

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2009

Vladimír Zeman

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

# **Tramvajový subsystém městské hromadné dopravy a jeho perspektivy**

**Vladimír Zeman**

Bakalářská práce  
2009

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra technologie a řízení dopravy  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vladimír ZEMAN**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy-Technologie a řízení dopravních systémů**  
Název tématu: **Tramvajový subsystém městské hromadné dopravy a jeho perspektivy**

### Zásady pro vypracování:

Úvod

- 1 Charakteristika tramvajového subsystému
  - 2 Vývoj tramvajového subsystému
  - 3 Současný stav; příklady z praxe
  - 4 Návrhy na zefektivnění zvoleného tramvajového subsystému
- Závěr

Rozsah grafických prací: 2-5  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- (1) DRDLA, P. Technologie a řízení dopravy - městská hromadná doprava. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. 128 s.
- (2) ŠIROKÝ, J., a kol. Základy technologie a řízení doprav. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2007. ISBN 978-80-7194-983-1
- (3) VONKA, J., DRDLA, P., BÍNA, L., ŠIROKÝ, J. Osobní doprava. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2001. 80-7194-320-7
- (4) KOTAS, Patrik. Dopravní systémy a stavby. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02321-4
- (5) GREGORA, Stanislav; OUŘEDNÍČEK, Jan. Elektrotechnika a zabezpečovací technika v dopravní infrastruktuře. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. 80-7194-768-7

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.  
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: 31. prosince 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 25. května 2009

prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.  
děkan

L.S.

prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. ledna 2009

## PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 25. 5. 2009

## ANOTACE

Tato bakalářská práce pojednává o roli tramvajového subsystému městské hromadné dopravy jakožto části systému městské hromadné dopravy. Práce vymezuje pojem "tramvaj" a snaží se uvést základní znaky tramvajové dopravy v současnosti, kterými je kolejový provoz s elektrickou trakcí v centru měst. Dále popisuje historii a současný stav tramvajového subsystému v Brně. Součástí je návrh zefektivnění brněnského tramvajového subsystému změnou trasování a snížením počtu linek s ohledem na lepší obsluhu tramvajového uzlu Hlavní nádraží.

## KLÍČOVÁ SLOVA

tramvaj, MHD, osobní doprava, Brno, vedení linek

## TITLE

Tramway subsystem of urban public transport and its perspectives

## ANNOTATION

This bachelor thesis discusses the role of the tramway subsystem of urban public transport as a part of urban public transport system. Firstly the term "tramway" is defined. Secondly, it specifies the characteristics of contemporary tramway transport operating in city center on rails and using electric traction. Further is described the history and present situation of tramway subsystem in the city of Brno. This work also contains a concept of optimalization of the tramway line system in Brno through the change of line tracing and reduction of the number of lines in order to ensure better service of the tramway junction Main station.

## KEYWORDS

tramway, urban public transport, passenger traffic, Brno, line system

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl co nejsrdečněji poděkovat všem, kteří mi jakkoliv pomohli při mém studiu a při psaní této bakalářské práce. Zejména chci poděkovat svým rodičům za prokázanou lásku i podporu hmotnou. Velký dík patří mým přátelům a známým, kteří mě při mém studiu jakkoliv provázeli. Děkuji také panu doc. Ing. Pavlu Drdlovi, Ph.D. za vedení této bakalářské práce a za veškeré konzultace. Další díky patří panu Ing. Vítězslavu Zemanovi, vedoucímu dispečerovi DPMB, a. s. a panu Ing. Lukáši Fidrmucovi, pracovníku odboru dopravy DPMB, a. s. za cenné informace o tramvajovém subsystému v Brně.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA TRAMVAJOVÉHO SUBSYSTEMU .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Dopravní subsystémy městské hromadné dopravy .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Vymezení tramvajového subsystému MHD .....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Etymologické vysvětlení pojmu tramvaj .....	12
1.2.2 Základní znaky tramvajových vozidel .....	13
1.2.3 Rozdíly mezi tramvajemi a železničními dopravními prostředky .....	14
<b>1.3 Vedení linek tramvajového subsystému vůči centru města .....</b>	<b>17</b>
1.3.1 Různé způsoby vedení linek MHD .....	18
1.3.2 Typy systémů tvořených sítěmi tramvajových drah .....	21
<b>1.4 Role tramvajových subsystémů v systémech MHD .....</b>	<b>23</b>
1.4.1 Páteří síť linek .....	23
1.4.2 Cíle obsluhované tramvajovými subsystémy .....	24
<b>2 VÝVOJ TRAMVAJOVÉHO SUBSYSTEMU .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 Počátek a vývoj tramvajového subsystému městské veřejné dopravy .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 Historický vývoj tramvajové dopravy v Brně .....</b>	<b>28</b>
<b>3 SOUČASNÝ STAV; PŘÍKLADY Z PRAXE .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Město Brno .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2 RIS – Řídicí a informační systém a jeho aplikace v praxi .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 Spolupráce v IDS JMK .....</b>	<b>34</b>
<b>3.4 Severojižní tramvajový diametr .....</b>	<b>35</b>
<b>4 NÁVRHY NA ZEFEKTIVNĚNÍ ZVOLENÉHO TRAMVAJOVÉHO SUBSYSTEMU ..</b>	<b>37</b>
<b>4.1 Představení navrhovaných změn a jejich odůvodnění .....</b>	<b>37</b>
4.1.1 Požadavek na kompaktnější uspořádání přestupního uzlu Hlavní nádraží .....	37
4.1.2 Zpřehlednění tramvajového subsystému snížením počtu linek přetrasováním .....	38
<b>4.2 Rozvedení důvodů a následků navrhovaných změn .....</b>	<b>40</b>
4.2.1 Uspořádání nástupišť v přestupním uzlu Hlavní nádraží .....	40
4.2.2 Přetrasování linky č. 9 a spojení s částí linky č. 13 .....	42
4.2.3 Jízdní řád a vozidlový park přetrasované linky č. 9* a posílené linky č. 12 .....	44
<b>4.3 Argumenty proti navrhovaným změnám a komentář k nim .....</b>	<b>48</b>
4.3.1 Změna vedení linek .....	48
4.3.2 Změna kapacity linky č. 12 .....	48
4.3.3 Změna kapacity přetrasované linky č. 9* .....	49
<b>4.4 Zhodnocení efektivity změn .....</b>	<b>50</b>
4.4.1 Časové zefektivnění přestupu na linku č. 9* na Hlavním nádraží oproti lince č. 9 .....	50
4.4.2 Dostupnost centra linkou č. 9* .....	50
4.4.3 Perspektiva linky č. 12 .....	51
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
<b>Seznam použitých informačních zdrojů .....</b>	<b>54</b>
<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>56</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>57</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>58</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>59</b>



## ÚVOD

Život ve větších městech si dnes již takřka není možné představit bez používání prostředků městské veřejné dopravy. V oblasti technologie a řízení dopravy tvoří právě městská doprava jednu důležitou oblast se svými principy a zákonitostmi. Často bývá využíváno více dopravních subsystémů a systém se tak stává městskou hromadnou dopravou. Důležitou otázkou však je, které subsystémy mohou být v daném městě či městské aglomeraci nejvýhodnější. Potřeby cestujících se totiž značně různí a jsou mezi nimi jednak ti, kteří městskou veřejnou dopravu používají denně k dojíždění do zaměstnání a škol, ale také ti, kteří ve městě samém nebydlí, pouze jsou jeho návštěvníky – ať ve volném čase nebo pracovně.

Trasování linek MHD bývá z největší části provedeno radiálně z centra, případně diametrálně, projíždí-li linka přes centrum. Takto lze také obecně popsat nejdůležitější přepravní proudy cestujících. Aby mohli být přepraveni všichni cestující na těchto linkách, musí být vybrán vhodný subsystém městské hromadné dopravy na těchto linkách využívaný. U menších měst je možné veškerou městskou veřejnou dopravu zajišťovat autobusy. Ve větších městech ať vzhledem ke kongescím nebo k poměrně malé obsaditelnosti autobusů bývá jeden zejména z kolejových subsystémů funkčně nadřazen ostatním. Jedná se o železnici, podzemní dráhu, tramvajovou rychlodráhu a tramvaj nebo jiný nekonvenční subsystém, jenž je možné označit jako páteřní, neboť tvoří nejdůležitější součást městské veřejné dopravy.

Tramvajový subsystém městské hromadné dopravy zpravidla obsluhuje mnohé důležité zastávky v centrech měst. Je to subsystém neznečišťující přímo ve městě životní prostředí zplodinami a při použití moderních vozidel na rekonstruovaných tratích vyniká rovněž poměrně tichým provozem, což se však o starších a nerekonstruovaných provozech říci příliš nedá.

V této bakalářské práci je popsáno, jaké jsou charakteristické znaky tramvajového subsystému. Dále se práce zabývá stručným přehledem vývoje tramvajového subsystému MHD, kde je kladen důraz zejména na tramvaje v Brně. Ve třetí části je rovněž ukázáno, jaké moderní koncepce se v MHD využívají. V návrhové části je cílem zefektivnění tramvajového subsystému v Brně. Navrhuji zpřehlednění obsluhy tramvajového uzlu Hlavní nádraží, snížení počtu tramvajových linek a upravení tak vzniklé situace přetrasováním jedné z linek. Pro tuto linku uvádím trasu a návrh jízdních dob a diskutuji frekvenci provozu na ní a možnost zvýšení frekvence provozu na lince jiné díky uvolněným tramvajím ze zrušené linky.

# 1 CHARAKTERISTIKA TRAMVAJOVÉHO SUBSYSTÉMU

Tramvajový subsystém městské hromadné dopravy tvoří v mnoha městech nedílnou součást systému městské hromadné dopravy. V této části práce má být popsáno několik základních znaků tohoto subsystému. Nejprve bude tramvajový subsystém uveden do kontextu s případnými konkurenčními či suplementárními subsystémy. Potom bude vysvětlován sám pojem „tramvaj“ s ohledem na etymologický původ tohoto slova. Dále budou diskutovány některé technické aspekty tohoto subsystému zejména v porovnání s železnicí.

Ohledně linkového vedení lze situaci v MHD do určité míry generalizovat. Proto níže uvedená schémata trasování linek přes centrum města jsou platná i pro jiné druhy městské veřejné dopravy. Důležitým specifikem však je rozbor možných typů sítí linek, které se v různých městech vyskytují. Od toho se odvíjí potom závěrečná podkapitola této části, kde je uvažováno nad některými perspektivními cíly, které je vhodné právě tramvajovým subsystémem obsluhovat.

## 1.1 Dopravní subsystémy městské hromadné dopravy

Spolu s individuální automobilovou dopravou (IAD) vytváří městská hromadná doprava (MHD) systém osobní dopravy ve městech. Umožňuje základní vazby mezi plošnými funkčními složkami města. Jedná se zvláště o spojení bydliště, pracoviště a center občanské vybavenosti. Rovněž je „napáječem“ vnější osobní dopravy. Zejména je nutné zmínit důležitost společných přestupních uzlů na hlavním vlakovém či autobusovém nádraží a letišti. V rámci regionu nebo aglomerace tvoří městská hromadná doprava tzv. integrovaný systém regionální dopravy. (1)

V malých městech bývá městská hromadná doprava či spíše městská autobusová doprava provozována zpravidla stejným provozovatelem jako vnější autobusová doprava, tedy zejména nástupnickými podniky ČSAD. Ve městech nad 50 000 obyvatel jsou zpravidla zřízeny pro provozování městské hromadné dopravy specializované podniky, které provozují ucelené systémy MHD. (1)

Hlavním kritériem pro určení užívaných subsystémů MHD je analýza urbanistických a geografických podmínek. Obecně však je možné říci, že tzv. páteční subsystém MHD i použití ostatních subsystémů závisí na počtu obyvatel města (1), což vyjadřuje tabulka č. 1.

Tabulka č. 1: Použití jednotlivých subsystémů MHD v závislosti na velikosti města

druh dopravního prostředku	počet obyvatel	graficky znázorněný rozsah počtu obyvatel
trolejbus, autobus	30 000 – 50 000	
městská tramvaj, trolejbus, autobus	50 000 – 250 000	
městská tramvaj, městská dráha, trolejbus, autobus	120 000- 650 000	
městská dráha (ojediněle metro), tramvaj, trolejbus, autobus	650 000 – 1 000 000	
metro, tramvaj, trolejbus, autobus	nad 1 000 000	
regionální železnice, metro, tramvaj, trolejbus, autobus	městský region	

Zdroj: Kotas, P.: Dopravní systémy a stavby, str. 147

Z tabulky č. 1 je rovněž zřejmé, pro jak velká města je vhodné uvažovat o tramvajovém subsystému. V souvislosti s rozvojem měst a městských aglomerací je však nutné myslet i do budoucnosti. Pokud počet obyvatel překročí určitou mez, je nutné přejít na vyšší stupeň systému MHD, který poskytuje podmínky spojené s podpořením urbanistického rozvoje města vymezením hlavních směrů právě trasováním drah MHD. Dále mohou být vytvořeny nové pěší zóny a obchodní ulice v centru měst a vůbec oživeno městské centrum tím, že bude snadno dostupné pomocí spojů zejména kolejové MHD. (1)

## 1.2 Vymezení tramvajového subsystému MHD

Slovo subsystém označuje již svou předponou „sub“ něco, co není zcela svébytné, ale je poddáno něčemu výše stojícímu. Tedy i tramvajový subsystém<sup>1</sup> je pouze součástí systému MHD spolu s ostatními různými konvenčními či nekonvenčními subsystémy. Důležité je však, že v současnosti i v minulosti byl tento subsystém budován jako jakási nadstavba systému MHD v situaci, kdy bylo potřeba zajistit nějakým novým způsobem dopravu stále většího a většího počtu osob zejména v centru měst. Pomocí nových dopravních technologií se tedy podařilo přenést tehdejší dopravu z části na koleje a později i vybavit elektrickou trakcí vozidel.

1 Může však snad jen teoreticky existovat i tramvajový systém městské dopravy, pokud by byla veřejná doprava ve městě zajišťována výlučně tramvajemi.

Tramvaj je definována jako „elektrické kolejové vozidlo s trolejovým přívodem trakčního proudu určené pro kolejové tratě (závislé vozidlo, koncepčně a konstrukčně přizpůsobené provozu na veřejných pozemních komunikacích). Provoz na pozemních komunikacích se řídí pravidly silničního provozu; vozidla musí být schopna překonat stoupání do 70 promile.“(2) To samo již toto vozidlo předurčuje do městského provozu, přestože zvláštností nejsou ani tramvaje provozované jako doprava meziměstská (např. Liberec – Jablonec nad Nisou).

Šíře technické základny tramvajového subsystému MHD souvisí zvláště s tím, že tramvaj je vozidlo drážní využívající ke svému pohybu koleje jsou jimi vedeno i neseno a napájeno elektrickým proudem z troleje nad sebou. Proto je nutné uvažovat také o ostatních pevných zařízeních zajišťujících provoz tramvaje, kterými jsou zmíněné troleje napájené z trakční napájecí stanice. Dalším neodmyslitelným prvkem tramvajového subsystému je prostor vyhrazený pro nástup a výstup cestujících – tramvajové zastávky.

### 1.2.1 Etymologické vysvětlení pojmu tramvaj

Výraz „tramvaj“ v příslušném překladu je slovní složeninou, není-li toto slovo v rámci nářečí nebo slangu nějak ochuzeno o svou druhou část. Podle výkladu etymologického slovníku je tramvaj „pouliční elektrickou dráhou“(3). Toto slovo pochází z anglického „tramway“, což znamená něco jako „jízda po trámech“(3). Odkazuje to na prapůvodce kolejové dopravy – důlní vozíky jezdící po dřevěných trámech. Samo slovo tedy se skládá z „tram“ znamenajícího česky trám a „way“, což je cesta či jízda.

V německém jazyce je původ slova tramvaj daleko zřetelnější a více říkající. Německý výraz „Straßenbahn“ totiž označuje přímo dráhu pouliční, neboť „Straße“ označuje ulici a „Bahn“ je výrazem pro dráhu. Slangově se můžeme setkat i se zkrácením pouze na „Bahn“, což se ale také používá pro železnici, v rakouském prostředí také „Trambahn“ či pouze „Tram“. Výraz podobný mírně tomu německému je z americké angličtiny „streetcar“ znamenající „pouliční vozidlo“. Ruský výraz „трамвай“ odpovídá českému „tramvaj“. Původ slova je zřejmě z angličtiny a jde o slovo přeжатé podobně jako v češtině.

Zejména brněnské prostředí si však vzalo za vlastní označovat tramvaj slovem „šalina“. Toto slovo je z tzv. „hantecu“, původně brněnského argotu. K tomu etymologický slovník píše, že se jedná o slovo moravské znamenající: „el. pouliční dráha. Dříve též léna, elina... zkrácenina z hovor. elektrika (odkud ša- nejasné jinak zkr. ryčka)“. (4) Výraz „šalina“

již na rozdíl od výše uvedených tedy jasně odkazuje na to, že se jedná o dráhu elektrickou. Podle jiných vysvětlení pochází šalina ze zkrácení německého výrazu „*Elektrische Linie*“ Podobně ve slovenštině se setkáváme s výrazem „električka“.

### 1.2.2 Základní znaky tramvajových vozidel

Městská hromadná doprava je podle definice "charakterizována jako činnost spjata s cílevědomým hromadným přemísťováním osob a definovaných hmotných předmětů v předpokládaných objemových a definovaných časových a prostorových souvislostech za použití pro tento typ vhodných dopravních prostředků a technologií."(2) Je tedy nutné mít na paměti, že při přepravě osob ve městech se specifickosti této přepravy přizpůsobují dopravní prostředky i technologie. Na vozidla MHD jsou potom kladeny podle toho různé požadavky. Jde zejména o široké dveře dálkově ovládané, snížení počtu míst k sezení ve prospěch větší plochy ke stání cestujících. Je-li to z hlediska dopravního podniku finančně možné, užívají se vozidla nízkopodlažní schopná snadné přepravy zdravotně handicapovaných cestujících, ale zároveň ulehčující všem cestujícím snadný nástup a výstup. Dalším znakem jsou dobré dynamické vlastnosti vozidla - velké zrychlení a zpomalení, což je podmíněno výkonným motorem a brzdami. U kolejových vozidel je potom vhodné, aby byla poháněna všechna dvojkolí. Vzhledem k častým rozjezdům a zastavením, hustotě a neplynulosti městského provozu je rovněž důležité vybavit vozidla systémem automatického rozjezdu a brzdění včetně brzdy bezpečnostní a u kolejových vozidel umožnit jízdu na dohlednou vzdálenost. (2)

Všechny výše zmíněné znaky vozidel městské hromadné dopravy platí i pro tramvaje. Při uspořádání dveří je nutné nebrat ohled pouze na jejich šířku, ale také na umístění, protože zejména zdravotně handicapovaní cestující potřebují pro nástup a výstup větší prostor. Například nevidomí a slabozrací budou jenom těžko nacházet vchod do vozidla, pokud ono samo nebude uzpůsobeno tak, aby svými prvními dveřmi zastavilo u označnicku zastávky. Pro cestující na vozíku by zastavení vozidla prvními dveřmi u označnicku rovněž přineslo zjednodušení jejich přepravy. Ovšem pro tuto skupinu cestujících je nanejvýš žádoucí, aby část vozidla, do které nastupují, byla nízkopodlažní. Avšak s tramvajemi s nízkou podlahou hned v přední části vozidla se v České republice zatím v běžném provozu nesetkáváme. Zde mohu poukázat na tramvaje v Brémách, kde jsou první nástupní dveře tramvají vybaveny řídicím elektronicky ovládanou zvedací plošinou s vyklápěcí rampou pro cestující na vozíku.

