Brně tedy plní podpůrnou a substituční roli vzhledem k páteřnímu tramvajovému systému. Trolejbusové dráhy jsou tudíž využívány zejména v lokalitách, kam tramvajovou trať z technických nebo ekonomických důvodů dostat nemůžeme. Jedná se zejména o sídliště se složitými sklonovými a geologickými podmínkami jako jsou Kohoutovice, Vinohrady či Komín. Rovněž ale využíváme těchto drážních vozidel tam, kde chceme zajistit nebo navýšit přepravní kapacitu, přičemž tramvajová dráha by byla ekonomicky nevýhodná nebo prostorově složitě proveditelná. Tímto způsobem jsou obsluhována zejména sídliště Bohunice a Nový Lískovec, Bystrc, Líšeň či Slatina a Šlapanice.

Trolejbusový systém v moravské metropoli pak zajišťuje i tangenciální trasy k radiálnímu tramvajovému systému. Zde se jedná především o trať z Líšně do Bohunic a Nového Lískovce, ale také trať z nádraží v Králově Poli do Bystrce. Tyto linky pak obrazně kolmé propojení radiál tramvajového systému.



Obrázek 14 - Schéma trolejbusových tratí v Brně

4 BRNĚNSKÝ SYSTÉM V POROVNÁNÍ S JINÝMI SYSTÉMY

K identifikaci silných a slabých stránek brněnského systému je potřeba jej srovnat s jinými městy, kde je tramvajová doprava páteří MHD, a to jak v České republice, tak i v zahraničí. A aby odhaleny všechny výhody i nevýhody je potřeba nahlížet na systémy od celku k detailům.

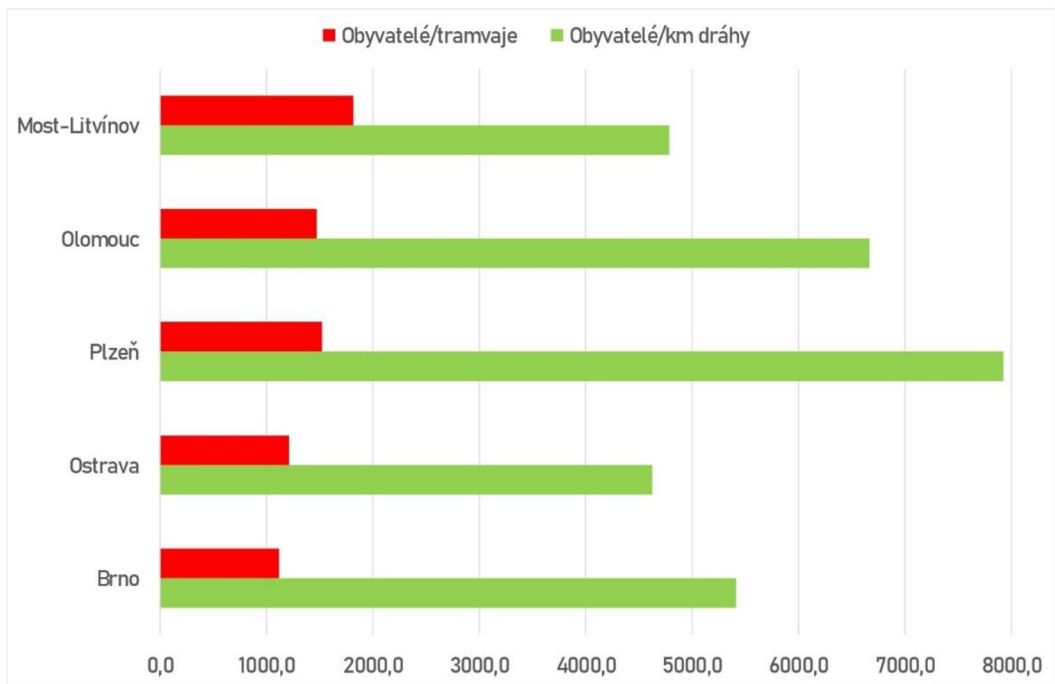
Pro porovnání byly zvoleny města Ostrava, Plzeň, Olomouc a systém spojující Most s Litvínovem. V zahraničí pak byly vybrány města Augsburg a Bielefeld v Německu, Bratislava na Slovensku, Štětín v Polsku, Riga v Lotyšsku, Ženeva ve Švýcarsku, Štýrský Hradec v Rakousku, Segedín v Maďarsku, Temešvár v Rumunsku, Bordeaux ve Francii, Rabat v Maroku a Lusail v Kataru. Záměrně byly zvoleny města s podobným počtem obyvatel jako má Brno, ale z různých koutů Evropy i světa.

4.1 SROVNÁNÍ S ČESKÝMI MĚSTY

Tramvajová doprava má v České republice sáhodlouhou historii, a není tak překvapení, že ve všech řešených městech se první úseky pouliční dráhy objevily již v 19. století, nebo na samém počátku století dvacátého. Nicméně každé město je jiné, a jiné jsou i tramvajové systémy v nich.

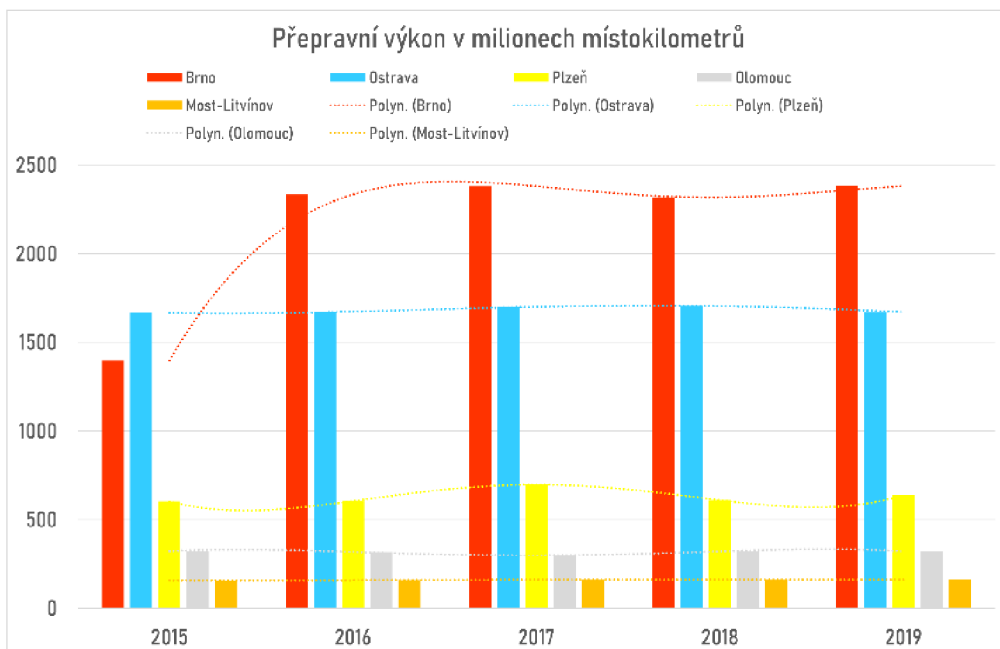
4.1.1 Obecné ukazatele

Z pohledu hustoty sítě tramvajové dopravy, vyjádřené poměrem počtu obyvatel města a kilometráže tramvajových drah, má nejhustší síť Ostrava a Most spolu s Litvínovem. U obou těchto systémů je tato vysoká hustota způsobena zejména sektorovým zaměřením místní ekonomie, tedy především těžebním a s ním souvisejícím zpracovatelským průmyslem. K pokrytí přepravní vazby bydliště – práce je tak potřeba delších tramvajových úseků, neboť průmyslové komplexy jsou zde velmi rozsáhlé a obytné čtvrti jsou od nich dosti vzdálené.



Obrázek 15 - Graf poměrů počtu obyvatel vůči kilometrůž a počtu vozů, [17]

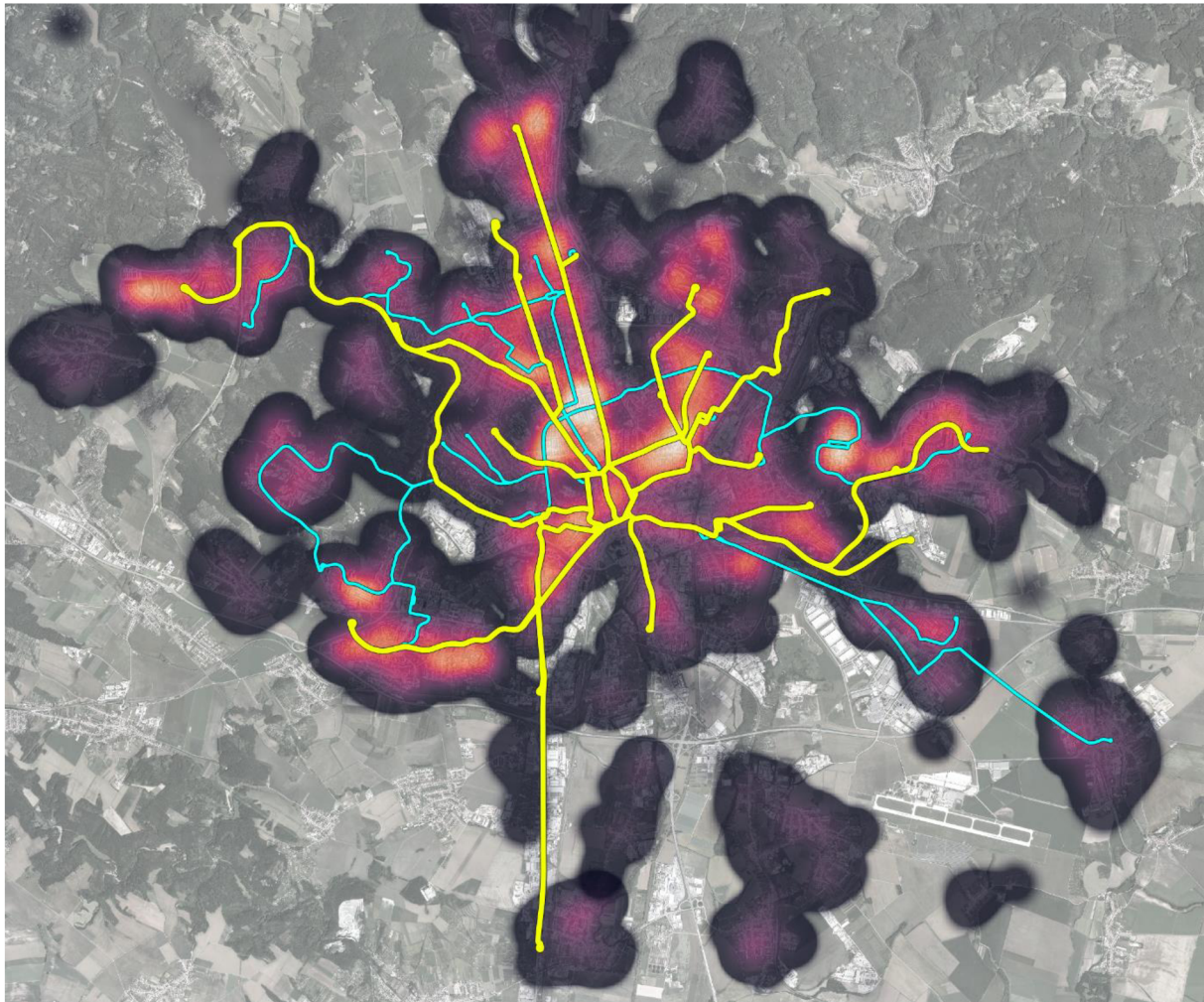
Z pohledu přepravního výkonu vyjádřeného v místokilometrech je pak nejlepší mezi řešenými systémy nepřekvapivě ten brněnský, ostravský systém dosahuje zhruba dvoutřetinové výkonosti, zatímco systémy olomoucký, plzeňský a mostecký jsou na úrovni méně než jedné třetiny přepravního výkonu v Brně.



Obrázek 16 - Srovnání přepravních výkonů, [17]

Dalším z zajímavých ukazatelů je pokrytí rozložení hustoty obyvatelstva v sídle. Z map je patrné, že tramvajové dráhy jsou umísťovány zejména do míst s největší hustotou obyvatelstva, popřípadě do míst s předpovídanou velkou poptávkou, například průmyslových komplexů.

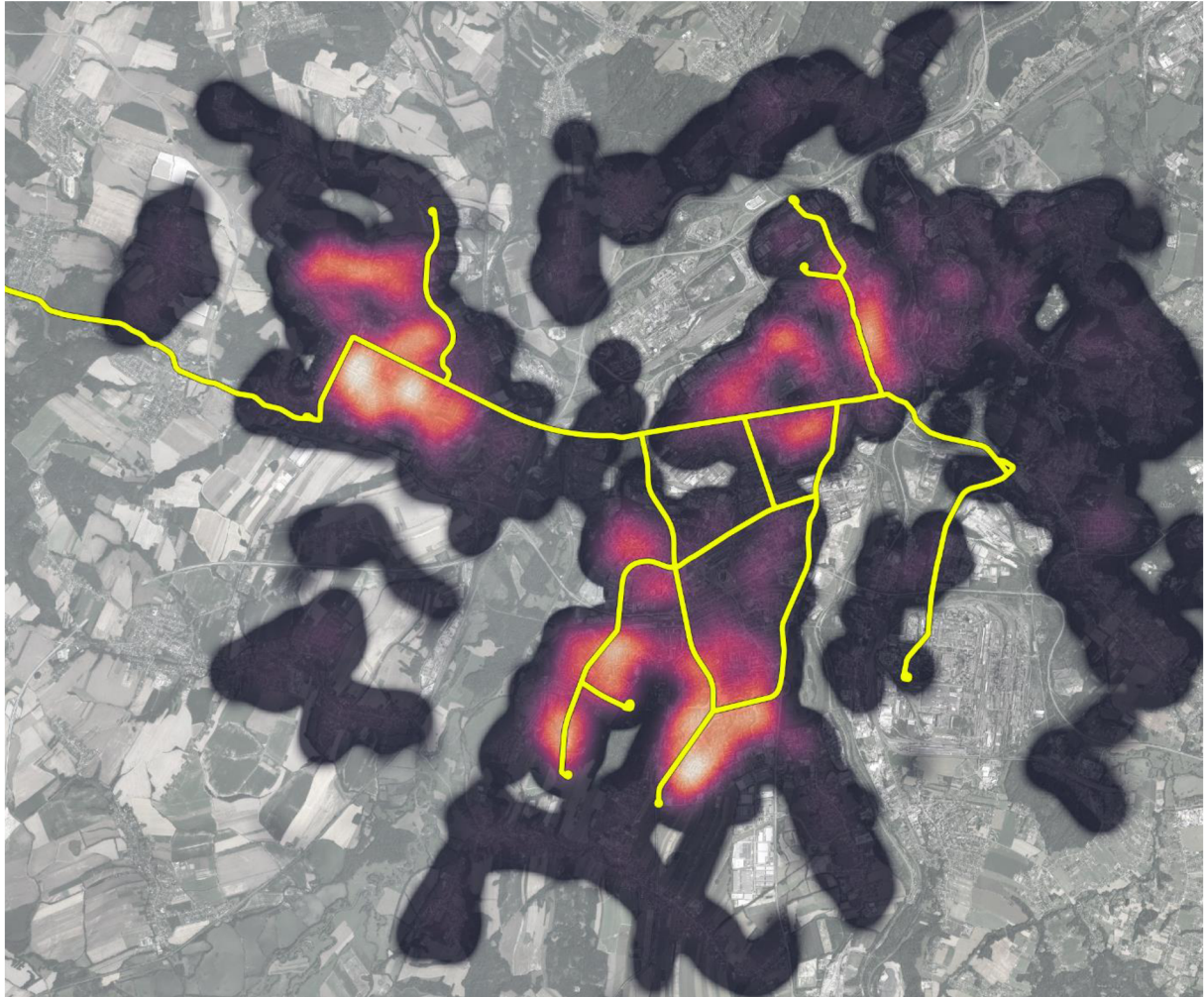
Mapy hustoty zalidnění byly vytvořeny na základě počtu bytových jednotek z WMS vrstvy registru územní identifikace, adres a nemovitostí (RÚIAN). Tmavě fialová barva vyznačuje místa s nižší hustotou, žlutá naopak plochy s hustotou nejvyšší.