Vzhledem k tomu, že tramvaje jsou z větší či menší části provozovány na pozemních komunikacích současně s automobily, musí být vybaveny dalšími náležitostmi. Zpravidla se jedná o směrová světla, ale v některých státech se požaduje i registrační značka podobně jako u automobilů. V zákonu o provozu na pozemních komunikacích se na tramvaje pamatuje v několika odstavcích upravujících zejména přednost tramvajů. Vyplývá to z toho, že se jedná o vozidla drážní mající jiné dynamické vlastnosti než automobily, zejména jiné zrychlení a zpomalení a také nutnost pohybovat se po kolejích. Další věcí je nutnost upozornit řidiče, že tramvaj se při jízdě na pozemních komunikacích pohybuje v prostoru tramvajového pásu umístěného zpravidla uprostřed komunikace, pokud není pro tramvajový provoz vyhrazena segregovaná trať zcela mimo prostor pozemní komunikace. Řidiči odbočující z hlavní silnice přes tramvajový pás nesmí tedy opomenout, že tramvaj jedoucí souběžně s nimi nebo proti nim má přednost, pokud jede po hlavní silnici. Dochází totiž ke vzniku kolizního místa. V současnosti je rovněž diskutovaným problémem, zda má mít tramvaj přednost na přechodu pro chodce. Je zde nutné upozornit, že kdyby tramvaj tuto přednost ztratila, promítlo by se to značně na prodloužení jízdních dob, a tak by celý tramvajový subsystém ztratil jednu ze svých důležitých výhod. Navíc by, můžeme-li to předpokládat, náhodný jev přecházení cestujících přes tramvajovou dráhu znatelně ovlivnil předvídatelnost pohybu vozidel na lince.

### **1.2.3 Rozdíly mezi tramvajemi a železničními dopravními prostředky**

Tramvaje i klasické železniční dopravní prostředky mají hlavní společný znak, kterým je jejich provoz na kolejích. V českých podmínkách je možné až na výjimky tvrdit<sup>2</sup>, že se jedná o koleje normálního rozchodu. S kolejovým charakterem provozu vozidel souvisí faktory ovlivňující jejich trakční vlastnosti. Při konstrukci moderních tramvajových drah se již kvůli relativně vyšší povolené rychlosti oproti původním tramvajovým drahám znatelně přihlíží i například na nutnost převýšení kolejnice v oblouku. Taková opatření byla u dřívějších tramvajových drah vzhledem k nízkým rychlostem takřka bezpředmětná. Uplatňují se, až když se podaří vést tramvajovou dráhu mimo prostor pozemní komunikace.

Důležitý rozdíl je však mezi vozidly elektrické trakce železničního a tramvajového subsystému a infrastruktury s tím spojené. K zabezpečení napájení trakčního vedení požadovaným druhem proudu o požadovaném napětí slouží trakční napájecí stanice. Ty odebírají energii z třífázové energetické sítě o napětí 110 kV, popřípadě 22 kV. (5)

---

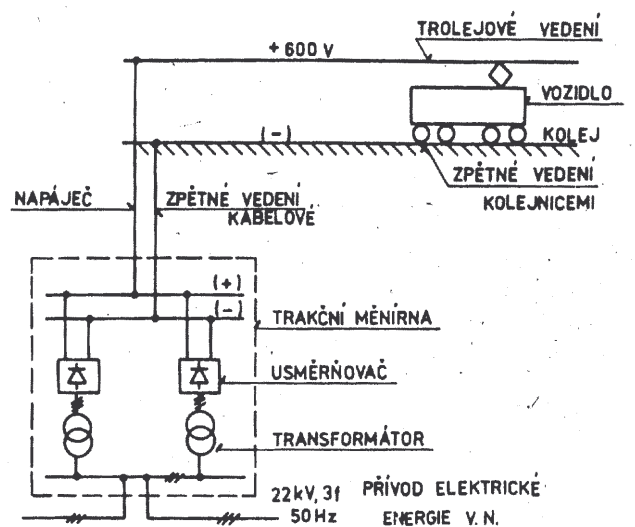
2 Tuto výjimku představují některé trati tramvajového subsystému v Liberci.

Pro střídavé napětí elektrických drah se používají trakční transformovny, které "spojují elektrizační soustavu s jednofázovou trakční soustavou. Nedochází zde ke změně frekvence, ale pouze ke změně napětí."(5) V německém prostředí se však setkáváme s tím, že frekvence trakční soustavy není shodná s frekvencí v elektrizační síti. Pak se však již nejedná o trakční transformovnu, ale trakční měnírnu. Vzhledem k různým možným fázím (účiníkům) elektrického napětí a proudu není možné, aby byly mezi sebou trakční transformovny trolejovým vedením spojeny, ale musí existovat vždy určité dělicí úseky. Propojit tyto úseky a napájet z jedné trakční transformovny i sousední oddíl lze provést při výpadku sousední trakční transformovny. Jmenovité napětí střídavé napájecí soustavy železničních elektrických drah u SŽDC, s. o. je 25 kV při frekvenci 50 Hz.

Stejnoseměrná soustava napájení využívá trakční měnírny, kde "se mění vlastnosti elektrické energie. Mění se proud střídavý na stejnosměrný s požadovaným napětím 3 kV, respektive jinou velikostí napětí."(5) Na železniční trati Tábor - Bechyně se dosud můžeme setkat se stejnosměrnou napájecí soustavou o jmenovitém napětí 1,5 kV a městské elektrické dráhy, tj. tramvaje, trolejbusy a podzemní dráhy používají napětí i nižší (zpravidla 600 V nebo 750 V). Spojování úseků napájených jednotlivými trakčními měnírnami je běžné, protože ve stejnosměrné napájecí soustavě nehrozí, že by měly jednotlivé měnírny jinou fázi, neboť o fázi se v případě stejnosměrného napětí a proudu nedá mluvit.

Napájení vozidel MHD probíhá tedy přes trakční měnírnu, která je napájena z energetické sítě 22 kV. U trolejbusů je vedení dvou vodičové, u tramvají podobně jako u klasických železničních vozidel elektrické trakce je trakční vedení pouze jednovodičové, přičemž zpětné vedení je provedeno kolejnicemi. (5) Schéma napájení tramvaje je uvedeno na obrázku č. 1.





Obrázek č. 1: Blokové schéma napájení vozidel MHD

Zdroj: Gregora, S., Ouředníček, J.: Elektrotechnika a zabezpečovací technika v dopravní infrastruktuře, str. 81

Tramvaje jsou co nejvíce přizpůsobovány městskému provozu. Ten lze charakterizovat velkým množstvím cestujících na užitečnou plochu vozidla zejména v hodinách dopravních špiček. S tím se tramvaje vypořádávají zvětšením ploch ke stání ve vozidle vůči místům pro sedačky. Velké obměně cestujících, tedy vlastně relativně malé vzdálenosti ujeté každým jednotlivým cestujícím, jsou přizpůsobeny dveře vozidla, které musí být umístěny na boku vozidla po malých vzdálenostech a musí být rovněž dostatečně široké (zpravidla dvoukřídlé), aby jimi mohl probíhat zároveň nástup i výstup cestujících. S podobnou koncepcí dveří se můžeme setkat i u metra a v omezené míře u příměstských vlaků. Otevírání dveří bývá zpravidla blokováno až do zastavení v zastávce. Ovšem v úvahu přichází i možnost otevírání dveří tak, že se dveře otevírají s malým předstihem a k plnému otevření dojde bezpečně v okamžiku zastavení na zastávce. Dochází tak k ušetření cenných sekund, což v součtu časových úspor na všech zastávkách může mít velký vliv na výslednou jízdní dobu. (6)

Dále je nutné pojednat o krátké vzdálenosti mezi zastávkami samotnými vyžadující proto velké zrychlení a odrychlení tramvajů, což je nutnou podmínkou dobrých trakčních a brzdových vlastností s ohledem na adhezni vlastnosti styku ocelové kolo-kolejnice. Pro brzdění je možné využívat elektrodynamickou brzdu v lepším případě i s rekuperací do napájecí sítě.



Klasická železniční vozidla se pohybují v českých podmínkách v prostorových oddílech, kterými jsou úseky tratí nebo dopraven a jejich obsazenost je signalizována návěstidly. Do jednoho oddílu tedy není možné zároveň vjet s více než s jedním vlakem. Proti těmto klasickým prostorovým oddílům stojí i v některých zemích používané oddíly časové. Tam je určena minimální doba, za kterou je možné vypravit na danou kolej následující vlak. Je zde možná paralela s tzv. elektrickým mezidobím používaným u nás na elektrifikovaných tratích. Znamená to, že na trať nemůže vjet další vlak, přestože by na trati bylo více oddílů prostorových a zabezpečovací zařízení by vjezd umožňovalo. Jde o to, aby nebyla přetížena trakční napájecí soustava přílišným odběrem elektrické energie trakčními vozidly, avšak krátkodobé přetížení je přípustné. Tramvaje, ačkoli jsou to vozidla elektrické trakce, nejsou vybavena tak výkonnými motory v porovnání s těžšími nákladními lokomotivami. Navíc jejich frekventovaný provoz ve městech již sám předurčuje, že k tomu musí být koncipována i trakční napájecí zařízení, co se požadovaného výkonu týká. Není tedy možné, aby tramvajový provoz byl omezován do takové míry minimálním časem či vzdáleností, během kterých mohou po sobě jet dvě vozidla či soupravy tramvají. Útvar dispečinku pro elektrický provoz však musí zhodnocovat, zda je možné, aby na určitém úseku byl provoz maximálně nahuštěn. Na hlavních radiálách je tedy možné, že tramvaje za sebou jedou, pouze s minimálními rozestupy, které jsou podle jízdního řádu i jedna minuta. Ovšem v zastávkách je možné, že se k sobě tramvaje zcela přiblíží. Z železniční terminologie je znám pojem zábrzdná vzdálenost, což je minimální vzdálenost, na které je možné vlak zcela zastavit. Zatímco v tramvajovém provozu se při nízkých rychlostech jedná řádově nejvýše o několik stovek metrů, na železnici jsou to spíše hodnoty od půl kilometru až do dvou kilometrů. A právě těmito hodnotami jsou omezeny pevné prostorové oddíly. U vysokorychlostních vlaků se již jedná o znatelné vzdálenosti, tudíž právě u nich se nejvíce pracuje na odstranění tohoto nedostatku. Je však dnes možné ve spolupráci s moderními zabezpečovacími zařízeními přes síť GSM-R přenášet na vlakový zabezpečovač příslušné informace o volnosti trati a tzv. rychlostním profilu, tedy jaká je nejvyšší povolená rychlost v následujících úsecích trati.

### **1.3 Vedení linek tramvajového subsystému vůči centru města**

Obsluha každého města má svá specifika, která jsou podmíněna jeho historickým vývojem a charakterem města samotného. Je nutné nejprve určit hlavní přepravní požadavky, aby bylo možné právě pro tyto požadavky nabídnout možnost jejich uspokojení

co nejvhodnějším dopravním systémem. V některých městech byl tedy zvolen tramvajový systém jako ten, který se jeví jako nejvhodnější způsob přepravování cestujících z daného místa do jiného za předem daných podmínek.

Město jako takové je protkáno množstvím silničních komunikací různého významu. Právě proto bývá velice obtížné v centru zavádět složité dopravní systémy. Tramvajový systém však požaduje, aby měl dostatečnou šířku komunikace, po které má být vedena tramvajová dráha. V opravdové prostorové nouzi se můžeme setkat s tím, že je dokonce sleveno z dnes již samozřejmé dvoukolejné koncepce tramvajových tratí a v nejužších místech je trať vedena jednokolejně. S tím se mimochodem můžeme setkat i na okraji měst vlivem snahy ušetřit investice i v úsecích, kde není taková frekvence provozu. Některé tramvajové subsystémy, zvláště ty, které jsou tvořeny pouze jednou či několika málo linkami, jsou celé takto koncipované a pouze obsahují několik výhyben, kde se tramvaje křížují. Jako příklad lze uvést tramvajový subsystém městské hromadné dopravy v sardinském městě Sassari. Od nádraží tam okolo centra vede jediná tramvajová linka, která je ovšem obsluhována poměrně moderními tramvajemi. U takových systémů je vhodné myslet na to, že se vozidla nebo soupravy zpravidla na konečné neotáčejí, protože bývají koncipovány jako vratné, tedy mají řídicí stanoviště na obou koncích a dveře na obou stranách.

Je tedy zřejmé, že zavádět tramvajový provoz do samého historického centra je velice komplikované. Během devatenáctého století se však stala nepotřebnými velká opevnění starých měst, a mohly na jejich místě vyrůst nové stavby, zpravidla dopravní. Jednak se jedná o skvělou možnost pro vybudování dopravních okruhů vnitřního města, ale také o příležitost vést v těch místech tramvajovou dráhu. Tak je možné poměrně snadno přivést do blízkosti centra efektivní dopravní systém.

Další důležitou rolí snad každého tramvajového subsystému je přivážet občany do centra a do zaměstnání, přičemž místo zaměstnání nemusí být v centru. Je otázkou, jak je pro to které město vhodné trasovat linku ze sídlišť přímo do místa zaměstnání nebo nechat trasování linek přes centrum, kde cestující přestoupí na linku do místa zaměstnání.

### **1.3.1 Různé způsoby vedení linek MHD**

Podle polohy linky městské hromadné dopravy vůči centru města je možné jmenovat sedm odlišných níže uvedených základních provedení. (2) Některé jsou si však podobné, takže bývají uváděny současně. Jedná se o vedení linky:

*Tranzitní linka* do centra může zasahovat, ale vede hlavně i daleko od něj; dochází k umožnění cestujícím projet poměrně nerušeně prakticky přes celé město z jednoho konce na druhý, přičemž dochází k atraktivnímu přímému spojení různých cílů na trase linky. „Mohou vytvořit mnoho přímých spojení mezi městskými částmi a mnoha cíly cest ve vnitřním městě jedním spojem.“(2)

*Radiální linky* vedou z okraje města do centra, přičemž zpravidla končí u nějakého významného přestupního bodu jako je například hlavní osobní vlakové nádraží. Velkou výhodou těchto linek je, že cestující nemusí sledovat, jaký je to směr linky, protože tato linka vede z centra jediným směrem a přes centrum neprojíždí na druhý konec.

*Diametrální linka* projíždí celým centrem města a je jakoby spojením dvou linek radiálních. Vzhledem k tomu, že se nepředpokládá jízda cestujícího na celé trase, nemusí být linka vedena na protilehlý konec města, jako je tomu například v Brně u linky č. 1, která vede z městské části Bystrc na severozápadě přes centrum do severně umístěných Řečkovic.

*Okružní linka* bývá zřizována zvláště v takových městech, kde to urbanistická struktura nejen dovoluje, ale spíše k tomu i částečně vybízí. Jde zejména o možnost obsluhy okraje centra města po těch komunikacích, které stojí místo bývalého středověkého opevnění. Ovšem ne v každém městě je toto možné a ne v každém městě to lze provést v celé délce linky. Není to však jediná možnost vedení okružní linky, protože ona může být vedena i v daleko větší vzdálenosti od centra města a zase například spojuvat v těch místech některé důležité přestupní uzly. Tak je tomu například u okružní linky londýnského metra<sup>3</sup> (Circle line). (7) Ta ovšem svým obzvláště zajímavým umístěním spojuje jednak centrum historického města (stanice Embankment a Westminster), tak důležitá železniční nádraží (např. Paddington nebo King's Cross), ale také důležité nádraží autobusové (stanice Victoria). Podobně má velice výhodnou polohu okružní linka moskevského metra (Кольцевая линия). (8) Zvláštností okružních linií je, že nemůže být uvedena jednoduše cílová stanice, ale spíše pouze směr jízdy (např. v Londýně „clockwise“ a „anticlockwise“).

*Smyčkové a osmičkové linky* nabízejí v porovnání s ostatními spojení více míst při zachování stejných nákladů. Zejména smyčkové linky se používají u linek autobusů MHD při zajíždění na okraje měst. Linka vede z centra radiálně ven, přičemž v určité stanici dojde

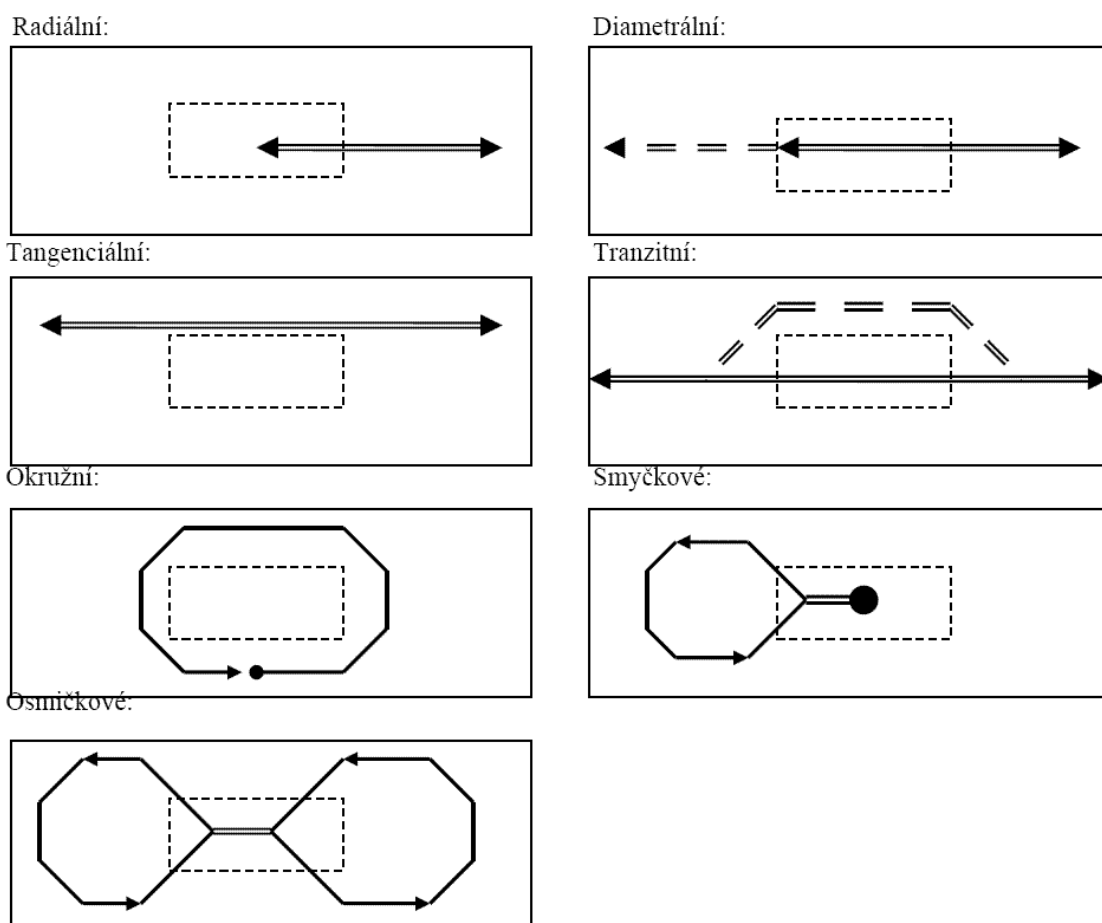
---

3 Metro neboli podzemní dráha bývá v Londýně označováno „underground“.

k rozdělení linek na dvě větve, které se v některém místě dále od centra opět spojují. Obsluha tedy může být nepřehledná, pokud není zvoleno vhodné označení linek; například lze užit pro cestu v jednom smyslu smyčky jiné označení linky než ve druhém, označení musí však být voleno tak, aby si cestující ona dvě označení spolu dokázal spojit a nepovažoval je za označení zcela odlišných linek. Pokud je zvolena pouze jednosměrná obsluha smyčky, může to prodloužit jízdní dobu do některých zastávek na ní, ovšem dochází k celkové úspoře ujetých kilometrů s ohledem na počet obslužených zastávek a systém získává opět na srozumitelnosti. (2) Osmičkové linky vznikají potom složením dvou smyčkových. Dochází potom k projíždění centra města linkami, což přináší menší požadavky na dopravní terminál a počet odstavných míst v centru.