Obrázek 17 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou a trolejbusovou sítí v Brně, [4] upraveno

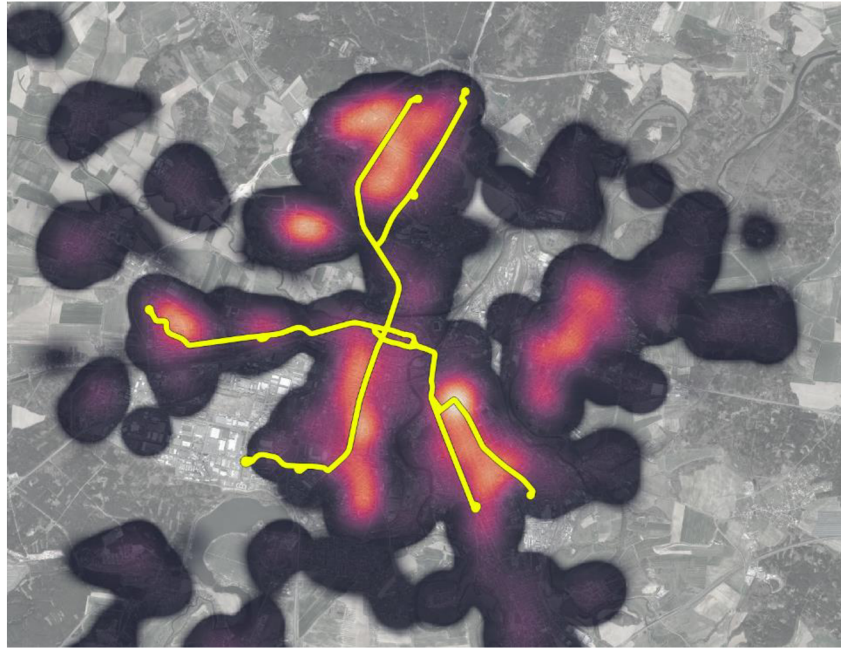
Z mapy Brna je dobře vidět, že tramvajová doprava je páteřním systémem hromadné dopravy ve městě a pokrývá místa s nejvyššími hustotami zalidnění. Jsou ale místa, kam tramvaj nemůže, a tak i stejně jako jsou na páteř napojena žebra, tak v Brně je na tramvajovou síť napojena síť trolejbusová. Jedná se zejména

o pouliční dráhou obtížně dostupná sídliště Kohoutovice či Vinohrady. Z mapy jsou zároveň patrná místa budoucího rozvoje obou systémů, tedy místa, kde je již vysoká hustota zalidnění, ale nevyskytuje se zde tramvajová ani trolejbusová doprava. Jedná se především o severní část sídliště Lesná a bystrcké Kamechy.



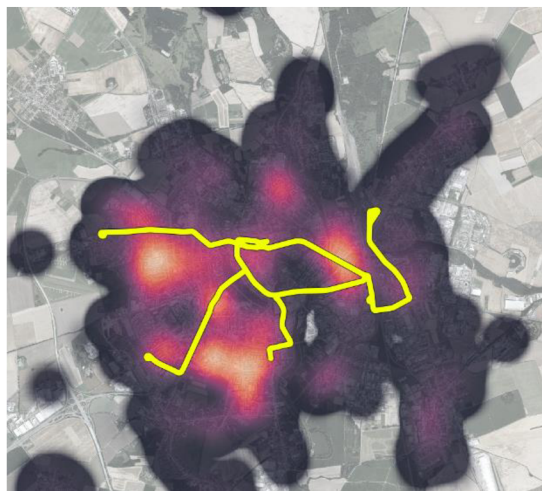
Obrázek 18 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou sítí v Ostravě, [4] upraveno

Při srovnání Brna a Ostravy je patrný rozdíl v charakteru města. Zatímco Brno je poměrně kompaktní jednotný celek, Ostrava vzhledem ke svému industriálnímu ráze je spojení několika samostatných celků, kolem nichž se nacházejí průmyslové komplexy. V Ostravě je pak tedy daleko častějším jevem, že tramvajová síť probíhá místy s minimální nebo dokonce nulovou hustotou zalidnění, avšak s velkou přepravní poptávkou, způsobenou průmyslovými podniky.



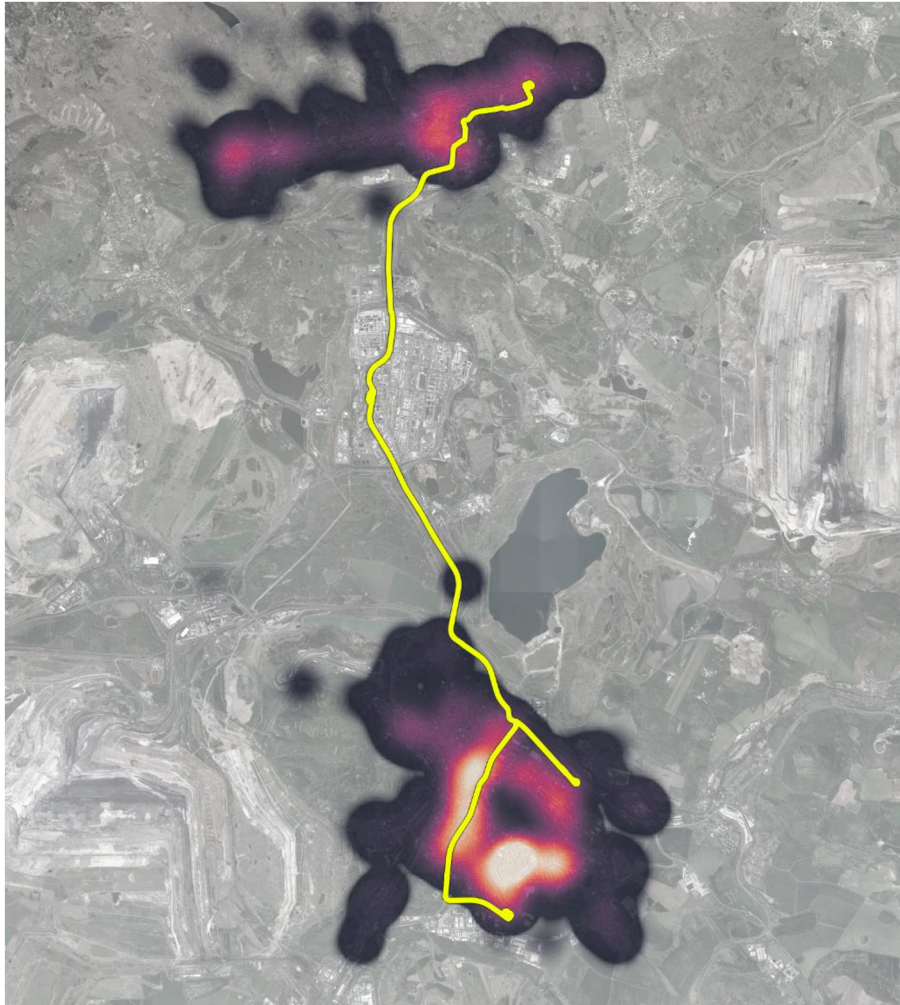
**Obrázek 19 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou sítí v Plzni, [4]
upraveno**

Plzeňský systém tramvají je pak téměř dokonalou ukázkou radiálního systému. Veškeré tratě se z míst vysoké hustoty sbíhají do centra města, odkud pokračují do jiných sídlištních útvarů. V jihozápadním cípu je pak patrné i zajištění obsluhy kampusu plzeňské univerzity.



**Obrázek 20 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou sítí v Olomouci, [4]
upraveno**

Pokud Brno označíme za poměrně kompaktní celek, pak Olomouc je celkem dokonalým. Na rozdíl od ostatních měst je ale tramvajová síť v Olomouci vedena spíše po okrajích ploch s nejvyšší hustotou.



Obrázek 21 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou sítí v Mostě a Litvínově, [4] upraveno

Nejzajímavější rozložení obyvatelstva a tramvajové sítě je pak v systému spojující Most a Litvínov. Byť se na první pohled může zdát, že se jedná o pouhé spojení dvou sídel vedoucí územím nikoho, opak je pravdou. Mezi oběma městy se totiž nachází obrovský komplex chemického průmyslu v čele se společností Orlen Unipetrol, která sama o sobě zaměstnává bezmála pětitisícovku zaměstnanců. Systém Mostu a Litvínova je tak unikátní kombinací tratí obsluhující města Most a Litvínov a zároveň obsluhující industriální komplex.

4.1.2 Srovnání z pohledu vedení a ukončení tramvajových tratí

V České republice má tramvajová doprava dlouhou tradici, a i v rámci vedení a ukončování tratí se uplatňovaly a uplatňují tradiční řešení.

Vedení tratí je ve všech řešených systémech založeno na umístění tramvajového tělesa do uličního profilu v centrech a souvislé blokové zástavbě, naopak tratě vybíhající do periférií, zejména pak do sídlišť, jsou vedeny na samostatném odděleném tělese. Netradičním řešením je ulice Slovanská v Plzni. Zde je tramvajová trať vedena uličním profilem, avšak na rozdíl od všech ostatních tratí ne jeho osou, nýbrž při jeho pravém a levém okraji.

Ukončení drah smyčkami je rovněž vysoce standartním řešením, výjimkou jsou pouze místa, kde to stísněné prostorové podmínky neumožňují.

Typickým řešením v českých městech je i dvoukolejnost po celé délce tramvajové sítě. I zde se však vyskytují výjimky, a to například spojení Liberce a Jablonce nad Nisou nebo ostravská trať vedoucí z Poruby přes obce Vřesina a Dolní Lhota do Zátíší. Zde je trať koncipována jako jednokolejná s výhybnami. Toto řešení však s sebou přináší výrazně náročnější požadavky na bezpečnost, zapříčiněné i tragickou událostí, která se právě na tomto úseku v roce 2008 odehrála, a při níž tři lidé zahynuli. [21]

Co se tedy samotných systémů týče, v České republice jsou technicky a konfiguračně systémy řešeny velmi podobně, a to jak z důvodu historických, tak i z důvodu současných legislativních a normalizačních předpisů. Systémy se tak liší zejména místními požadavky na směrová vedení.

4.2 SROVNÁNÍ SE ZAHRANIČNÍMI SYSTÉMY

Výrazně odlišnější řešení tramvajových systémů pak můžeme najít, podíváme-li se za hranice naší republiky. Pro porovnání byly zvoleny tramvajové systémy z různých koutů světa s různými letopočty vzniku. Jedná se konkrétně o města:

Bielefeld – průmyslové město v Severním Porýní-Vestfálsku

Augsburg – historické univerzitní město v Bavorsku

Bratislava – hlavní město Slovenské republiky

Štětín – přístavní město na severu Polska

Štýrský Hradec – historické město v rakouském Štýrsku
Temešvár – průmyslové město v Rumunsku
Segedín – potravinářské město na jihu Maďarska
Ženeva – světové finanční centrum ve Švýcarsku
Bordeaux – přístavní město a vinařská oblast na jihozápadě Francie
Riga – hanzovní město v Lotyšsku
Rabat – královské marocké město
Lusail – plánované město severně od Dauhá v emirátu Katar

4.2.1 Systém

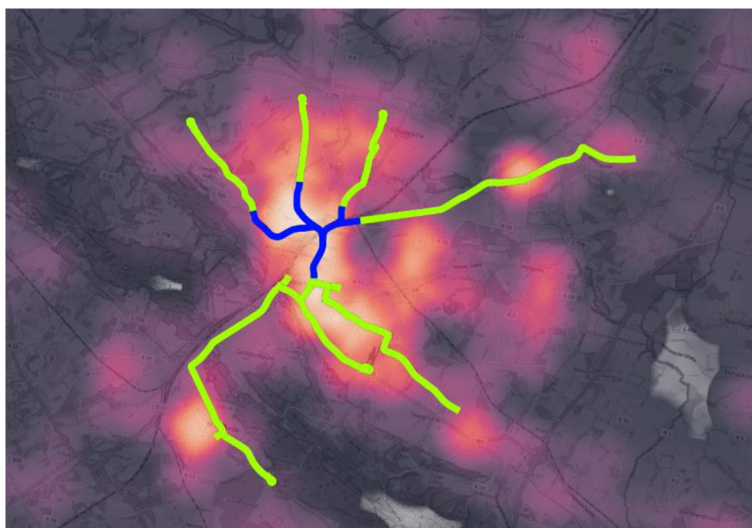
V drtivé většině řešených systémů se vyskytuje radiální systém uspořádání sítě, tedy linie vybíhající z centra, popřípadě vícera center, do periferií, kde právě v centrech se mohou objevovat prvky okružního uspořádání. Výjimkami jsou systémy v Temešváru a plánové uspořádání v Lusail.

V Temešváru je tramvajová doprava koncipována do několika okruhů s tečným napojením, ze kterých vybíhá několik linií. V centru Lusail jsou naopak dvě okružní trasy, do kterých jsou napojeny radiály ze severního, jižního a západního směru.