*Tangenciální linky* jsou linky centra se dotýkající, přičemž do něj úplně nezajíždí. Zřizují se v těch případech, kdy je vhodné přímo spojit určité městské části s vysokým vzájemným pohybem cestujících. (2)

Výše zmíněné polohy linek vůči centru města ukazuje obrázek č. 2, kde centrum je znázorněno čárkovaným obdélníkem.



Obrázek č. 2: Způsoby vedení tras linek vůči centru města

Zdroj: Drdla, P.: Technologie a řízení dopravy – městská hromadná doprava, str. 30

### 1.3.2 Typy systémů tvořených sítěmi tramvajových drah

Ne všechny z výše uvedených možností vedení linek přes centrum města jsou v praxi do takové míry používány v tramvajových subsystémech. Je nutné si uvědomit, jakou roli totiž v každém městě tramvajový subsystém vzhledem k ostatním subsystémům MHD obstarává. Můžeme pak sledovat v různých městech zcela odlišná schémata trasování tramvajových linek.

Ve městech, kde tramvajový subsystém slouží jako nejdůležitější a nejrychlejší vzhledem k ostatním subsystémům, uplatňuje se tzv. *radiální systém* (1) sítě tramvajových linek. To znamená, že tramvajový provoz je možné nalézt již v samotném centru města, odkud se rozbíhá právě radiálně do různých městských částí. Často bývá tento systém doplňován o tangenciální vazby ve smyslu výše uvedeném u tangenciálních linek. Tento systém vedení linek mívá zpravidla dlouhou historickou tradici v daném městě, neboť v současné době bývá

již značný problém zavádět do centra města nově tramvajové koleje. Užito je tohoto systému vedení linek právě v těch městech, která si zachovala tramvajový provoz od jeho počátku až do současnosti. Jedná se tedy i o všechna taková města v České republice, ale též v jiných zemích Evropy. Jako příklad je možné uvést Prahu, Brno, Olomouc a ze zahraničí Bratislavu nebo Brémy.

Dalším systémem je *radiálně okružní*, kde se kombinují radiální a okružní i polookružní linky zprostředkovávající tangenciální vazby, když se vyhýbají centru samotnému. Systém mívá i více okruhů, přičemž „vnitřní okruh bývá situován ve vnější hranici historického jádra města, radiálně z něho vycházejí tramvajové tratě, které mohou být za určitých okolností autonomní vzhledem k vnitřní okružní trase.“(1) Jako vhodné zástupce tohoto systému vedení linek je možné uvést taková historická města, v nichž pro rušnost samotného historického centra již v době výstavby prvních tramvajových tratí nebylo možné linky do centra dovést. Jako příklad lze uvést staré středoevropské metropole jako je Vídeň a Budapešť. Systému tak chybí jeden velice podstatný bod, který mají radiální systémy, totiž takový, kde se setkávají takřka všechny linky a kde je velice jednoduše umožněn přestup mezi nimi. Toho je využíváno v současnosti při konstrukci integrovaného taktového jízdního řádu, kde se právě v takovém vhodném přestupním místě sjedou v daný čas všechny linky, což umožňuje libovolné vzájemné přestupy bez nutnosti delšího čekání. Hlavní využití takovýchto přestupů je potom v nočních hodinách, kdy nebývá tramvajový provoz tak frekventovaný.

*Tangenciální nebo polookružní systém* se vyskytuje u tramvajových subsystémů pouze ojediněle v případech, kdy je v samotném městě jako páteční síť linek provozováno metro nebo železnice s radiálním vedením tratí. Tramvajový subsystém potom tvoří pouze doplněk této sítě. V tomto případě jde zejména o tangenciální nebo polookružní spojení mezi několika okrajovými nebo konečnými stanicemi metra nebo příměstské železnice. (1) S ohledem na vývoj města a dominující ideje o nosném subsystému městské hromadné dopravy můžeme říci, že tento systém linek je historicky mladší a nejde zpravidla o první generaci tramvajového provozu v daném městě, neboť dříve již byl v samém centru zaveden, ale s příchodem v dané době dopravně efektivnějších subsystémů byl nucen ustoupit. Ovšem po desetiletích vývoje došlo k novým objevům v technologiích jednotlivých subsystémů, což zapříčinilo, že se tramvajový subsystém stal opět pro dané město vhodným. Typickým příkladem užití tohoto systému jsou doplňkové tramvajové linky v největších evropských městech, jako je Paříž (linky č. 1 St. Denis - La Courneuve – Bobigny a č. 2 La Défense – Issy Plaine) a Londýn (tramvajový systém Wimbledon – Croydon).

*Příměstské linky* jsou v přímé provozní návaznosti na městské tramvajové sítě a většinou slouží jakožto součást systému integrované dopravy. (1) Jako příklad lze uvést ostravskou linku č. 5 (Poruba – Zátíší, Kyjovice – Budišovice).

Posledním typem, se kterým se můžeme u tramvajových subsystémů setkat, je systém *meziměstských linek*. V první formě jde o propojení dvou či více měst, přičemž v každém z nich je provozován vlastní tramvajový systém. (1) Zde lze uvést příklady z okolí slezských Katovic nebo západoněmecké Porúří. Druhou formou tohoto vedení linek uvažujeme, když se tramvajový subsystém městské hromadné dopravy provozuje jen v jednom z měst v rozšířenější podobě. Příkladem může být meziměstská linka Liberec – Jablonec. To je možné nazývat regionální tramvají, jak má v názvu již sám toho se týkající projekt Regiotram Nisa, jehož cílem je s pomocí moderní železniční a tramvajové infrastruktury a vozidel vytvořit systém veřejné dopravy v libereckém regionu založený na páteřní síti kolejové dopravy. (9) V meziměstských linkách se také můžeme setkat s vymazáváním rozdílů mezi železničním a tramvajovým systémem. Při zajištění přechodnosti vozidel z železničních tratí na tramvajové a naopak vzniká tzv. systém vlakotramvají (Tram-Train) provozovaný již v některých německých městech, kde hlavním průkopníkem je město Karlsruhe.

## **1.4 Role tramvajových subsystémů v systémech MHD**

V jednotlivých městech se jednak podle jejich velikosti, ale rovněž podle uspořádání sítě tramvajových linek využívá tramvajového subsystému v různých úlohách. Pokud je tramvajový provoz považován za nutný a nosný systém, který má nejvyšší přepravní výkony, plní tento subsystém roli tzv. páteřního subsystému městské hromadné dopravy. Ovšem v některých městech je tramvajový subsystém pouze doplňkem nabídky linek.

### **1.4.1 Páteřní síť linek**

Páteřní nebo též kmenové linky by měly tvořit přehlednou základní síť linek hromadné dopravy ve městě. Slouží pro pokrytí rozhodujících přepravních potřeb v rámci města. Při plánování linek je nutné dbát na místní poměry a ne pouze bez jakékoliv zkušenosti vytvořit systém páteřních linek od „zeleného stolu“. Tyto linky by měly být napojeny na hlavní přestupní uzly v rámci i mimo MHD. (2)

V mnoha městech se využívá právě tramvajový subsystém jako páteřní, neboť se jedná o subsystém nejrychlejší a s nejvyššími možnými přepravními výkony v porovnání



s ostatními provozovanými subsystemy. S tím souvisí i uspořádání vnitřního prostoru vozidel, které musí umožňovat rychlou výměnu cestujících v zastávkách a poskytovat velké plochy k stání v porovnání s těmi k sezení, neboť v hodinách dopravních špiček je počet přepravovaných osob na plochu vozidla značně vyšší.

Velká města, která již mají subsystem metra, zpravidla jako páteční síť linek používají jej. Rozdílná však může být situace během různých dob dne. Například o pražské hromadné dopravě je možné říci, že během nočního provozu slouží jako páteční subsystem právě subsystem tramvajový.

#### **1.4.2 Cíle obsluhované tramvajovými subsystemy**

Základní úlohou městské hromadné dopravy je spojovat funkční celky města, tedy umožnit přepravu osob z a do různých městských zón. Jedná se zejména o spojení obytných oblastí s pracovišti. Tento přepravní proud je možné charakterizovat jako velice proměnný během dne, ale pravidelný a poměrně dobře předvídatelný. V ranních hodinách je velká poptávka po přepravě do práce, zatímco v odpoledních hodinách se cestující vrací do svých domovů. Ranní špička však bývá vyšší než odpolední, což může být zapříčiněno tím, že v podnicích začíná pracovní doba v přibližně stejný čas. Odpoledne je špička rozvolněnější vzhledem k požadavkům obyvatel rovněž uspokojit své jiné potřeby, které se týkají zejména využívání služeb v centru města, což způsobuje v některých případech pozdější návraty domů a s tím i rozvolněnější odpolední dopravní špičku. Pro dopravní podnik je dopravní špička rozhodně největším zdrojem přepravních výkonů, ale zároveň velkou otázkou, neboť je pro ni potřeba nasadit do provozu mnohem více vozidel než v jiných denních dobách. Tedy se stává, že mimo špičku bývá určitá část vozidlového parku nevyužita. To se týká i tramvajů. Je však nutné myslet na to, kde bývají vozidla přes noc odstavena, neboť v brzkých ranních hodinách musí již být připravena přepravovat cestující z nejdlehlších částí dopravní sítě. Vznikají tak další zpravidla neefektivní jízdy vozidel z vozoven na konečné zastávky.

Dalším možným přepravním proudem jsou cestující jedoucí do zón rekreačních. Zde je vůbec problémem určit vhodný rozsah obslužení takových zón, protože poptávka po přepravě se tu mění nejen v závislosti na ročním období, ale také například na počasí, které rozhodně nemůže dopravní podnik předvídat do takové míry, že by podle něj nasazoval dle předpřipraveného plánu vozidla do oběhu. Je však možné v součinnosti s dispečerským řízením pro určité linky zavést posilové spoje. Toho bývá využíváno, když se v některé části města nebo jeho okolí koná například kulturní akce s předpokládanou masovou účastí.



Podobně se jedná například při zajišťování dopravy na veletrhy například v Hannoveru nebo v Brně.

Velice vhodné se i z praxe jeví zřizování dopravních terminálů u železničních stanic plnících úlohu hlavních osobních nádraží. V některých městech taková stanice v rámci MHD slouží jako centrální bod sítě, což umožňuje mnohem jednodušší plánování linek a jízdních řádů zejména v hodinách s nižší intenzitou provozu. Také je tím zajištěna dobrá srozumitelnost dopravního systému MHD pro cestujícího. Městy, kde tzv. hlavní nádraží je skutečně srdcem tramvajového subsystému MHD, jsou například Brémy (Bremen Hbf) nebo Brno (Brno-hlavní nádraží). Podobně v Mnichově se po nákladné rekonstrukci podařilo svést všechny linky S-Bahn plnící roli páteřního subsystému MHD na společný úsek zaústěný pod zemským povrchem ve středu města a vedoucí i přes hlavní vlakové nádraží (München Hbf). (10)

Pro atraktivnost města je bezesporu rovněž nutné, aby bylo zajištěno velmi rychlé spojení centra s letištěm. Někde se používá dokonce spojení vysokorychlostní železnicí jako v případě dopravy z železniční stanice London Paddington na letiště Heathrow vlaky Heathrow Express. (10) V čínském městě Šanghaj bylo dokonce s pomocí německé technologie vlaků na principu magnetického polštáře umožněno vybudovat trať o délce 30 km na mezinárodní letiště Pudong, kde jezdí vlaky až rychlostí 430 km/h. (11) Jinde je provedeno napojení letiště pomocí příměstské železnice nebo metra jako například v Paříži systémem RER na letiště Charles de Gaulle. Rovněž velice zdařilé je železniční napojení letiště v jihoanglickém Southamptonu nebo v německém Frankfurtu nad Mohanem, kde jsou na letiště samy přivedeny i dálkové rychlovlaky ICE. Ovšem pokud není letiště až tak vzdáleno od města, připadá v úvahu spojení s městem pomocí tramvajového subsystému MHD, jako je tomu například v Brémách. V českých městech však spojení mezinárodních letišť s centry měst kolejovou dopravou dosud chybí. Zejména je to znát na obtížné dostupnosti letiště Praha-Ruzyně. Pro provozovatele letecké dopravy je jistě vhodnější naplánovat pravidelnou leteckou linku na letiště s vhodným spojením do města. Proto je v současnosti na trhu se značně se rozvíjející leteckou dopravou vybudování kapacitního napojení centra města na letiště vhodnou příležitostí pro město samé a rozvoj obchodu a turistiky v něm.

## 2 VÝVOJ TRAMVAJOVÉHO SUBSYSTÉMU

Vývoj samotné tramvaje, jak ji známe dnes, tedy kolejového vozidla elektrické trakce, byl postupný přes několik málo zlomových událostí, které budou uvedeny a popsány. Jakousi odrazovou plochou celého vývoje MHD je vůbec zavedení omnibusů jako prostředků městské veřejné dopravy, neboť to předznamenávalo budoucí masovost tohoto dopravního odvětví. První epochou a vlastním vznikem tramvajového subsystému městské hromadné dopravy je potom zavedení koněspřežných tramvají. Další epochou je využití tramvají strojově poháněných.

Dále se tato kapitola zabývá popisem historických skutečností z oblasti brněnského tramvajového provozu, neboť se jedná o historicky první město s tramvajovou dopravou (koňská tramvaj) v českých zemích a třetí v Rakousko-Uhersku po Vídni a Pešti. Dalším důvodem je významnost v rámci dopravní obslužnosti města a značně radiální systém linek popisovaného tramvajového subsystému.

### 2.1 Počátek a vývoj tramvajového subsystému městské veřejné dopravy

V polovině 19. století začaly být v různých zejména důležitých evropských městech cíleně budovány systémy městské veřejné dopravy. S využitím tehdejších technických možností a provozních zkušeností bylo přihlédnuto k provozování pravidelných linek městskými omnibusy. Jednalo se koňmi tažené povozy, které byly uzpůsobeny k přepravování vyššího množství cestujících na rozdíl od drožek nebo kočárů. Skutečné využití tohoto, lze říci, revolučního druhu dopravy bylo často velice spekulativní, tedy ne vždy se nově zřízená městská linka setkávala s očekávaným úspěchem a obsazeností. Ovšem cestujících postupně přibývalo. Označení „omnibus“ jednoznačně ukazuje na to, že tento dopravní prostředek měl sloužit každému, neboť slovo znamená česky „všem“ z latinského dativu od zájmena „omnes“ (všichni). Hlavním původním využitím byla však přeprava cestujících na nádraží. Již v době počátků je možné vysledovat, že mohly být nakupovány balíčky více jízdenek za zvýhodněnou cenu, což odkazuje na fakt využívání omnibusové dopravy pro opakované cesty do města či denní dojíždění. Avšak ne pouze nádraží bylo jediným cílem cest, ale také z různých vzdálenějších městských částí využívalo tohoto druhu dopravy průmyslové dělnictvo pro cestování do práce. (12)

Stále rostoucí popularita omnibusů a již nedostatečná obsaditelnost daly vzniknout myšlence o novém subsystému městské veřejné dopravy. Při realizaci se využilo právě výhod

takového způsobu dopravy, při kterém byla požadována nižší měrná tažná síla na jednoho cestujícího či na hmotnostní jednotku vůbec. Proto došlo k vybudování prvních kolejových drah pro městskou veřejnou dopravu, kde se využívalo značně menšího valivého odporu ve styku ocelové kolo-kolejnice.

„Nepříliš rychlá koňská dráha nevyhovovala již koncem 19. století zrychlenému tempu kapitalistické výroby“ (12), a tedy bylo nutné přemýšlet o aplikacích strojních zařízení pro pohon tramvají. Problémem však zůstávalo řešení, jak pohánět tramvaje tak, aby měly dostatečný výkon a aby jejich hmotnost nebyla příliš vysoká. Došlo k aplikacím již léty osvědčeného parního pohonu, ale ten nebyl pro městské ulice příliš vhodný, neboť parní stroj je poměrně těžký a se složitou obsluhou, tedy nevhodný pro časté zastavování. Kromě toho vypouští do ovzduší značné množství kouře a páry. Přesto však i parní tramvaje našly své uplatnění v mnoha městech do té doby, než byly vyřešeny technické problémy omezující nasazování vozidel elektrické trakce.

Dalším možným pohonem tramvaje je využití setrvačníku. Zde je nutné podotknout opět tíhu zařízení a také velice špatnou ovladatelnost, která takřka vylučuje, aby vedla trať do oblouků, což je s provozem v často křivolakých městských ulicích neslučitelné.

Již vhodnější se zdá využití tzv. nekonečného lana pod vozovkou a poháněného strojovnou na konci trati. Vozidla jsou potom připnuta na toto pohybující se lano táhnoucí všechna vozidla na trati. V zastávkách dojde k odepnutí lana a dobrždění. Tento princip tramvajové dopravy je vhodný tam, kde již není možné či výhodné provozovat tramvaje adhezní. V současnosti je možné se s takovými tramvajemi setkat v San Franciscu na západním pobřeží Spojených států amerických.

Konečně tedy zbývá zmínit do současnosti užívanou koncepci tramvaje jakožto kolejového vozidla poháněného elektromotorem, přičemž napájení je prováděno prostřednictvím vodičů vedoucích podél trati a k tomu uzpůsobených. Myšlenka elektricky poháněné dráhy byla zpočátku pouze jako atrakce na světových výstavách. První se s takovouto tramvají vozící návštěvníky průmyslové výstavy na třístametrové trati mohl pochlubit Berlín v roce 1879 díky inženýrskému počínu Wernera von Siemens. Nutné je však dodat, že předvedení tohoto vozidla, které je těžko zařaditelné do kategorií dnešních dopravních subsystémů je jistě i důležitým milníkem pro rozvoj elektrických lokomotiv na železnici. V roce 1881 byla v Berlíně postavena zkušební pouliční dráha opět a v roce 1883

se jí při příležitosti elektrotechnické výstavy v Prátru dočkala i Vídeň. Tato dráha měla délku asi 1,5 km. V těchto dvou případech však již lze potvrdit, že vozidla je možné zařadit do kategorie tramvaj. Podobné dráhy bylo možné vidět i na výstavách v Paříži, Londýně či Mnichově. První tramvaj v Rakousko-Uhersku v běžném provozu jezdila na trati o délce 4,5 km z Mödlingu do Hinterbrühl. (12)

V českých zemích byl iniciátorem elektrické tramvaje a mnoha dalších elektrotechnických novinek známý český inženýr František Křižík (1847-1941). Prvním jeho přínosem pro tramvajovou dopravu byla 800 m dlouhá trať v Praze na Letné Oveneckou ulicí ke vchodu do Královské obory. Provoz byl zahájen 18. července 1891 a trval do roku 1896. Mezitím již Křižík navrhl roku 1892 trať z Florence do průmyslové Libně, odkud byla později prodloužena do Vysočan. (12)

## **2.2 Historický vývoj tramvajové dopravy v Brně**

V Brně bylo možné cestovat po městě omnibusy od roku 1863 na dvou linkách. Avšak rozvoj města a fúze s přilehlými obcemi vedla k potřebě zavést vyšší stupeň dopravního subsystému městské veřejné dopravy. První návrhy byly podány v roce 1868 společností Brüner Tramway Gesellschaft für Personen und Frachten Verkehr. (13)

Provoz koněpřežné tramvaje byl v Brně zahájen 17. srpna 1869, což je o šest let dříve než v Praze. Tehdy vybudované tramvajové trati předznamenaly trasování současné. Avšak provoz koněpřežné tramvaje nebyl v Brně tak populární, jak se při uvedení do provozu uvažovalo a v roce 1874 byl provoz přerušen úplně. (13)

Město hledalo nového provozovatele, kterým se stal ředitel pražské tramvajové společnosti Bernhard Kollmann. Též byla položena v roce 1876 trať přes centrální náměstí, Náměstí Svobody. V roce 1879 byla na tramvajových tratích zkoušena parní lokomotiva, ale zavedení parního provozu by kvůli větším nápravovým tlakům vyžadovalo výměnu kolejového svršku. Dne 3. října 1880 byl provoz tramvajů opět ukončen. (13)

Třetí dodnes trvající generaci tramvajového provozu v Brně zahájil Wilhelm von Lindheim 1. listopadu 1884. Zásadní inovací bylo zavedení parní trakce, což se odráželo i v názvu podniku – Brüner Dampf-Tramway. Název byl však roku 1886 pozměněn na Brüner Local Eisenbahn Gessellschaft (BLEG). (13) O existenci parního provozu v Brně svědčí obrázek č. 3.



*Obrázek č. 3: Parní tramvaj v Brně*

Zdroj: Dopravní podnik města Brna, a. s. [online]. 2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z [www: <http://www.dpmb.cz/hist.asp>](http://www.dpmb.cz/hist.asp).

Dalším mezníkem je prodej společnosti Oesterreichische Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien. Také došlo k založení akciové společnosti Gesellschaft der Brüner Elektrischen Strassenbahnen. Jak již výše zmíněné názvy společností napovídají, byl v Brně zaveden elektrický provoz tramvají a skončilo tím období téměř šestnáctiletého provozu parního. Při vystřídání trakcí dne 21. června 1900 byly provozovány dvě linky a rychle byly budovány linky nové. (13)

V období první světové války se musela městská doprava přizpůsobovat požadavkům vojenským, což znamenalo zajistit dopravu i po vlečkových kolejích zejména do vojenské nemocnice v Zábrdovicích, ale také do lazaretu na Veveří. V té době byl provozovatelem Oesterreichische Elektrizitäts Lieferungs Aktiengesellschaft. Po poválečných obnovách kolejového svršku a trolejového vedení byly rovněž otevřeny trati do Maloměřic a Řečkovic přes Husovice, do Juliánova a na Rosického náměstí v Žabovřeskách. Mezi další rozšíření lze například zahrnout i tratě do Masarykovy čtvrti nebo od Ústředního hřbitova do Horních Heršpic na křižovatku Vídeňské ulice a Bohunické. (13) Dnes je velice vhodné ocenit zejména tuto trať dnes již z části přeloženou a prodlouženou daleko na Vídeňskou ulici, neboť podél ní se nachází velice perspektivní průmyslová zóna, kam denně dojíždí za prací množství Brňanů.

Do druhé světové války pak probíhaly zejména práce na zdvojkolejňování již existujících traťových úseků. Také však byl zahájen provoz na nové trati do Černých Polí. V roce 1942 byla převzata a později elektrifikována parní místní dráha z Černovic do Líšně

a o rok později vytvořena odbočka na Stránskou skálu do továrny na letecké motory (dnes Zetor). (13)

Po válce bylo nutné opět obnovit veškerý vozový park i infrastrukturu včetně vyhořelé vozovny v Pisárkách. Také byla roku 1947 prodloužena trať do Komína a roku 1948 dále do Bystrce. V roce 1949 byl zahájen provoz do Štefánikovy čtvrti. V dalších letech byly některé traťové úseky zrušeny a jiné přeloženy. Důležité je však zmínit zavedení provozu z Mendlova náměstí k Výstavišti roku 1966. (13) Tato trať má dnes při konání veletrhů klíčový význam a jsou na ní nasazovány i četné posilové spoje, aby byla zajištěna přeprava velmi vysokého počtu návštěvníků.

V sedmdesátých letech 20. století se nejzávažnější změny odehrávaly při prodlužování současných tratí do vzdálenějších městských částí jako Lesná či Jundrov a dokonce i za katastrální hranice města do Modřic. (13)

V osmdesátých a devadesátých letech 20. století se počala objevovat provozní stagnace celého systému MHD, která byla zapříčiněna zejména prudkým nárůstem individuální automobilové dopravy. Vyžadovalo to přikročit k zásadním změnám v organizaci a efektivnosti dopravního systému. Zejména bylo v mnoha případech také nutné vyřešit problém s nedostatečnou kapacitou dopravních prostředků.(14) Bylo nakoupeno množství nových tramvají. Je však otázkou, jak dobře si Dopravní podnik města Brna (DPMB) v tomto počínal, protože mezi jeho vozovým parkem je možné nalézt nepřeberné množství typů tramvají, což v důsledku působí další náklady při školení řidičů a zvláště při opravách vozidel. V provozu také nastaly mnohé technologické změny, když byly zkracovány jízdní intervaly a zjednodušováno a zpřehledňováno vedení linek. (14)

V roce 1990 nastoupil do funkce vedoucího dispečera Ing. Vítězslav Zeman, který využil možnosti inspirovat se při racionalizaci provozu v Brně zejména zkušenostmi městských dopravních podniků západní Evropy. Roku 1999 bylo zadáno výběrové řízení na systém kontroly a řízení provozu nazývaný dnes Řídící informační systém (RIS), který byl plně uveden do provozu roku 2004. (15)

Od 1. ledna 2004 je také DPMB členem Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje (IDS JMK), což přineslo kromě lepší spolupráce s ostatními dopravci také další množství cestujících využívajících výhod vzájemného uznávání jízdních dokladů v rámci IDS. (16)



### 3 SOUČASNÝ STAV; PŘÍKLADY Z PRAXE

V této kapitole je ukázáno, jak je možné v praxi se setkat s různými inovacemi v oblasti tramvajových subsystémů MHD. Zaměřím se na situaci v Brně, kde je možné pozorovat z hlediska technologie dopravy dvě velmi důležité skutečnosti: aplikaci Řídicího a informačního systému a spolupráci v rámci IDS. Také se zabývám problematikou projektu Severojižního tramvajového diametru spojeného s výstavbou nového hlavního železničního osobního nádraží.

#### 3.1 Město Brno

Brno je se svými 370 592 obyvateli<sup>4</sup> největší město Moravy a díky své výhodné poloze vyplývající z mnoha historických okolností se stalo přirozeným hlavním centrem jihomoravského regionu s jistou spádovostí patrnou i z Vysočiny. Nejbližší větší města jsou Vídeň (110 km) a Praha (200 km). V historii je zejména Vídeň důležitá, protože by bylo hlavní město habsburského mocnářství a jako takové sídlo mnoha úřadů. Rovněž první železniční trať v Brně uvedená do provozu roku 1839 vedla přes Břeclav z Vídně. Brno je důležitou dopravní křižovatkou, jejíž historie sahá až hluboko do středověku, kdy přes město procházely cesty spojující severní a jižní části Evropy. V tom duchu byla též započata za protektorátu stavba tzv. „Hitlerovy dálnice“, která měla spojit Vídeň s Vratislaví. V současnosti je však z dálnice vybudováno jenom terénní těleso. Další důležité dopravní tepny byly přes Brno vedeny za éry Československa, kdy bylo nutné spojit západ země s východem. Tak byla vybudována dálnice D1 z Prahy pokračující potom dále na východ a dálnice D2 z Brna do Bratislavy. V současnosti je přes Brno trasován I. tranzitní železniční koridor. (17)

Město zabírá plochu 230 km<sup>2</sup> a leží na pomezí jihomoravské nížiny, Dražanské a Českomoravské vrchoviny. Nutné je poznamenat, že se rozkládá v nadmořské výšce 190–425 m. n. m., což jasně svědčí o rozmanitosti terénu. Ze tří stran je tedy město obklopeno zalesněnými vrchy a na jihu přechází v nížinu. Protéká jím řeka Svratka s přítokem Svitavou. V severozápadní části města je na řece Svratce vybudována umělá nádrž Brněnská přehrada, která je vodním zdrojem a významným rekreačním místem. (17)

---

4 stav k 31. 12. 2008

V Brně je sídlo institucí Jihomoravského kraje, Biskupství brněnského, mnoha soudů a jiných úřadů, škol, univerzit a různých kulturních zařízení. Je třeba mít na paměti zejména nárůst vysokého školství, který je v posledních dvaceti letech opravdu značný. Hlavními vysokoškolskými vzdělávacími institucemi jsou Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, Vysoké učení technické a Masarykova univerzita. Celkem je na šesti brněnských vysokých školách s 27 fakultami imatrikulováno necelých 40 000 vysokoškolských studentů (17), což je velmi vysoké číslo v porovnání s počtem ostatních obyvatel města. Od tohoto faktu se také musí do určité míry odvíjet strategie Dopravního podniku města Brna při zajišťování MHD.

### **3.2 RIS – Řídící a informační systém a jeho aplikace v praxi**

Se zavedením moderního Řídícího a informačního systému (RIS) došlo v Dopravním podniku města Brna k nebyvalému rozšíření možností sledování a koordinace vozidel městské hromadné dopravy. RIS je převratnou inovací řízení dopravy vycházející z mnoha zahraničních zkušeností a dosud nemá v českých podmínkách obdoby. Přestože v mnoha městech již používají pokročilé systémy zjišťování polohy vozidel a s tím spojené činnosti dopravních zařízení jako preference na křižovatkách, je RIS dosud nejpokrokovějším z nich.

RIS je převratný zvláště tím, že nemá pevné prvky podél trati zjišťující polohu vozidel a nemá tedy ani komplikace s napájením takových prvků. Ale v budoucnu se DPMB bude stejně s problémem napájení různých informačních zařízení potýkat, pokud bude chtít vybavit informačními panely a rozhlasem všechny zastávky MHD. Činnost RIS lze rozdělit na dva tzv. kroky:

- *Základní krok* RIS obsahuje sdružení informací o vozidlech do jednoho řídicího střediska.
- *Druhý krok* se zabývá zpracováním informací a jejich předáním dále. Jde o přenos optických a akustických informací cestujícím (tj. zejména hlášení a zobrazení odjezdů nebo zpoždění na zastávkách). Také je zajištěna komunikace s Policií České republiky a možnost vzájemného ovládání kamerových systémů. (16)

RIS je prvním systémem řízení MHD na světě využívajícím GPS. (16) Skládá se z mobilní části na vozidle a stabilního vysílače/přijímače. Mobilní část je vybavena sběrníci IBIS užívanou v německém prostředí od 80. let nebo novější sběrníci RS485. Tak je zajištěna komunikace s palubním počítačem a dalším vybavením vozidla jako



označovači jízdenek a digitálními akustickými hlásiči, které umožňují hlásit zároveň až čtyři různá hlášení, což bývá využíváno například při nástupu NS. RIS má tři tzv. klienty:

1) *Datový klient* umožňuje přenos dat na vozidlo ze stabilního vysílače pracujícího na kmitočtu 430 MHz jakožto privátní datová síť nebo na kmitočtu 900 MHz pro přenos většího množství dat na menší vzdálenost. Také je využíván pro hlášení vozidla na křižovatkách, kde je zajištěna preference MHD dle zadaných kritérií na třech úrovních:

- a. prvně je preferováno vozidlo MHD se zpožděním,
- b. dále je preferováno vozidlo vázané trakce – nejprve však tramvaj, potom trolejbus,
- c. vozidlo, které je v pohybu, je preferováno oproti stojícím vozidlům.

Preference průjezdu křižovatkou je prováděna vložení fáze navíc. V nočních hodinách probíhá prostřednictvím tohoto klienta přenos dat na vozidlo a update firmware.

2) *Fónický klient* zajišťuje komunikaci vozidla s dispečinkem. Narozdíl od dříve používaných běžných vysílaček je zde umožněn výběr tzv. dynamické skupiny vozidel dle aktuální příslušnosti k dané lince, vozovně, trakci nebo mohou být volaná vozidla vybrána dispečerem individuálně.

3) *Mapový klient* sděluje dispečinku aktuální polohu vozidla, kterou zjišťuje ne komunikací s pevnými detekčními zařízeními podél trati, ale díky přijímaným informacím GPS. Programové vybavení na dispečinku potom rozlišuje polohu dvojí:

- a. fyzickou vypovídající o přesné poloze vozidla prostřednictvím souřadnic GPS,
- b. logickou polohu přidělující každé komunikující vozidlo k některé z linek.

Tak může být zjištěno, kde na lince se vozidlo právě nachází. to je důležité kvůli srovnávání současné polohy s plánovanou podle jízdního řádu. Na dispečinku je pak možné zobrazit na přehledovém panelu různě jednotlivá vozidla například dle délky zpoždění. (16) Centrální systém dostává informace od vozidel a řídí se vždy podle tzv. „posledního charakteristického okamžiku“, který vypovídá o posledním příjezdu na zastávku nebo odjezdu z ní.

Cesta k vybudování RIS začala roku 1999 výběrovým řízením, kde bylo obdrženo 26 odpovědí. Po specifikaci požadavků zůstalo aktuálních ještě 13 nabídek od pěti firem v cenovém rozpětí 76-200 mil. Kč. DPMB se snažil vybrat takovou nabídku, která by nejlépe dokázala uspokojit jeho poptávku. To bylo obtížné vzhledem k tomu, že množství nabízejících hodlalo spíše prodat vlastní již někde aplikovaný produkt, než se podílet na vývoji zcela

unikátního systému. Výsledkem výběrového řízení se tedy stalo konsorcium pěti firem s nabídkou v hodnotě 115 mil. Kč. Konkrétně se jedná o firmu Motorola, která dodala radiostanice; firma Racom, s. r. o. dodala zařízení pro datové přenosy; firma Herman zajistila digitální hlásiče; T-mapy, s. r. o. z Hradce Králové poskytla kompletní softwarové řešení pro dispečink a vozovny, systém pro sledování, řízení a analýzu dopravy, zpracování údajů z GPS, databázové a mapové služby; firma Buse, s. r. o. z Blanska dodala palubní počítače a informační panely. (16)

### 3.3 Spolupráce v IDS JMK

V České republice může být Brno a okolí považováno za místo, kde existuje vůle k provozování osobní veřejné dopravy v rámci IDS, což se například nedá říci o Vysočině<sup>5</sup>. Tato vůle je způsobena opravdu znatelnou spádovostí do Brna jako důležitého centra. Zpočátku tedy mohl působit IDS JMK jako monocentrický IDS. V současnosti je však situace jiná, protože IDS JMK zasahuje i do míst daleko od Brna, kde již není spádovost na Brno tak znatelná, ale jsou tam vytvořeny místně významné místní přestupní uzly v různých městech a městečkách (např. Tišnov, Kuřim, Slavkov u Brna, Vyškov na Moravě).

IDS JMK je ten případ IDS, kdy byl započat provoz přímo v centrálním městě a rozšiřování probíhá směrem od něj. Jiným typem IDS jsou ty, kde je MHD největšího města integrována později. V případě Brna bylo tedy nutné navázat dobrou spoluprací mezi DPMB a koordinátorem Kordis JMK, spol. s. r. o. (dále jen Kordis). Proto byly také stanoveny Kordisem standardy výbavy vozidel MHD v Brně podle DPMB. Je totiž v rámci IDS povoleno dopravcům žádat o různé linky, koordinátor pak podle určitého svého klíče přerozděluje dotace na provoz jednomu nebo více z přihlášených žadatelů o provoz na dané relaci. Tímto je zcela legitimně ztížen přístup jiným dopravcům k provozování MHD v Brně.

Kordis však přiděluje různé linky na okraji města též z části jiným dopravcům vzhledem k vytíženosti vozidel DPMB v centru města. Dále je spojen s dispečinkem DPMB optickým kabelem, takže může prostřednictvím počítačové sítě být napojen na RIS a mapovat tak pohyb vozidel, což mu umožňuje lépe zajišťovat návaznosti spojů a eliminaci nepřipojů. Rovněž využívá stejný software pro tvorbu grafikonu. Dalším velkým přínosem Kordisu je vybavení

---

<sup>5</sup> Výjimku však tvoří některé obce připojené z vlastní iniciativy k IDS sousedních krajů jako k IDS JMK na východě a k IDS Pardubického kraje na severu.

již sedmi významných tramvajových zastávek informačními panely zobrazujícími odjezdy a zpoždění spojů. Tyto panely přijímají informace aktualizované podle nejposlednějších stavů v RIS. (16)

### **3.4 Severojižní tramvajový diametr**

Projekt Severojižní tramvajový diametr (SJTD) řeší problém, jak zachovat zájem o využívání MHD zejména u cestujících ze satelitních obytných celků vybudovaných ve 2. polovině 20. století. Do takových sídlišť často vedou tramvajové radiály s parametry segregované tramvajové rychlodráhy. Problém však nastává v centru města, kde je provoz sloučen se silniční dopravou. SJTD by měl propojovat severní části města (Královo Pole a Žabovřesky) a historickým jádrem a také s rozvíjejícím se jižním centrem, kam se plánuje přesun hlavního železničního osobního nádraží. V budoucích letech je dokonce uvažováno o vybudování systému zvaného Tram-Train, který by umožňoval přechodnost vozidel mezi regionální železnicí a SJTD. Vedení SJTD ve stupni s městskou tramvají je uvedeno v příloze č. 1 a s regionální tramvají v příloze č. 2. (17)

Výstavba severojižního tramvajového diametru byla schválena roku 1998 městským zastupitelstvem v rámci „Dopravní politiky města Brna“, kde je formulován požadavek bezkolizní podzemní kolejové dráhy a také na segregaci MHD. Roku 2000 bylo schváleno technicko-ekonomické zadání ohledně tunelového úseku pod centrem města. Zpracování dalšího úseku bylo zadáno roku 2002 a dosud nebylo orgány vedení města plně projednáno.

SJTD má být dvoukolejnou tratí vedenou v centru města podpovrchově a traťová rychlost má být 70 km/h. Při minimálním intervalu 120 s bude přepravní kapacita této dráhy v jednom směru 5880 osob za hodinu. (17)

Náklady na výstavbu obou úseků se pohybují v rozmezí 16,4–18,6 mld. Kč v cenových úrovních roku 2000 (17). Jde tedy o značnou investici, jejíž zhodnocení závisí na mnoha faktorech. Jedním z nich je vybudování nového osobního vlakového nádraží. Pokud bude toto nádraží vybudováno, bude nutné v Brně opravdu uvažovat o zásadní změně dopravní obslužnosti centra města, což s sebou ponese dnes těžko předvídatelné další nepříjemnosti. Částečně by byla změna dopravní obslužnosti představována právě SJTD, ale vzhledem k velikosti města si nemyslím, že by přesun žst. Brno-hlavní nádraží do Komárova a s tím nutně spojená restrukturalizace MHD bylo pro město, jeho obyvatele a zavedený systém MHD vhodným krokem.

Počin podobný SJTD byl realizován například v Hannoveru, kde je provozována rychlodrážní tramvaj, která v centru města je rovněž vedena v podzemí. Ovšem v okrajových částech města se již pohybuje na povrchu. Podobně jako má být v případě Brna jde o kombinaci rychlodrážní tramvaje a podzemní dráhy. Je nutné si uvědomit, že přestože vozidla takového subsystém MHD se mohou v tunelech pohybovat větší rychlostí, ztrácí svým charakterem podzemní dráhy mnoho výhod subsystému pouliční tramvaje nebo tramvaje obecně. Hlavní takovou výhodou je zejména rychlá přístupnost nástupiště. U podzemní dráhy vždy již je nutné počítat s určitým zmařeným časem, který potřebují cestující, aby se dostali z povrchu do podzemní stanice. Proto je podzemní dráha budována spíše ve větších městech, jak ukazuje v kapitole 1.1 tabulka č. 1. Je tedy obtížné podepřít stavbu SJTD oprávněnými argumenty. Vzhledem k tomu, že ve druhé polovině roku 2009 má být dokončena rekonstrukce ulice Husovy, která značně omezuje tramvajový provoz v centru, je nutné uvažovat, jak by se přepravní proudy po jejím dokončení změnily. Prognózy přepravních proudů s a bez SJTD jsou uvedeny v příloze č. 3, kde jednotlivá čísla představují hodinovou frekvenci cestujících v daném směru.