4.2.2 Hustota zalidnění a systém uspořádání

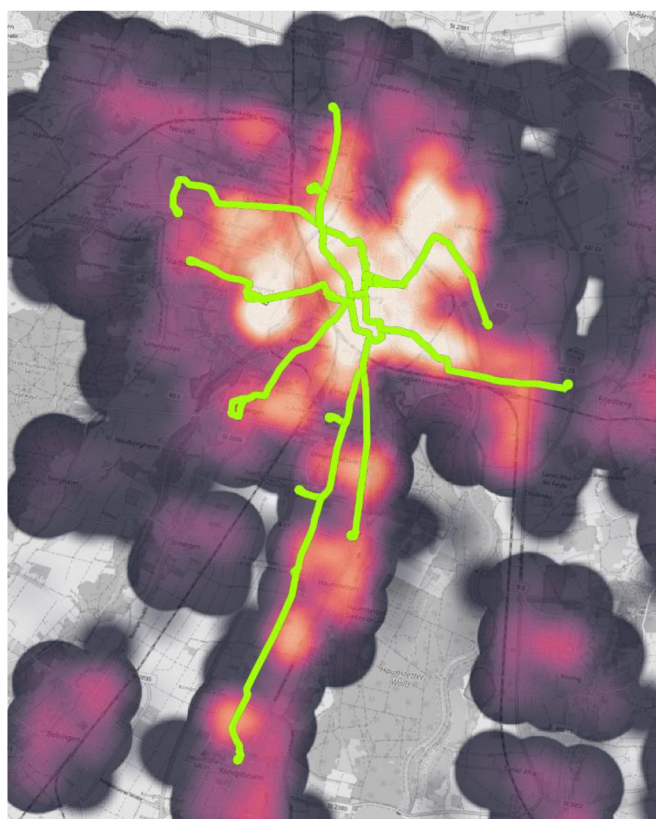
Podobně jako v českých městech je i v jiných evropských městech tramvajová dráha umísťována do míst s nejvyšší hustotou, zároveň však pouliční dráha plní jakousi krystalizační funkci, tedy rozvoj sídelních struktur v okolí vystavěných drah.

Kromě obsluhy obytných celků pak tramvajové systémy obsluhují i dopravní, sportovní a kulturní centra, podobně jak je tomu v Brně.



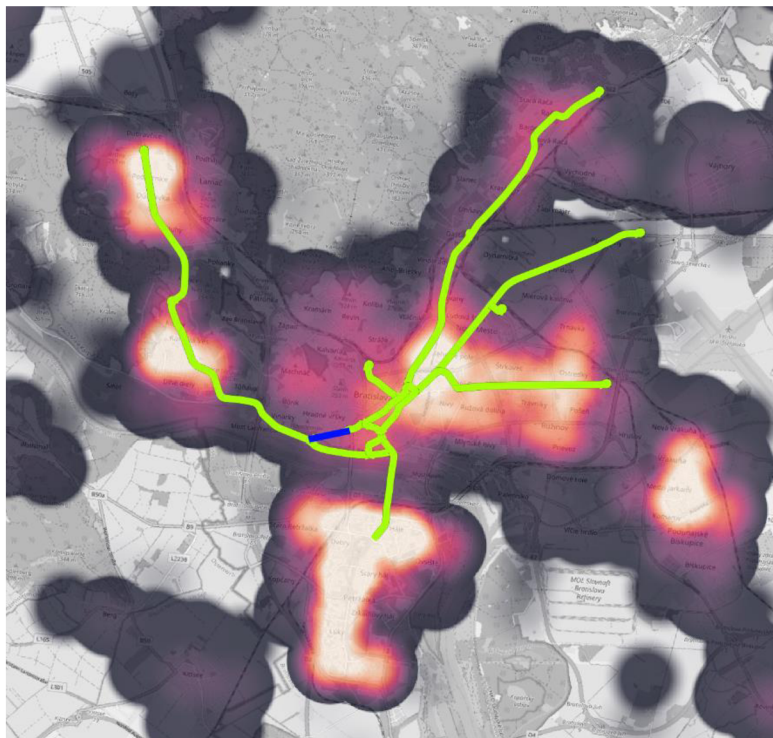
Obrázek 22 - Pokrytí hustoty zalidnění v Bielefeldu

V německém Bielefeldu lze systém tramvajové dopravy bezpečně charakterizovat jako radiální, přičemž radiály se v centru města sbíhají v podzemním systému, který zaručuje rychlou a spolehlivou přepravu cestujících bez zásahů do pozemního uspořádání centra města.



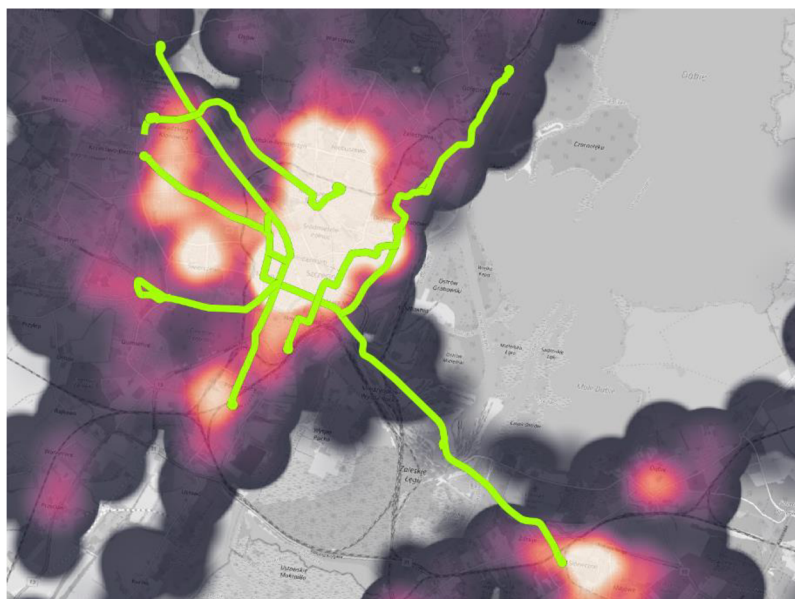
Obrázek 23 - Pokrytí hustoty zalidnění v Augsburgu

V dalším německém městě Augsburgu je patrné kvalitní pokrytí poptávky na straně obyvatelstva v centru města. Zároveň je viditelný směr rozvoje města radiálně jižním směrem, který je tramvajovou tratí rovněž pokrytý.



Obrázek 24 - Pokrytí hustoty zalidnění v Bratislavě

Slovenská Bratislava je město s velmi netradičním uspořádáním způsobeným zejména přírodními podmínkami. Tramvajový systém je zde ve tvaru písmene U, determinovaný zejména řekou Dunaj, na jejímž levém břehu se centrum Bratislavy nachází. Naopak sídliště Petržalka na břehu protějším je v současnosti tramvajovou dopravou velmi nedostatečně obsluhováno.



Obrázek 25 - Pokrytí hustoty zalidnění ve Štětíně

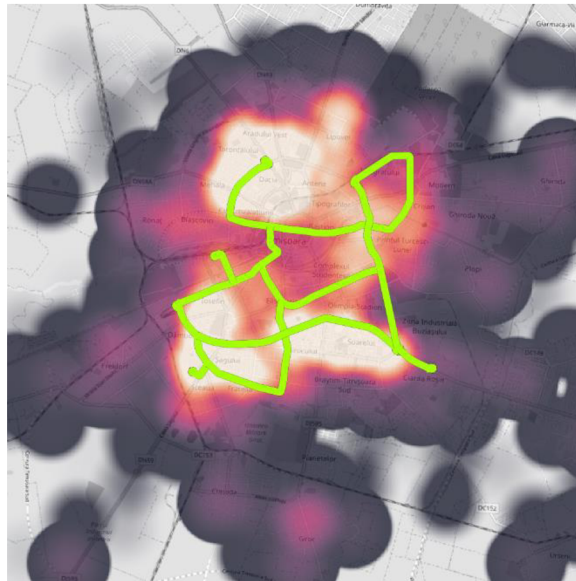
Polský Štětín je výrazně ovlivněn přístavním charakterem města. Centrum na západním břehu zálivu je protkáno sítí pouliční dráhy, předměstí umístěná za přístavem a letištěm na jihovýchodě města jsou pak s centrem spojena rychlou tramvají, která tak obsluhuje jak předměstí, tak i zmíněné poptávky z letiště a přístavu.



Obrázek 26 - Pokrytí hustoty zalidnění ve Štýrském Hradci

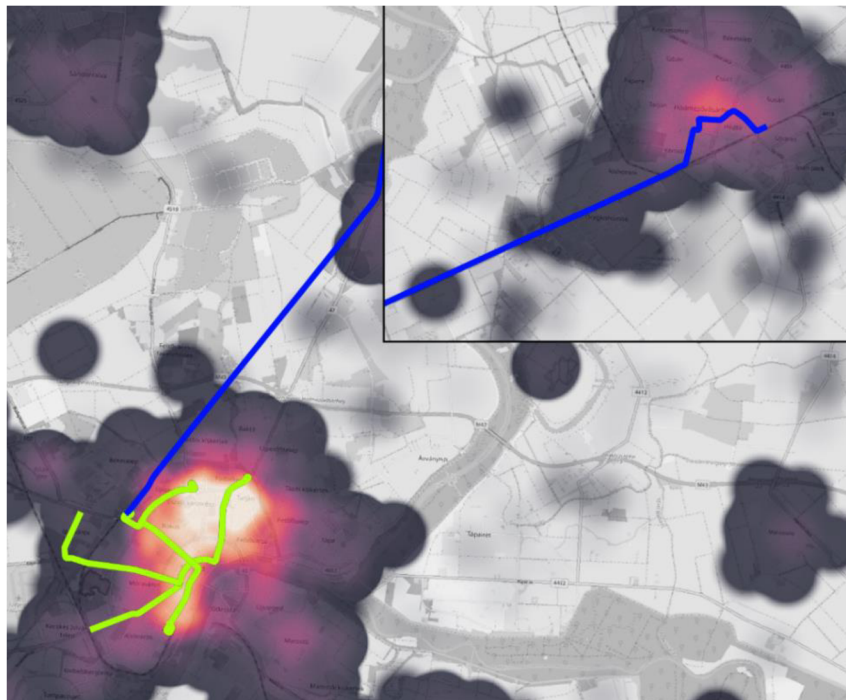
Město Štýrský Hradec se nachází v údolí rakouských Alp, a je tak velmi kompaktním celkem situovaným okolo dvou center města. Tím prvním na jihovýchodě je historické centrum, druhým pak na severozápadě v oblasti

hlavního nádraží. Obě centra slouží jako sběrná místa radiál z nich vybíhajících, zároveň jsou obě centra tramvajemi propojena.



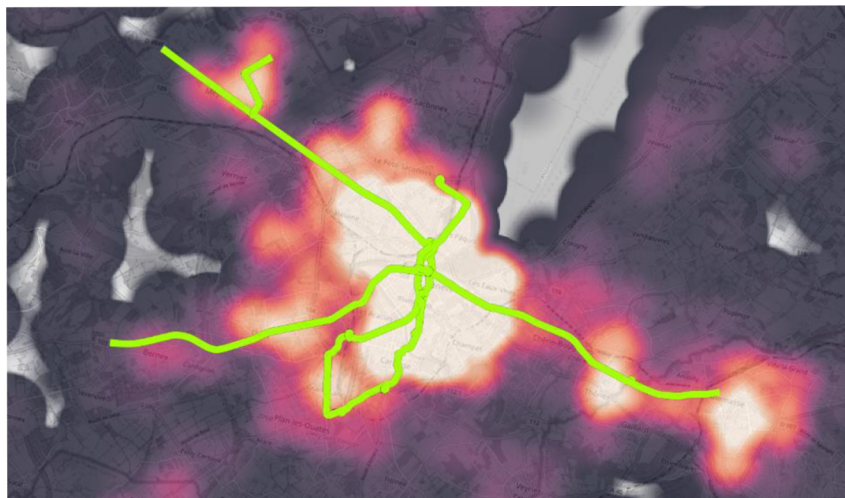
Obrázek 27 - Pokrytí hustoty zalidnění v Temešváru

Tramvajový systém v rumunském Temešváru je jen o několik týdnů starší než systém brněnský, přesto se zde k tramvajovému systému přistoupilo jinak. Jak je z mapy patrné, temešváarský systém je založen spíše okružním systémem.



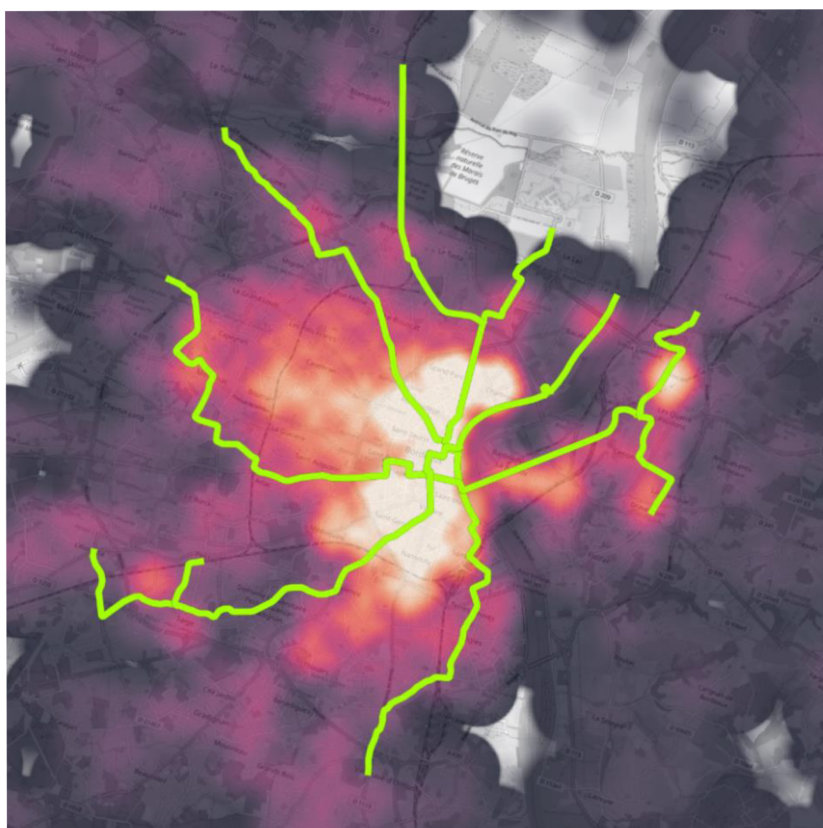
Obrázek 28 - Pokrytí hustoty zalidnění v Segedíně

Segedínský systém tramvajové dopravy je specifický propojením samotného města Segedín s blízkým městem Hódmezővásárhely, a to způsobem, kdy tramvaj sdílí drážní těleso se železnicí.