## **4 NÁVRHY NA ZEFEKTIVNĚNÍ ZVOLENÉHO TRAMVAJOVÉHO SUBSYSTÉMU**

Pro tuto část práce jsem si zvolil ke zpracování tramvajový subsystém MHD v Brně. Již výše jsem uváděl, že se jedná o subsystém s bohatou historií a také s částečně modernizovaným vozidlovým parkem, ale zejména s opravdu zdařile navrženým tzv. Řídícím a informačním systémem. Tedy je těžké hledat další podněty ke zefektivnění v oblasti řízení dopravy, neboť to je zajištěno výborně. Existují zatím jisté nedostatky v oblasti informování cestujících prostřednictvím vizuálních informačních panelů. Problém však nespočívá v systému předávání informací, ale ve finanční náročnosti na pořízení informačních panelů a jiných zejména akustických zařízení na všechny zastávky MHD.

Budu tedy uvažovat o zefektivnění prostřednictvím změny trasování některých linek. Vzhledem k tomu, že je nutné do určité míry respektovat současné přepravní proudy, nemůže být změna trasy linky bez efektu na obsazenost vozidel jiných linek, se kterými vede v určité části měněná linka souběžně. Proto budou vždy z navrhovaných změn vyplývat i některé úpravy další.

### **4.1 Představení navrhovaných změn a jejich odůvodnění**

V této podkapitole budou vypsány základní navrhované změny a nejdůležitější důvody, které stojí za vhodností jejich provedení. Vychází se zde z předpokladu, že městská hromadná doprava má být přístupná všem občanům a má umožňovat snadné cestování po městě. Dále jsou vybrány linky, které by po určitých úpravách mohly poskytnout lepší technologickou organizací provozu dodatečné přepravní kapacity pro jiné více vytížené linky.

#### **4.1.1 Požadavek na kompaktnější uspořádání přestupního uzlu Hlavní nádraží**

Současné uspořádání přestupního uzlu Hlavní nádraží je nevyhovující v tom ohledu, že jednotlivá stanoviště jsou od sebe značně vzdálena. Hlavní jsou nástupiště u čtyř kolejí přímo před nádražní budovou. Jako dobře situovanou považuji smyčku autobusů a trolejbusů, která je ve vzdálenosti 120 m od středu hlavních tramvajových nástupišť. Nalézt jinou pozici pro ni by bylo téměř nemožné vzhledem k husté okolní zástavbě. Ovšem při příchodu na jiná nástupiště je nutné překonávat schody do podchodu nebo přecházet silnici s tramvajovými kolejemi mimo zastávku. Cestující pohybující se při přestupu z linky č. 9 k hlavním

nástupišť musí ujít přibližně 150 m, což odpovídá dvěma minutám zmařeného času při přestupování (při rychlosti chůze  $1.25 \text{ ms}^{-1}$ ).

Zejména pro cestující s omezenou pohyblivostí to může být odrazující důvod při rozhodování o cestování MHD. Dalším argumentem proti umístění nástupiště linky č. 9 je lokace ve velkém spádu a nedostatečná šířka nástupiště na jedné straně tramvajové dráhy ve smyslu ČSN 736425-1 (Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště – Část 1: Navrhování zastávek).

Tedy všechny nástupiště jednoho přestupního uzlu by měly být umístěny pokud možno co nejbližše sobě, aby došlo k časové úspoře při přestupech cestujících mezi jednotlivými linkami MHD. V situaci u Hlavního nádraží mi tento problém přijde řešitelným a níže podám k provedení navrhovaného řešení podrobnější popis změněného trasování linky č. 9 tak, aby nezastavovala u nástupišť u hotelu Grand (zastávka MHD „Hlavní nádraží“, nástupiště „U Grandu“), ale přímo u hlavních nástupišť (koleje č. 1-4).

#### 4.1.2 Zpřehlednění tramvajového subsystému snížením počtu linek přetrasováním

Tramvajový subsystém MHD v Brně se skládá v současnosti ze 13 linek, přičemž mezi nimi jsou linky různého vytížení během dne a nabízené přepravní kapacity. Pro tento účel jsem vypracoval graf nabízené přepravní kapacity na jednotlivých linkách. Uvažoval jsem průměrný počet spojů za hodinu v daném časovém období (ranní špička, dopolední sedlo, odpolední špička a večerní sedlo). Také jsem analyzoval, přepravní kapacity jednotlivých nasazovaných typů tramvají a ve výpočtu použil přepravní kapacitu určenou váženým průměrem přepravních kapacit jednotlivých typů tramvají dané kategorie. V případě Brna jsou užívány zpravidla tramvaje typu K2 s obsaditelností 157 osob a soupravy 2 x T3 (2 x 110 osob) kapacitně velice přibližně odpovídající jiným delším tramvajím kloubovým jako například Škoda 13T (193 osob) nebo KT8D5N (231 osob). Při výpočtu hodnot přepravních kapacit linek jsem postupoval podle odvozeného vzorce č. 1.

$$K_n = (o_n * s_n) / t_d \quad (1)$$

kde:

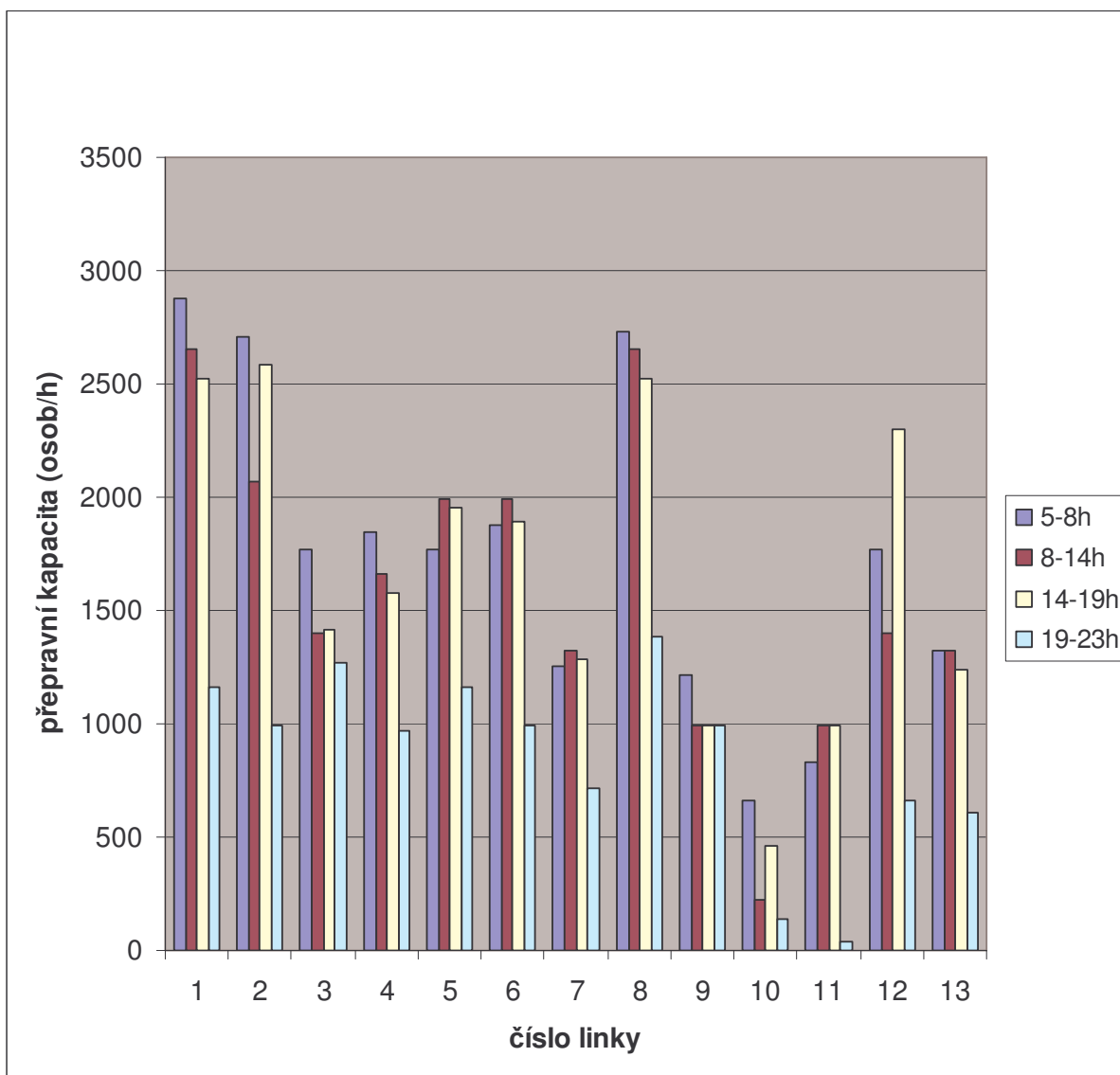
$K_n$  – průměrná kapacita vozidel na lince  $n$  v denní dobu  $d$  [osob/h];

$o_n$  – průměrná obsaditelnost vozidel na lince  $n$  [osob];

$s_n$  – počet spojů na lince  $n$  v denní době  $d$  [-];

$t_d$  – délka trvání denní doby  $d$  [h].

V grafu (obrázek č. 4) jsou zpracovány výsledky analýzy nabízené přepravní kapacity na jednotlivých linkách. Lze vyčíst, které linky jsou nejvytíženější. Na to je třeba brát zvláštní ohled při změně trasování kterékoliv z linek. Změny je tedy vhodné provádět pouze mezi takovými linkami, kde budou rozdíly poskytovaných přepravních kapacit minimální alespoň v nejméně vyčíslených hodinách.



Obrázek č. 4: Graf hodinové jednosměrné přepravní kapacity na tramvajových linkách v Brně

Zdroj: Autor na základě interních materiálů DPMB

Mnohé nepřesnosti oproti běžnému stavu však mohou být způsobeny také stále probíhající rekonstrukcí ulice Husovy. Je však zřejmé, že po dokončení rekonstrukce bude opět mnoho linek trasováno po Husově ulici, což znamená menší vytížení trati přes Náměstí Svobody, která byla rekonstruována již dříve. Při prognóze poptávky po přepravě je nutné

se poohlédnout do historie, kdy naposledy mohl DPMB nabízet tramvajové spojení jak přes Náměstí Svobody, tak i přes Husovu ulici. To bylo v roce 2007 a byla přes Náměstí Svobody trasována pouze linka č. 4., jak je uvedeno v příloze č. 4.

Vzhledem k současné situaci, kdy je přes Náměstí Svobody trasován velký počet linek a stalo se tak tramvajím snadno dosažitelnou destinací, bylo by jistě nevhodné až tak radikálně snižovat veřejnou dopravu na něj, jak tomu bylo dříve. Navrhoval bych tedy jednak k jediné lince č. 4 vedoucí přes historické centrum města Brna připojit ještě jinou linku, která by tudy byla trasována. Zároveň by se tak pomohlo jiným zatíženým tramvajovým tratím ve směru sever-jih přes centrum.

Navrhuji tedy přetrasování linky č. 9 a 13. Z těchto linek by byla vytvořena jediná linka, které nyní bude označována pracovníě **9\***. Pokud by byla trasována přes Náměstí Svobody, bylo by vhodnější, aby se na svou původní trasu napojila zpět až v zastávce Jugoslávská a vedla by tedy přes Moravské náměstí a po ulici Milady Horákové. Nabídku přepravy v úsecích původního trasování linky č. 9 (Jugoslávská-Hlavní nádraží-Komárov) by pokryly linky č. 2, 4 a 12. Zrušenou linku č. 13 by svou nabídkou přepravy pokryla přetrasovaná linka č. 9\* a linka č. 12. Původní a nové trasování linek je vyznačeno v přílohách č. 5 a 6. Je nutné zmínit, že síť tramvajových linek v Brně je podle optimalizačních studií DPMB koncipována pro 12 linek. (18)

## **4.2 Rozvedení důvodů a následků navrhovaných změn**

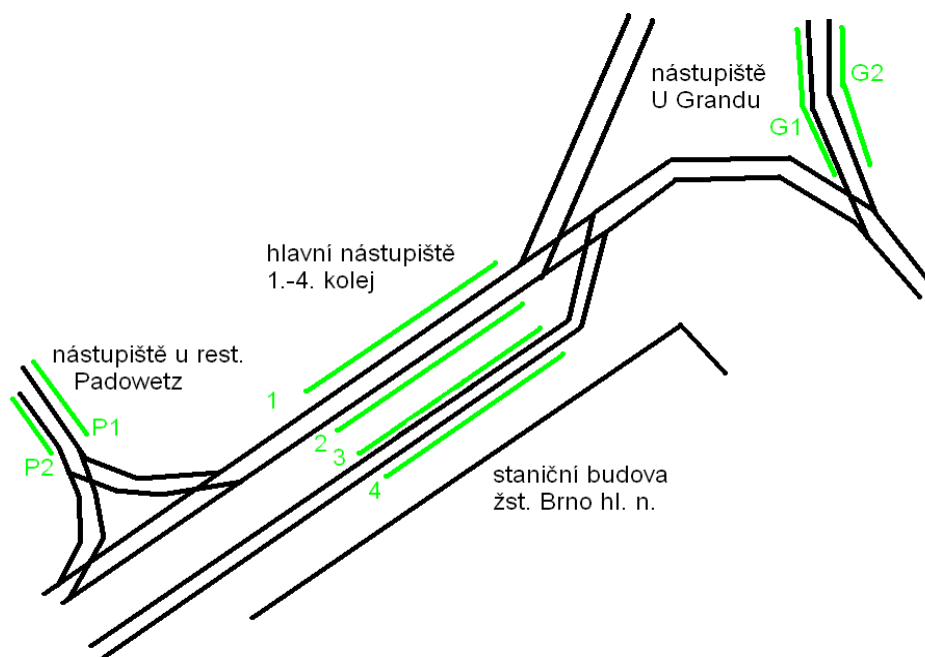
Pokud bude provedeno přetrasování linek, bude nutné vzít ohled na všechny dotčené linky, které mají zajišťovat přepravní kapacitu v místech, kde původní linky byly zrušeny. Na druhou stranu je nutné se zaměřit na tzv. hrdla v tramvajovém subsystému. Jde o místa zejména na hlavních radiálách, kde dochází k souběhu více linek a tím i k nebezpečí přetížení napájecích zařízení. Také se jedná o místa křížení jednotlivých směrů. Tento problém je patrný značně u Hlavního nádraží, když je nutné, aby se k nástupištím dostala vozidla z různých směrů.

### **4.2.1 Uspořádání nástupišť v přestupním uzlu Hlavní nádraží**

V současnosti je na tramvajovém uzlu Hlavní nádraží několik nástupišť ve velice nepřehledné poloze, jak bylo vzpomenuo v kapitole 4.1.1. Jejich uspořádání je ukázáno na obrázku č. 5. Této zejména pro cestující nepříznivé a nepřehledné situaci bych chtěl



předejít přetrasováním linek. Nenavrhuji tedy žádné složité a nákladné stavební zásahy do současného stavu zastávek, přestože by mohly být správně a zejména jednotně vyznačeny všechny prvky na nástupištích pro NS. Tak by byla umožněna i této kategorii cestujících lepší orientace na přestupním uzlu. Ovšem po dokončení rekonstrukce ulice Husovy bude na tramvajovém uzlu znatelně menší provoz. To umožní zajíždět s vozidly linky 9\* ke koleji č. 1 a 2<sup>6</sup>, čímž bude opuštěno nevhodně situované nástupiště u Grandu (koleje G1 a G2).



Obrázek č. 5: Schématické uspořádání nástupišť u tramvajového uzlu Hlavní nádraží

Zdroj: Autor

Jednotlivé tramvajové linky zastavují u daných nástupišť. Tato danost je určena směrem, ze kterého na Hlavní nádraží přijíždějí a kterým směrem ho opouští, přičemž srovnání současné situace, situace před započítáním rekonstrukce Husovy ulice a navrhovaného případu po zavedení linky č. 9\* uvádí tabulka č. 2. Je nutné upozornit, že ne ve všech sloupcích se vyskytují shodné linky, což je zapříčiněno trasováním linky v daném případě mimo Hlavní nádraží. U podtržených čísel linek jsou vedeny opačné směry odlišně (linky č. 12 a 13) nebo se jedná o linku smyčkovou se smyčkou v centru (linka č. 6).

---

6 Označení kolejí na tramvajovém uzlu Hlavní nádraží je pouze pracovní

Tabulka č. 2: Příslušnost linek k nástupištím

Nástupiště (kolej)	Linky zastavující u daných nástupišť		
	Před rekonstrukcí Husovy ulice	Při rekonstrukci Husovy ulice	Navrhovaný stav po rekonstrukci Husovy ulice
1	1, 2, 4	1, 2, 4, <u>12</u> , <u>13</u>	1, 2, 4, 9*
2	1, 2, 4	1, 2, 4, <u>6</u>	1, 2, 4, 9*
3	8, 10, 12, 13	8, 10	8, 10, 12
4	8, 10, 12, 13	8, 10	8, 10, 12
P1		5	
P2		5	
G1	9	9, <u>12</u> , <u>13</u>	
G2	9	9	

Zdroj: Autor

Tabulka č. 2 vypovídá o tom, že 1. a 2. kolej jsou zatíženy více linkami než kolej 3. a 4., což ale zřejmě vyplývá i ze schematického obrázku č. 6, neboť ze směru od Malinovského náměstí není možné přijet na Hlavní nádraží na 3. a 4. kolej.

#### 4.2.2 Přetrasování linky č. 9 a spojení s částí linky č. 13

Z porovnání hodnot v grafu (obrázek č. 4) u linek č. 9 a 13 vyplývá, že se jedná o linky s podobnou nabízenou přepravní kapacitou. Znatelný rozdíl mezi těmito linkami však je pouze ve večerních hodinách, kdy je na lince č. 13 podle jízdního řádu delší interval. Vyšší nabízená přepravní kapacita na lince č. 9 ve večerních hodinách také souvisí s úkolem suplovat linku č. 11. Pokud bych toto bral v úvahu u nové linky č. 9\*, tak by to v praxi znamenalo, že by byla ve večerních hodinách stahována vozidla z linky spíše ve směru od Lesné, neboť na Juliánov by nebyla již dostatečná poptávka po přepravě.

Na linkách č. 9 i 13 jsou provozovány zejména dvouvozové soupravy tramvají typu T3. Nízkopodlažní spoje jsou na lince č. 9 zajištěny zejména tramvají 03T ANITRA (případně kloubovou nízkopodlažní tramvají LF2 Vario). Na lince č. 13 zajišťují nízkopodlažnost tramvaje typu Škoda 13T nebo tramvaje s nízkopodlažním vloženým článkem – K3RN, KT8N. Kromě zmíněných tramvají lze na linkách ještě pozorovat soupravy 2 x T6 a na lince

č. 9 zejména o víkendech i tramvaje typu K2. (19) Lze tedy konstatovat, že vozový park na obou linkách není sice úplně totožný, ale je velice podobný.