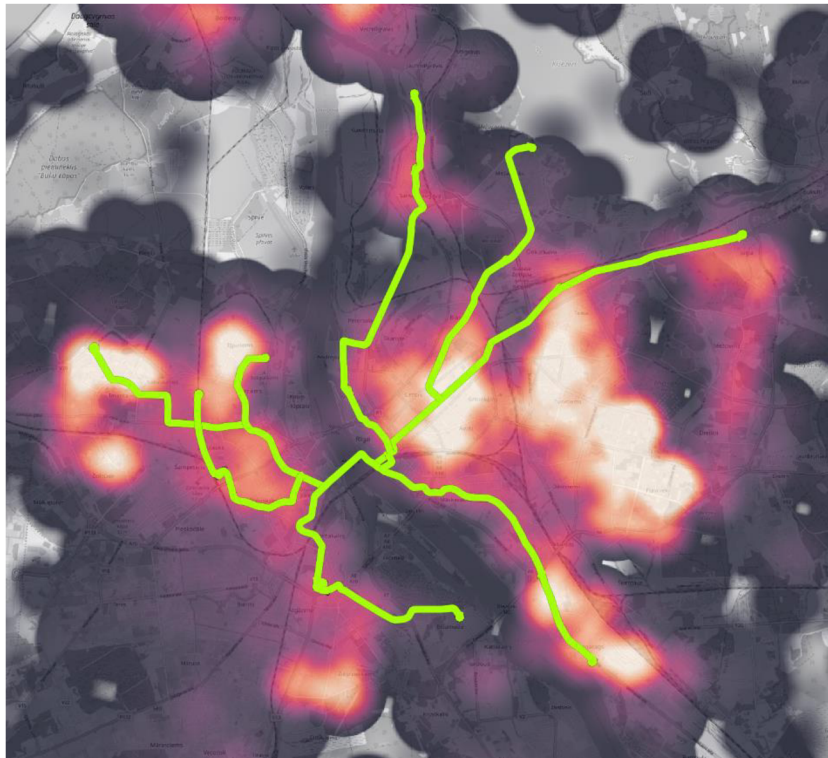
Obrázek 29 - Pokrytí hustoty zalidnění v Ženevě

Ženevský systém v centru města zdaleka nepokrývá kompletní hustotu zalidnění města. Ve středu sídla jsou pouze solitérní tratě, ze kterých vyběhají radiály do předměstí.



Obrázek 30 - Pokrytí hustoty zalidnění v Bordeaux

System ve francouzském Bordeaux by mohl sloužit jako ukázkový příklad radiální systému. Z hustě obydleného centra pak směřují radiály jak do předměstí, tak do blízkých obcí, jež jsou součástí aglomerace.



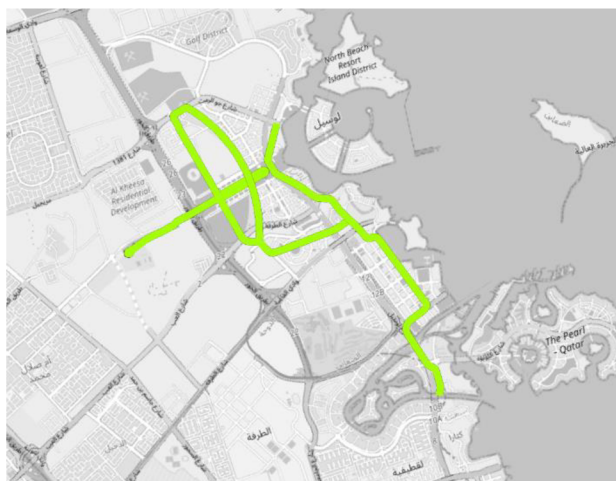
Obrázek 31 - Pokrytí hustoty zalidnění v Rize

System v Rize je rovněž konfigurován do radiálního uspořádání. Problémem řížského systému je však fakt, že největší sídliště s nejvyšší hustotou zalidnění kapacitní tramvajovou dopravou vůbec pokryto není.



Obrázek 32 - Tramvajový systém v Rabatu

System v marockém Rabatu je velmi mladý, z tohoto důvodu zde byly vybudovány zatím dvě trasy, které se v centru města spojují.



Obrázek 33 - Plánovaný tramvajový systém v Lusail

Katarské město Lusail je sídlo, které teprve vzniká. Tramvajový systém tak zde mohl vzniknout plánováním současně se zástavbou a mohly být využity veškeré poznatky načerpané z jiných světových systémů. Tramvajová doprava by v Lusail měla kombinovat prvky radiálních, tangenciálních i okružních tras a zároveň by měla vhodně navazovat na jiné druhy přepravy, jako je například metro z hlavního města Kataru Dauhá.

4.2.3 Vedení, ukončování tratí

Způsoby vedení tramvajové dráhy jsou vesměs velmi podobné těm, které můžeme spatřit v České republice. V centrech měst a ve stísněných podmínkách jsou trati vedeny v uličním profilu, zatímco na periferiích a širokých bulvárech je dáována přednost vedení na samostatných tělesech.

V zahraničních systémech, zejména v těch západoevropských je pak i zcela běžnou praxí křížení tramvajové a individuální dopravy kruhovými objezdy. Tomuto se ale v Česku spíše vyhýbáme.

V západoevropských systémech je rovněž více využíváno úvratové ukončení tratí. V Rabatu, Lusail a Bordeaux jsou úvratově ukončeny všechny tratě, v Ženevě pak drtivá většina z nich. V Bielefeldu jsou pak úvratově ukončeny všechny nové úseky, které vznikly po reorganizaci centra města. Naopak v systémech na východ od Brna je využíváno především tradičních smyčkových ukončení, stejně jako v Augsburgu a Štýrském Hradci. Ve Štětíně a Augsburgu jsou pak i solitérní ukončení způsobem smyček, které obkružují velký sídlištní úseky.

V ostatních evropských městech je pak taky mnohem tradičnější jednokolejné vedení tratí, a to zejména v koncových úsecích dráhy. V České republice se tomuto řešení snažíme vyvarovat z důvodů již dříve zmíněných.

Ve východní Evropě, zejména pak ve městech s industriálním rázem (Ostrava, Riga) je pak také k vedení tratí využíváno širokého záboru plochy, zcela nonšalantně k urbanistickým zásadám. Vznikají tak široká prostranství s nevyužitelnou zelení.

4.2.4 Zajímavá, nekonvenční řešení

Kapitolou samou o sobě je pak snaha některých měst odstranit tramvajovou dopravu z centra města. Například v plánovaném městě Lusail by tramvajový systém měl vést v podzemí po většině jeho provozní délky. Velmi šikovně k této snaze přistoupili i v německém Bielefeldu. Vybudováním několika tunelů pod centrem města vznikl velmi zajímavý hybridní systém, kde pod středem města je podzemní metropolitní dráha, která pak mimo centrum z tunelů vybíhá a stává se tradiční pouliční dráhou. Takovéto řešení může ušetřit jednotky až desítky minut, oproti velmi pomalému provozu na povrchu v husté zástavbě.

Jedním ze zajímavých řešení je oddělené spojení železniční a tramvajové dopravy na jedno těleso. Takovýto systém funguje v maďarském Segedínu, kde se tramvajová dráha v prostoru jednoho z nádraží připojuje k dráze železniční a stejnou trasou dlouhou přes 20 kilometrů pak přijíždí do nedalekého města Hódmezővásárhely, kde se rovněž v prostoru vlakového nádraží odpojuje a pokračuje dále ulicemi zmíněného města. Podobný systém je v provozu i v Bordeauxu, kde na společném tělese s železniční dopravou zajíždí tramvaj do blízkých městeček Blanquefort, Parempuyre a Ludon – Médoc. Tento způsob řešení by pak mohl být realizován i v Brně, a to zejména s přesunem hlavní nádraží, a s ním souvisejícím nově vzniklých zbytných kolejí původního uspořádání.

4.3 ČASOVÉ SROVNÁNÍ DETAILNÍCH ÚSEKŮ

Jedním z předpokladů kvalitního systému městské dopravy je jeho spolehlivost a přesnost co se času týče. Dojezdové časy ovlivňuje hned několik faktorů celého systému, a to zejména samotné uspořádání systému, technické parametry používaných vozidel, ale faktory jako počasí nebo vyšší vůle.

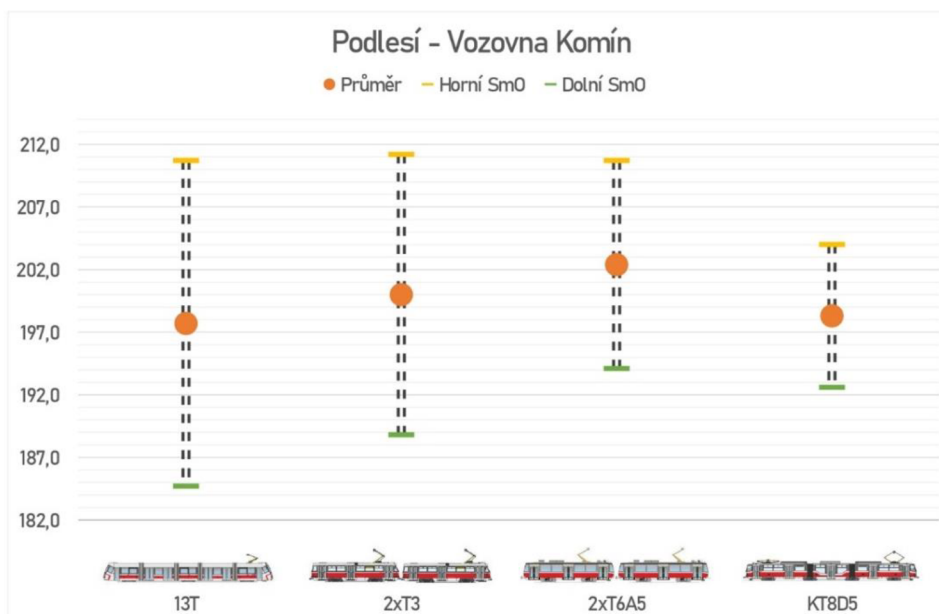
Pro získání těchto dat bylo provedeno několik měření mezi 1.3.2022 a 28.4.2022 ve dvou městech. V Brně se jedná o úsek mezi zastávkami Podlesí – Vozovna Komín – Tábor – Rybkova, v Ostravě pak úsek mezi zastávkami Náměstí Republiky - Dolní Vítkovice - Vítkovice, Mírové náměstí – Ředitelství Vítkovic a byly sledovány dojezdové časy, souprava, individuální doprava na potenciálně problémových ulicích a preference na křižovatkách.

4.3.1 Dojezdové časy z pohledu tramvajových souprav

Aby byla data o dojezdových časech vzhledem k drážní soupravě co nejpřesnější, byl brněnský úsek omezen pouze na trať mezi zastávkami Podlesí – Branka – Svratecká – Vozovna Komín a ve směru opačném. Jedná se o úsek na samostatném tělese se zanedbatelnými externími vlivy. V potaz rovněž nebyly brány měření s mimořádnými událostmi a průjezdy zastávkou Branka bez zastavení. Vyloučeny byly rovněž soupravy, u nichž bylo započítáno méně než 3 měření.

Úsek ve směru Podlesí – Vozovna Komín v průměru nejrychleji zvládaly úsek soupravy Škoda 13T, avšak průjezdové časy se u této soupravy nejvíc lišily, jak je patrné ze směrodatné odchylky započítaných měření. V tomto ohledu se jako nejspolehlivější prokázaly soupravy Tatra KT8D5, jejichž průměrný průjezdní čas byl nepatrně vyšší než u souprav 13T, ale směrodatná odchylka byla nejmenší. Jako nejpomalejší se na zvoleném úseku projevila souprava dvou tramvajů Tatra T6A5.

Rozdíly mezi jednotlivými průměrnými se ale liší pouze v jednotkách sekund, a při časové dotaci 240 sekund dle jízdního řádu jsou takovéto rozdíly zcela zanedbatelné.



Obrázek 34 - Srovnání dojezdových časů ve směru Podlesí - Vozovna Komín

V opačném směru se jako nejspolehlivější a nejrychlejší prokázala souprava dvou tramvají Vario LFR.E. I v tomto směru se při totožné dotaci v jízdním řádu rozdíly pohybovaly v jednotkách sekund, a na vliv soupravy lze tedy zanedbat.

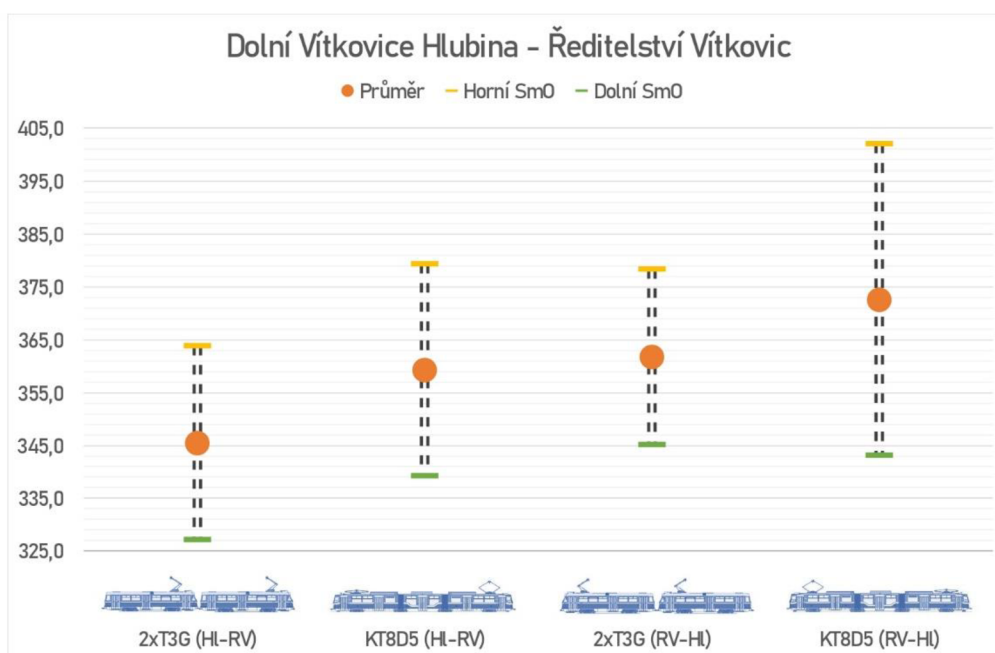
I přes stejnou délku obou úseků jsou průjezdové časy ve směru z Vozovny Komín zhruba o 20 sekund delší než ve směru opačném. To je způsobeno zejména konfigurací dráhy, především vloženými prvky s omezenou rychlostí, jako je například splátková výhybka do smyčky Komín.



Obrázek 35 - Srovnání dojezdových časů ve směru Vozovna Komín - Podlesí

Ostravský úsek byl zúžen na segment mezi zastávkami Dolní Vítkovice Hlubina – Dolní Vítkovice – Vítkovice, Mírové náměstí - Stará Ocelárna - Ředitelství Vítkovic. Zde se jedná o úsek kombinující jak trať na samostatném tělese, tak i v uličním profilu. Během měření se ale vliv individuální dopravy v tomto úseku projevil jako minimální.