Vytvoření linky č. 9\* místo linek č. 9 a 13 přinese určité výhody, které je potřeba zvážit:

- zajištění přepravy bez přestupu z Hlavního nádraží do dětské nemocnice (zastávka Dětská nemocnice),
- posílení bezpřestupové přepravy přes samotné centrum města (zastávka Zelný trh, Náměstí Svobody),
- napojení na důležitý přestupní bod sítě Česká prostřednictvím zastávky Česká (Rašínova),
- na Hlavním nádraží odpadne nutnost přestupovat z neprakticky umístěného nástupiště u Grandu,
- celkově dojde ke snížení počtu linek, což má za následek větší přehlednost tramvajového subsystému MHD,
- bude posílena alternativní trasa z Hlavního nádraží na Českou přes Náměstí Svobody,
- v úseku Hlavní nádraží – Malinovského náměstí bude omezen počet spojů; jde totiž o jeden z nejvytíženějších úseků, který je na hranici propustnosti,
- na vytížené trase linky č. 12 bude možné po posílení spojů snáze organizovat dopravu, pokud na ní bude provozováno méně rozdílných linek.

Pro provoz na lince č. 9\* bych se držel původního intervalu na lince č. 9 i 13, který je takřka během celého dne 10 minut. U linky č. 9 v součinnosti s linkou č. 11 docházelo v úseku Jugoslávská – Lesná, Čertova rokle k souběhu a interval na této souběžné trase byl 5 minut. V mém návrhu úsek Jugoslávská - Čertova rokle neprochází žádnou změnou, proto bych vycházel v případném návrhu grafikonu z tohoto úseku.

V úseku Jugoslávská – Moravské náměstí bude přetrasovanou linkou č. 9\* zvýšena nabídka přepravy. Tím se stane ulice Milady Horákové poměrně důležitou radiálou. Je však nutné zmínit, že cestující ve směru z Jugoslávské do centra nebudou mít přímé spojení na Malinovského náměstí. To však lze částečně vynahradit zůstávající linkou č. 4, která takové spojení nabízí z nedaleké zastávky Trávníčkova. Přenesením linky č. 9\* z Cejlu na ulici Milady Horákové bude na Cejlu snížen provoz a tedy i nabízená přepravní kapacita. Ovšem vzhledem ke kapacitním linkám č. 2 a 4 by nemělo mít přetrasování nikterak hroživé důsledky, protože na lince č. 2 je špičkový interval 5 minut a na lince č. 4 také, ač na ní jsou

provozována i některá méně kapacitní vozidla – sólo tramvaje T3. Pokud se jedná o linku č. 7, na té je interval desetiminutový. Nebude-li tato radiála zatížena cestujícími ve směru na Lesnou či z Lesné do centra, neboť ti budou přepravováni linkou č. 9\*, nemělo by dojít k zásadnímu navýšení obsazenosti vozidel při přetrasování linky č. 9.

V zastávce Česká (Rašínova) bude umožněn cestujícím přestup na jiné linky zastavující v uzlu MHD Česká. Prvoplánově však má tyto cestující přepravovat z Lesné linka č. 11. Linka č. 9\* má zejména zajišťovat přepravu do samotného centra města a na Hlavní nádraží.

V současnosti je přes Náměstí Svobody trasováno více linek vzhledem k nutnému dočasnému odklonu kvůli rekonstrukci ulice Husovy. Tak je možné, že se tramvajové zastávky Náměstí Svobody a Zelný trh stávají více využívanými a tedy poptávka po přepravě na tyto zastávky a z nich roste. Pokud by po dokončení rekonstrukce ulice Husovy zůstala přes Náměstí Svobody trasována pouze linka č. 4, bylo by to pro cestující značné omezení nabídky přepravy. Tomu chci předejít právě vedením linky č. 9\* přes Náměstí Svobody.

Na Hlavním nádraží by linka č. 9\* přijížděla ke kolejím č. 1 a 2 (podle obrázku č. 6) místo ke kolejím G1 a G2. Byl by tak ušetřen značný čas při přestupu. Také přístup k lince 9\* by byl z nádražní budovy výrazně zkrácen oproti přístupu k lince č. 9. V tramvajovém uzlu Hlavní nádraží je ovšem nutné dbát na to, že přijíždějící tramvaje ze směru od Juliánova k 1. koleji a ze směru od Náměstí Svobody ke 2. koleji budou muset projíždět kolizním bodem s tratí ve směru na Malinovského náměstí nebo Nové sady. To je jeden z omezujících faktorů propustnosti uzlu. Je tedy nutné vyjádřit, zda je taková propustnost, kterou plánuji přetrasováním linek skutečně realizovatelná. V současnosti přijíždí ve špičce k 1. koleji 52 a ke 2. koleji 48 tramvajových spojů za hodinu. Pro určení množství spojů na Hlavním nádraží je nejprve určit množství spojů na jednotlivých linkách. Po přetrasování a dokončení rekonstrukce ulice Husovy by však mělo na 1. i 2. kolej přijíždět přibližně 42 spojů za hodinu (po odečtení spojů jinudy trasovaných a přičtení spojů linky č. 9\*), což je méně než v současnosti, a proto by mohly být ještě některé linky posilovány. Pokud v současném stavu je vytížení vyšší než navrhované, je tramvajový uzel schopný propustit toto nižší navrhované množství spojů.

#### **4.2.3 Jízdní řád a vozidlový park přetrasované linky č. 9\* a posílené linky č. 12**

Jak jsem již zmínil, zůstane frekvence dopravy na lince č. 9\* podobná jako na lince č. 9. V úseku Jugoslávská – Lesná, Čertova rokle dochází k souběhu pouze linek č. 9\* a 11, které

se svými jízdními řády budou doplňovat, každá totiž bude mít interval 10 minut, čímž se dosáhne společného intervalu 5 minut. V jiných částech trasy linky č. 9\* nejsou linky, se kterými by se mohla linka č. 9\* doplňovat, neboť linka č. 4, se kterou je souběh v úseku Česká – Hlavní nádraží, má vyšší frekvenci podobně jako linka č. 8, se kterou vede linka č. 9\* souběžně v úseku Hlavní nádraží – Geislerova.

Poměrně rozdílná je však situace na lince č. 9 a 13 o víkendu, kdy na lince č. 9 je zhuštěný provoz – 8 spojů za hodinu zajišťovaných zejména tramvajemi typu K2. Vzhledem ke kratším jízdním dobám o víkendech je možné zajistit takový interval s podobným počtem vozidel. Zatímco na lince č. 13 je naopak provoz mírně omezen, ale přesto zajišťován soupravami tramvají 2 x T3. Nasazování typů tramvají na dotčené linky zachycuje tabulka č. 3. Tramvaje typu 03T ANITRA a 13T jsou na linku nasazovány na spoje s garancí nízkopodlažnosti. Typy tramvají uvedené v závorce jsou alternativní.

*Tabulka č. 3: Nasazování tramvají na lince č. 9 a 13*

Linka	Typ tramvaje	Počet souprav v pracovní den	Počet souprav o víkendech
9	03T ANITRA (LF2)	1	2
	K2 (LF2)	1	7
	2 x T3 / 2 x T6	7	0
13	13T (K3RN, KT8N)	1	1
	2 x T3 / 2 x T6	8	5

Zdroj: interní materiály DPMB

Vzhledem k tomu, že délka linky č. 9\* a 13 i doba jízdy jsou takřka shodné, navrhoval bych pro linku č. 9\* v pracovní dny stejný vozový park jako má nyní linka č. 13. Protože však doprava v úseku Jugoslávská – Lesná je zajišťována o víkendu a ve večerních hodinách pouze linkou č. 9 a ne navíc linkou č. 11 jako v pracovní dny během dne, bude vhodnější tento fakt respektovat a zachovat kratší interval i na lince č. 9\* o víkendech. Zároveň tak budou uspokojeni ti cestující, kteří byli zvyklí využívat linky č. 11 pro přepravu do severní části vnitřního centra (Česká). Navrhují tedy nasazení vozidel na linku 9\* podle tabulky č. 4, kde je uvedeno, ve které dny bude na linku tramvaj daného typu nasazena a kolik tramvají takového typu se bude na lince pohybovat. Pro víkendy zachovám provoz, který je na lince v současnosti. U nízkopodlažních tramvají budu vzhledem k obsaditelnosti raději nasazovat

tramvaj typu 03T ANITRA, aby kapacitnější tramvaj 13T mohla být nasazována na špičkově vytíženější lince č. 12.

*Tabulka č. 4: Nasazování tramvají na lince č. 9\**

Linka	Typ tramvaje	Počet souprav v pracovní den	Počet souprav o víkendech
9*	03T ANITRA (LF2)	1	2
	K2 (LF2)	0	7
	2 x T3 / 2 x T6	8	0
	13T (K3RN, KT8N)	0	0

Zdroj: Autor

Vozidla, která byla sloučením linek 9 a 13 ušetřena, mohou být nasazena jako posily pro linku č. 12 nebo jako záložní přepravní kapacita. Tak bude moci být linka č. 12 ve špičkách posílena až o sedm souprav tramvají 2 x T3 nebo 2 x T6 a nízkopodlažní tramvaj typu 13T. Rovněž dojde k ušetření nasazení jedné tramvaje typu K2 v pracovní dny.

Je nutné místo již dále neexistující linky č. 13 posílit linku č. 12. Pro linku č. 12 je charakteristické, že je využívána zejména studenty VUT, kteří tak cestují do školy u zastávky Červinkova. Tomu odpovídají také dopravní špičky – ranní od 6 do 9 hodin a odpolední, která je však nezvykle výraznější od 14 do 19 hodin. Celkem tak jede po této radiále až 18 spojů za hodinu (v každém směru). Z toho se jedná o 6 spojů linky č. 13 a až 12 spojů linky č. 12. Po uvolnění vozidel ze sloučených linek č. 9 a 13 je možné na tuto radiálu je nasadit. Jde o trať opravdu velmi vytíženou, neboť pouze na ní je možné se setkat se zvláštními soupravami T3 + VV<sup>7</sup>+ T3. Na linku č. 12 tak bude moci být nasazeno 25 tramvajových souprav místo 17 stávajících. V takových podmínkách bude moci být na lince č. 12 zaveden interval 3 minuty, který by požadoval, aby na linku bylo nasazeno 24 souprav podle výpočtů ze vzorce č. 2 a níže uvedeného komentáře k výpočtu.

---

7 nízkopodlažní vlečný tramvajový vůz VV60LF s obsaditelností 78 osob

$$N = t_j / I = (t_1 + t_{k1} + t_2 + t_{k2}) / I \quad (2)$$

kde:

$N$  – počet souprav na lince [soupravy]

$t_j$  – doba oběhu [min]

$I$  – interval na lince [min]

$t_1$  – doba jízdy v jednom směru [min]

$t_2$  – doba jízdy ve druhém směru [min]

$t_{k1}$  – doba pobytu na 1. konečné zastávce [min]

$t_{k2}$  – doba pobytu na 2. konečné zastávce [min]

Pro výpočet bude vycházeno z doby jízdy podle jízdního řádu, která činí v obou směrech v ranní i odpolední špičce 30 minut ( $t_1$ ,  $t_2$ ). Pobyt na obou konečných zastávkách zvolím pět minut. Výsledek musí být zaokrouhlen směrem nahoru na celé soupravy. Pro tříminutový interval vychází hodnota 24 souprav. Další snižování pobytu na smyčce je sice teoreticky možné a proveditelné například výměnou řidičů tramvajů, ale mohlo by mít zásadní vliv na plynulost provozu. Ovšem takovým způsobem by se požadavek na počet souprav mohl snížit až přibližně o dvě.

Vzhledem k tomu, že ve špičkách je nutné nasazovat vozidla takřka na maximum, byl by samozřejmě minimalizován i pobyt na smyčkách. Další úspor by bylo dosaženo, pokud by některé spoje neprojížděly celou trasu, ale pouze od zastávky Červinkova do zastávky Zvonařka. Tak by bylo ušetřeno přibližně 9 minut doby provozu tramvaje na spoj a tramvaj ujetu asi o 2,5 km méně. V současnosti je obracení vozidel linky č. 12 v zastávce Čevinkova používáno ve špičce u každého druhého spoje.

Na lince č. 9\* budou provozovány tramvaje podle tabulky č. 4, které budou jezdit v intervalech linky č. 9 podle současného jízdního řádu DPMB/IDS JMK, který je obsažen v příloze č. 7. Znamená to průměrně 6 spojů za hodinu v obou směrech v pracovní den zajišťovaných tramvajemi 2 x T3, 2 x T6 a u nízkopodlažních spojů tramvajů typu 03T ANITRA. O víkendech budou na lince provozovány tramvaje typu K2 a nízkopodlažní tramvaje typu 03T ANITRA. Podle současně platných jízdních řádů jsem sestavil návrh jízdních dob pro linku č. 9\*, který je v příloze č. 8. V něm uvádím, v jaké vzdálenosti jsou od sebe zastávky na přetrasované lince č. 9\* a jaké jsou mezi nimi jízdní doby. Neprovoval jsem výpočet jízdních dob, ale pouze dbal na souhlas se současnými jízdními dobami

ve špičce pro dané úseky mezi zastávkami. Také uvádím, v jaké tarifní zóně IDS JMK se která zastávka nachází.

### **4.3 Argumenty proti navrhovaným změnám a komentář k nim**

Každá provedená změna v dopravním systému má jistý dopad i na oblasti, které s daným prvkem systému zdánlivě nesouvisí. Zde se pokusím probrat alespoň základní možné argumenty, které by se mohly klást proti navrhovanému řešení racionalizace dopravního subsystému.

#### **4.3.1 Změna vedení linek**

Snad základním argumentem při jakékoliv restrukturalizaci kterékoliv systému jsou obtíže, se kterými si uživatelé na změnu zvykají. V tomto případě se jedná zvláště o komplikace, které jsou způsobeny pravidelným cestujícím, protože ti jsou po měsíce či roky zvyklí využívat pro cestu do zaměstnání či školy danou linku. Pokud se určité skupině těchto koncových uživatelů stane, že budou muset při své obvyklé cestě přestupovat nebo se jim značně zvýší jízdní doba, nebudou spokojeni. A co více, budou to zejména tito uživatelé, kteří budou dopravce za toto kárat. Zde je tedy nutné dbát na to, aby počet takových cestujících byl co možná nejmenší. Je tedy vhodné vycházet z teoretického modelu přepravních proudů cestujících nebo z empirických sčítání, aby bylo zjištěno, odkud kam jsou přepravní proudy nejsilnější a právě pro tyto proudy, pokud je to možné, zajistit bezpřestupovou přepravu. Souvisí to také s typem jízdenek v dopravním systému. Pokud se jedná o jízdenky pro jednu jízdu, cestující nebudou ochotni přestupovat. Jestliže se však jedná o jízdenky časové, kdy je cestujícím v daném časovém limitu využít teoreticky neomezeného množství spojů, budou snáze cestující cestovat s přestupem. První model byl v Brně do roku 1995, kdy došlo k přetrasování linek, snížení jejich počtu a zavedení časových jízdenek. (18) Vzhledem k tomu, že tramvajový uzel Hlavní nádraží vykazuje velkou výměnu cestujících ve vozidlech, nemyslím si, že by přetrasování linek mělo až tak vážné důsledky, protože na Hlavním nádraží by i za stávající situace přestupoval velký podíl cestujících.

#### **4.3.2 Změna kapacity linky č. 12**

Pokud zruším linky č. 9 a 13, které budou nahrazeny linkou č. 9\*, bude na celé délce linky č. 12 snížena nabídka přepravní kapacity, jak jsem uvedl v kapitole 4.2.3. Řešení tohoto problému jsem také navrhl tím, že bych vozidla uvolněná po sloučení linek č. 9 a 13 nasadil



na linku č. 12, kde by mohly být provozovány až ve špičkovém intervalu 3 minuty, aby byla uspokojena poptávka po přepravě zejména z areálu VUT u zastávky Červinkova. Zde je však argumentem proti mnou navrhnutému řešení, zda je interval únosný po stránce elektrotechnické kapacity trakčního systému. DPMB se totiž již v určitých úsecích setkává s problémy v napájení. Jedná se konkrétně o linku č. 1, kde nastal takový problém při zkušebním nasazení soupravy 2 x LF2 Vario. Proto je velice vhodné na možný nedostatek dopravní infrastruktury alespoň upozornit a spíše vše směřovat k tomu, aby byla energetická situace na lince č. 12 monitorována a případně aby byly provedeny nezbytné změny v napájecích elektrotechnických zařízeních. Linka č. 12 je totiž jednou z linek nejvytíženějších a v budoucnosti bude nutné stále na snížení provozního intervalu pomýšlet.

#### **4.3.3 Změna kapacity přetrasované linky č. 9\***

V souvislosti se mnou navrhovanými změnami je nutné zvážit, jak mnoho se změní nabízená přepravní kapacita na trase linky č. 9\*. V části původní linky č. 9 od zastávky Hlavní nádraží po zastávku Jugoslávská je totiž linka trasována po jiné trati. Budou tím dotčeny zastávky Malinovského náměstí, Körnerova a Tkalcovská. Ovšem je nutné rovněž zmínit, že úbytek přepravní kapacity bude asi 15% v úseku od Hlavního nádraží po Malinovského náměstí a v další části asi 20% po dobu většiny dne. Toto číslo tedy svědčí o tom, že linka č. 9 zajišťovala jenom podíl přepravní kapacity na daném úseku své trasy. Důležité ovšem zůstává, že linka č. 9\*, jež je linky č. 9 náhradou, bude stále spojoval městskou část Lesná s centrem města, a to bude provádět ještě vhodnějším způsobem, neboť bude trasována přes samotné vnitřní centrum. Pokud by přesto bylo ve zmiňovaném úseku zřetelné, že přepravní kapacita je nedostatečná, bylo by vhodné posílit linku č. 2, která ač je vytížená, jsou na ní provozovány pouze tramvaje s nižší obsaditelností (K2, 03T ANITRA).

V úseku od Hlavního nádraží do Komárova bude linka č. 9 plně nahrazena linkou č. 12, na které by žádné snížení přepravní kapacity nemělo nastat. Současná situace v Brně je spíše taková, že nejzásadnějším problémem je právě nedostatek přepravní kapacity na nejméně frekventovaných linkách. Pokud budou jakákoliv vozidla nasazována na více frekventované linky (jako jsou v Brně zejména linky č. 1, 2, 8 a 12), jistě nebude jejich obsaditelnost využívána méně, než by tomu bylo na linkách ostatních.

## **4.4 Zhodnocení efektivnosti změn**

V této podkapitole budou zhodnoceny přínosy, které vyplývají z navrhovaných změn. Bylo vybráno více kritérií, neboť tak to situace vyžaduje, aby mohly být vhodnějším způsobem přínosy prezentovány. Budu tedy zvažovat časové úspory při cestě a úspory vozidlového parku při provedení změn. Také budu uvažovat o nabízené přepravní kapacitě na linkách.

### **4.4.1 Časové zefektivnění přestupu na linku č. 9\* na Hlavním nádraží oproti lince č. 9**

Jedním z největších přínosů přetrasování linek, které navrhuji, jest, že v tramvajovém uzlu Hlavní nádraží dojde k podstatným časovým úsporám pro cestující ze směru Lesná, kteří hodlají na Hlavním nádraží přestupovat na jiné tramvajové linky. Linka č. 9 dosud zastavuje na nástupištích u Grandu, která jsou podle kapitoly 4.2.1 a s ní souvisejícího obrázku č. 5 značně nevhodně umístěná, protože při cestě mezi těmito nástupišti a hlavními nástupišti je nutné počítat s časovou ztrátou minimálně dvě minuty. To se také týká všech cestujících, kteří by konali přestup mezi tramvajovou linkou č. 9 a železniční dopravou. Navrhnutým řešením by byla zajištěna kompaktnost přestupního tramvajového uzlu Hlavní nádraží.