V obou směrech se jako rychlejší a spolehlivější projevila dvojsouprava tramvají Tatra T3G, která úsek zvládala v průměru o 15 vteřin rychleji než výrazně častěji využívaný vůz Tatra KT8D5. Při časové dotaci 360 sekund jsou ale tyto rozdíly zanedbatelné.

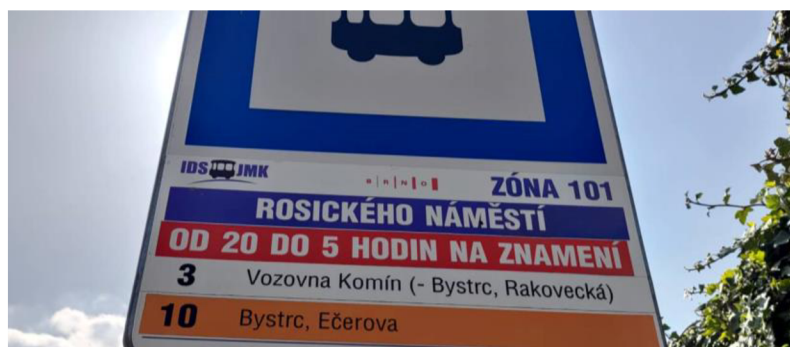


Obrázek 36 - Srovnání dojezdových časů v ostravském úseku

4.3.2 Optimalizace jízdních dob zastávkami na znamení

Zastávka na znamení je jedním ze způsobů, jak optimalizovat přepravní podmínky zejména v místech s nižší přepravní poptávkou při zachování zastávky samotné. Dle charakteru území, které zastávka obsluhuje, pak mohou být zastávky na znamení stálé nebo zastávky na znamení s určitým časovým režimem. Zastávky na znamení stálé se umísťují zejména tam, kde je poptávka po přepravě nízká bez ohledu na den i hodinu. Naopak kombinované zastávky pracují v režimu na znamení pouze v určité hodiny, dny nebo roční období. Typickými příklady mohou například zastávky obsluhující industriální provozy nebo školní komplexy. Zde

bývá zastávka v režimu na znamení nejčastěji ve večerních a nočních hodinách, o víkendech nebo během prázdninových termínů.



Obrázek 37 - Označník zastávky na znamení s kombinovaným režimem

Znamení samotné můžeme rozdělit do dvou kategorií, a sice výstup a nástup. Smluvní přepravní podmínky Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje (2016) definují podání znamení takto:

„Přání zastavit vozidlo v zastávce na znamení cestující ve vozidle oznamuje jedním dlouhým stiskem tlačítka signalizace k řidiči, ve vozidlech s volbou otevření dveří stisknutím tlačítka otevření dveří.“ [18]

„Cestující, který chce do vozidla nastoupit na zastávce na znamení, je povinen zaujmout na zastávce takové místo, aby mohl být řidičem včas spatřen.“ [18]

V rámci měření byla zhodnocena stálá zastávka na znamení Branka v Komíně. Ve směru Podlesí – Svratecká se v průměru průjezdem bez zastavení ušetří 14,5 sekundy, v opačném směru pak dokonce 23 vteřin. Výrazný rozdíl v ušetřeném času je způsoben koncipováním zastávky Branka, která je umístěna v těsné blízkosti přejezdu místní komunikace, s omezenou rychlostí tramvají na 30 km/h.



Obrázek 38 - Zastávka Branka s přejezdem

Rozdíl může být způsoben ale i umístěním zastávky v hierarchii tramvajové sítě. Zatímco tramvaje ze směru Podlesí přijíždějí na zastávku s marginálním zpožděním, tramvaje jedoucí z centra se k zastávce dostávají se zpožděním výrazně vyšším.

Tabulka 4 - Časové rozdíly průjezdu se zastavením a bez

Úsek Podlesí – Branka – Svratecká (870 metrů)			
	Jízdní doba dle JŘ (s)	Prům. průjezdní doba (s)	Prům. rychlost (km/h)
Zastaveno	120	114,8	27,3
Průjezd BZ	120	100,3	31,2
Rozdíl	-	-14,5	+3,9
Úsek Svratecká – Branka – Podlesí (875 metrů)			
	Jízdní doba dle JŘ (s)	Prům. průjezdní doba (s)	Prům. rychlost (km/h)
Zastaveno	120	120,8	26,1
Průjezd BZ	120	97,8	32,2
Rozdíl	-	-23	+6,1

4.3.3 Průjezdní časy jednotlivých subsegmentů

Největší časové diference ale z logiky věci vznikají samotným vedením trati. Kudy a jakým způsobem tramvajové těleso vede je proces velmi citlivý a složitý. Vstupuje do něj hned několik klíčových faktorů, které mnohdy nelze ovlivnit. Jedná se zejména o historický vývoj zástavby a omezené prostorové možnosti, přírodní podmínky, urbanistické požadavky a politika dopravy.

Pro porovnání byly vysledovány průjezdní časy na dvou úsecích ve dvou městech, a sice úsek Podlesí – Vozovna Komín – Tábor – Rybkova ve městě Brně a úsek Náměstí Republiky – Dolní Vítkovice - Vítkovice, Mírové náměstí - Ředitelství Vítkovic ve městě Ostravě. Oba úseky se skládají z několika typů vedení tramvajové dráhy, zejména se jedná o tramvajovou dráhu na vlastním tělese, tramvajovou

dráhu v ose komunikace ve vyhrazených pruzích a tramvajovou dráhu sdílející jízdní pruh s individuální automobilovou dopravou.

Krom samotného druhu vedení a s ním souvisejících externích vlivů záleží průjezdní rychlost rovněž na vložených rychlostních omezeních.

Tabulka 5 - Omezení rychlosti tramvajové dopravy, [19]

Rychlostí omezení	Důvod
10 km/h	Jízda proti hrotu jazyku výhybky při odbočování
15 km/h	Jízda proti hrotu jazyku výhybky v přímém směru
	Jízdy po hrotu jazyku výhybky z odbočení
	Jízda přes srdcovku výhybky v oblouku
	Jízdy přes kolejové křížení v oblouku
	Jízda proti hrotu jazyku splítkové výhybky
30 km/h	Jízda po hrotu výhybky v přímém směru
	Jízda přes srdcovku výhybky v přímém směru
	Jízda přes kolejové křížení v přímém směru
	Jízda proti hrotu jazyku výhybky v přímém směru, je-li výhybky zabezpečena proti přestavění

4.3.3.1 Podlesí-Rybkova

Prvním řešeným úsekem je brněnský úsek mezi zastávkami Podlesí a Rybkova. Mezi počáteční zastávkou Podlesí a zastávkou Rosického náměstí je tramvajová trať vedena na vlastním tělese, které je po většinu délky souběžná s místní komunikací Kníničskou radiálou. V tomto úseku jsou vloženy dvě odbočky, a to do smyčky Komín a dále odbočka na trať ve směru Stránského, Bráfova a Pisárky. Od zastávky Rosického náměstí až do zastávky Tábor trať sdílí jízdní pruh s individuální automobilovou dopravou, s tím že některé zastávky jsou upraveny způsobem umožňující automobilové dopravě objezd stojících tramvají. Mezi zastávkami Tábor a Rybkova je dráha vedena osou komunikace

ve vyhrazeném pruhu, avšak z důvodu stísněných podmínek je v úseku mezi křižovatkami Veverí – Resslerova a Veverí – Rybkova pruh vyhrazený IAD zúžen takovým způsobem, kdy souběžný průjezd tramvají a automobilů je velmi komplikovaný.

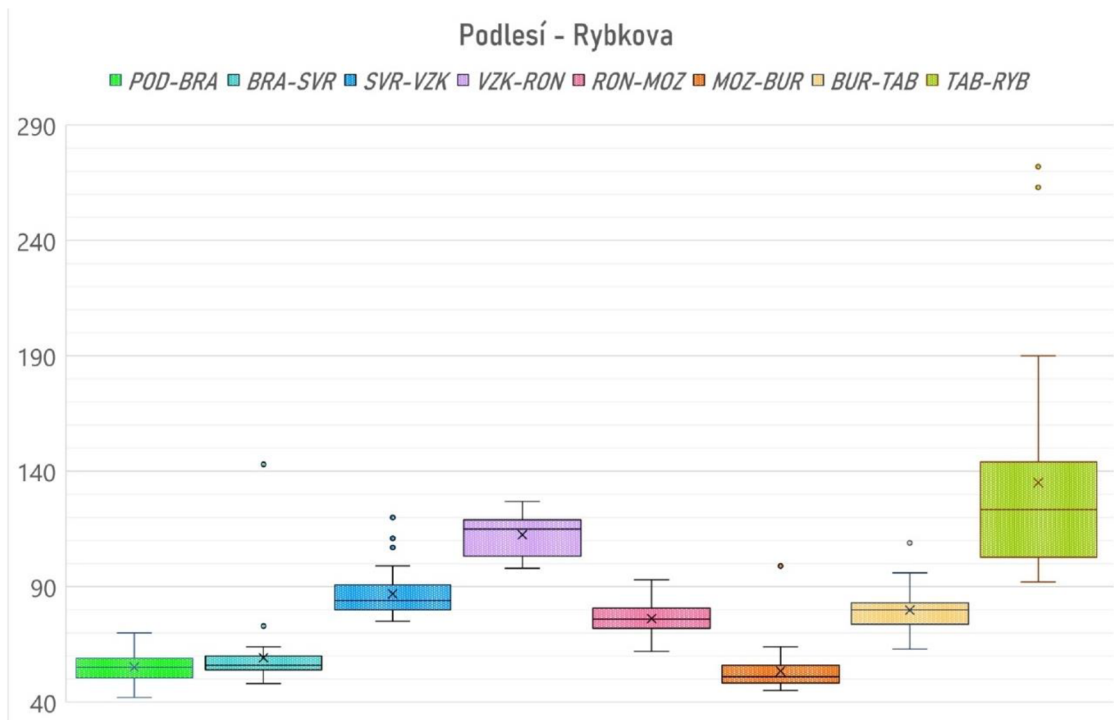
Tabulka 6 - Ukazatele přesnosti jízdy v úseku Podlesí – Rybkova

Podlesí – Rybkova									
Úsek	POD BRA	BRA SVR	SVR VZK	VZK RON	RON MOZ	MOZ BUR	BUR TAB	TAB RYB	CELKEM
Typ	ST	ST	ST	ST/SP	SP	SP	SP	VP	-
Vzdálenost (m)	450	420	700	720	505	300	540	740	4375
Průměr (s)	57,2	57,6	84,9	110,8	77,0	53,3	80,8	131,1	652,6
Sm. odch. (s)	5,6	4,5	7,6	7,8	6,9	9,8	8,6	36,7	44,7
Proc. Odch. (%)	9,7	7,7	9,0	7,0	8,9	18,3	10,6	28,0	6,8
Čas dle JŘ (s)	60,0	60,0	120	120	60	60	60	120	660,0
JŘ vs. skut. (s)	-2,8	-2,4	-35,1	-9,2	+17,0	-6,7	+20,8	+11,1	-7,4
Prům. rychlost (km/h)	28,3	26,2	29,7	23,4	23,6	20,3	24,1	20,3	24,1

Jako úseky, na kterých se průjezdní časy nejméně liší se prokázaly úseky na samostatné tělese Podlesí – Branka a Branka – Svratecká. Naopak úseky po ulici Minské a Veverí se ukázaly jako nejnáchylnější k diferencii v průjezdních časech, a to zejména z důvodu vlivu individuální automobilové dopravy. Zejména na úseku na ulici Veverí je směrodatná odchylka více než půlminutová. To je zapříčiněno zejména světelnými křižovatkami s ulicí Tábor a před centrem Sono, na kterých nejsou nastaveny preference MHD, ale také IAD, díky které není ojedinělé několikaminutové stání tramvajových souprav před budovami fakulty stavební

Vysokého učení technického v Brně z důvodu nemožnosti bezkolizního průjezdu ulic.

Co se průměrné rychlosti týče, nejrychlejším úsekem je úsek mezi zastávkami Svratecká a Vozovna Komín, a to zejména z důvodu délky úseku a minimu vložených rychlostních omezení. Nejnižší průměrná rychlost je naopak v úseku Mozolky – Burianovo náměstí, zejména z důvodu malé délky úseku, tudíž podstatnou část průjezdní doby zabírá obsluha zastávky.



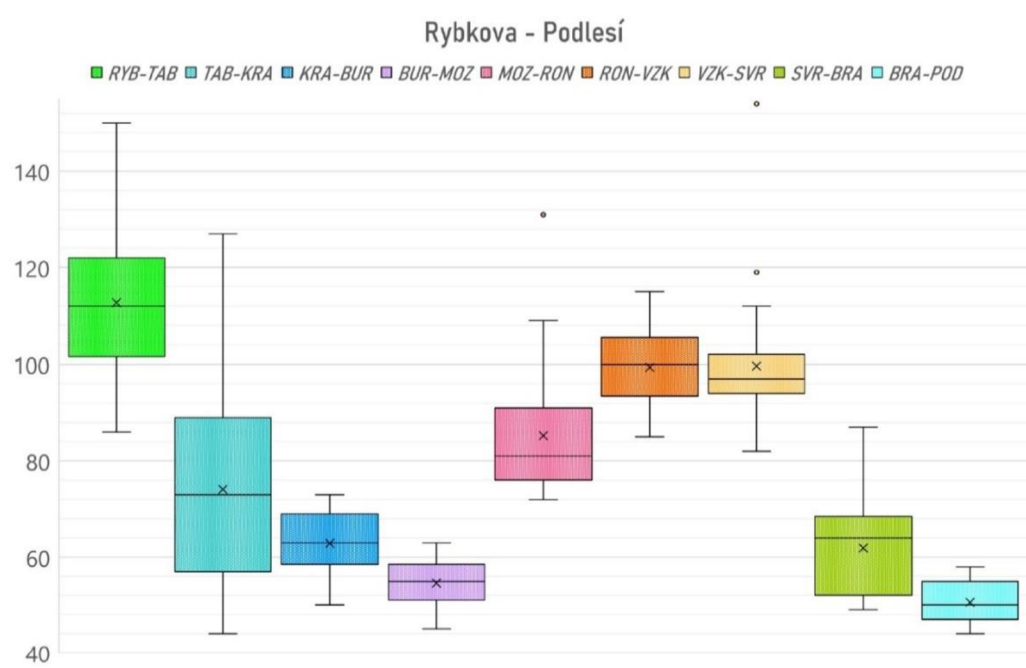
Obrázek 39 - Krabicový statistický graf úseku Podlesí – Rybkova

4.3.3.2 Rybkova – Podlesí

V směru opačném jsou kritickými segmenty úseky Rybkova – Tábor – Králova, kde dochází k diferencím zejména z důvodu světelnou signalizací řízených křižovatek. Výraznou odchylku vykázal ale i úsek Mozolky – Rosického náměstí. Zde jsou difference způsobeny zejména křižovatkou Horova – Sochorova, kde musí soupravy při odbočování vlevo dávat přednost protijedoucím vozidlům.

Tabulka 7 - Ukazatele přesnosti jízdy v úseku Rybkova - Podlesí

Rybkova - Podlesí										
Úsek	RYB TAB	TAB KRA	KRA BUR	BUR MOZ	MOZ RON	RON VZK	VZK SVR	SVR BRA	BRA POD	CELKEM
Typ	VP	SP	SP	SP	SP	VT	VT	VT	VT	-
Vzdálenost (m)	690	280	420	300	520	645	700	505	370	4430
Průměr (s)	110,7	73,2	62,9	54,8	84,7	98,6	99,2	67,9	53,0	704,8
Sm. odch. (s)	15,9	19,2	5,6	3,3	14,0	8,6	8,1	5,5	3,3	37,9
Proc. Odch. (%)	14,4	26,2	8,9	6,1	16,5	8,7	8,2	8,0	6,3	5,4
Čas dle JŘ (s)	60	60	60	60	60	120	60	60	60	600,0
JŘ vs. skut. (s)	50,7	13,2	2,9	-5,2	24,7	-21,4	39,2	7,8	-7,0	104,8
Prům. rychlost (km/h)	22,4	13,8	24,1	19,7	22,1	23,5	25,4	26,8	25,1	22,6



Obrázek 40 - Krabicový statistický graf úseku Rybkova - Podlesí

Nejvyšší průměrné rychlosti jsou pak podobně jako v opačném směru na samostatném tělese mezi Vozovnou Komín a Podlesím, konkurenceschopný je ale i úsek Králova-Burianovo náměstí. Zde hraje klíčovou roli klesající sklon a minimální vliv automobilové dopravy.

4.3.3.3 Náměstí Republiky – Ředitelství Vítkovic

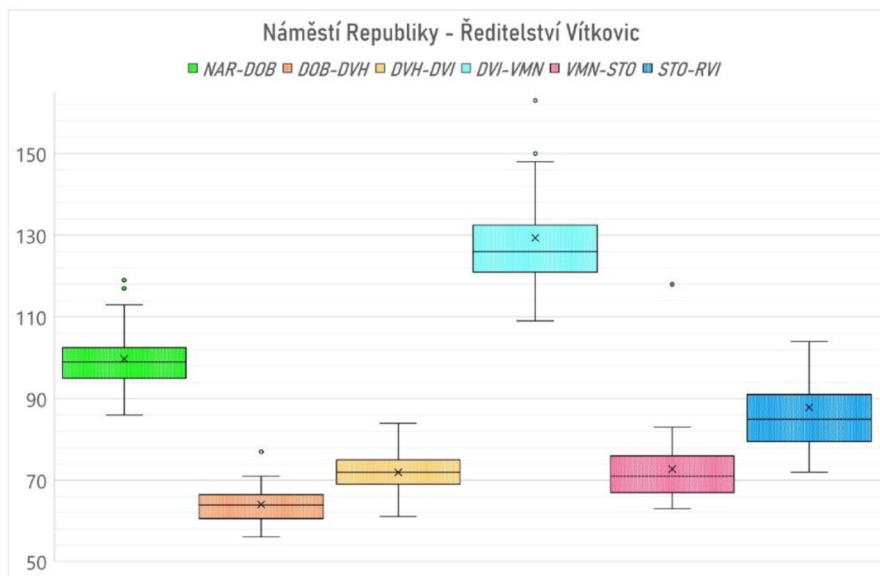
Ostravský úsek začíná z přestupního uzlu Náměstí Republiky, odtud pak uličním profilem ve vyhrazených pruzích přes zastávku Don Bosco až do zastávky Dolní Vítkovice Hlubina, kde přechází na samostatné těleso do další zastávky Dolní Vítkovice. Z Dolních Vítkovic až do cílové zastávky Ředitelství Vítkovic je tramvajová trať vedena osou ulice Ruské ve vyhrazeném pruhu.

Nejméně pravidelné průjezdní časy byly v úseku Dolní Vítkovice – Vítkovice, Mírové náměstí – Stará ocelárna. V celkovém porovnání lze ale odchylky považovat za srovnatelné s ostatními úseky.

Tabulka 8 - Ukazatele přesnosti jízdy v úseku Náměstí Republiky – Ředitelství Vítkovic

Náměstí Republiky – Ředitelství Vítkovic							
Úsek	NRA	DOB	DVH	DVI	VMN	STO	CELKE M
	DOB	DVH	DVI	VMN	STO	RVI	
Typ	VP	VP/ST	ST	ST/VP	VP	VP	-
Vzdálenost (m)	575	440	590	885	555	535	3580
Průměr (s)	99,8	64,1	72,2	129,7	72,6	85,3	523,7
Sm. odch. (s)	7,7	4,6	5,5	12,6	9,6	6,9	27,5
Proc. Odch. (%)	7,7	7,1	7,6	9,7	13,2	8,0	5,2
Čas dle JŘ (s)	120	60	60	120	60	120	540
JŘ vs. skut. (s)	-20,2	4,1	12,2	9,7	12,6	-34,7	-16,3
Prům. rychlost (km/h)	20,7	24,7	29,4	24,6	27,5	22,6	24,6

Nejvyšší průměrná rychlost byla naměřena v úseku Dolní Vítkovice Hlubina – Dolní Vítkovice, tedy na jediném úseku vedeném na samostatném tělese.



Obrázek 41 - Krabicový statistický graf úseku NAR-RVI

4.3.3.4 Ředitelství Vítkovic – Náměstí Republiky

V opačném směru, tedy ve směru z Ředitelství Vítkovic na Náměstí Republiky, jsou odchylky od průměrných časů rovněž bez výrazných diferencí. Nejvyšší průměrná rychlost je v úseku Dolní Vítkovice – Dolní Vítkovice Hlubina, stejně jako v opačném směru.

Tabulka 9 - Ukazatele přesnosti jízdy v úseku RVI-NAR

Ředitelství Vítkovic – Náměstí Republiky							
Úsek	RVI	STO	VMN	DVI	DVH	DOB	CELKEM
	STO	VMN	DVI	DVH	DOB	NAR	
Typ	VP	VP/ST	ST	ST/VP	VP	VP	-
Vzdálenost (m)	710	575	875	575	510	535	3780
Průměr (s)	90,2	86,4	124,0	65,6	70,3	102,0	538,5
Směrodatná odchylka (s)	7,4	10,2	10,7	4,4	6,8	11,0	23,8
Procentní odchylka (%)	8,2	11,8	8,6	6,8	9,7	10,8	4,4
Dotace dle JŘ (s)	60	120	120	60	60	120	540
Rozdíl JŘ a skutečnost (s)	30,2	-33,6	4,0	5,6	10,3	-18,0	-1,5
Průměrná rychlost (km/h)	28,3	24,0	25,4	31,6	26,1	18,9	25,3

4.3.3.5 Shrnutí vlivu vedení tratě

Jako nejvhodnější z pohledu průjezdních rychlostí a relativní odlišnosti průjezdních časů se ukázalo vedení na samostatném tělese, a to zejména z důvodu nezávislosti na individuální automobilové dopravě, minimu světelně řízených křižovatek, a vyšší povolené rychlosti.

V závěsu je pak vedení osou komunikace ve vyhrazeném pruhu, jsou-li ale tramvajové i automobilové jízdní pruhy dostatečně široké, aby umožňovaly

bezkolizní průjezd obou druhů dopravy. Vedení s největšími odchylkami je sdílení společného jízdního pruhu s individuální automobilovou dopravou.

Příčinou častých diferencí jsou rovněž i křižovatky řízené světelnou signalizací, na kterých nejsou nastaveny preference pro vozidla městské hromadné dopravy.

4.3.4 Mimořádná zdržení

Selháním lidského faktoru, technickým problémem nebo zásahem vyšší moci může i přes všechnu snahu dojít k mimořádným zdržením. Během měření došlo ke třem takovýmto zdržením.

Selhání techniky, konkrétně systému zavírání výklopných dveří u tramvaje T6A5 způsobilo dvouminutové zpoždění v zastávce Svratecká. Problém s nastavením výhybky pak minutové zpoždění v zastávce Vozovna Komín.

Křížení ostravského úseku s nákladní vlečkou v industriální oblasti Dolních Vítkovic pak způsobilo zdržení v průměru jednu minutu.

5 BUDOUCNOST TRAMVAJOVÉ DOPRAVY V BRNĚ

5.1 VÝVOJ SYSTÉMU S OHLEDEM NA ÚZEMNĚ PLÁNOVACÍ DOKUMENTACI

V rámci připravovaného nového územního plánu města Brna se i nadále počítá s rozšiřováním tramvajových tratí tak, aby byla zajištěna kapacitní doprava z budoucích ploch rozvoje. V novém ÚPMB byly vytvořeny plochy a rezervy pro nápravu současného pokrytí, ale i plochy budoucího rozvoje, kde by tramvaj mohla sloužit jako krystalizační prvek budoucí výstavby. [20]

Kromě budoucího rozvoje města se musí orgány činné v územním plánování vypořádat také s přesunem hlavní nádraží ze současné polohy pod Petrovem k výhodnějšímu umístění u řeky. Tato kolosální investiční akce s sebou přinese i nutnost adaptovat systém hromadné dopravy včetně té tramvajové. Výhledově se počítá i s vybudováním podzemní metropolitní dráhy, přičemž napojení současné pouliční dráhy je jedna z variant možného provozu. [20]

5.1.1 Plochy rozvoje

Zajištění kapacitní dopravy se při stavbě sídlišť stalo bohužel opomíjeným faktorem. Vysoké nároky na jiné druhy přepravy pak s sebou přináší potřebu vyřešit tento problém, a to za cenu komplikovaných a nekonvenčních řešení v již postavené zástavbě. [20]

V novém územní plánu se počítá s prodloužením stávající bystrcké větve tramvajové tratě až do sídliště Kamechy, a to z části i tunelovým objektem. Dalším problémovým sídlištěm je Lesná. Zde se počítá s provozním propojením stávající tratě ze Štefánikovy čtvrti až do smyčky Čertova rokle. Z prodlužovaného úseku je zároveň vytvořena rezerva pro odbočku ulic Seifertovou, kudy by dráha vedla až do severní části sídliště. Optimalizace městské dopravy je navrženo i pro Vinohrady a Líšeň. Podle územního plánu by mělo dojít k obnovení historické trati vedoucí od Stránské skály do staré zástavby v Líšni. K lepší obsluze Vinohrad by měla být prodloužena současná trať vedoucí do Juliánova, ta by se mezi zastávkami Líšeňská a Novolíšeňská měla napojit nebo minimálně těsně přiblížit stávající líšeňské rychlodráze a pokračovat dál do Vinohrad až na Pálavské

náměstí. Pro spolehlivější a rychlejší provoz do těchto dvou inkriminovaných sídlišť se rovněž počítá s provozním propojením současné trati do Juliánova se Starou Osadou a rovněž s reorganizací tramvajové dráhy v oblasti černovického trojúhelníku. [20]

Kapitolou samou o sobě je pak úprava stávajícího vedení tratí v blízkosti Mendlova náměstí ve Starém Brně. Obnovena byla myšlenka na vybudování tunelové spojky pod Špilberkem spojující Mendlovo a Komenského náměstí. Rovněž je navržena rezerva pro propojení Mendlova náměstí s ulicí Hybešovou, a to skrze areál fakultní nemocnice u svaté Anny. [20]

Výhledově jsou v plánu i prodloužení trati ze Starého Lískovce do Bosonoh a prodloužení dráhy z Technologického parku k novým výzkumným halám v Králově Poli. S rozšířením stávajícího systému se počítá i v Řečkovících, a to prodloužením až k bývalým kasárnám. K zajištění kvalitního obslužení potenciálního sportovního centra za Lužánkami je pak v plánu i odbočka z tratí přes ulice Veverí a Kounicovu, která by vedením ulicí Šumavskou měla obsloužit právě sportovní areál. [20]

5.1.2 Potenciální směry rozvoje neuvažované v ÚP

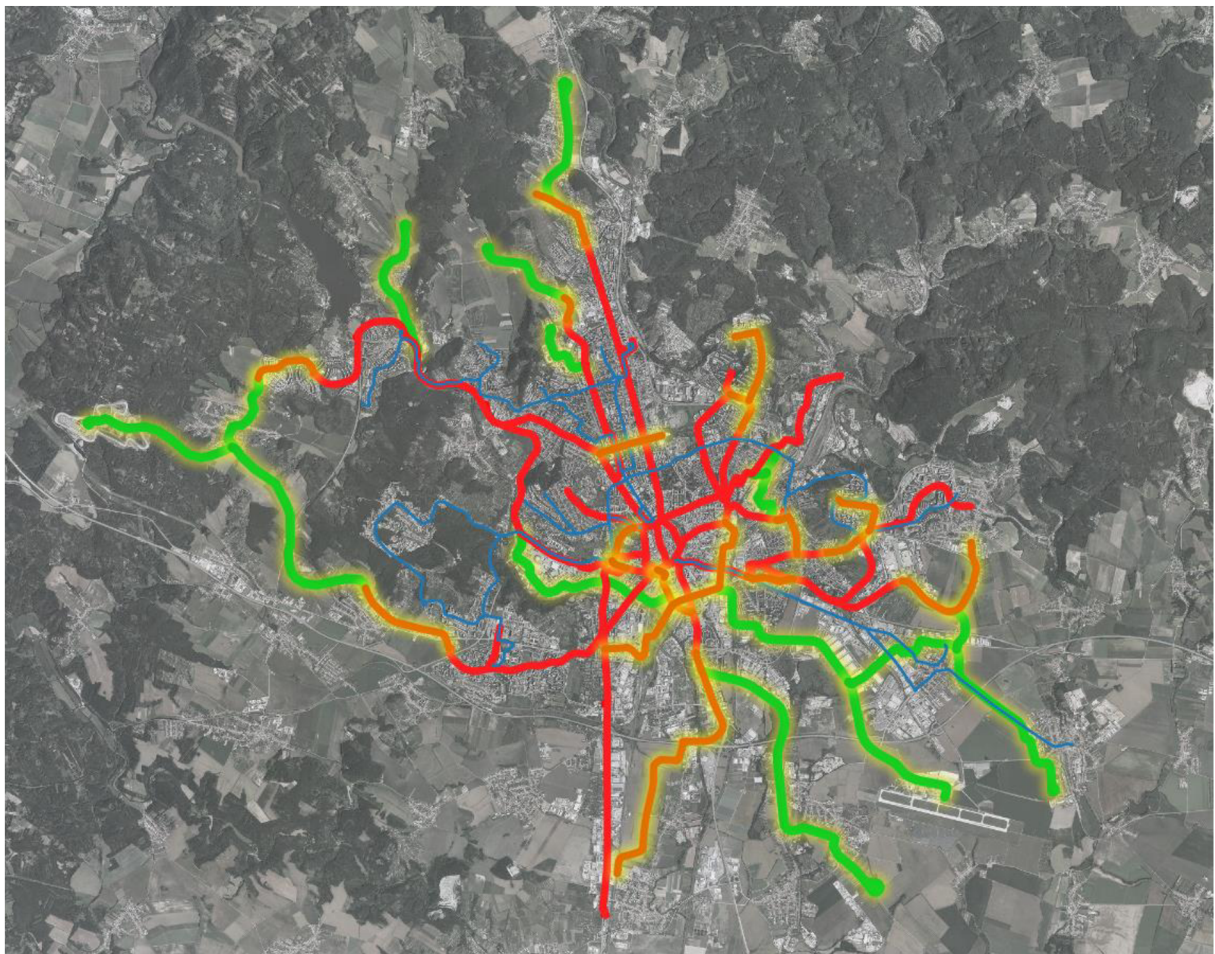
Dynamiku rozvoje města je velmi těžké odhadnout, přesto by orgány činné v územním plánování měly mít představu o variantních řešeních při velké expanzi sídla. Z poznatků načerpaných během řešení bakalářské práce byly navrženy další směry rozvoje tramvajového systému.