### **4.4.2 Dostupnost centra linkou č. 9\***

Při přetrasování linek č. 9 a 13 byla z nich vytvořena jediná linka č. 9\*, která je trasována přes samotný střed města, jímž je myšleno Náměstí Svobody. V současném stavu, kdy je přes Náměstí Svobody vedeno kvůli rekonstrukci ulice Husovy více vytížených linek, je pro cestující velice snadné si zvyknout na snadnou dostupnost centrálního náměstí tramvajovou dopravou. Předpokládám, že zvyk na tuto výhodu cestující neopouští a potrvá vysoká poptávka po přepravě z a na Náměstí Svobody či Zelný trh. Do rekonstrukce Husovy ulice tuto poptávku pokrývala pouze linka č. 4, ale v mém návrhu hodlám k této lince připojit linku č. 9, která by tímto svým novým trasováním zajistila lepší dopravní obslužnost samotného vnitřního centra. Pokud se dříve chtěli cestující přepravit do centra, museli využívat zastávky Malinovského náměstí. Je nutné zmínit, že vzdušná vzdálenost zastávek Malinovského náměstí a Náměstí Svobody je přibližně 400 m. Ovšem při cestě z centra je vlivem nevhodného umístění nástupiště linky č. 9 na Malinovského náměstí tato vzdálenost přibližně o 100 m větší. Považuji tedy za vhodnější, aby centrum bylo obsluhováno ze zastávky, ze které není nutné již tak daleko docházet.

Dalším přínosem nového trasování u linky č. 9\* jsou další nácestné zastávky, které svým významem rovněž nejsou opomenutelné. Jedná se o zastávku Česká (Rašínova), která umožní cestujícím linky č. 9\* přestupovat na další linky v zastávce Česká umístěné na severním okraji vnitřního centra. O víkendech bude v úseku Česká – Lesná, Čertova rokle zajištěna přeprava též za linku č. 11, která o víkendech a ve večerních hodinách byla zrušena. Též je vhodné zmínit, že linkou č. 9\* by byla zajištěna bezpřestupová přeprava cestujících z Hlavního nádraží do zastávky Dětská nemocnice.

Při vedení linky č. 9 po ulici Cejl trvala jízda mezi zastávkami Hlavní nádraží a Jugoslávská 10 minut. Po přetrasování by trvala jízda mezi týmiž zastávkami linkou č. 9\* sice 11 minut, ale je nutné brát v úvahu, že se jedná o téměř stejnou ujetou vzdálenost, jež je u linky č. 9 kratší přibližně o 250 m. Zde opět upozorním, že u linky č. 9 je nutné brát ohled na místo zastavení, které je u Grandu, z čehož vyplývá pro cestujícího nutnost ujít dalších 150 m pěšky. Také na lince č. 9\* by bylo obslouženo šest mezilehlých zastávek namísto čtyř<sup>8</sup> u linky č. 9. Celkem však při cestě ze zastávky Jugoslávská na zastávku Hlavní nádraží k hlavním nástupištím by po přetrasování ušetřil cestující přibližně jednu minutu, neboť by nemusel tak daleko docházet pěšky.

#### **4.4.3 Perspektiva linky č. 12**

Jak již je uvedeno v kapitole 4.2.3, je na lince č. 12 v posledních letech znatelný nárůst poptávky po přepravě, což je důsledkem využívání linky zejména studenty VUT cestujícími do a ze zastávky Červinkova. Jedná se o linku, kde jsou ve špičce, nasazovány nejkapacitnější soupravy, se kterými je možné se v běžném provozu v Brně setkat (T3 + VV + T3). Proto jsem navrhl, aby soupravy uvolněné z linky č. 13 po sloučení s linkou č. 9 byly nasazovány právě na tuto linku. Jedná se celkem až o sedm souprav tramvajů 2 x T3 nebo 2 x T6 a nízkopodlažní tramvaj typu 13T. Rovněž dojde k ušetření nasazení jedné tramvaje typu K2 v pracovní dny. Podle studie propustnosti na trase linky č. 12 by mohl být vhodně posouzen minimální interval provozu na této lince. Ona studie však není součástí této bakalářské práce.

Po radiále ve směru Technologický park jede ve špičce v obou směrech 18 spojů za hodinu odpovídající 4153 přepravním místům v tramvajích linek č. 12 a 13 za hodinu

---

8 Jde o zastávky Malinovského náměstí, Körnerova, Tkalcovská a druhá zastávka nazvaná trochu zmatečně rovněž jako Jugoslávská.

při průměrné obsaditelnosti soupravy 230,7<sup>9</sup> cestujících. Po nasazení vozidel uvolněných z linek č. 9 a 13 na linku č. 12 by mohl být zajištěn pravidelný interval 3 minuty, který by odpovídal 20 spojům za hodinu s celkovou obsaditelností 4525 cestujících. Pro tento interval je nutné na linku č. 12 nasadit 24 souprav tramvají dle výpočtu v kapitole 4.2.3, přičemž další tramvajová souprava 2 x T3 nebo obsaditelností ekvivalentní a jedna tramvaj 13T by zůstaly buď nevyužité nebo by jimi mohla být navýšena nabízená přepravní kapacita na dalších linkách. Rovněž bude ušetřeno nasazení jedné tramvaje K2 z linky č. 9 v pracovní dny.

---

9 Hodnota odpovídá váženému průměru obsaditelností typů nasazovaných tramvají na dané lince

## ZÁVĚR

V práci bylo popsáno, jakou roli hraje tramvajový subsystém městské hromadné dopravy v současných městech a jak probíhal vývoj tohoto subsystému po boku ostatních subsystémů MHD. Zejména je důležité zhodnocení všech přínosů, které tramvajová doprava přinesla jednotlivým městům a jak byly využívány hlavní dopravní tepny měst pro trasování tramvajových tratí.

Dalším přínosem, kterého bylo dosaženo touto bakalářskou prací je stručný souhrn historických milníků tramvajové dopravy, kde se snažím upozornit na zásadní význam přechodu z omnibusu na koněspřežnou tramvaj, což znamená zavedení kolejové dopravy do městské dopravy a přechodu z koněspřežné tramvaje na tramvaj strojově poháněnou. Také uvádím, jak se ve městě Brně vyskytovaly postupně různé zmíněné typy tramvajových subsystémů, neboť tam byla v provozu nejprve tramvaj s trakcí animální, potom parní a nyní elektrickou.

Byly vyzdvíženy možné inovace v tramvajových subsystémech, které však neodmyslitelně ovlivňují celý systém MHD. Brno se může pochlubit pokrokovým systémem RIS, který obstarává kontrolu a komunikaci v rámci DPMB. Tento systém vhodně aplikuje GPS v městské hromadné dopravě a je tedy jakýmsi dalším krokem kupředu. Také stojí za zmínku velice dobrá spolupráce DPMB a Kordisu.

Byl dosažen shora formulovaný cíl práce – návrh na zefektivnění tramvajového subsystému v Brně. Navrhuji kompaktnější podobu obsluhy tramvajového přestupního uzlu Hlavní nádraží. Velkou perspektivu vidím ve snížení počtu linek a vhodném nasazení takto uvolněných tramvají na linky, kde je zvýšení přepravní kapacity žádoucí. Navrhované změny tramvajového subsystému potom dokresluji přiloženými schémata a pro přetrasovanou linku č. 9\*, která pokrývá část zrušené linky č. 13, uvádím i návrh jízdních dob a frekvence provozu. Zmíněné změny přinesou zejména uspořené počtu nutně nasazovaných tramvají, které potom navrhuji na využití pro zvýšení přepravní kapacity na velice vytížené lince č. 12, na níž rovněž po zrušení linky č. 13 bude zajišťována obsluha jednodušeji, neboť tak budou všechny tam provozované tramvaje náležet pouze k lince č. 12.

## SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) KOTAS, Patrik. *Dopravní systémy a stavby*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02321-4
- (2) DRDLA, Pavel. *Technologie a řízení dopravy – městská hromadná doprava*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. ISBN 80-7194-804-7.
- (3) HOLUB, Josef – LYER, Stanislav. *Stručný etymologický slovník jazyka českého*. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1992. ISBN 80-04-23715-0.
- (4) MACHEK, Václav. *Etymologický slovník jazyka českého*. Praha : Československá akademie věd, 1968. 866 s.
- (5) GREGORA, Stanislav; OUŘEDNÍČEK, Jan. *Elektrotechnika a zabezpečovací technika v dopravní infrastruktuře*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. 80-7194-768-7
- (6) *Carfree Cities* [online]. 2008 [cit. 2009-01-14]. Dostupný z [www:](http://www.carfree.com/fix_trans.html) <[http://www.carfree.com/fix\\_trans.html](http://www.carfree.com/fix_trans.html)>.
- (7) *Transport for London* [online]. 2008 [cit. 2008-11-27]. Dostupný z [www:](http://www.tfl.gov.uk/gettingaround/1106.aspx) <<http://www.tfl.gov.uk/gettingaround/1106.aspx>>.
- (8) *Схема Московского Метрополитена* [online]. 2008 [cit. 2008-11-27]. Dostupný z [www:](http://mosmetro.ru/flash/scheme01.html) <<http://mosmetro.ru/flash/scheme01.html>>.
- (9) *Regiotram Nisa* [online]. 2008 [cit. 2008-12-04]. Dostupný z [www:](http://www.regiotram-nisa.cz/cz/regiotram-nisa/) <<http://www.regiotram-nisa.cz/cz/regiotram-nisa/>>.
- (10) VONKA, J. DRDLA, P. BÍNA, L.; ŠIROKÝ, J. *Osobní doprava*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2001. 80-7194-320-7
- (11) *Transrapid International* [online]. 2008 [cit. 2008-12-04]. Dostupný z [www:](http://www.transrapid.de/cgi-tdb/de/basics.prg?session=5966dcab4937f329_492100&a_no=4) <[http://www.transrapid.de/cgi-tdb/de/basics.prg?session=5966dcab4937f329\\_492100&a\\_no=4](http://www.transrapid.de/cgi-tdb/de/basics.prg?session=5966dcab4937f329_492100&a_no=4)>.
- (12) ROUBÍK, František. *Od nosítek k trolejbusu*. Praha : Orbis, 1956. 119 s.
- (13) DUŠEK, Pavel. *Encyklopedie městské hromadné dopravy v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha : Libri, 2003. 80-7277-159-0

- (14) Dopravní podnik města Brna, a. s. [online]. 2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z www: <<http://www.dpmb.cz/hist.asp>>.
- (15) IDS JMK – Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje včetně MHD Brno [online]. 2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z www: <<http://www.kordis-jmk.cz/strucne.asp>>.
- (16) Osobní rozhovor s Ing. Vítězslavem Zemanem, vedoucím dispečerem DPMB, a. s., Brno, 8. 12. 2008
- (17) Statutární město Brno [online]. 2009 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z www: <<http://www.brno.cz>>.
- (18) Osobní rozhovor s Ing. Lukášem Fidrmucem, pracovníkem odboru dopravy DPMB, a. s., Brno, 26. 3. 2009
- (19) Interní materiály DPMB poskytnuté pro potřeby této bakalářské práce s výslovným svolením

## **SEZNAM ZKRATEK**

ČSAD – Československá automobilová doprava

DPMB – Dopravní podnik města Brna, a. s.

GPS – Global positioning system

Hbf – Hauptbahnhof (hlavní nádraží)

IAD – individuální automobilová doprava

IDS – integrovaný dopravní systém

IDS JMK – Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje

Kordis – Kordis JMK, spol. s. r. o. (koordinátor IDS JMK)

MHD – městská hromadná doprava

NS – nevidomí a slabozrací

RIS – Řídící a informační systém

SJTD – Severojižní tramvajový diametr

SŽDC, s. o. – Správa železniční dopravní cesty, státní organizace



## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka č. 1: Použití jednotlivých subsystémů MHD v závislosti na velikosti města .....</i>	11
<i>Tabulka č. 2: Příslušnost linek k nástupištím .....</i>	42
<i>Tabulka č. 3: Nasazování tramvají na lince č. 9 a 13 .....</i>	45
<i>Tabulka č. 4: Nasazování tramvají na lince č. 9* .....</i>	46

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek č. 1: Blokové schéma napájení vozidel MHD .....</i>	16
<i>Obrázek č. 2: Způsoby vedení tras linek vůči centru města .....</i>	21
<i>Obrázek č. 3: Parní tramvaj v Brně .....</i>	29
<i>Obrázek č. 4: Graf hodinové jednosměrné přepravní kapacity na jednotlivých tramvajových linkách v Brně....</i>	39
<i>Obrázek č. 5: Schématické uspořádání nástupišť u tramvajového uzlu Hlavní nádraží .....</i>	41

## **SEZNAM PŘÍLOH**

*Příloha č. 1: Vedení SJTD ve stupni s městskou tramvají*

*Příloha č. 2: Vedení SJTD ve stupni s regionální tramvají*

*Příloha č. 3: Prognózy přepravních proudů s a bez SJTD*

*Příloha č. 4: Plán sítě linek IDS JMK ke 4.3.2007*

*Příloha č. 5: Původní trasování linek*

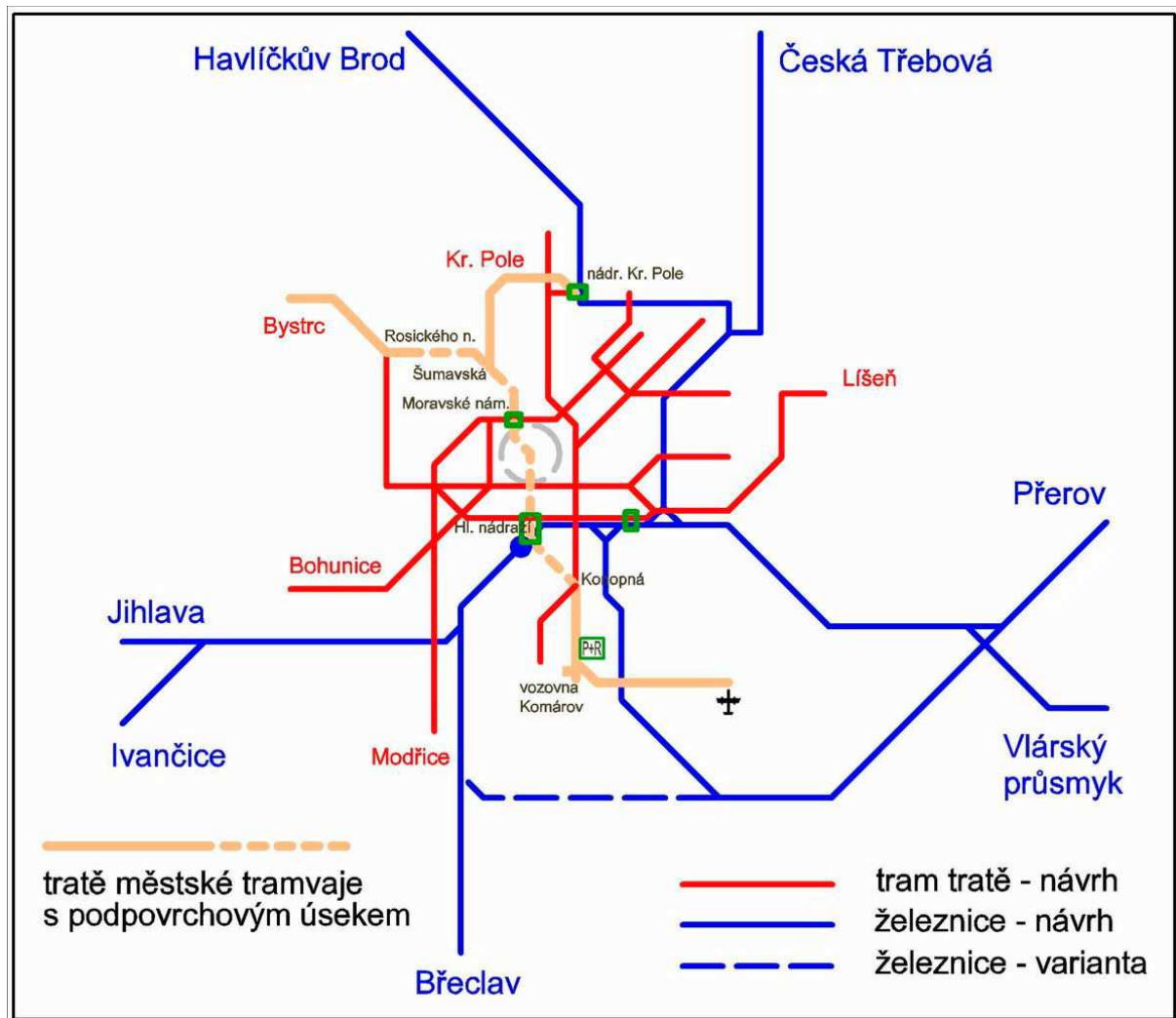
*Příloha č. 6: Navrhované trasování linek*