Jedná se o prodloužení bystrcké trati přes Žebětín k Masarykově okruhu s variantním napojením i tratě ze Starého Lískovce a Bosonoh. Výraznější pokrytí je pak navrženo zejména v jihovýchodním směru. Zde se jedná o odbočku z komárovského směru do Tuřan, dále o odbočku z návrhové trati v Černovicích, a to přes průmyslový park v Černovické terase, kde by se trať variantně dělila do dvou směrů. Prvním by byl směřován k tuřanskému letišti, druhý pak přes Slatinu až do Šlapanic. Tyto jihovýchodní tratě by kromě obsluhy zmíněných městských částí rovněž přispěli k lepší obslužnosti nového hlavního nádraží.

Kromě nových směrů trati jsou navržena i optimalizace současných směrů. Navržena je trať odpojující se v Pisárkách a směřující jižní částí výstaviště, a dále

vedená ulicí Poříčí na břehu Svratky až k novému hlavnímu nádraží. Tato spojka by měla zajistit lepší obslužnost nového železničního uzlu, rovněž jako kapacitní dopravu k plánované multifunkční sportovní hale v areálu BVV. Optimalizace současného vedení je navržena i v přebudovaném brownfieldu Zbrojovky Brno a motorárny Zetor, kde je navržena odbočka z Tomkova náměstí, a skrze zmiňované rozvojové plochy se poté trať napojí na stávající trať v blízkosti uzlu Stará osada.

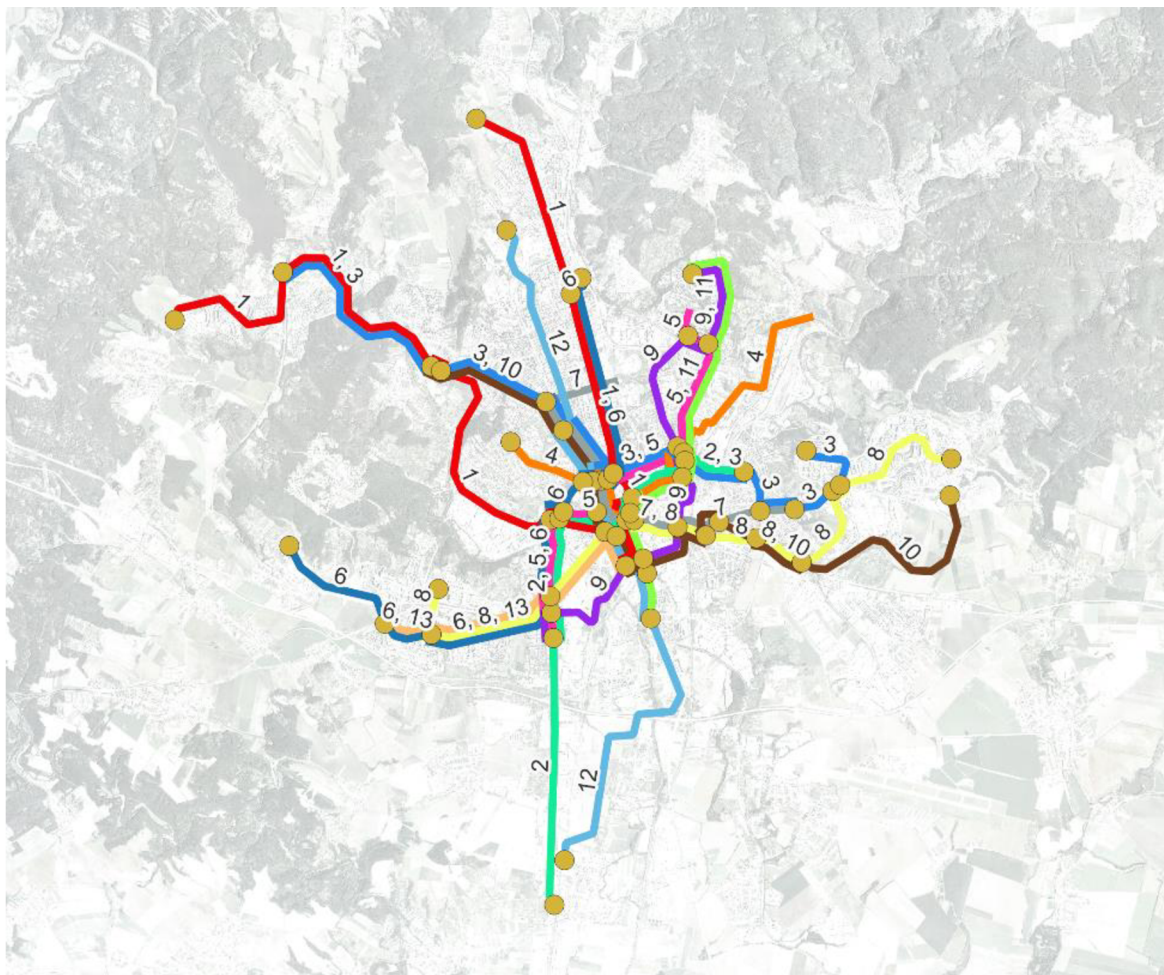
V severní části jsou pak navržena prodloužení tratí do Kníniček, ke kolejím na Palackém vrchu, k medláneckému letišti a ke Globusu v Ivanovicích.



Obrázek 42 - Schématické znázornění tras navržených v novém územním plánu (oranžová) a tras navržených autorem práce (zelená), [4] upraveno

5.1.3 Reorganizace linek

V případě realizace všech návrhových tratí určených v územním plánu by došlo k drobné reorganizaci stávajících linek tramvajové dopravy. Dle poznatků, historických kontextů a zvyklostí, a stávající situace bylo navrženo toto vedení linek:



Obrázek 43 - Návrh nového uspořádání linek při realizaci tras z nového územního plánu města Brna, [4], [20] upraveno

5.1.4 Reorganizace tramvajové dopravy s přesunem hlavního nádraží

Po sáhodlouhých diskusích a jednáních bylo rozhodnuto o přesunu brněnského hlavní nádraží do polohy u řeky, tedy do polohy současného Dolního nádraží. Tato varianta je výhodná především z důvodů uspokojení rostoucí kapacity železniční dopravy a možnosti napojení vysokorychlostních tratí z Prahy i Ostravy. Přesun

do lokality, která je v současnosti prakticky nevyužitá s sebou navíc přináší potenciál vzniku zcela nové moderní čtvrti.

S přesunem nádraží ale bude nutně muset dojít k reorganizaci nejenom tramvajových linek, a to takovým způsobem, který co nejméně zasáhne do stávajícího uspořádání, ale zároveň bude nový dopravní uzel tramvajemi obsluhován s dostatečnou kapacitou.

Dle poznatků načerpaných během práce navrhuji nové uspořádání tramvajových linek. Linka číslo 1 by na Nových Sadech odbočila novou čtvrtí Trnitá k novému hlavnímu nádraží, odkud by se poté ulicí Plotní vrátila v prostoru starého hlavního nádraží na svou původní trasu. Linka 12 by se rovněž u Nových Sadů odpojila od své původní trati, projela by skrze nové nádraží a vrátila se na původní trasu. Těmito dvěma linkami by bylo zajištěno spojení nového nádraží s Bystrčí a Královým Polem a to linkami, které i v dnešní době patří mezi ty vůbec nejkapacitnější. Pro spojení se sídlištěm Lesná je pak navržen odklon linky 9, a to skrze potenciální rozvojové plochy v okolí ulice Špitálka, kde se v současnosti nacházejí zejména brownfieldy. Linka by pak přes nové nádraží pokračovala přes Štýřice až na ulici Vídeňskou, kde by se napojila na stávající trať. Poslední reorganizovanou linkou v návrhu je linka 10. Ta by z Líšně a Židenic měla přes nové nádraží pokračovat ve směru Nové Sady – Veverí – Komín. Nové nádraží u řeky by tak sérií úprav ve vedení linek bylo dostatečně obsluhováno a zároveň by reorganizací došlo jen k malému zásahu do stávajícího vedení linek a jejich historických kontextů.



Obrázek 44 - Detail návrhu vedení linek v oblasti Dolního nádraží

5.2 SEVEROJIŽNÍ KOLEJOVÝ DIAMETR

Pro zkvalitnění hromadné dopravy v Brně se v historii, ale i nyní uvažovalo o vytvoření podzemní dráhy v severojižním směru, která by umožnila lepší a rychlejší dopravní obsluhu města právě v těchto směrech. Tyto myšlenky byly ještě umocněny rozhodnutím o přesunu nádraží.

V roce 2022 by měla být zpracována studie proveditelnosti SJKD, která řeší čtyři možné varianty provozu. První z nich je vytvoření podzemní železnice, která by byla zapojena do železniční sítě, a to na severu za královopolským nádražím, a v jižním směru na tratě do Modřic a Chrlic. Varianta vlakového provozu by tak zajistila rychlou městskou, avšak zároveň i meziměstskou dopravu v severojižní ose města.

Druhou možností provozu je využití rychlé tramvaje. V této variantě by se navíc oproti předchozí počítalo i s napojením stávající tramvajové tratě do Bystrce v prostoru Rosického náměstí. Varianta by tedy neumožňovala přímé vlakové spojení s okolními městy, ale kapacitně by pokryla bystrcký směr, který není možno obsluhovat železniční dopravou.

Třetí variantou by pak bylo vytvoření zcela odděleného systému, a sice metra. Variantním řešením je pak samozřejmě i kombinace různých druhů dopravy. [20]

5.3 PROBLÉMOVÉ FAKTORY BRNĚNSKÉHO SYSTÉMU A MOŽNOSTI JEJICH ODSTRANĚNÍ

5.3.1 Nízká přepravní rychlost

Nízká přepravní rychlost brněnského tramvajového systému má své kořeny hned v několika rovinách. Zatímco tramvajový systém a technické parametry vozového parku zůstávají vesměs neměnné, město samotné se naopak mění velmi rychlým způsobem, což se na přepravní rychlosti podepisuje. Krom způsobu samotného vedení tratí, jsou pak jednou k významných příčin nízké přepravní rychlosti křižovatky, zejména ty světelné, které se s expandujícím městem vyskytují více a více. S křižovatkami pak úzce souvisí preference MHD před IAD. Na spoustě brněnských křižovatek je světelná signalizace nastavena s prioritami pro MHD, na spoustě to ale z důvodu husté tramvajové sítě nejen z kapacitních důvodů možné

není. V plánu udržitelné městské mobility z roku 2018 vydané magistrátem města Brna je sice posilování preferencí MHD stanoveno jako jeden z cílů, absolutní preference je ale zcela nereálná. [23]



Obrázek 45 - Tramvaj stojící na světelné křižovatce v nočních hodinách s nulovým provozem IAD, [22]

K navýšení přepravní rychlosti by tak vedla celá řada optimalizačních kroků. Investičně nejnáročnějším je vyloučení tramvajové dopravy z uličního prostoru. Tomuto účelu již odpovídají tratě na periferiích města, které jsou vedeny na samostatných tělesech. V centru města povrchová samostatná tělesa nepřipadají v úvahu, proto se jako jedna z variant severojižního kolejového diametru zvažuje právě provoz tramvajů, včetně napojení bystrcké dráhy. Kromě úprav v tramvajové dopravě by ke zvýšení rychlosti mohlo přispět také alespoň částečné vyloučení IAD z městských prostorů. I k tomuto účelu již probíhají investiční akce, a sice stavby malého a velkého městského okruhu, které by měly ulehčit dopravě v centru města, a nastavení preferencí MHD by pak mělo být výrazně snazší záležitostí. V neposlední řadě by měl rychlosti MHD přispět i moderní technologie a koncept Smart Cities, kdy jsou k vyšší efektivnosti městské infrastruktury využívány digitální a informační technologie. S jejich využitím by řízení křižovatek mohlo pružně reagovat na aktuální místní situaci a zlepšit jejich propustnost při zachování maximální kapacity.

5.3.2 Hraniční kapacita

Jedním z dalších potenciálních problémů brněnského tramvajového systému je jeho hraniční kapacity a v současném uspořádání omezené možnosti jejího navýšení. [11]

Navýšení kapacity má dvě možná řešení, a sice navýšení kapacity souprav a navýšení kapacity kolejového systému. Co se dopravních prostředků týče, brněnský dopravní podnik se ukázal jako inovativní společnost. Nejpoptávanější dopravní proudy jsou obsluhovány vysokokapacitními vozy nebo soupravami, zcela revoluční v tramvajové dopravě je pak i zapojení do provozu souprav složených ze tří vozů.

Z pohledu samotné kolejové sítě je pak navýšení kapacity výrazně komplikovanější. I v tomto případě by však jako vhodné řešení mohl sloužit SJKD s tramvajovým provozem, který by nejsilnější dopravní proudy alespoň částečně pokryl.

5.3.3 Investice do dopravy

V neposlední řadě je problémem tramvajové dopravy, ale přeneseně i celého města nadřazenost IAD před MHD co se investičních akcí týče. V nedávné minulosti bylo do rozvoje automobilových komunikací investováno výrazně více prostředků než do rozvoje městské hromadné dopravy.

5.4 ZÁKLADNÍ KAMENY BUDOUCÍHO ROZVOJE

I přes nemalé problémy v systému existují i aspekty sítě, které lze hodnotit jako vysoce pozitivní a lze na nich do budoucna stavět. Jedná se především o vysokou míru využívání městské hromadné dopravy, která v Brně pokrývá více než polovinu všech cest ve městě, což je oproti jiným městům v České republice i zahraničí velmi vysoké číslo. [8]

Dalším pozitivem je vysoká míra integrace městské hromadné dopravy s regionální dopravou. Klíčová železniční i autobusová nádraží jsou s městskou hromadnou dopravou, včetně té tramvajové, dostatečně kapacitně spojena. Zároveň je městská hromadná doprava připojena do regionálního dopravního

systemu Jihomoravského kraje, čímž je zajištěno pohodlnější dojíždění cestujících z celého kraje do jeho centra. [11]

Rovněž je s tramvajovou dopravou i nadále počítáno jako s páteřním dopravním módem městské hromadné dopravy, a její rozvoj ve směru rozvoje města je tak tímto zajištěn.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo popsání historických kontextů tramvajové a trolejbusové dopravy v Brně. Dále popis stávajícího systému a jeho porovnání s jinými městy. Na základě těchto poznatků pak identifikace silných a slabých stránek brněnského tramvajového systému.

Při zjišťování historie systémů tramvají a trolejbusů v Brně byla pro lepší vizuální vzhled vytvořena animace vývoje během let, aby bylo patrné, jak se systém postupně rozrůstal, rušily se nepotřebné tratě, které se mnohdy po letech opět obnovovaly.

Při popisu stávajícího systému byly vyhodnoceny výhody a nevýhody jednotlivých typů řešení v tramvajových systémech, co se vedení, ukončování a organizace týče.

V části porovnání s českými a zahraničními městy byly vyhodnoceny rozdíly v přístupu budování tramvajových tratí a organizace na nich s důrazem na inovativní a netradiční řešení. V této kapitole byly na závěr zanalyzovány průjezdní časy na úsecích v Brně a Ostravě, přičemž část hypotéz se potvrdila jako pravdivá, ale některé z nich, například velký vliv typu vozu na průjezdní čas, se ukázaly jako domněnky liché.


Na závěr byly navrženy možné budoucí směry rozvoje brněnského systému městské hromadné dopravy, zapříčiněné rozvojem města, ale i jeho reorganizací z důvodu přesunu hlavního nádraží, včetně linkového vedení na nich.

Brněnský tramvajový systém je tak jeden z nejvýkonnějších tramvajových systémů nejen v České republice, ale i na světě, a spolu s doplněním trolejbusovou dopravou pak zajišťují páteřní pokrytí většiny území Brna. Jako všechno, i brněnské tramvaje mají své kameny úrazu, avšak funkčnost systému lze hodnotit jako vysoce spolehlivou s obrovským potenciálem budoucího rozvoje.

7 POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

- [1] SMĚLÝ, Martin. *Městská mobilita obyvatelstva*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací, 2014. ISBN 978-80-214-4936-7.
- [2] KOTAS, Patrik. *Dopravní systémy a stavby*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2321-4.
- [3] MORÁVEK, Jiří. *Sto dvacet let městské hromadné dopravy v Brně* [online]. Brno: Dopravní podnik města Brna, 1989, 107 s. [cit. 2022-05-11]. ISBN 80-900001-4-2. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:a21be440-d801-11e2-9015-005056827e52?page=uuid:ab538a50-f2fe-11e2-a0b3-5ef3fc9bb22f&fulltext=tramvaj%20brno>
- [4] *Prohlížeč služba WMS - Ortofoto* [online]. In: . 8.2.2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx
- [5] *Light Rail and Tram: The European Outlook November 2019* [online]. In: . Brusel, Belgie: The International Association for Public Transport, 2020, 2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/09/Statistics-Brief-LRT-Europe2.pdf>
- [6] *Cesty dle dat mobilního operátora* [online]. In: . Brno: Statutární město Brno - Magistrát města Brna, 17.1.2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://data.brno.cz/datasets/697fc58c78804a45bcd9e41c5ff64f6a/about>
- [7] DVOŘÁK, Martin. *Geolokační data mobilních operátorů - principy, příklady, otázky* [online]. In: . Ministerstvo vnitra České republiky, Otevřená data, 2.11.2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://data.gov.cz/%C4%8DI%C3%A1nky/geoloka%C4%8Dn%C3%AD-data-mobiln%C3%ADch-oper%C3%A1tor%C5%AF-principy-p%C5%99%C3%ADklady-ot%C3%A1zky>
- [8] *Průzkum dopravního chování v Brněnské metropolitní oblasti* [online]. In: . Brno: STEM/MARK, 2022, 27.1.2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://data.brno.cz/documents/mestobrno::pr%C5%AFzkum-dopravn%C3%ADho-chov%C3%A1n%C3%AD-v-brn%C4%9Bnsk%C3%A9-metropolitn%C3%AD-oblasti-2021/about>

- [9] *Návrh dodatku č. 26 ke Smlouvě o závazku veřejné služby a kompenzaci z veřejné přepravy cestujících uzavřené mezi statutárním městem Brnem a Dopravním podnikem města Brna, a.s.* [online]. Brno: Statutární město Brno, Dopravní podnik města Brna, 2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.bрно.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/O D/Smlouva_o_zavazku_verejne_sluzby/Dodatek_c.17_smlouvy_o_zavazku_verejne_sl uzby_a_kompenzaci_SMB_a_DPMB.pdf
- [10] *Přehled změn a událostí v dopravě* [online]. Brno: Dopravní podnik města Brna, 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://dpmb.cz/cs/vsechna-omezeni-dopravy>
- [11] *Územně analytické podklady 2020: Dopravní infrastruktura – Podklady pro rozbor udržitelného rozvoje území* [online]. In: . Kancelář architekta města Brna, 2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.bрно.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/O UPR/UPP/UAP_2020/07_Dopravni_infrastruktura.pdf
- [12] CEJPKOVÁ, Klára, Veronika DOLEŽALOVÁ, David MIKULÁŠEK, et al. *Principy tvorby veřejných prostranství* [online]. V Brně: Kancelář architekta města Brna, 2019 [cit. 2022-05-11]. ISBN 978-80-270-6463-2. Dostupné z: <https://kambрно.cz/principy/#o-principech>
- [13] 73 6425-1. *73 6425-1 Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště: Část 1: Navrhování zastávek*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [14] *Zpráva o plnění závazku veřejné služby za rok 2019* [online]. In: . Brno: Dopravní podnik města Brna, 28.1.2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.bрно.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/O D/Smlouva_o_zavazku_verejne_sluzby/Zprava_o_plneni_zavazku_verejne_sluzby_za_r ok_2019.pdf
- [15] *Předběžná tržní konzultace* [online]. In: . Dopravní podnik města Brna, 2019 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://dpmb.cz/cs/firma-verejne-zakazky-nadlimitni>
- [16] *Výroční zpráva 2020* [online]. In: . Brno: Dopravní podnik města Brna, 2021 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.dpmb.cz/cs/firma-vyrocní-zpravy>

- [17] *Výroční zpráva 2019* [online]. In: . Praha: Sdružení dopravních podniků ČR, 2020 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.sdp-cr.cz/cz/o-nas/vyrocní-zpravy/>
- [18] *Smluvní přepravní podmínky Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje* [online]. In: . Brno: IDS JMK, 2016 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://dpmb.cz/Data/download/spp2018.pdf>
- [19] SKORUS, Daniel. *Výukový materiál pro uchazeče o práci řidiče tramvaje*. Brno, 2015. Diplomová práce. Masarykova univerzita, pedagogická fakulta, katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce Ing. Jan Děcký.
- [20] *Územní plán města Brna: Návrh pro 2. opakované veřejné jednání*. In: . Brno: SMB, KAM Brno, 2021. Dostupné také z: <https://upmb.brno.cz/pripravovany-uzemni-plan/ii-upraveny-navrh-2021/>
- [21] Smutné výročí. Od tragické srážky tramvají ve Vřesině uplynulo třináct let
Zdroj: https://moravskoslezsky.denik.cz/zpravy_region/dnes-uplyne-jedenact-let-od-tragicke-srazky-tramvaji-ve-vresine-20210410.html. *Moravskoslezský deník* [online]. 11.4.2021 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://moravskoslezsky.denik.cz/zpravy_region/dnes-uplyne-jedenact-let-od-tragicke-srazky-tramvaji-ve-vresine-20210410.html
- [22] *Všehochuť #14*  *Petice kvůli semaforům a kolaps MHD na hlaváku?* [online]. Dobrovolný šalinář, 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=mVaVC-e0DZ0>
- [23] Petice proti semaforům. Řidiči dopravního podniku si stěžují na špatně průjezdné Brno. *I Rozhlas* [online]. 2022, 17.4.2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/brno-semafory-petice-doprava-mhd_2204171135_gut

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

MHD – městská hromadná doprava

IAD – individuální automobilová doprava

ST – samostatné těleso

SP – sdílený jízdní pruh

VP – vyhrazený jízdní pruh

POD – Podlesí

BRA – Branka

SVR – Svratecká

VZK – Vozovna Komín

RON – Rosického náměstí

MOZ – Mozolky

BUR – Burianovo náměstí

TAB – Tábor

RYB – Rybkova

NAR – Náměstí Republiky

DOB – Don Bosco

DVH, HL – Dolní Vítkovice Hlubina

DVI – Dolní Vítkovice

VMN – Vítkovice, Mírové náměstí

STO – Stará ocelárna

RVI, RV – Ředitelství Vítkovic

JŘ – jízdní řád

SmO – směrodatná odchylka

KÚ – katastrální území

Brno – statutární město Brno

KAM – Kancelář architekta města

BZ – bez zastavení

ÚPMB – územní plán města Brna

Mkm – místokilometr

BVV – Brněnské veletrhy a výstaviště

9 OBRÁZKY, PŘÍLOHY

9.1 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Srovnání počtu prostředků k pokrytí poptávky 300 osob.....	10
Obrázek 2 - Vhodné systémy MHD dle počtu obyvatel, Kotas (2002)	11
Obrázek 3 - Tramvajová síť na konci roku 1906, [4] upraveno	13
Obrázek 4 - Tramvajová síť v roce 1945, [4] upraveno	17
Obrázek 5 - Tramvajová (červená) a trolejbusová (modrá) síť v roce 1989, [4] upraveno	17
Obrázek 6 - Mapa přepravního potenciálu v Brně. [4] upraveno	21
Obrázek 7 - Graf rozložení cest během dne, [8].....	22
Obrázek 8 - Schéma tramvajového systému v Brně	24
Obrázek 9 - Ulice Horova, sdílený pruh tramvajové a automobilové dopravy, [12].....	25
Obrázek 10 - Zastávka Rybkova na ulici Veveří	26
Obrázek 11 - Tramvajová trať na ST mezi Bystrcí a Komínem	27
Obrázek 12 - Bariéra v území, trať mezi Rosického náměstím a Vozovnou Komín	29
Obrázek 13 - Smyčka u královopolského nádraží	31
Obrázek 14 - Schéma trolejbusových tratí v Brně.....	38
Obrázek 15 - Graf poměrů počtu obyvatel vůči kilometrůžce a počtu vozů, [17]	40
Obrázek 16 - Srovnání přepravních výkonů, [17].....	40
Obrázek 17 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou a trolejbusovou sítí v Brně, [4] upraveno	41
Obrázek 18 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou sítí v Ostravě, [4] upraveno	42
Obrázek 19 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou sítí v Plzni, [4] upraveno	43
Obrázek 20 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou sítí v Olomouci, [4] upraveno	43
Obrázek 21 - Mapa hustoty obyvatelstva v kombinaci s tramvajovou sítí v Mostě a Litvínově, [4] upraveno	44

Obrázek 22 - Pokrytí hustoty zalidnění v Bielefeldu	47
Obrázek 23 - Pokrytí hustoty zalidnění v Augsburgu	47
Obrázek 24 - Pokrytí hustoty zalidnění v Bratislavě.....	48
Obrázek 25 - Pokrytí hustoty zalidnění ve Štětíně.....	49
Obrázek 26 - Pokrytí hustoty zalidnění ve Štýrském Hradci.....	49
Obrázek 27 - Pokrytí hustoty zalidnění v Temešváru.....	50
Obrázek 28 - Pokrytí hustoty zalidnění v Segedíně	50
Obrázek 29 - Pokrytí hustoty zalidnění v Ženevě	51
Obrázek 30 - Pokrytí hustoty zalidnění v Bordeaux.....	51
Obrázek 31 - Pokrytí hustoty zalidnění v Bordeaux.....	52
Obrázek 32 - Tramvajový systém v Rabatu.....	52
Obrázek 33 - Plánovaný tramvajový systém v Lusail	53
Obrázek 34 - Srovnání dojezdových časů ve směru Podlesí – Vozovna Komín	56
Obrázek 35 - Srovnání dojezdových časů ve směru Vozovna Komín – Podlesí.....	56
Obrázek 36 - Srovnání dojezdových časů v ostravském úseku.....	57
Obrázek 37 - Označnick zastávky na znamení s kombinovaným režimem	58
Obrázek 38 - Zastávka Branka s přejezdem	58
Obrázek 39 - Krabicový statistický graf úseku Podlesí – Rybkova.....	62
Obrázek 40 - Krabicový statistický graf úseku Rybkova – Podlesí.....	63
Obrázek 41 - Krabicový statistický graf úseku NAR-RVI	65
Obrázek 42 - Schématické znázornění tras navržených v novém územním plánu (oranžová) a tras navržených autorem práce (zelená), [4] upraveno.....	70
Obrázek 43 - Návrh nového uspořádání linek při realizaci tras z nového územního plánu města Brna, [4], [20] upraveno	71
Obrázek 44 - Detail návrhu vedení linek v oblasti Dolního nádraží.....	72
Obrázek 45 - Tramvaj stojící na světelné křižovatce v nočních hodinách s nulovým provozem IAD, [22]	74

9.2 SEZNAM PŘÍLOH

- 1.A. Tramvajová a trolejbusová doprava v Brně
- 2.A. Tramvajová doprava v Brně
- 2.B. Tramvajová doprava v Ostravě
- 2.C. Tramvajová doprava v Olomouci
- 2.D. Tramvajová doprava v Plzni
- 2.E. Tramvajová doprava v Mostě a Litvínově
- 2.F. Tramvajová doprava v Bratislavě
- 2.G. Tramvajová doprava v Ženevě
- 2.H. Tramvajová doprava v Bordeaux
- 2.I. Tramvajová doprava v Augsburgu
- 2.J. Tramvajová doprava v Bielefeldu
- 2.K. Tramvajová doprava ve Štýrském Hradci
- 2.L. Tramvajová doprava v Segedínu
- 2.M. Tramvajová doprava ve Štětíně
- 2.N. Tramvajová doprava v Rize
- 2.O. Tramvajová doprava v Temešváru
- 2.P. Tramvajová doprava v Rabatu
- 2.Q. Tramvajová doprava v Lusail
- 3.A. Animace vývoje tramvajové a trolejbusové dopravy v Brně