*Příloha č. 7: Jízdní řád tramvajové linky č. 9 k 8. 3. 2009*

*Příloha č. 8: Návrh jízdních dob pro linku č. 9\**

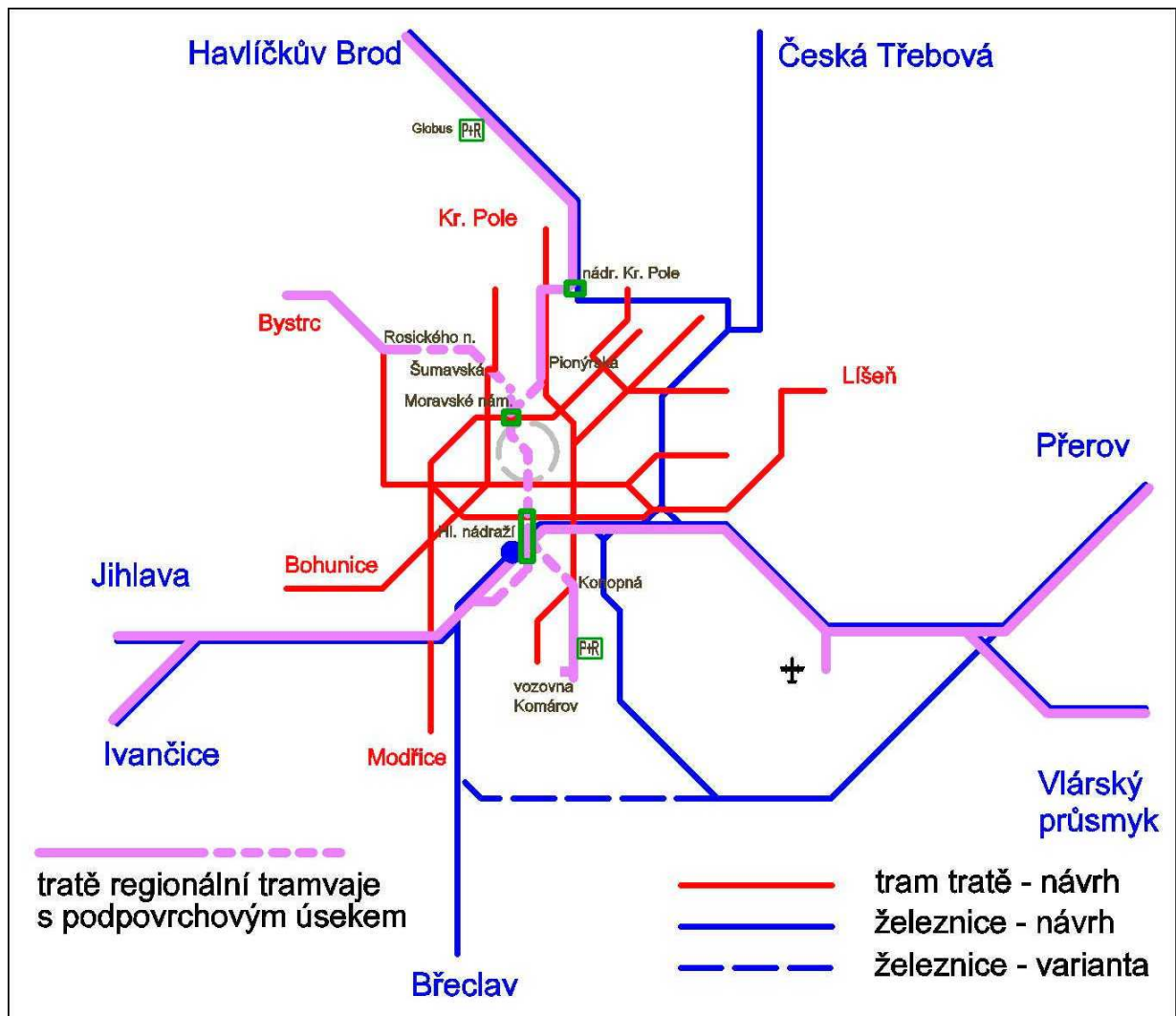
# PŘÍLOHY

## PŘÍLOHA Č. 1: Vedení SJTD ve stupni s městskou tramvají



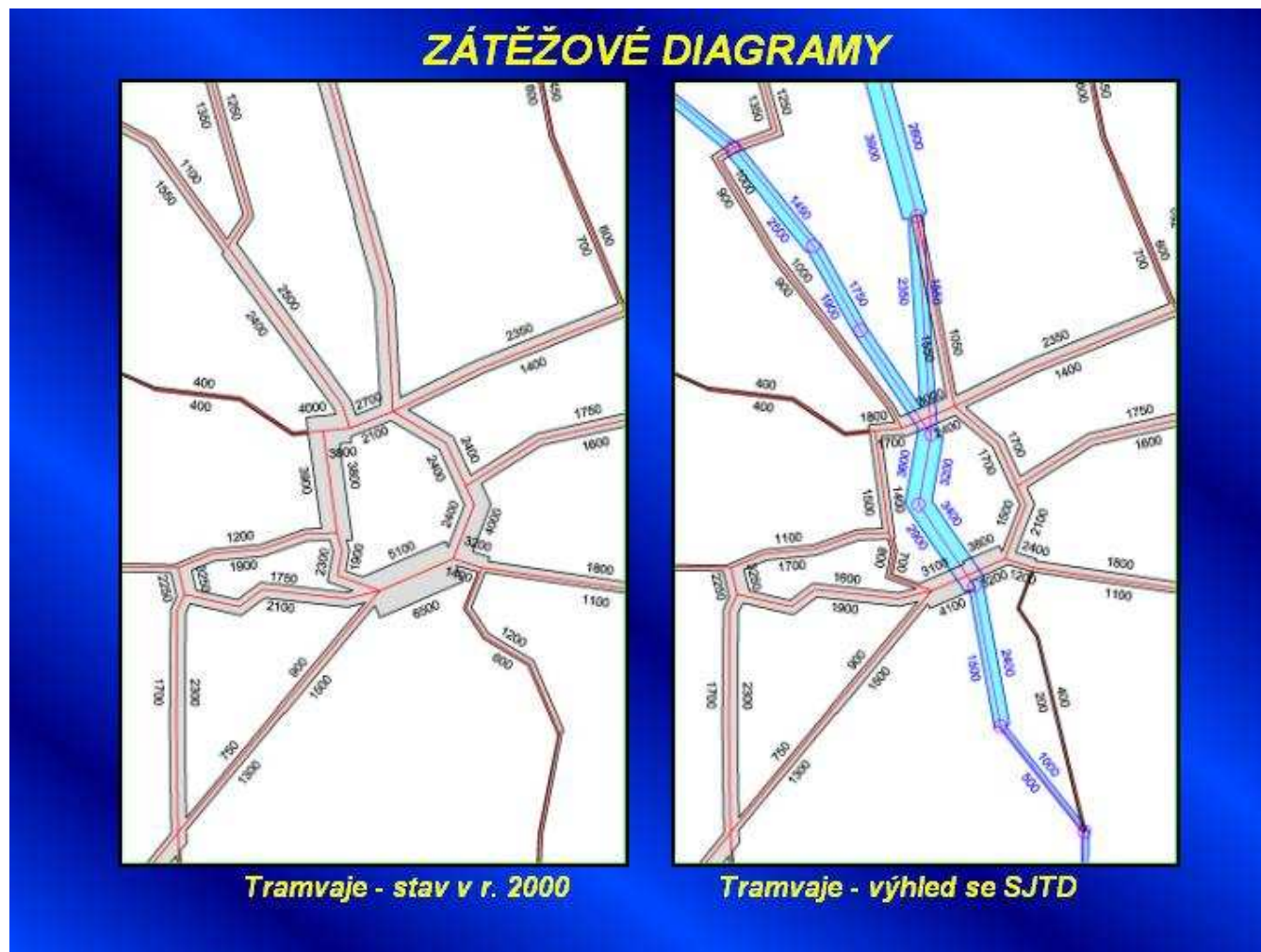
Zdroj: Statutární město Brno [online]. 2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z www: <<http://www.brno.cz>>.

## PŘÍLOHA Č. 2: Vedení SJTD ve stupni s regionální tramvají



Zdroj: Statutární město Brno [online]. 2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z www: <http://www.brno.cz>.

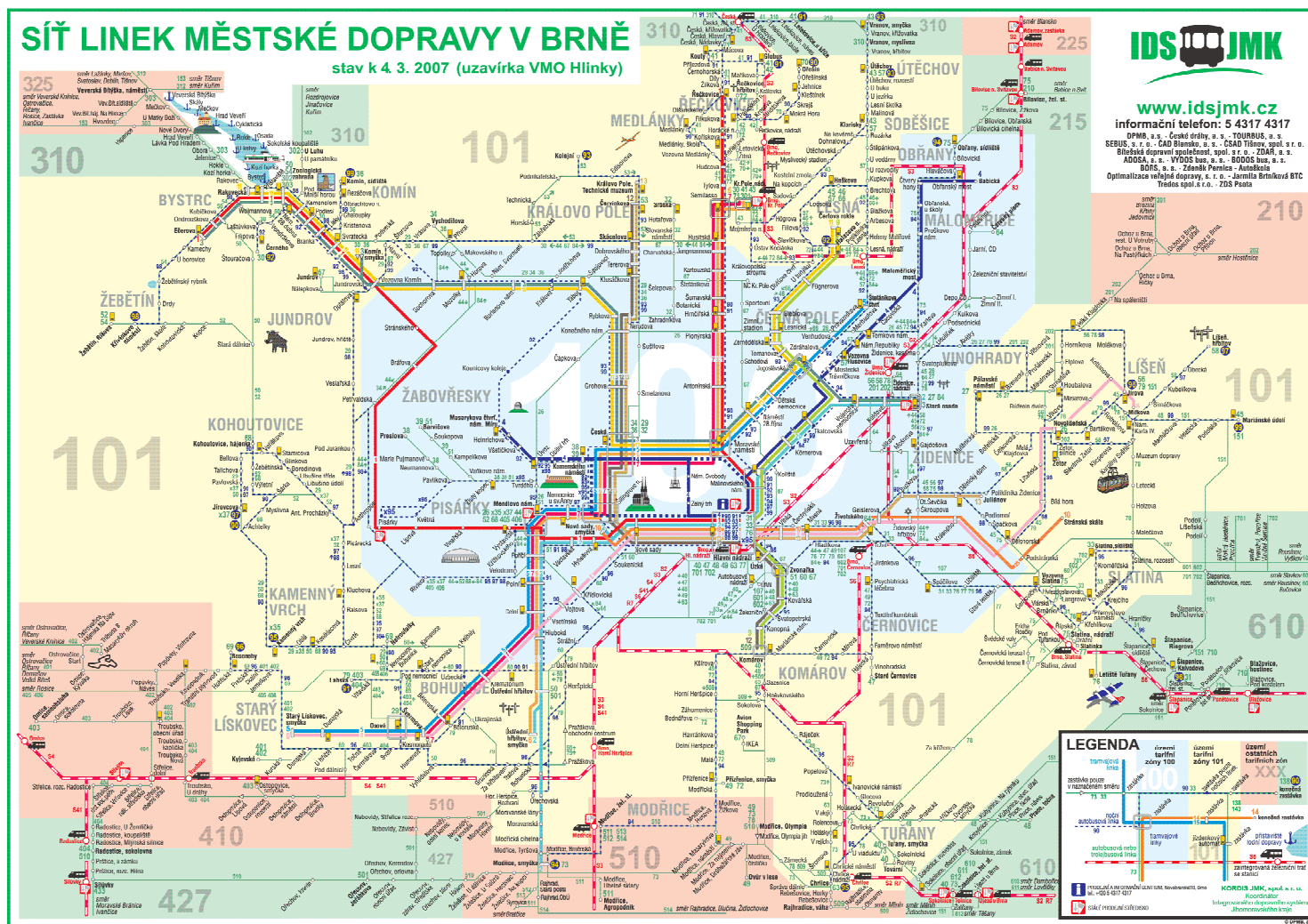
### PŘÍLOHA Č. 3: Prognózy přepravních proudů s a bez SJTD



Zdroj: Statutární město Brno [online]. 2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z [www: <http://www.brno.cz>](http://www.brno.cz).



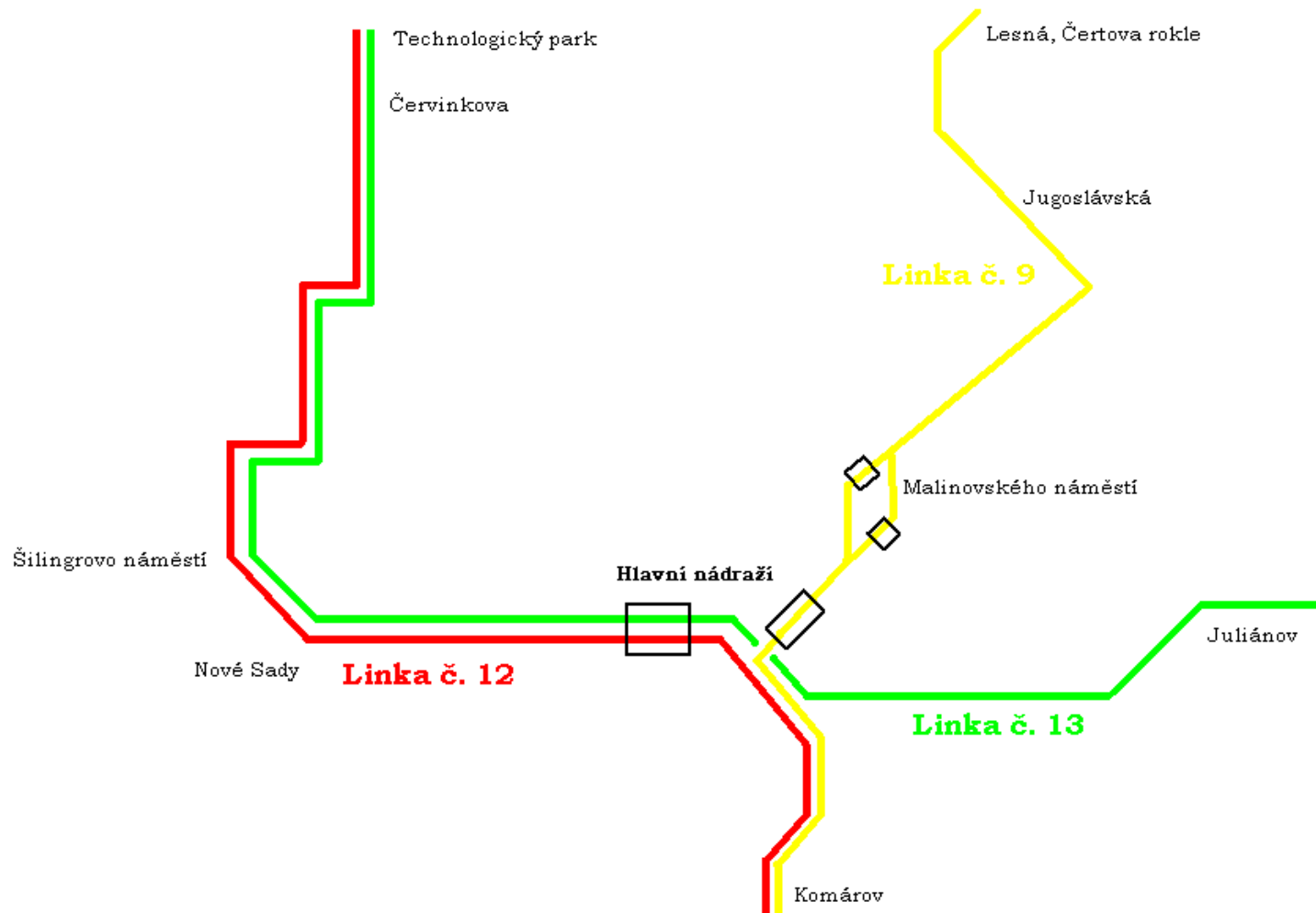
# PŘÍLOHA Č. 4: Plán sítě linek IDS JMK ke 4. 3. 2007



Zdroj: Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje včetně MHD Brno [online]. 2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z www: <<http://www.kordis.cz>>.

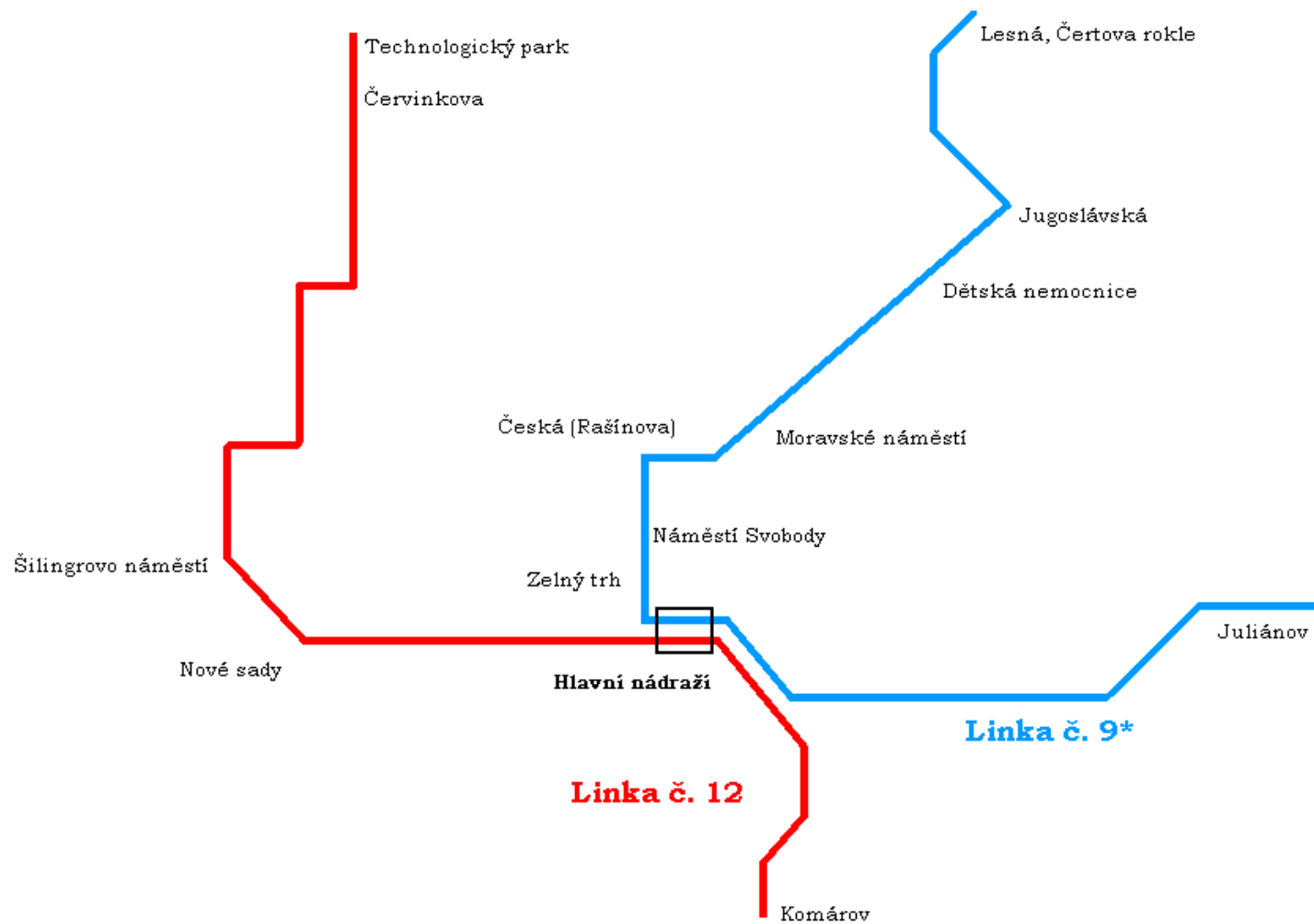


## PŘÍLOHA Č. 5: Původní trasování linek



Zdroj: Autor

## PŘÍLOHA Č. 6: Navrhované trasování linek



Zdroj: Autor



## PŘÍLOHA Č. 8: Návrh jízdních dob pro linku č. 9\*

Linka 9* JULIÁNOV - LESNÁ, Čertova rokle				Linka 9* LESNÁ, Čertova rokle - JULIÁNOV			
zastávka	čas	zóna	vzdálenost (km)	zastávka	čas	zóna	vzdálenost (km)
JULIÁNOV	0:00	100	0,000	LESNÁ, Čertova rokle	0:00	101	0,000
Dělnický dům	0:01	100	0,238	Halasovo náměstí	0:01	101	0,376
Otakara Ševčíka	0:03	100	0,660	Fügnerova	0:02	100	0,896
Buzkova	0:04	100	0,980	Bieblova	0:03	100	1,432
Geislerova	0:06	100	1,467	Lesnická	0:04	100	1,799
Životského	0:07	100	1,775	Zemědělská	0:06	100	2,049
Masná	0:09	100	2,521	Tomanova	0:07	100	2,501
Vlhká	0:10	100	2,967	Jugoslávská	0:08	100	2,801
Hlavní nádraží	0:13	100	3,478	Dětská nemocnice	0:09	100	3,215
Zelný trh	0:14	100	3,782	Náměstí 28.října	0:11	100	3,693
Náměstí Svobody	0:16	100	4,032	Moravské náměstí	0:13	100	4,085
Česká (Rašínova)	0:17	100	4,282	Česká (Rašínova)	0:14	100	4,229
Moravské náměstí	0:19	100	4,513	Náměstí Svobody	0:15	100	4,489
Náměstí 28.října	0:20	100	4,915	Zelný trh	0:17	100	4,739
Dětská nemocnice	0:22	100	5,324	Hlavní nádraží	0:18	100	5,043
Jugoslávská	0:24	100	5,828	Vlhká	0:21	100	5,554
Tomanova	0:25	100	6,100	Masná	0:23	100	6,089
Zemědělská	0:26	100	6,491	Životského	0:25	100	6,769
Lesnická	0:27	100	6,741	Geislerova	0:26	100	7,069
Bieblova	0:28	100	7,172	Buzkova	0:27	100	7,483
Fügnerova	0:29	100	7,674	Otakara Ševčíka	0:28	100	7,878
Halasovo náměstí	0:31	101	8,260	Dělnický dům	0:30	100	8,177
LESNÁ, Čertova rokle	0:33	101	8,653	JULIÁNOV	0:32	100	8,574

Zdroj: Autor